

CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA REMISE EN SUSPENSION DES ALLUVIONS DES RETENUES HYDRAULIQUES DES PAYS SEMI ARIDES

Séraj H., Kassoul M., Belorgey M.

M2C-Groupe Mécanique des Fluides. UMR-CNRS 6143. Université de Caen. 24, rue des Tilleuls 14000 Caen.

RESUME

Dans le cadre d'une étude de quantification de l'alluvionnement des ouvrages hydrauliques, il a été observé que la capacité initiale des barrages des pays nord africains enregistré 44% de perte de volume en 1986. Par ailleurs, des études plus récentes sur certains barrages iraniens ont conduit à des résultats similaires.

Dans l'état actuel des ouvrages hydrotechniques des pays semi-arides, pour une exploitation rationnelle des réserves et un respect de la durée de vie des ouvrages, l'évacuation des sédiments accumulés présente un intérêt certain.

L'objectif de cette étude est de contribuer à la détermination des principaux paramètres qui interviennent dans le processus de la remise en suspension des sédiments lors d'un phénomène de chasse.

Afin d'analyser les conditions de remise en suspension favorisant l'évacuation des sédiments, une connaissance hydrodynamique de l'écoulement à proximité de la vidange de fond s'impose.

Ce phénomène d'écoulement correspond à celui d'une couche limite graduelllement variée dont les conditions extérieures sont fonction de variables d'espace. Une étude, avec sédiments, nous a permis d'appréhender les paramètres et les aspects hydro-sédimentaires du phénomène de chasse.

INTRODUCTION

Dans un lit de rivière, les sédiments sont emportés et déposés dans la cuvette de l'ouvrage à l'intérieur de la zone de tranquillité affectant ainsi la capacité du barrage, principal indice de valeur de celle-ci [5].

L'évacuation de la vase, entre autre par phénomène de chasse, s'avère indispensable pour la maîtrise, la gestion des ressources et le respect de la durée de vie des ouvrages.

Les caractéristiques hydro-sédimentaires de l'écoulement, les modalités de dimensionnement et d'exploitation des ouvrages de fond ainsi que la morphologie de la zone à l'amont immédiat de l'ouvrage, sont d'une grande

importance sur : l'accumulation des vases au droit des différentes ouvertures de chasse, leur remise en suspension et leur évacuation.

La présente étude contribue à la mise en évidence des paramètres hydrauliques et morphodynamiques dont l'influence est prépondérante lors d'une opération de vidange par phénomène de chasse.

1. DISPOSITIF EXPERIMENTAL

La plateforme expérimentale, représentée sur la figure 1 , est constituée d'un canal à flux continu d'une longueur de 18 m avec une veine d'essai de $0,5 \times 0,65 \text{ m}^2$. Des ailettes en sortie de pompe, un filtre oblique, une structure en nid d'abeilles ainsi qu'un bac assurent, à l'entrée de la veine, un écoulement laminaire et uniforme.

Dans cette étude, la retenue (barrage) est constituée d'une plaque verticale $500 \times 500 \text{ mm}^2$ placée perpendiculairement à la veine d'essais. Cette plaque obture la section du canal, excepté en partie basse où l'espace entre le fond du canal et la plaque simule, en modélisation 2D, l'ouverture de la chasse.

