

## **Contribution au dimensionnement des barrages flottants antipollution marine**

### **Etude expérimentale de l'écoulement, à surface libre, de l'eau et de la couche d'hydrocarbure, autour de maquettes de barrages antipollution marine**

**Kamel Abed-Meraïm, Patrice Joubert**

*IUT de La Rochelle*

*Département Génie Civil*

*15, rue François de Vaux de Foletier – 17026 La Rochelle Cedex 01*

**kamel.abed-meraim@univ-lr.fr ; patrice.joubert@univ-lr.fr**

**Section de rattachement : 60**

**Secteur : Secondaire**

***Résumé** : alors que la fréquence des catastrophes dues aux naufrages des pétroliers s'est intensifiée ces dernières années, les technologies de récupération des déchets en mer et les méthodes utilisées lors de la lutte contre les dernières marées noires avec plus ou moins de réussite restent moyennement efficaces face à l'ampleur et à la difficulté de la tâche. Constatant que la corrélation entre la conception d'un barrage et ses performances dans la lutte contre la pollution par hydrocarbure est mal connue, une étude a été initiée pour apporter une contribution dans ce domaine. Le travail qui est présenté ici s'insère dans cette étude et consiste d'une part, à réaliser des maquettes des éléments de barrages étudiés, concevoir des balances hydrodynamiques spécifiques à trois bras, et mesurer les efforts supportés par les barrages sous l'action du courant marin pour différentes inclinaisons des jupes. Et d'autre part à simuler et visualiser les écoulements étudiés, dans un canal hydrodynamique, afin d'analyser l'efficacité des éléments de barrages retenus en observant leur mode de fuites.*

***Mots-Clés** :Protection antipollution marine, barrages flottants, écoulements à surface libre, nappes d'hydrocarbures, similitude de Froude, simulations de Reynolds, balances hydrodynamiques, Visualisations d'écoulements,*

## 1. Introduction

Ce travail s'insère dans une étude plus générale qui consiste à mettre à la disposition des utilisateurs de barrages antipollution marine (hydrocarbures, produits chimiques), les moyens permettant de concevoir et définir le plus vite possible les dimensions et formes de ces barrages dans un contexte donné. En effet, La conception des barrages antipollution marine est un domaine dans lequel les travaux de recherche appliquée sont peu nombreux. De ce fait, aussi bien la conception, l'utilisation des barrages antipollution, que la connaissance de leur fonctionnement, sont empiriques et approximatives, voire mal connues.

## 2. Contexte dans lequel s'inscrit cette étude

Lors des récentes catastrophes écologiques, les barrages flottants sont apparus comme un des meilleurs moyens de lutte contre les marées noires. Mais leur efficacité renvoie à une question de développement pour améliorer les types déjà existants voire de recherche pour leur assurer une bonne efficacité. A cet effet, un projet a été initié pour le RITMER (Réseau de Recherche et d'Innovation Technologique, département : "Pollutions marines accidentelles et conséquences écologiques").

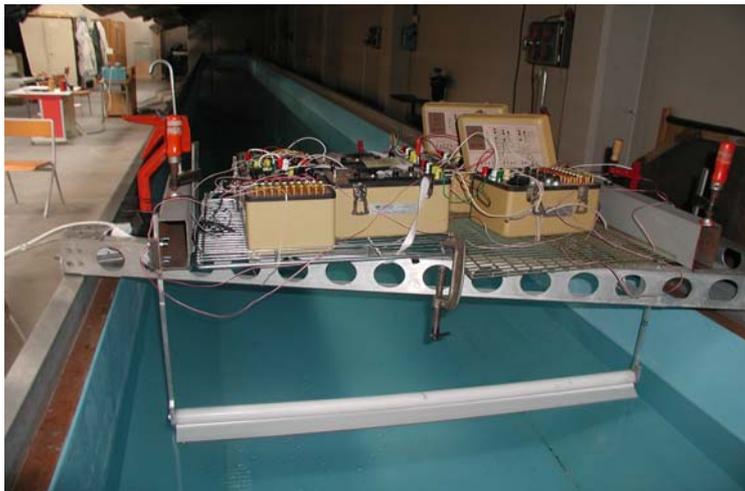
Il s'agit du projet SIMBAR. Ce projet est financé par le ministère de l'écologie et du développement durable et a comme but l'analyse d'un élément de barrage flottant antipollution, à flotteur cylindrique et jupe droite, soumis à la force du courant marin.

L'étude expérimentale que nous présentons ici s'insère dans le cadre de ce projet. Elle a comme objectif la réalisation d'essais expérimentaux, à échelle réduite, de l'écoulement de l'eau et de la couche d'hydrocarbure autour des maquettes des éléments de barrages étudiés. Et cela, pour :

- d'une part, quantifier les efforts de traînée et de portance ainsi que le moment de tangage en fonction de la vitesse du courant et de l'inclinaison de la jupe de l'élément de barrage étudié. En effet, la connaissance de l'ensemble des efforts hydrodynamiques agissant sur un barrage antipollution marine soumis à un courant et à une houle régulière ou non représente aujourd'hui un enjeu très important pour connaître le comportement de ces derniers et de minimiser les interventions pour réparations.
- d'autre part, évaluer l'efficacité d'un élément de barrage en fonction de la vitesse du courant et de l'inclinaison de la jupe. Les résultats de ce travail permettront à ces barrages d'avoir une meilleure efficacité et de nécessiter moins d'interventions d'ajustement.

