

# Influence du vent sur le niveau de la mer

par

MICHEL CREPON et MICHÈLE FIEUX

Laboratoire d'Océanographie physique, Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris (France)

On cherche une formule analytique simple permettant d'obtenir les variations du niveau moyen de la mer en fonction du vent.

## I. — Calcul du niveau moyen

Sur les côtes de la Méditerranée où le marnage est faible, de l'ordre de quelques décimètres, le niveau moyen est donné avec une bonne approximation par la double moyenne des hautes mers et des basses mers.

Le niveau ainsi obtenu est le niveau de la mer moyenné sur une période de 12 heures environ.

## II. — Influence de la pression atmosphérique

On admet que le niveau moyen exprimé en centimètres moins la pression atmosphérique exprimée en millibars représente la partie du niveau de la mer qui est fonction du vent seul.

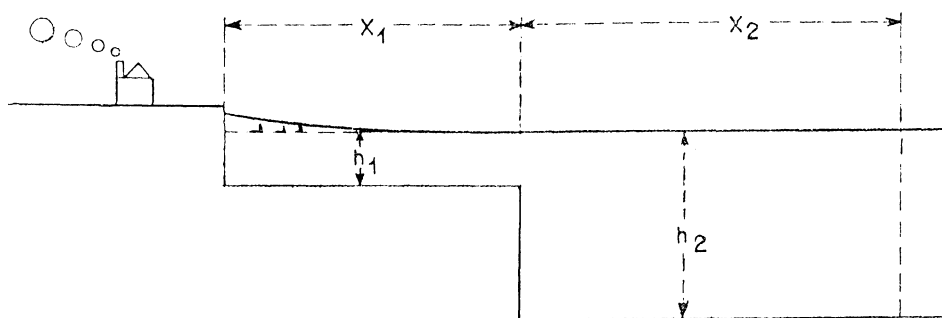


FIG. 1.

## III. — Théorie de Bretschneider

En décembre 1966, BRETSCHNEIDER a donné une relation analytique entre le niveau moyen et le vent.

Il obtient la solution suivante dans le cas où la pente du fond est constante :  $\zeta = \zeta_x + \zeta_y$

$$\zeta_x = \text{PER} \left( \frac{1}{h_1 - (h_0 + \zeta)} \text{Log.} \frac{h_1}{h_0 + \zeta} \right) W^2 X \cos \Theta$$

où

$$\zeta_y = \text{PAR} \frac{h_1^{7/6} - (h_0 + \zeta)^{7/6}}{h_1 - (h_0 + \zeta)} f W X \sqrt{\sin \Theta}$$

Rapp. Comm. int. Mer Médit., 21, 4, pp. 193-196, 3 fig. (1972).

$\zeta$  représente la différence des niveaux entre le point de profondeur  $h_1$  (bord du plateau continental) et le point de profondeur  $h_0$  (côte), points qui sont distants de  $x$ ;

$W$  est le module de la vitesse du vent;  $f$  est le paramètre de Coriolis;

$\Theta$  est l'angle que fait le vent avec la perpendiculaire à la côte.

— On remarque que  $\zeta_x$ , qui représente l'action de la composante du vent perpendiculaire à la côte, est prépondérant.

En effet, près du rivage,  $h_0$  est très petit, donc  $\text{Log} \frac{h_1}{h_0 + \zeta}$  est très grand.

— On démontre d'autre part que  $\zeta_x$  ne dépend que du vent soufflant sur le plateau continental tandis que  $\zeta_y$  dépend du fetch total.

La relation (1), satisfaisante pour les vents quasi-stationnaires, l'est beaucoup moins pour des variations rapides du vent, de l'ordre de la journée.