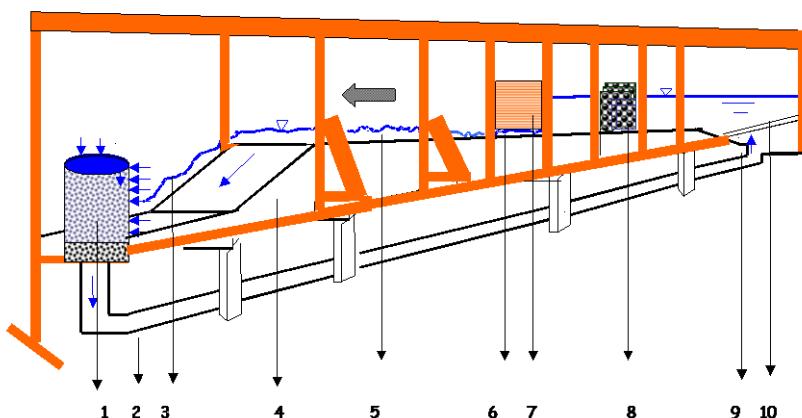


Fig. 1 Canal d'essai

1: filtre-2: conduite de refoulement-3: bac de tranquillisation -4: fond du canal-5: Plan d'eau-6:ouverture du fond-7 : Plaque plane (barrage)-8 : nids d'abeilles-9 : filtre-10 : Bac de tranquillisation

Pour les diverses compagnies de mesures, les conditions d'ouverture de chasse (distance entre la partie inférieure de la plaque et le fond du canal) étaient les suivantes:

- Ouverture simple de 30 mm
- Ouverture de 20 mm, surélevée de 10 mm à partir du fond.

- Ouverture de 20 mm, surélevée de 10 mm à partir du fond avec présence d'une structure de 10 mm de hauteur, à 200 mm à l'amont de l'ouverture, simulant un batardeau.

Compte tenu de l'impossibilité de respecter les conditions de similitude dans les études de transport sédimentaire, le choix des sédiments s'est effectué sur la base des critères suivants :

- Choix de sédiments non cohésifs.
- Choix d'une seule classe de particules (souci de simplification)
- Conformité avec les processus physiques en respectant les conditions d'arrachement de Schields.

Les analyses des champs de vitesse instantanée et des champs turbulents ont été réalisées par Vélocimétrie Laser à 2 composantes. Le processeur de stockage, d'analyse et de traitement des signaux issus de la rétro-diffusion commande le déplacement automatisé de la sonde laser. Le pas de déplacement est pris égal à 0,1 mm, ce qui a permis l'étude fine de la couche limite au voisinage de la paroi.

2. ANALYSE DE L'ÉCOULEMENT AMONT

2.1 Ecoulement moyen

Afin de moduler le débit à la sortie de la buse, nous avons fait varier la hauteur d'eau « h » dans le canal. Trois compagnes de mesure ont été réalisées. Pour chacune des trois hauteurs d'eau nous avons réalisés des profils de vitesse depuis le fond du canal ($y=0$) jusqu'à la surface libre pour différentes positions X en amont de la paroi plane perpendiculaire (barrage) et ceci dans les trois conditions d'ouverture de chasse citées plus haut.

Sur la figure 3, nous avons représenté l'évolution verticale des profils des vitesses pour différentes sections à l'amont du barrage. Les résultats obtenus montrent :

- Que pour des positions éloignées du barrage ces profils sont peu perturbés et les gradients de vitesses sont peu marqués, ils prennent une allure similaire à celle obtenue dans un canal classique [2]
- Que lorsqu'on se rapproche de l'ouverture, on note la présence de deux zones bien distinctes dans le profil des vitesses situées de part et d'autre de la valeur maximale de la vitesse.
- Une zone externe dont l'évolution des profils des vitesses moyennes, sous forme adimensionnelle est semblable à celles d'un jet libre [4]

- Une zone inférieure, du fond du canal, où la vitesse est nulle, à la valeur maximale de la vitesse. Dans cette zone, le gradient des vitesses est important. C'est cette zone que nous avons définie comme étant la « couche limite » associée à l'écoulement de chasse [6].

