

POINT DE PLONGEE DES COURANTS DE DENSITE DANS LES RETENUES

Par

Boualem REMINI

Chargé de cours, Université de Blida

Ahmed KETTAB

Professeur, Ecole Nationale Polytechnique, Alger

Jean Michel AVENARD

UFR de Géographie, Université Louis Pasteur, Strasbourg (France)

Résumé

L'un des phénomènes hydrauliques le plus spectaculaire et le moins étudié est sans aucun doute "la plongée des courants de densité" dans les retenues.

Le présent article se limite aux résultats obtenus dans une première étape d'une étude non achevée sur les courants de densité. La zone de plongée qui se manifeste en période de crue à l'entrée d'une retenue s'est avérée qu'elle est en évolution continue. C'est le cas d'ailleurs de la retenue d'Ighil-Emda où elle (zone de plongée) s'est avancée de 3 km vers l'amont sur une période de 39 ans (1953 à 1992).

Mots clés : retenue • Ighil Emda • point de plongée • courant de densité.

1 DEFINITIONS

1.1 Courant de densité

Un courant de densité est un écoulement qui se manifeste dans un fluide immobile, quand il y a gradient de densité à l'intérieur de ce même fluide. Un courant de densité, dont la variation de densité est due à la présence de matières solides en suspension, est appelé "courant de turbidité". L'écoulement dans ce cas, est un "underflow". Pour le cas qui nous intéresse, l'eau de crue entrant dans le réservoir est chargée de sédiments, d'où gradient de densité et formation du courant de turbidité.

1.2 Point de plongée

On appelle point de plongée, le point où le fluide dense disparaît au dessous du fluide surmontant (Figure 1).

2 DESCRIPTION DU PHENOMENE DE LA PLONGEE

Les eaux d'un cours d'eau arrivant dans une retenue, transportant des particules solides, freinées à leur arrivée dans la zone de remous, se débarrassent rapidement des particules transportées en saltation et conservent les plus fines en suspension, au moins pendant un certain temps. Ces eaux turbides refoulent les eaux claires, le contact étant un front plus ou moins uni et plus ou moins vertical (Figures 2 et 3). Supposons que les eaux qui arrivent et les eaux de la retenue soient à même température : le front est obligatoirement instable et il y a tendance à un écoulement des eaux turbides à partir du pied du front avec contre courant superficiel d'eau claire (Figures 2 et 3). Le phénomène peut être continu ou pulsatoire. La forme continue s'établit lorsque débits et concentrations sont suffisamment élevés. Si la concentration est très faible, le front est discontinu, affecté par les tourbillons et le vent. Dans la forme continue d'écoulement de densité, on observe à la partie supérieure du front une accumulation de corps flottants, qui traduisent plus ou moins les phénomènes secondaires du front à proximité de la surface.

Quelquefois, l'écoulement amont est torrentiel. On constate alors un plongement immédiat des eaux turbi-

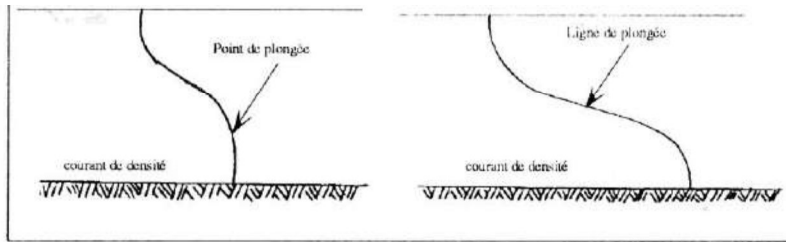


Figure 1

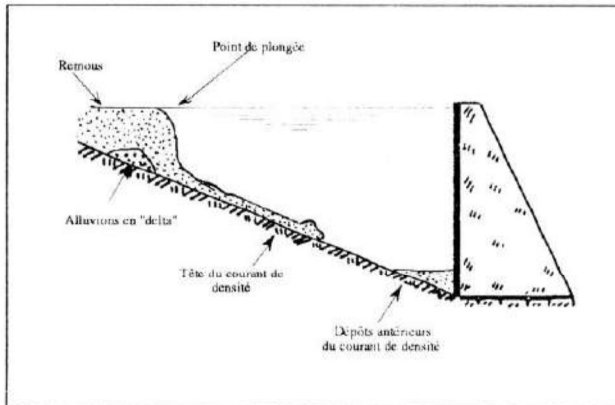


Figure 2 : Courant de densité.

