

**PROBLEMES D'AFFOUILLEMENT AU NIVEAU DES OUVRAGES
HYDRAULIQUES (AUTOUR DES PILES DE PONTS)**

Houari ZEGGANE, BOUTOUTAOU Djamel
Université Kasdi-Merbah Ouargla Algérie (EVRNZA)

Résumé

L'un des problèmes auquel l'ingénieur civil est fréquemment confronté, lors de la conception d'un ouvrage hydraulique est celui de l'affouillement et ses conséquences, qui peuvent constituer à juste titre des dommages assez importants à l'ouvrage, ce phénomène d'affouillement atteint son maximum pendant une crue, il se présente toujours sous forme d'une fosse et son évolution dépend des paramètres hydrauliques, nous allons présenter dans ce papier, une petite recherche bibliographique concernant les types de l'affouillements et certaines méthodes de son calcul de au droit de différents types de piles d'un pont et les moyens de protection des piles et de réductions de l'affouillement.

Mots clés : affouillement, méthodes de calcul, pile de pont, protection.

INTRODUCTION

Les remblais d'accès et les piles des ponts modifient les caractéristiques géométriques d'une cours d'eau (lit mineur) ce qui engendre inéluctablement une modification les paramètres hydrauliques telles que la vitesse, tirant d'eau. Des constats ont été faits à ce sujet, ces modifications engendrent des affouillements du lit de la rivière qui se traduisent par la formation des fosses dont l'évolution dépend des ces mêmes paramètres hydrauliques.

MECANISMES DE L'AFFOUILLEMENT

La plus grande profondeur de la fosse se manifeste le long de la génératrice amont de la pile, son évolution dépend des paramètres suivants :

Si il n'ya pas charriage ($\tau^* < 0,047$ pour une granulométrie uniforme et $\tau^* < 0,138$ pour une granulométrie étalée), sur le fond de la rivière, sur le piles, l'état d'équilibre est atteint progressivement par l'approfondissement croissant, d'autant plus lentement que la vitesse est plus faible. [1]

Si il ya charriage la fosse atteint dès le début de la crue sa profondeur maximale puis cette profondeur subit des fluctuations sous l'influence des matériaux charriées en amont.

La profondeur de l'affouillement au droit d'une pile peut être considère comme la somme de trois type d'affouillement :

- Une profondeur appelée (profondeur normale d'affouillement qui se traduit dans un lit mineur, et qui résulte d'une modification du coefficient de SHIELDS τ^* et par conséquent rayon hydraulique. (HN)
- Une profondeur due à la réduction de la section d'écoulement, due au remblai d'accès.(HK)
- Une profondeur d'affouillement locale due à la présence de la pile.(HL).

Sur la figure 1, montre les trois types d'affouillement autour d'une pile en étiage.

