

**EVALUATION DES
AFFOUILLEMENTS AU NIVEAU
DES DIFFERENTS APPUIS**

**Mr. H. EJJAOUANI
(LPEE)**

RESUME

Cet article rappelle les formules de calculs qui s'appliquent actuellement à l'affouillement et leur limite d'application aux cours d'eau Marocains. En effet, ceux-ci sont constitués surtout soit d'alluvions grossières vers l'intérieur du pays, cours d'eau "secs", soit d'alluvions fines (vase) pour les estuaires. L'utilisation des formules aboutissent dans certains cas à des valeurs aberrantes sans signification physique.

L'affouillement est un paramètre important pour le dimensionnement des fondations des ouvrages traversant des cours d'eau. En plus des efforts horizontaux qu'il peut amener sur la fondation, il permet d'annuler la portance de celle-ci sur toute la hauteur concernée par l'affouillement.

Dans le Congrès National de Mohammedia, (voir Bibliographie) un article a été publié donnant les formules de l'évaluation de l'affouillement.

Dans cet article, nous évoquerons les difficultés d'application de ces formules et les méthodes utilisées pour l'évaluation de l'affouillement pour certains ouvrages importants (tels que ouvrages sur Boureg-Reg El Fida et autres).

I HAUTEUR D'AFFOUILLEMENT

Les formules de calculs tirées de la littérature sont résumées comme suit:

$$H = 0,234 (Q/L)^{5/6} d_{50}^{-1/4} \quad \text{MKS LEVI (1948)}$$

$$H = 0,177 (Q/L)^{7/8} d_{50}^{-5/6} \quad \text{MKS DURAND \& CONDOLIOS (1953)}$$

$$H = 0,217 (Q/L)^{6/7} d_{50}^{-2/7} \quad \text{MKS pour LPEE (1978)}$$

$$H = 0,730 (Q/L)^{2/3} d_{50}^{-1/6} \quad \text{MKS pour EDF}$$

avec:

H : Hauteur d'affouillement déterminée à partir du niveau d'eau (PHE), exceptée pour la dernière formule où elle est prise à partir du niveau lit.

Q : Débit de crue

L : Largeur du lit de l'Oued

d_{50} : Diamètre moyen des sédiments.

La différence existante entre ces formules est due au fait qu'elles se basent pour la plupart sur des expériences d'érosion des sédiments sur site ou au laboratoire. La connaissance de la vitesse critique d'érosion, vitesse du courant d'eau nécessaire pour faire bouger les sédiments, ou de la force tractrice permet de déduire le niveau stable et donc la hauteur d'affouillement.

Il est à noter que les formules ci-dessus, exceptée celle de l'EDF, permet d'avoir uniquement l'affouillement généralisé auquel il faut ajouter le local pour avoir l'affouillement total au droit d'une pile. Cet affouillement est donné par: $h/D = d (H/D)^{0.3}$ C.R. Neil (1964)

avec:

d : dépend de la forme des piles allant de 1,2 obliques ou circulaires à 1,5 rectangulaires

H : hauteur d'eau

D : largeur de la pile

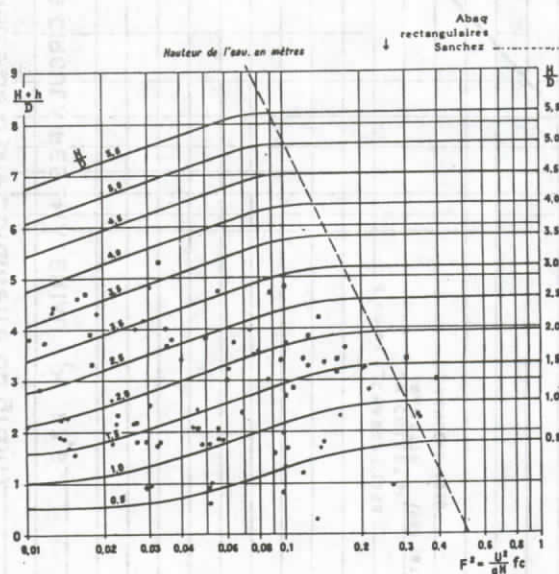
Soit à partir des abaques ci-dessous de:

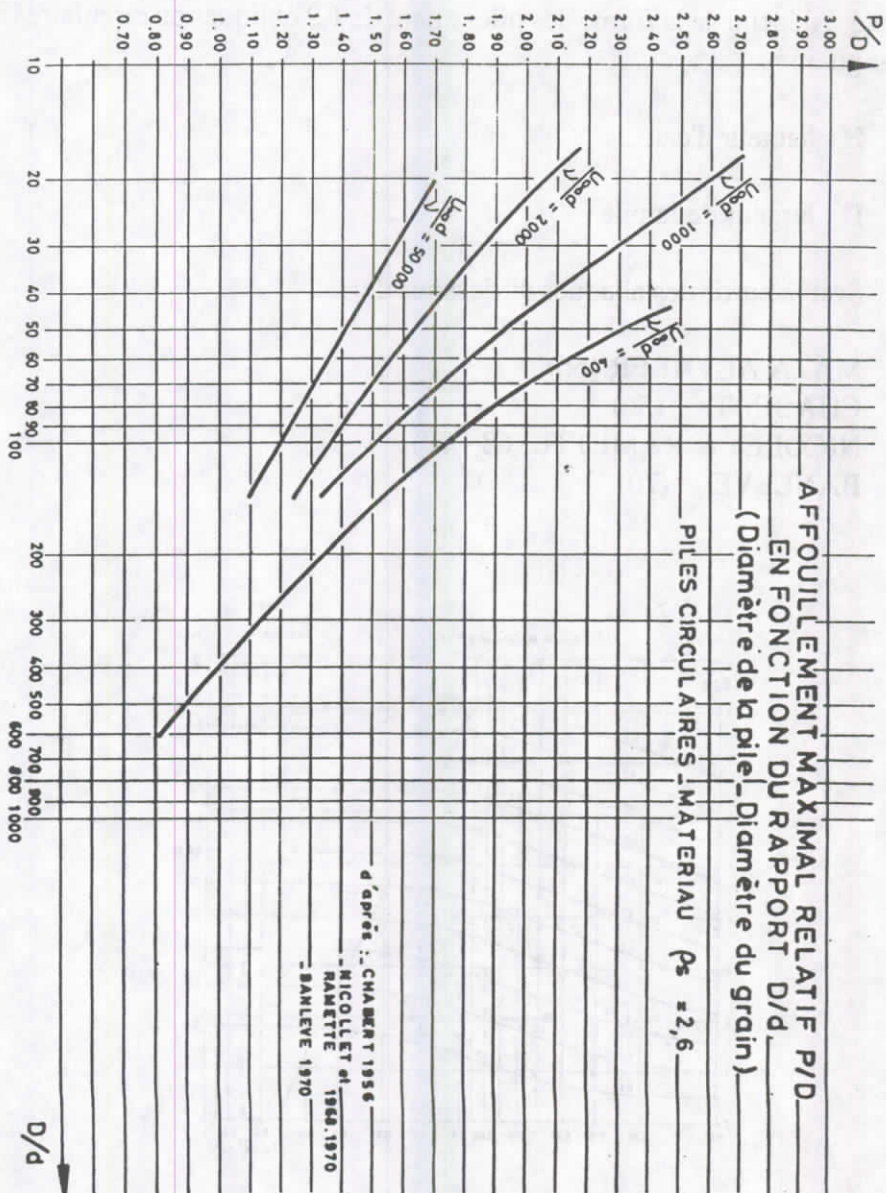
MAZA ALVARER (66)

CHABERT (56)

NICOLET & RAMETTE (68 - 70)

BANLEVE (70)





L'affouillement total est donc : $H + h$

A noter que compte tenu du fait que l'affouillement local est surtout créé par des tourbillons quasi-verticaux, L'effort horizontal du courant n'est pris que sur $H+20\% h$.