des avec turbulence accrue du front. Les corps flottants sont constamment repris par le courant plongeant sur lequel ils sont déversés par le rouleau du ressaut. De grosses branches, entraînées dans la zone de plongement, ressortent à des dizaines de mètres, quelquefois en pointant une de leurs extrémités hors du plan d'eau, avec une vitesse témoignant de l'extrême agitation assez loin de la zone de plongement. Malgré cette agitation, les eaux de surface restent claires. Elles sont tout au plus légèrement teintées par quelques tourbillons arrivant en surface, mais pratiquement, l'écoulement des eaux turbides et celui des eaux claires de la retenue sont très différenciés.

Plus la vitesse de plongée est grande et plus il y a effet "trompe" c'est-à-dire dilution des eaux claires par les eaux turbides.

3 CRITERES D'APPARITION ET D'EXISTENCE DES COURANTS DE DENSITE DANS LES RETENUES

L'existence d'un courant de turbidité au sein d'une retenue est justifiée par :

- ✓ L'entraînement de corps flottants vers le fond.
- ✓ Les vitesses des courants de fond enregistrées.
- ✓ Le sondage de densité.
- ✓ Les affouillements.
- ✓ Le soutirage de vase à l'aval.

cés pour prévoir l'apparition de ces courants (Tableau n°1).

Il faut noter qu'ils indiquent automatiquement les conditions favorables à la formation des courants de faibles vitesses. Il convient donc d'ajouter qu'ils sont valables uniquement tant que des quantités importantes de sédiments s'introduisent dans la retenue.

Paramètres	Sources
$U^2 / \frac{\Delta\rho}{\rho_m} gH < 0.6$	Zhang Hao et Al
$U^2 / \frac{\Delta\rho}{\rho_m} gH < 1 \text{ à } 2$	S. Butting et T.L Shaw
$\theta C_c^2 HC^5 / Q^2 > 1000$	A. Rooseboom

Tableau 1

4 AMORCE DU COURANT DE DENSITE

le courant de densité s'amorce dans une retenue lorsqu'il y a :

- Correspondance entre l'énergie cinétique du courant arrivant dans la réserve et la dilution du plongement.
- Correspondance entre l'énergie potentielle après mélange (masse totale des particules solides) et la propagation ou la disparition des courants de densité.
- Sensibilité très grande des courants de faible énergie potentielle aux obstacles (formes) du lit et au frottement (végétation).

5 OBSERVATION DE LA ZONE DE PLONGEE DANS LA RETENUE DU BARRAGE IGHIL EMDA

Plusieurs observations ont été faites durant des périodes d'apports solides dans la retenue du barrage Ighil Emda. Le point de plongée a été observé plus exactement dans la branche de oued El Berd. Les premières plongées dans cette branche sont sans aucun doute celles observées par M. Duquennois (1953).

La description de ce phénomène est spectaculaire. En effet, la plongée est observée à l'approche des premières crues dans la branche de oued El Berd. Une zone d'une centaine de mètres de longueur, où l'eau était recouverte d'une couche de brindilles, dépassant même les 25 cm d'épaisseur (le chiffre de 20 cm d'épaisseur a été avancé par H. Duquennois).

Une accumulation de bois flottant, branches d'arbres et une quantité importante de feuilles d'arbres, peut marquer la zone de plongée. Ces brindilles pouvaient provenir de la retenue, ou bien être apportées par l'oued, d'ailleurs c'est l'hypothèse la plus logique, vu que l'oued Berd a un régime torrentiel (forte pente). Elles se maintenaient le plus près possible de la plongée de l'oued sans qu'il y ait de vent pour les y pousser. Elles étaient donc entraînées par un courant de surface remontant vers la zone de plongée. Il existe au dessous des brindilles, un courant de retour alimentant la dilution à la plongée (Figure 3).