### 3. Dispositifs expérimentaux

Les simulations et les visualisations des écoulements étudiés sont réalisées dans le canal hydrodynamique du LEPTAB (figure 1). Ce bassin hydrodynamique de 20 m de longueur est équipé d'un chariot motorisé qui permet de faire évoluer, progressivement, la vitesse du courant marin.

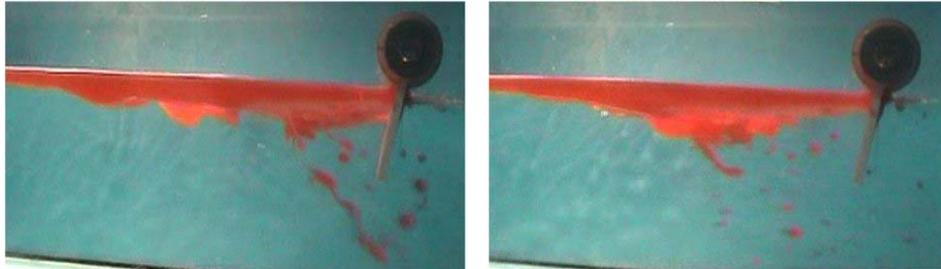


**Figure 1.** Canal hydrodynamique équipé d'un chariot motorisé maquette du barrage étudié montée sur la balance hydrodynamique

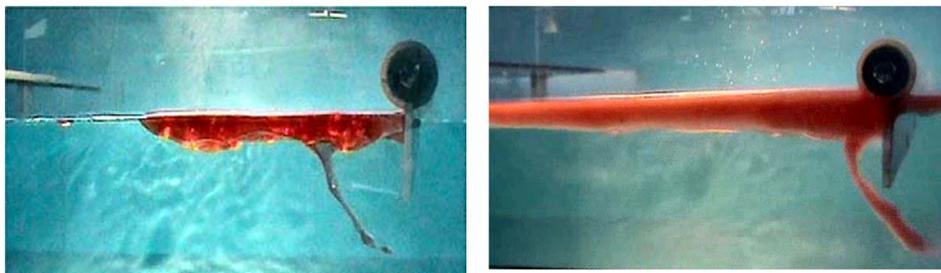
Des maquettes à l'échelle 1/15 des éléments de barrages flottants anti-hydrocarbures ont été réalisées. Ces maquettes sont utilisées pour mesurer les efforts que les éléments de barrages supportent. Ainsi, à l'aide d'une balance hydrodynamique à deux bras, de trois ponts d'extensométrie, et d'une centrale d'acquisition (figure 1) on mesure les  $C_x$ ,  $C_z$  et  $C_m$  du barrage en fonction des paramètres de l'écoulement.

Un dispositif expérimental a été spécialement conçu pour la visualisation du confinement du pétrole à différents régimes et la détermination des seuils et des modes de fuites. Le polluant utilisé est un mélange ayant des caractéristiques voisines du pétrole de l'Amocco Cadiz. Ce mélange huileux est coloré en rouge de façon à visualiser au mieux le confinement du pétrole (figures 2 à 4).

Les visualisations du confinement puis des fuites du pétrole sont possibles grâce à une caméra et à la présence d'un miroir dans un caisson, sous l'eau, à proximité du barrage. Des fuites de polluants (figures 2 à 4) peuvent être observées, sous forme de gouttelettes d'abord puis par débordement. Des procédures de récupération du polluant, et de maintenance de l'eau du bassin ont lieu à la suite de chaque essai.



**Figure 2.** *exemples de visualisations de fuites par arrachement de particules*



**Figure 3.** *exemples de visualisations de fuites par détachement d'amas de polluant*



**Figure 4.** *exemples de visualisations de fuites par débordement*

#### **4. Paramètres de similitude**

Les paramètres retenus pour cette étude sont :

- un barrage à jupe rigide de 75 cm de hauteur avec un flotteur de 55 cm de diamètre.
- une gamme de vitesses du courant marin entre 0,6 et 1,5 nœuds.

- deux types d'hydrocarbures. Un léger et un lourd.
- trois inclinaisons différentes de la jupe :  $-10^\circ$ ,  $+10^\circ$  et  $+40^\circ$

L'écoulement étant à surface libre, nous avons adopté, pour cette étude expérimentale, une similitude de Froude avec une échelle de 1/15. Ce qui nous donne une gamme de vitesses expérimentales comprise entre 0,08 et 0,2 m/s. Et des maquettes de 37 mm de diamètre et de 51 mm de hauteur de jupe.

Les nombres de Reynolds réels et expérimentaux restent dans une gamme où les coefficients d'efforts sont constants.