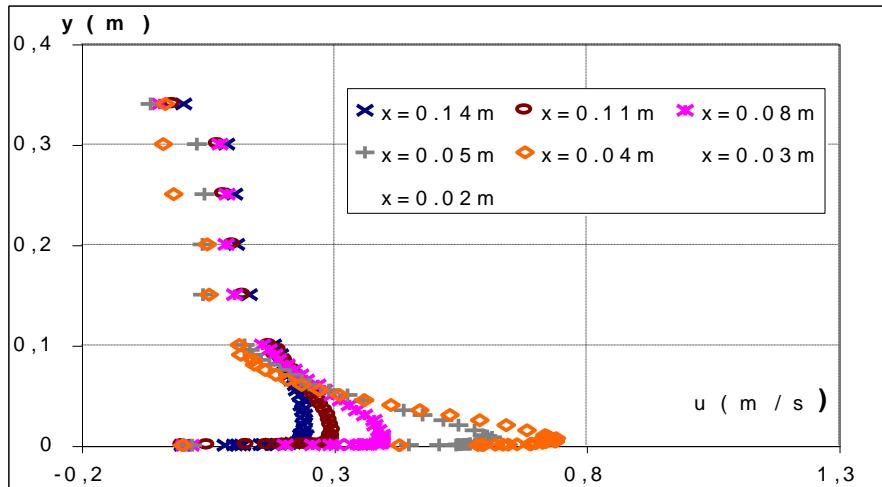


Fig. 3 Profils des vitesses moyennes : $h=0.35$ m, sans marche

Sur la figure 4, nous avons représenté l'évolution longitudinale du maximum des vitesses ramené à la vitesse théorique à la sortie de la chasse.

Quel que soit le type d'ouverture, nos résultats mettent en évidence deux zones d'évolution de ce maximum :

- Une zone d'évolution lente loin de l'ouverture.
- Une zone d'évolution rapide lorsqu'on se rapproche de l'ouverture.

La zone d'évolution lente correspond à une évolution « laminaire » de la couche limite. La zone d'évolution rapide correspond à une évolution « turbulente » de la couche limite [7].

Par ailleurs, nos résultats mettent en évidence l'influence du batardeau qui réduit la valeur de la vitesse maximale.

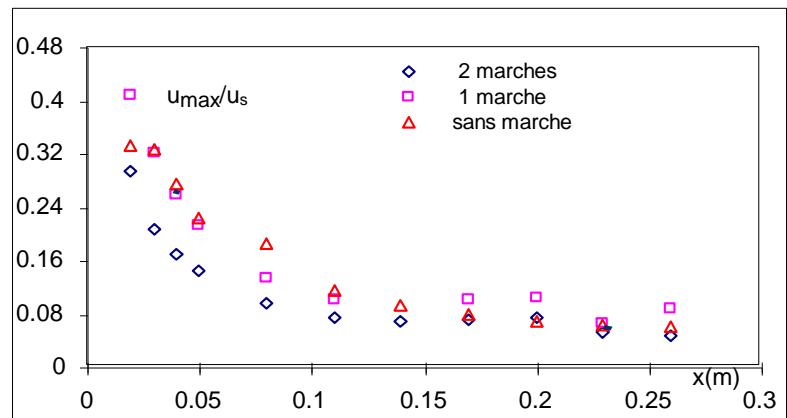


Fig. 4 Evolution longitudinale des maxima des profils de vitesses moyennes.

La figure 5 représente les profils des vitesses dans une section située entre le batardeau et la barrage ($X = 17$ cm), et ceci dans les cas suivants :