II/ APPLICATION DES FORMULES

Compte tenu des conditions limites des modèles utilisés pour l'expérimentation, il faut être prudent à des valeurs élevées d'affouillement. Ainsi donc, dans les cas où on trouverait des valeurs supérieures à une dizaine de mètres il faut recouper plusieurs approches pour prendre une décision.

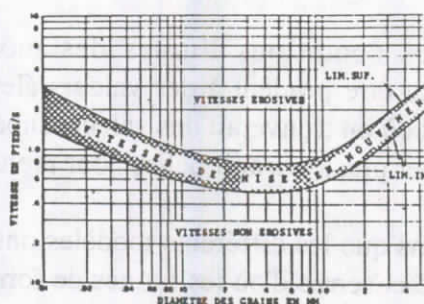
Par ailleurs, notons que les différents modèles ont utilisé des sables de granulométrie uniforme et serrée d'où les limites de formules dans le cas des alluvions grossières très étalées allant de fines aux galets. D'ailleurs, la granulométrie de ces dernières est difficile à évaluer en profondeur. En effet, si pour les premiers cinq mètres on peut rencontrer cette granulométrie moyennant la réalisation des puits manuels ou tranchées in-situ, le prélèvement devient plus difficile au delà sous-eau. Les sondages carottés classiques de faible diamètre fausse la granulométrie en désagréant le matériau.

De ce fait, on se contente d'admettre la même courbe trouvée pour le matériau de surface, ce qui est dans la plupart des cas une hypothèse conservatrice.

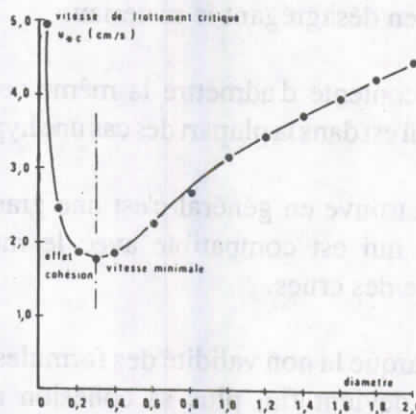
En effet, ce qu'on trouve en général c'est une granulométrie croissante avec la profondeur, ce qui est compatible avec le mode des dépôts des sédiments, après passage des crues.

De même, on remarque la non validité des formules pour les sols fins. En effet, plus le matériau devient fin, plus sa cohésion augmente et donc sa résistance à l'érosion devient plus importante.

Les graphiques ci-dessous tirés de "la pratique de sols et fondations" de G. FILLIAT montrent la variation de cette vitesse avec le diamètre des grains

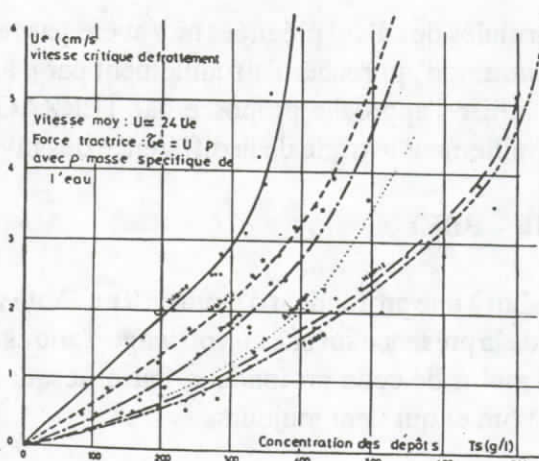


— Influence du diamètre des petites parties sur la vitesse critique de reprise.



— Vitesse critique de frottement nécessaire provoquer l'entraînement des sables de 0,2 à 2 mm.