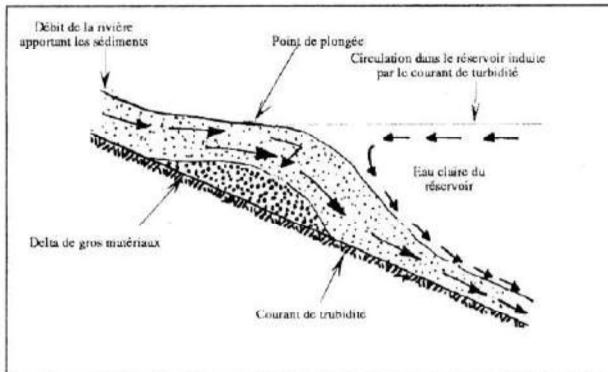


Figure 3 : Point de plongée du courant de densité.

Il reste à signaler enfin que le point de plongée dans la branche de oued Berd s'est avancé de 3 km vers l'aval du barrage, entre 1953 et 1992 [2].

Ainsi, la zone de plongée se trouve en évolution continue soit du fait de l'avancement du "delta" (particules solides grossières), soit du fait des variations du plan d'eau ou bien encore d'autres facteurs (variation de la température de l'eau de la retenue, variation de la concentration des particules solides).

La zone de plongée ne présente jamais les mêmes caractères, les phénomènes pour une même réserve étant très variables. On notera toutefois que lorsque la turbulence est élevée, les particules fines sont toujours transportées loin à l'aval et que les matériaux déposés dans la zone de plongée sont des sables et graviers propres.

6 CONCLUSION

L'étude effectuée, porte uniquement sur le phénomène des courants de densité se manifestant dans les retenues des barrages. Cette première étape est surtout

orientée vers l'endroit de formation de ces courants appelé "point de plongée".

Ce travail reste très incomplet évidemment, mais, on a voulu dans cet article donner quelques résultats, qu'on peut résumer comme suit :

- ✓ L'apparition de la "zone de plongée" se produit en périodes de crues.
- ✓ L'existence de la "zone de plongée" est justifiée par une accumulation de bois flottants, branches et feuilles d'arbres et des cadavres d'animaux.
- ✓ La zone de plongée se trouve en évolution continue à cause de l'avancement du "delta" (graviers, sables) et des variations du plan d'eau.
- ✓ Dans la retenue du barrage Ighil Emda, considéré dans cet article, la "zone de plongée" se manifeste dans la branche de oued Berd. Elle s'est avancée de 3 km de l'amont vers l'aval en 39 ans (1953-1992) ③

NOTATIONS

- C : Concentration de la suspension (g/l) (kg/m^3)
 C_c : Coefficient de Chezy
 g : Accélération gravitaire (m/s^2)
 H : Profondeur de l'eau dans la retenue (m)
 U : Vitesse du courant de densité (m/s)
 θ : Angle d'inclinaison
 ρ_m : Masse volumique du fluide dense (kg/m^3)
 $\Delta\rho$: Variation de la masse volumique (kg/m^3)

BIBLIOGRAPHIE

- [1] B. Remini, J. M. Avenard & A. Kettab : "Le barrage d'Ighil Emda, les courants de densité dans la retenue". Rapport interne. Juin 1992, Université Louis Pasteur, Strasbourg.
- [2] Groupe de travail du comité Français, congrès des grands Barrages, Mexique, Q 47 R30, 1976, "Problèmes de sédimentation dans les retenues".
- [3] J. Simpson : "Gravity currents : In the environment and the laboratory". Edition Ellis Howrd Limited, 1987.
- [4] G. Parker, M. Gracia & Y. Fukushima : "Experiments in turbidity over and erodible bed". J. Fluid Mech, vol. 171 ; pp 145 - 181, 1987.