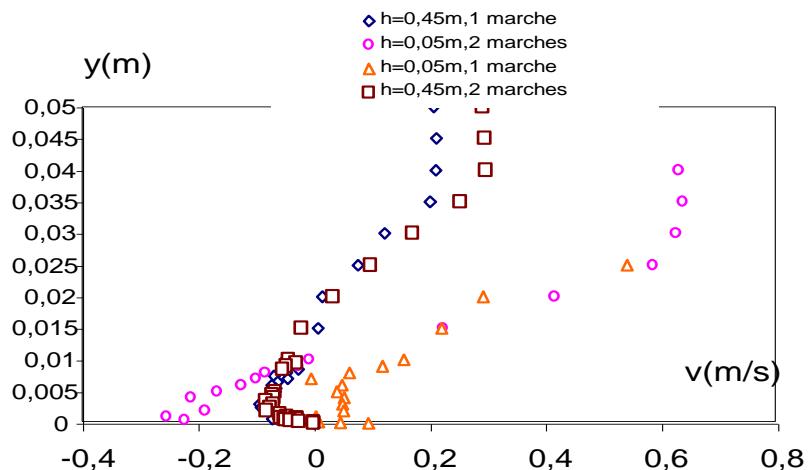


Fig. 5 : évolution des profils en fonction de la hauteur d'eau, à $x = 17$ cm

- Différentes hauteurs d'eau
 - o $h = 0.45\text{m}$ (écoulement en charge)
 - o $h = 0.05\text{m}$ (écoulement type canal, la nappe d'eau passe sous la plaque)
- Différentes configurations d'ouverture

- 1 marche (ouverture de 20mm surélevée de 10mm)
- 2 marches (à la précédente on ajoute le batardeau)

L'analyse des profils montre :

- L'influence du batardeau qui crée des zones de recirculation
- La particularité de l'écoulement type « canal » ($h = 0.05m$) pour lequel les vitesses dans la zone de chasse sont plus grandes que pour l'écoulement en charge.

Ces résultats nous permettent de déduire [8] :

- 1) Que la présence du batardeau qui réduit les vitesses et crée des zones de recirculation, favorise le dépôt de sédiments.
- 2) Que l'écoulement type canal est plus favorable à l'évacuation des sédiments, car il provoque des vitesses plus importantes que l'écoulement en charge.

3. ANALYSE DU TRANSPORT SÉDIMENTAIRE

Morphologie du fond

Dans une deuxième partie de l'étude, nous avons placé une couche de sédiments à l'amont du barrage. Et, partant d'un état d'équilibre nous avons analysé la quantité de sédiments évacuée par l'écoulement de chasse.

Nous présentons ici les résultats correspondant à une ouverture de 20mm, surélevée de 10mm et dans le cas d'un écoulement type « canal » ($h = 0.05m$)

L'épaisseur de la couche sédimentaire est de 10mm (hauteur de la marche sous l'ouverture) et la zone de sédiments s'étend jusqu'à 2m à l'amont du barrage.

Les conditions initiales avant l'ouverture de la chasse correspondent à un fond sédimentaire parfaitement plan.

Lors de la chasse, l'érosion s'amorce très rapidement au voisinage immédiat de la marche. Pour cette zone on obtient très rapidement une position d'équilibre, la formation des rides plus loin en amont se fait progressivement avant de se stabiliser [1].

La figure 6 présente en trois dimensions, la morphologie du fond après stabilisation de l'érosion (pour $h = 0.05m$).

La quantification des sédiments évacués par le phénomène de chasse est déterminée par pesage des sédiments qui se sont déposés à l'aval du barrage [3].

Afin d'optimiser le phénomène de chasse, plusieurs études ont été réalisées :

- Couche sédimentaire répartie de façon uniforme.

- Couche sédimentaire comportant un chenal parallèle à l'écoulement (simulant le lit de la rivière).
- Couche sédimentaire avec deux chenaux parallèles.
- Couche sédimentaire avec un chenal longitudinal et des ramifications transversales d'inclinaison variable par rapport à la direction du chenal principal.