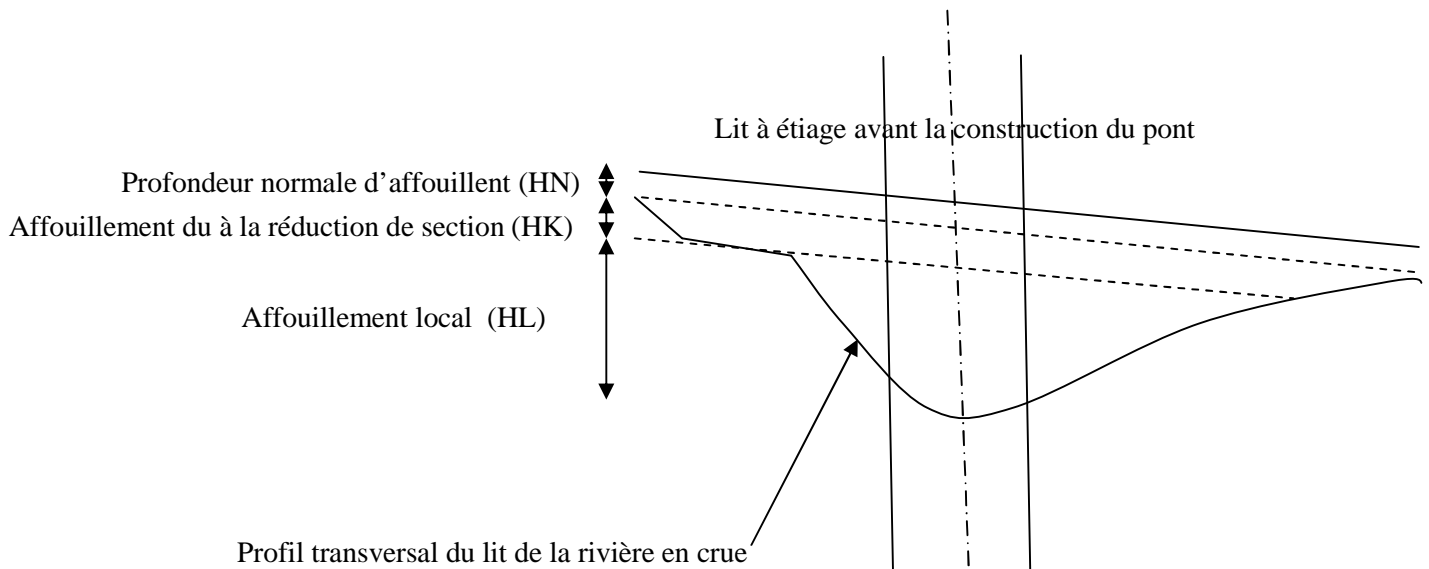


Fig. 1.Types d'affouillements

CALCUL DE L'AFFOUILLEMENT

Etant la profondeur totale de l'affouillement est la somme de trois profondeurs
 $H_t = H_N + H_K + H_L$

- **Calcul de la profondeur normale d'affouillement. [2]**

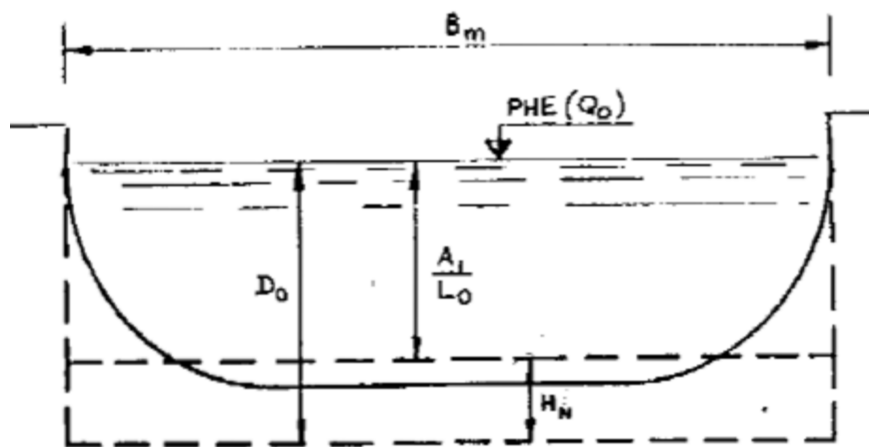


Fig 2. Profondeur normale d'affouillement.

Pour des sédiments fins $d_{90} < 6$ mm, la profondeur de l'affouillement peut être donnée par la relation suivante :

$$HN = D_0 - \frac{A_l}{B_m}$$

$$D_0 = 0,48 \cdot Q_0^{0,36}$$

$$\text{Donc } HN = 0,48 \cdot Q_0^{0,36} - A_l/B_m$$

Avec

D_0 : profondeur maximale de l'écoulement.(m) correspondant à la crue de projet.

Q_0 : débit de projet (débit fréquentiel de période de retour T) m^3/s .

A_l : section mouillée (m^2) correspond à la crue de projet, elle s'obtient à partir des profils en travers.

B_m : largeur du miroir du lit mineur de la rivière correspondant à la crue de projet.

Pour des sédiments grossiers $d_{90} > 6$ mm

$$HN = 0.249 * (Q_0^{-0.8}) * (d_{90}^{-0.12}) * (B_m^{0.8}) - \frac{\text{---}}{\text{---}}$$

HN : la profondeur normale de l'affouillement au dessous de niveau d'équilibre de lit en (m).

Dans le cas particulier où on connaît la profondeur d'eau moyenne D_1 correspondant à un débit Q_1 connu, D_0 sera donné par la formule suivante

$$D_0 = \text{---}$$

• **Calcul de la profondeur de l'affouillement due au rétrécissement.**

LAURSEN propose la formule suivante pour le calcul de la profondeur d'affouillement due à une réduction de section

$$H_R = D_0 \left[\left(\frac{0.027 V_1^2}{D_0^{\frac{1}{3}}} \frac{d_{50 \text{ Surfa}}^{\frac{1}{3}}}{d_{50 \text{ HR}}^{\frac{1}{3}}} \right)^{\frac{3}{7}} \left(\frac{B_{m \text{ AM}}}{B_{m 0}} \right)^{\frac{6}{7}} - 1 \right]$$

Avec

H_R : profondeur (m) d'affouillement due à la réduction de la section.

D_0 : profondeur maximale de l'écoulement.(m) correspondant à la crue de projet.

V_0 : vitesse moyenne de l'eau en amont du pont (m/s).