On remarque donc que les formules ne sont plus applicables dès que le diamètre devient inférieur à 0,6 mm pour le premier graphique et 0,3 mm pour le second. Des essais d'érosion effectués au LCHF sur des vases ont montré que la vitesse d'érosion est fonction de la consolidation et donc de la concentration et de leur nature minéralogique.



Influence de la concentration en particules solides sur la vitesse

On remarque donc la difficulté d'évaluer ces affouillements dans le cas des estuaires où on rencontre des vases.

III/ CAS DU PONT EL FIDA

Dans le cas du pont EL FIDA, on a rencontré une couche de vase sur 6m avant de rencontrer des alternances de sable et de vase jusqu'à 45 m de profondeur.

L'application des formules de calcul précitées ne s'avère pas représentative. De ce fait, on n'était contraint d'approcher l'affouillement par d'autres méthodes. Tout d'abord, on a utilisé l'approche proposée par TERZAGHI, consistant à prendre comme affouillement le triple de la différence des niveaux d'eaux max et min.

$$H = 3 (PHE - PBE)$$

Celle-ci a conduit à une profondeur d'environ 9 m. Cette valeur nous paraît élevée compte tenu de la présence sur site au voisinage d'autres ouvrages fondés, plusieurs années, à moins de cette profondeur. Parmi lesquels un ouvrage est fondé uniquement à 5m et qui tient toujours.

Mais, l'analyse des essais de pénétration effectués sur tout le profil au niveau de l'ouvrage a montré une résistance en pointe très faible jusqu'à 10 à 12m avant que celle-ci ne devienne plus importante. Cette analyse a permis de relever que le sol est sous consolidé sur la tranche supérieure et devient normalement consolidé en profondeur.

Cette sous-consolidation traduit donc une consolidation en cours du sol et témoigne d'un remaniement relativement récent de cette tranche du sol. Ce remaniement qui ne peut l'être que par un affouillement du sol. Mais, ceci ne veut pas dire que l'affouillement a intéressé tous les 10 m.

Toutefois, et par mesure de sécurité on a préféré retenir la valeur de 10 m, bien que celle-ci paraît sur-estimé. Et ce compte tenu de l'importance de l'ouvrage et du risque qui résulte d'une sous-estimation de l'affouillement.

Ceci d'autant plus qu'on a pas tenu compte d'autres aléas qui peuvent se produire et en particulier une baisse accidentelle du lit de l'oued en raison des dragages qui s'effectuent à l'embouchure.

IV CONCLUSION

L'affouillement est un des paramètres importants pour le dimensionnement des fondations profondes. Si son évaluation est assez maîtrisée pour les matériaux sableux, elle est moins pour les matériaux grossiers et les matériaux fins.

Afin d'arriver à des valeurs raisonnables, il faut faire plusieurs approches et en tout cas il ne faut jamais prendre les valeurs telles que données par les formules; surtout si celles-ci sont supérieures à une dizaine de mètres. Il faut plutôt faire confiance à l'expérience et au bon sens qu'aux formules brutes.

Des recherches sont en cours au LPEE pour les lits, à alluvions grossières, pour évaluer les affouillements in-situ, et ce moyennant des couches colorées avec la profondeur.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) G. FILLIAT : "la pratique des sols & fondations"
Editions MONITEUR 1981
- (2) H. CAMBEFORT : "Géotechnique de l'ingénieur
Reconnaissance des sols"
Editions EYROLLES, 1983
- (3) A. DIOURI - M. MARIOURI - M. ESSBIHI - J. YAMNAHMAKKI -
HARTI "hydraulique des ouvrages de grandissement des cours d'eau" Con-
grès de Mohammedia
- (4) H. NACIRI : "Réflexions sur les affouillements au lit
de rivière"
Note interne LPEE
- (5) Documents geotechniques du LPEE.