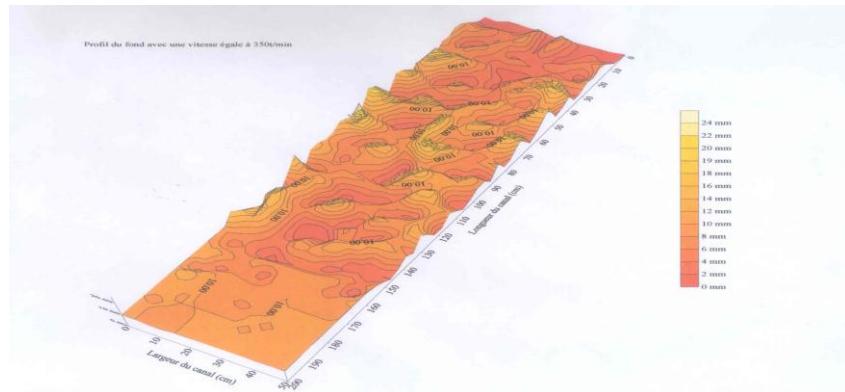


Fig. 6 Profil en long ($L=2$ m), de la couche sédimentaire stabilisée après érosion

Les résultats des quantités de sédiments évacués sont donnés dans le tableau ci-dessous

Tableau 1 Quantités de sédiments évacués lors de la chasse (pour $h = 0,05$ m)

| Essais | Sédiments évacués en kg | Sédiments évacués en m^3 |
|---|-------------------------|----------------------------|
| Canal avec une couche de 1 cm de sable | 7.44 | $2.8 \cdot 10^{-3}$ |
| Couche sableuse plus un chenal profond | 8.88 | $3.35 \cdot 10^{-3}$ |
| Couche sableuse plus un chenal et des tranchées transversales | 8.64 | $3.25 \cdot 10^{-3}$ |
| Couche sableuse plus un chenal et des tranchées à 60° | 9.24 | $3.49 \cdot 10^{-3}$ |
| Couche sableuse plus un chenal et des tranchées à 30° | 9.6 | $3.64 \cdot 10^{-3}$ |
| Couche sableuse plus deux chenaux | 10.08 | $3.80 \cdot 10^{-3}$ |

Nos résultats mettent en évidence le rôle capital de la configuration du fond de la cuvette et en particulier l'importance des chenaux transversaux. Ils montrent également que l'inclinaison à 30° des chenaux transversaux optimise l'évacuation des sédiments par le phénomène de chasse.

CONCLUSION

Les études que nous avons menées nous ont permis de montrer :

- Qu'il était possible de caractériser l'existence d'une « couche limite graduellement variée » dans la zone à l'amont du barrage d'un écoulement de chasse.
- Que la présence d'un batardeau, utile lors de la construction d'un barrage, s'avérait néfaste en ce qui concerne l'évacuation des sédiments.
- Que l'efficacité d'une chasse était plus importante lorsque l'écoulement à l'amont était de type « canal » et non de type « en charge ».
- Qu'il était possible d'optimiser l'efficacité d'une chasse par la réalisation de chenaux transversaux.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] J.P. BOUCHARD 2001. Gestion des sédiments par chasse, outils d'optimisation et de prévision d'impact, Houille Blanche 6/7 pp 62-66.
- [2] C. BRUN 1955. Introduction à l'étude de la couche limite, Gauthier Villard
- [3] J. FOULADI 1995. Iranian National Committee on sediment from ICOLD pp 50-75
- [4] J. HUSSEIN, S.P. CAPP , W.K. GEORGE. 1994. velocity measurement in a high Reynolds number, turbulent jet, J.F.M. 258 pp 31-75.
- [5] M.KASSOUL, A. ABDELGADER , M. BELORGEY.1997 characterization of sedimentation in reservoirs in algeria, Revue des sciences de l'eau, INRS, Canada, volume 10/3 pp 339-358
- [6] M.KASSOUL, M. BELORGEY.1998. Contribution à l'étude hydrodynamique de l'écoulement en amont d'une retenue hydraulique, Houille blanche, SHF, Paris.
- [7] M.KASSOUL, 1998. étude expérimentale de la couche limite graduellement variée générée par phénomène de chasse, thèse de doctorat, université de Caen
- [8]H. SERAJI.2002. Etude du transport sédimentaire associé au phénomène de chasse d'un barrage, thèse de doctorat, université de Caen.