

PRESES

SIONS

ET

MANCHE - MER DU NORD

IM

PACTS

PRESSIONS ET IMPACTS

MANCHE - MER DU NORD

JUIN 2012

PRESSIONS PHYSIQUES ET IMPACTS ASSOCIÉS Interférences avec des processus hydrologiques

Modification du régime des courants

Pascal Lazure
(Ifremer, Brest).



1. CONTEXTE GÉNÉRAL

On peut distinguer deux types de causes entraînant des modifications des courants : celles qui modifient les facteurs de forçage des courants, et celles qui interagissent directement avec les courants, à savoir l'installation en mer de structures ou constructions diverses telles que digues, tables ostréicoles, hydroliennes, etc. La seconde cause est clairement dans le champ d'application de cette évaluation. La problématique de la modification des facteurs de forçage relève plus du changement global, notamment climatique. Elle ne peut cependant pas être ignorée car d'une part, le forçage hydrologique peut être modifié par l'activité humaine, notamment sur les bassins versants, et d'autre part la mise en évidence d'une modification du courant nécessite de définir un état de référence.

Les facteurs de forçage des courants s'effectuent à deux échelles spatiales, celle des bassins océaniques dont les grands régimes de courants peuvent impacter la circulation côtière, et celle plus locale où d'autres facteurs hydro-météorologiques – vents côtiers, échanges thermiques et apports par les fleuves – peuvent agir. Nous examinerons les évolutions constatées de ces forçages tout en gardant en mémoire que la problématique du changement global n'entre pas dans le cadre des pressions définies par la DCSMM.

Nous examinerons ensuite les manières dont les activités humaines de divers types – génie civil, culture marine, exploitation des minéraux – peuvent affecter les courants ainsi que les échelles spatiales des perturbations associées.

Enfin, après le constat de l'absence de modifications des courants à l'échelle des régions définies par la DCSMM, nous établirons quelques recommandations pour un suivi des modifications potentielles des courants à l'avenir.

2. MODIFICATION DES COURANTS RÉGIONAUX LIÉE À UNE MODIFICATION DES FORÇAGES

À l'échelle régionale, les courants résultent des influences de la circulation à l'échelle océanique et des forçages locaux, principalement la marée et les conditions hydro-météorologiques.

Les courants de la sous-région marine Manche-mer du Nord sont ainsi affectés par la circulation générale de l'Atlantique nord-est, sous l'influence du Gulf Stream et de son prolongement, le courant Nord-Atlantique. De nombreuses études océanographiques de la circulation à grande échelle sont actuellement en cours dans le contexte du changement climatique. Alors que ce changement est désormais avéré sur l'évolution des températures de la mer, la mise en évidence d'une évolution des courants n'a pour le moment pas été formellement établie et donne même lieu à certaines controverses qui reflètent toutes les lacunes sur la définition d'un état de référence, préalable indispensable à la mise en évidence d'une modification. Cette connaissance fait actuellement défaut car les courants marins, quelle que soit la région marine considérée, sont extrêmement variables tant spatialement que temporellement, et tous les modes de variabilités sont loin d'être connus.

Parmi les processus physiques à l'origine des courants, l'effet de la marée est l'un des mieux documentés, principalement parce que la marée est un phénomène déterministe lié au mouvement des planètes. À l'échelle de la sous-région Manche-mer du Nord, on peut ainsi considérer que la marée est bien connue. Une modification de la marée, et par voie de conséquence des courants qu'elle génère, ne pourrait être observée que si la bathymétrie ou la nature des fonds étaient profondément modifiées. Cela n'est actuellement pas le cas à l'échelle régionale.

Les autres processus de forçage physique des courants sont principalement les facteurs hydro-météorologiques : il s'agit des effets du vent et des différences de densité de l'eau de mer. Ce dernier facteur recouvre à la fois les différences de température et des différences de salinité, qui en milieu côtier sont au premier ordre induites par les apports en eau douce des rivières.

Les échelles de temps de la variabilité de ces courants sont très diverses, de la haute fréquence – une tempête, une crue – à la variabilité interannuelle – années sèches ou humides, chaudes ou froides, etc. La réponse des courants à ces différents forçages est complexe et elle n'est pas totalement connue. À l'échelle de la sous-

région marine, il n'existe pas d'étude publiée qui ait reporté des modifications avérées des courants répondant à une modification des forçages. On peut noter que ce sujet fait actuellement l'objet de nombreuses études prospectives qui visent à étudier la modification des courants sous l'effet du changement des facteurs de forçage en fonction de différents scénarios d'évolution climatique. Ces études sont avant tout prospectives, elles n'établissent pas de diagnostic sur une évolution actuelle constatée mais permettent de mieux comprendre la variabilité observée des paramètres océanographiques – température, salinité et courants – en fonction des forçages atmosphériques.