#### IV. — Théorie impulsionnelle

Soit les conditions schématisées sur la fig. I. Un plateau continental de profondeur constante  $h_1$  est relié de façon abrupte à un océan de profondeur constante  $h_2$ . Un vent constant en direction et en module souffle entre la côte et le point d'abscisse  $X_1 + X_2$ ;

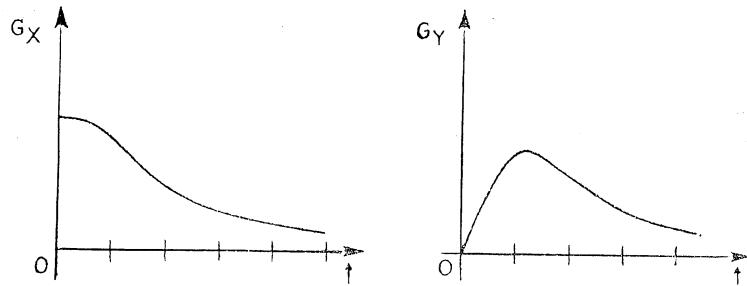


FIG. 2.

Les équations de l'hydrodynamique sont linéaires. Les forces d'amortissement sont proportionnelles au transport de masse. On calcule la relation entre le vent  $\vec{W}$  et le niveau moyen  $\zeta$  au moyen de méthodes analogues à celles développées antérieurement par M. CRÉPON, où l'on utilise la transformation de Laplace sur le temps; on obtient :

$$\zeta = \zeta_x + \zeta_y$$

$$\text{où } \zeta_x = \frac{3 \cdot 10^{-3}}{c_1 \rho} W^2 \cos \Theta * G_x \quad \text{et} \quad \zeta_y = \frac{3 \cdot 10^{-3}}{c_1 \rho} W^2 \sin \Theta * G_y$$

\* désignant le produit de convolution.

$G_x$  et  $G_y$  sont définis par leurs transformées de Laplace.

L'inversion de la transformation de Laplace de  $G_x(t)$  et de  $G_y(t)$  est délicate. On peut obtenir cependant d'une façon simple le comportement asymptotique de ces fonctions :

$$\text{Lorsque } t = 0_+ \quad G_x(t) = 1 \quad \text{et} \quad G_y(t) = 0$$

lorsque  $t \rightarrow +\infty$   $G_x(t)$  et  $G_y(t)$  décroissent comme  $(vt)^{-3/2}$

Ceci nous permet d'obtenir l'allure des fonctions  $G_x(t)$  et  $G_y(t)$  (figure II).

On en conclut qu'étant donné la forme des courbes  $G_x(t)$  et  $G_y(t)$  au voisinage de l'origine, la composante du vent qui est perpendiculaire à la côte a une action plus rapide que la composante qui est parallèle.

Soit un vent de la forme  $\vec{W} = W_0 (\vec{x} \cos \Theta + \vec{y} \sin \Theta) Y(t)$ ,  $Y(t)$  étant la fonction Unité. On admet que  $v$  est égal à  $2 \cdot 10^{-4} \frac{IWI}{h}$ .

On obtient lorsque  $t \rightarrow \infty$  les développements asymptotiques suivants :

$$\zeta_x \sim \frac{3 \cdot 10^{-7} X_1 W^2 \cos \Theta}{h_1} \left[ \left( 1 + \frac{h_1 X_2}{h_2 X_1} \right) - \frac{f X_1}{2 c_1 \sqrt{\pi v_1 t}} \left( \frac{h_1}{h_2} X_1^2 + 2 \frac{h_1}{h_2} X_2 + 1 \right) \right]$$

$$\zeta_y \sim 1,5 \cdot 10^{-3} (X_1 + X_2) f W \sin \Theta \left( 1 - f \frac{X_1 + X_2}{2 c_1 \sqrt{\pi v_1 t}} \right) \dots$$

Comme dans la théorie de BRETSCHNEIDER,  $\zeta_x$ , qui représente l'élévation du niveau de la mer due à la composante du vent perpendiculaire au rivage, ne dépend que du vent soufflant sur le plateau continental, tandis que  $\zeta_y$ , qui représente l'élévation du niveau de la mer due à la composante du vent parallèle au rivage, dépend du fetch total.