### 5. Visualisation des modes de fuites

Pour les faibles vitesses du courant, l'huile se rassemble à l'amont du barrage sous l'effet de la poussée générée par le frottement à l'interface et l'effort dû à la déviation des filets fluides. L'épaisseur de la nappe formée contre le barrage est telle que les forces de gravité équilibrent les forces de poussée (Figure 5).

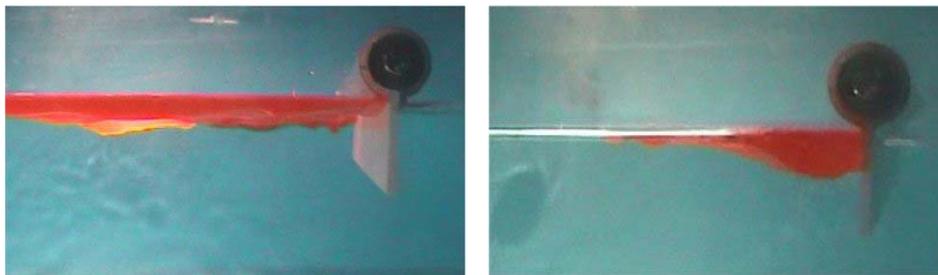
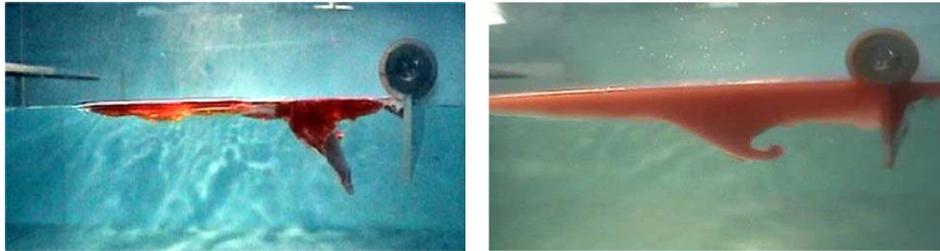


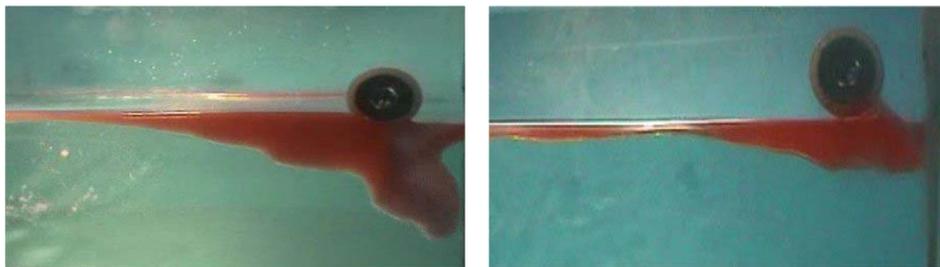
Figure 5. nappe en équilibre

Lorsque la vitesse du courant augmente, des gouttelettes d'huile sont arrachées de l'interface eau – huile puis entraînées sous le barrage. Des instabilités apparaissent également sous la nappe et génèrent des fuites par intermittence sous forme de détachement d'amas de particules (Figure 6). Ces instabilités qui apparaissent à l'interface eau – huile et qui entraînent des fuites par arrachement sont dues à un nombre important de facteurs : variation de quantité de mouvement de l'eau, forces de gravité, amortissement des ondes interfaciales par effet de viscosité dans l'huile, tension interfaciale, ...



**Figure 6.** *instabilités sous la nappe*

Pour de plus fortes vitesses et lorsque le volume d'huile est important, l'huile s'échappe par débordement (Figure 7).



**Figure 7.** *débordement de la nappe sous le barrage*

## 6. Conclusion et perspectives

Les résultats obtenus au cours de cette étude ont été validés en partie par comparaison avec des résultats numériques. Nous avons réalisé depuis, d'autres visualisations pour analyser l'influence de la hauteur des jupes et du type d'hydrocarbure. Les perspectives immédiates de cette étude consistent à évaluer l'influence de la houle sur ce type de barrages avant de faire un couplage courant – houle.

## Bibliographie

Abed-Meraïm K., Etude expérimentale de l'écoulement plan engendré par la translation d'une coque semi-circulaire pour des nombres de Reynolds allant de 0 à 40, Thèse de l'université de Poitiers, novembre 1992

Darras M., Barrages flottants anti-hydrocarbures : étude bibliographique du comportement du barrage, rapport EDF : HE/42/80.29, juillet 1980

Darras M., Mise en œuvre des barrages flottants anti-hydrocarbures – calcul des efforts et forme en plan dans le courant, rapport EDF : HE/42/81.08, juin 1981

Donnars Ph., Barrages flottants anti-hydrocarbures : étude expérimentale du comportement d'un barrage soumis au courant et à la houle, rapport EDF : HE/42/82.24, 1982

Leymarie J.C., Barrages flottants anti-hydrocarbures : Comportement d'un barrage soumis à un courant permanent – Echelle 1/10, rapport EDF : HE/42/86.15, 1986

Leymarie J.C., Etude du débit de fuite sous un barrage anti-hydrocarbures : influence de l'action du courant et de la houle, rapport EDF : HE/42/87.22, août 1987