3. MODIFICATIONS À L'ÉCHELLE LOCALE LIÉES AUX ACTIVITÉS MARINES

3.1. IMPACT DES INSTALLATIONS CONCHYLICOLES

Les dispositifs de culture de coquillages en mer sont susceptibles de créer des modifications des courants à l'échelle des parcs. Les impacts sur les courants sont réels dans les zones concernées. Des études de l'influence des tables à huîtres ont montré que le courant pouvait être affecté d'une réduction à l'intérieur des parcs de l'ordre de 50 % [1] ou 60 % [2]. Par contre, il n'a pas été mesuré d'impact sur les courants à l'extérieur des parcs. De même, une étude de l'influence des bouchots à moules sur les courants dans la baie du Mont Saint-Michel [3] a montré que cet impact restait essentiellement limité à l'emprise du parc. On note une accélération dans les allées et au-dessus des lignes, alors que le courant est ralenti à proximité des lignes. À une distance de l'ordre de 3 à 4 km des parcs, l'impact devient très faible et un abattement des courants de l'ordre de quelques $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ a été estimé. Une étude néo-zélandaise a montré une réduction du courant dans des parcs à moules de l'ordre de 35 à 63 % [4].

L'effet des structures d'élevage des coquillages en pleine eau (sur filières – système rare en Manche-mer du Nord) est assez similaire : elles provoquent une réduction des courants à l'intérieur des structures qui peut dépasser 50 % [5], elles réduisent également les effets des vagues, mais leur impact sur les courants restent avant tout très local.

3.2. IMPACT DES AMÉNAGEMENTS CÔTIERS

Les aménagements côtiers, qu'ils consistent en des aménagements portuaires ou de défense contre les aléas climatiques, sont d'ampleur spatiale limitée à quelques centaines de mètres, voire quelques kilomètres. À proximité immédiate de ces ouvrages, il est évident que les courants sont modifiés par ces structures. Le sillage créé par les ouvrages dépend de plusieurs facteurs, la vitesse du courant (U), la viscosité de l'eau (ν) et la dimension caractéristique de l'ouvrage (d) que l'on combine pour définir le nombre de Reynolds (Re) : $Re = Ud / \nu$.

Quand ce nombre est faible, le courant contourne l'obstacle sans s'en détacher et l'impact est limité. À mesure que le courant forçit, il se développe derrière l'obstacle des tourbillons stationnaires. La distance d'impact de l'obstacle sur les courants est alors de l'ordre de grandeur de la perturbation [6] [7], donc de l'ouvrage. Si le courant forçit encore, ces tourbillons peuvent se détacher, ils sont alors déplacés par le courant et forment des allées de « tourbillons de Karman ». Dans ces conditions, la modification des courants peut affecter une zone dont la taille est sensiblement plus grande que l'obstacle. Cependant, dans les petits fonds côtiers, le frottement du courant sur le fond limite ces effets et dissipe les tourbillons rapidement.

Il faut noter ici que ces considérations concernent les courants, et en aucun cas les transports des sédiments. À titre d'exemple, une digue aura un impact limité spatialement aux courants locaux, mais de très faibles modifications des courants de fond peuvent avoir sur le long terme un impact à beaucoup plus grande échelle, désiré ou non, sur la dérive littorale des sables et galets.

3.3. IMPACT DES PRISES ET REJETS D'EAU

Les prises et rejets d'eau en zone côtière peuvent également impacter les courants locaux. Un simple calcul d'ordre de grandeur permet d'évaluer la distance d'impact « x » en fonction de la perturbation des courants attendue (u), du débit de la prise (Q) et de la profondeur moyenne de la zone (h). Cette distance peut s'exprimer simplement en supposant que la perturbation est homogène le long d'un demi-cercle centré sur la prise d'eau :

$$x = \frac{Q}{(\pi hu)}$$

Si l'on considère par exemple une prise d'eau de $1\,000\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$, ce qui est une surestimation des quantités nécessaires au refroidissement des centrales nucléaires, pour une profondeur moyenne de 10 m, l'impact sur les courants (u) sera de $10\text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ à 300 m de la prise d'eau ou de l'exutoire et de $1\text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ à 3 km. On voit donc que ces impacts sont très minimes à l'échelle de la sous-région marine.

4. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Aucune modification des courants ne peut être mise en évidence actuellement à partir des mesures. Cela illustre plus l'absence de suivi dans la durée des paramètres océanographiques de base que la stabilité d'un système complexe aux multiples interactions.

L'impact des activités humaines sur la modification des courants a été évalué à partir de quelques études existantes et de considérations générales sur les échelles spatiales des ouvrages. Il s'avère que cet impact reste actuellement limité à l'échelle locale. Rappelons qu'on ne parle ici que des courants et non pas des transports sédimentaires.

Hormis la modification des régimes météorologiques attendue et liée au changement global, il est possible que la modification du régime hydrologique des fleuves, liée à des activités anthropiques sur les bassins versants, soit apte à modifier la circulation régionale, par le biais d'une modification des salinités et des contrastes de densité. La lente évolution des salinités évoquée dans la contribution thématique « Modifications du régime de salinité » n'a cependant pas pu être reliée à une modification du régime hydrologique des fleuves. Ces aspects n'ont pour le moment pas été réellement abordés dans le domaine côtier et mériteraient d'être étudiés spécifiquement sur la base de différents scénarios d'évolution du régime hydrologique des fleuves à partir de simulations par modèles numériques.

Dans un avenir proche, le développement attendu des énergies renouvelables verra l'implantation en mer de plusieurs types de constructions et ouvrages qui pourraient avoir un impact plus étendu. L'implantation de parcs d'éoliennes offshore, ou de dispositifs de récupération de l'énergie de la houle, ne devrait pas avoir une influence forte sur les courants moyens en dehors des parcs. Il n'en est pas de même pour les hydroliennes et les turbines dont l'objectif est de capter une partie de l'énergie du courant moyen. Des études récentes sur le potentiel hydrolien le long des côtes de Géorgie (côte est des USA) [8], de même qu'une simulation d'installation de turbines dans la baie de Fundy (côte est du Canada) [9], ont montré que l'implantation de fermes hydroliennes dans certaines zones de courants forts a la capacité de modifier significativement la propagation de l'onde de marée. Cela se traduit en général par une diminution du marnage et donc des courants associés et une modification de la phase. Dans le cas de la baie de Fundy, des augmentations de plus de 20 cm de l'amplitude de l'onde de marée ont été mises en évidence par la modélisation numérique à plus d'une centaine de kilomètres de distance des ouvrages.

Ces aspects et leurs conséquences devront faire l'objet d'études spécifiques en préalable de l'installation de fermes d'hydroliennes de grandes dimensions.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Sornin J.M., 1981. Processus sédimentaires et biodéposition liés à différents modes de conchyliculture, thèse de l'Institut des Sciences de la Nature de l'Université de Nantes, 188 pp.
- [2] Kervella Y., 2010. Impact des installations ostréicoles sur l'hydrodynamique et la dynamique sédimentaire, thèse de l'université de Caen, 324 pp.
- [3] SeaMER, 2000. Étude d'impact de la restructuration conchylicole en baie du Mont Saint-Michel, étude courantologique et sédimentologique, rapport SRC Bretagne Nord, 41 pp.
- [4] Plew D.R., Stevens C.L., Spigel R.H. et Hartstein N.D., 2005. Hydrodynamic implications of large offshore mussel farms, *IEEE J. Oceanic Eng.* 30 (1), pp. 95–108.
- [5] Stevens C., Plew D., Hartstein N. et Fredriksson D.W., 2008. The physics of open-water shellfish aquaculture, *Aquac. Eng.* 38 , pp. 145–160.
- [6] Middleton J., 2001. Topographic eddies. *Encyclopedia Ocean Sci.* 2986-2993.
- [7] Barton E.D., 2001. Island wakes. *Encyclopedia Ocean Sci.*, 1397-1403.
- [8] Defne Z., Haas K.A., Fritz H.A., 2011. Numerical modeling of tidal currents and the effects of power extraction on estuarine hydrodynamics along the Georgia coast, USA. *Renewable Energy* (sous presse).
- [9] Karsten R.H., McMillan J.M., Lickley M.J. et Haynes R.D., 2008. Assessment of tidal current energy in the Minas Passage, Bay of Fundy, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy* 222, pp. 493–507.