$D_{50 \text{ surfa}}$: dimension des mailles laissant passer 50% l'échantillon prélevé à la surface du lit au droit de franchissement (en m).

$D_{50 \text{ HR}}$: dimension des mailles laissant passer 50% l'échantillon prélevé à la surface du lit au droit de franchissement à la profondeur H_R (en m).

$B_{m \text{ AM}}$: largeur du miroir du lit mineur de la rivière en amont du pont correspondant à la crue de projet (m).

$B_{m 0}$: largeur de la surface libre sous le pont.(m).

• **Calcul de la profondeur de l'affouillement due à la présence des piles.**

La présence d'une pile dans une rivière interrompt l'écoulement uniforme et développe un vortex.

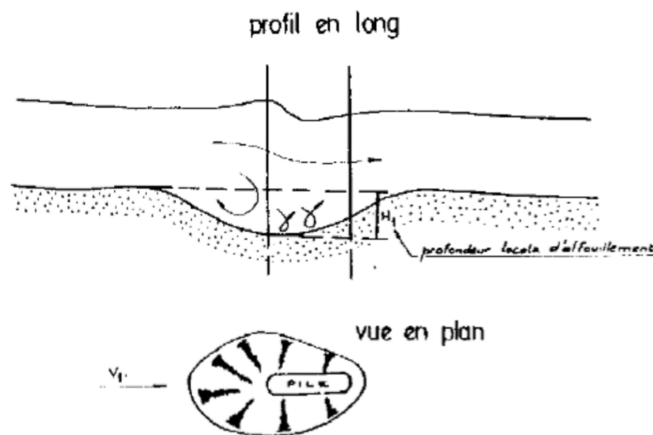


Fig. 3. Système de vortex

Si la pile est profilée en forme de coin on observe plus de vortex, mais si l'axe de la pile forme un angle avec la direction de l'écoulement et peut entraîner de grands affouillements.

- ✓ **Le calcul de la profondeur d'affouillement local en eaux claires (sans transport de sédiments) autour d'une pile cylindrique.**

Une formule empirique a été proposée par SHEN (1969)

$$H_L = 0.277 (V_1 * p)^{0.619}$$

H_L : profondeur locale d'affouillement autour d'une pile en (m).

V_1 : vitesse moyenne à l'amont du pont en m/s.

P : largeur de la pile sur un plan perpendiculaire à l'écoulement en (m).

- ✓ **Le calcul de la profondeur d'affouillement local en eau chargée autour pile cylindrique.**

BREUSERS(1965) propose une formule empirique $H_L = 1.5 P$

INFLUENCE DE LA FORME DE LA PILE SUR L'AFFOUILLEMENT

Une fois l'affouillement autour d'une pile cylindrique est calculé, on lui affectera un coefficient multiplicatif K donné par le tableau 1, pour chaque type de pile. (CHATOU 1959), le classement de différentes types de piles en fonction de leur affouillement variée en fonction de la vitesse de l'écoulement sauf pour la pile lenticulaire.

Tableau 1 : coefficient multiplicatif K

Caractéristiques géométriques du profil	N°	Valeur du coefficient d'affouillement K
Profil hémicylindrique	2	1.05
Profil cylindrique	1	1.00
Profil double	6	0.95
Profil ogival	5	0.95
Profil joukovski	4	0.90
Profil lenticulaire	3	0.25

PROTECTION DES PILES CONTRE L'AFFOUILLEMENT

Afin de limiter l'affouillement, il convient de respecter les principes généraux lors de la conception, mais aussi d'appliquer les protections localisées. On citera sommairement quelques méthodes de protection :

- Réduction des affouillements par un caisson de fondation dont le diamètre est triple de celui de la pile.
- Réduction des affouillements par tapis d'enrochements où on déverse les roches dans la fosse, le diamètre des roches est donné par la formule suivante :

$$V = 0.6 \sqrt{2g * \frac{\rho_s - \rho}{\rho} * \Delta}$$

Fig. 4. Profils des piles

Dont :

- V : vitesse de l'écoulement en crue (m/s).
- ρ_s : masse volumique de l'enrochement (Kg/m^3).
- ρ_e : masse volumique de l'eau (kg/m^3)
- D : diamètre de l'enrochement en (m)

CONCLUSION

A travers ce petit travail bibliographique, nous avons donné une simple méthodologie de calcul des affouillements, nous avons constaté que les piles à profil lenticulaire donne un faible affouillement, nous remarquerons que l'étude hydrologique est très importante dans l'étude des affouillements notamment le calcul de la crue de projet.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] DEGOUTTE, cours de DEAU PARIS 6, France ,2006
- [2] POUPLARD Jacques et als, assainissement des routes, ponts et chaussées, 1976.