### V. — Application à un cas concret

On a étudié pour les mois de janvier, février et mars 1969 l'influence du vent sur le niveau moyen de Marseille, Sète et Banyuls, ports situés sur la côte méditerranéenne de la France.

On calcule le niveau moyen en fonction du vent en faisant le produit de convolution des fonctions de BRETSCHNEIDER (paragraphe III-) avec les fonctions  $G_x$  et  $G_y$  définies au paragraphe IV.

$$\zeta = \zeta_x(t) * G_x(t) + \zeta_y(t) * G_y(t)$$

Ceci nous permet, d'une part de tenir compte du temps réponse du niveau en fonction du vent (intervention de  $G_x$  et  $G_y$ ), d'autre part, d'avoir pour un vent constant les formules du paragraphe III, qui sont plus proches de la réalité que celles du paragraphe IV (intervention d'un frottement quadratique).

Les coefficients sont calculés d'après leurs expressions mathématiques et ensuite ajustés par approximations successives. En effet, il est difficile de connaître exactement  $h_0$ , profondeur au rivage.

On a tracé sur la figure III, en fonction du temps, le niveau moyen observé (courbe supérieure) et le niveau moyen calculé (courbe inférieure) à Sète.

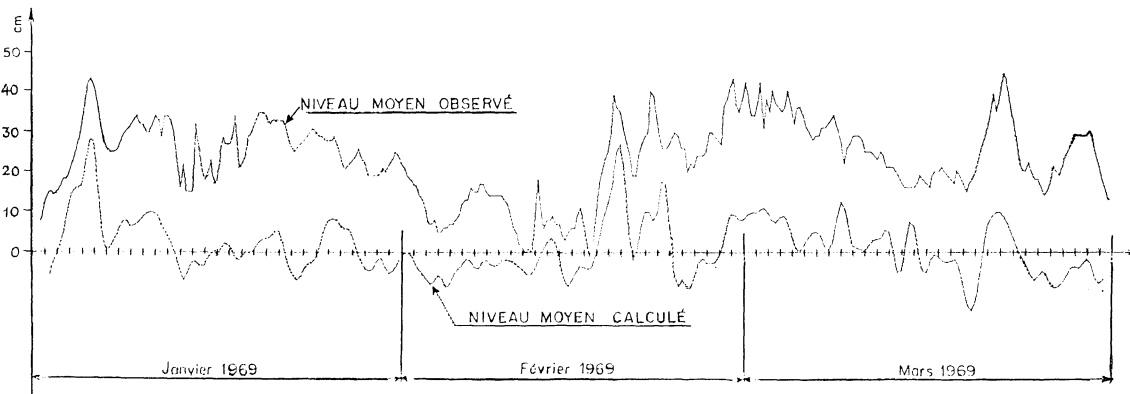


FIG. 3.

On observe, pour ce port, une bonne corrélation entre les deux courbes en particulier, pour les forts coups de vent.

En effet, le plateau continental a une longueur de 100 km, une profondeur moyenne de 90 m. Les côtes sont à peu près rectilignes et le vent n'est pas perturbé par des reliefs proches. Les conditions géographiques sont donc favorables à une telle étude.

Les corrélations sont beaucoup moins bonnes pour Marseille et Banyuls. La topographie et la forme des côtes sont très éloignées pour ces deux ports du cas schématique analysé ci-dessus.

Plusieurs sources d'erreurs interviennent dans nos calculs. En particulier, on peut signaler :

a. Le vent qui n'est donné que par une mesure instantanée, trois fois par jour seulement, ce qui est nettement insuffisant. Il faudrait au moins une mesure toutes les trois heures.

b. la tension du vent  $\vec{\zeta}$  qui a été prise selon une loi quadratique de la forme  $\vec{\zeta} = kIWIW$ , loi qui n'est qu'approchée.  $k$  intervient dans l'expression de PAR et de PER.

Cette étude a pu être menée à bien grâce au Contrat de Recherche accordé par le Centre National pour l'Exploitation des Océans au Muséum National d'Histoire Naturelle.