

CARAC

TÉRIS

TIQUES ET

MERS CELTIQUES

ÉTAT

ÉCOLO

GIQUE

CARACTÉRISTIQUES ET ÉTAT ÉCOLOGIQUE

MERS CELTIQUES

JUIN 2012

ÉTAT PHYSIQUE ET CHIMIQUE Caractéristiques physiques

Courantologie

Pascal Lazure (Ifremer, Brest),
Stéphanie Desmare (SHOM).



1. PRINCIPAUX PROCESSUS PHYSIQUES

La sous-région marine mers celtiques telle que définie dans le cadre de la DCSMM comporte un plateau continental étendu et, dans sa partie ouest, une zone de forte pente qui se situe dans la prolongation du talus continental du golfe de Gascogne.

Cette zone est sous l'influence de la marée et son ouverture vers le large la rend sensible à la circulation à grande échelle. Le vent et sa variabilité inhérente constituent un facteur important de la circulation sur le plateau continental. Enfin, à l'est de la zone, à proximité de l'île d'Ouessant, la circulation du printemps à l'automne est largement influencée par les différences de température des eaux superficielles sur le plateau et aux abords des îles qui constituent le front d'Ouessant.

2. CIRCULATION GÉNÉRALE : VARIABILITÉ HAUTE FRÉQUENCE ET SAISONNIÈRE

2.1. CIRCULATION GÉNÉRALE ET VARIABILITÉ SAISONNIÈRE

Le long du talus, le courant est dirigé en moyenne vers le nord-ouest et sa vitesse est d'environ $5 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ [1]. Ce courant fluctue selon les saisons (figure 1). Il est maximum en automne et peut s'inverser du printemps à l'été. On estime le débit moyen au-dessus du talus vers le nord-ouest à 5 millions de $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$.

Sur le plateau continental, les courants moyens sont relativement mal connus. Une mesure des courants sur une station située sur le plateau durant 3 années a montré que le vent est l'un des moteurs principaux [1]. Le courant moyen est en général faible et il est dirigé à l'opposé du courant sur le talus, soit vers le sud-ouest. Compte tenu de l'influence du vent, ce courant fluctue selon les saisons et les événements météorologiques.

Dans la partie est de la zone, on note la présence du printemps à l'automne du front d'Ouessant [2]. Durant cette période, les eaux de surface sont réchauffées par le soleil et les 20 à 50 premiers mètres sont plus chauds que les eaux de fond (typiquement 18 °C et 12 °C respectivement). Le front est généré par le mélange induit par la marée. Quand les profondeurs diminuent à proximité de la côte, les courants de marée sont amplifiés. Il en résulte un mélange plus important des eaux entre la surface et le fond. Aux environs des îles d'Ouessant et Sein, ce mélange est assez intense pour homogénéiser totalement la colonne d'eau. Le front constitue alors la zone de rencontre entre les eaux stratifiées du large et les eaux côtières mélangées. Ces gradients de densité génèrent un courant qui se superpose aux courants de marée et aux courants induits par le vent. Dans la partie ouest du front d'Ouessant, le courant de surface est dirigé vers le sud. Au fond, à la rencontre des eaux froides du large et des eaux côtières plus chaudes, il s'inverse de se diriger vers le Nord [2]. Le front d'Ouessant est variable en intensité et localisation, les cycles vives eaux - mortes eaux et le vent sont les principaux facteurs de sa variabilité.

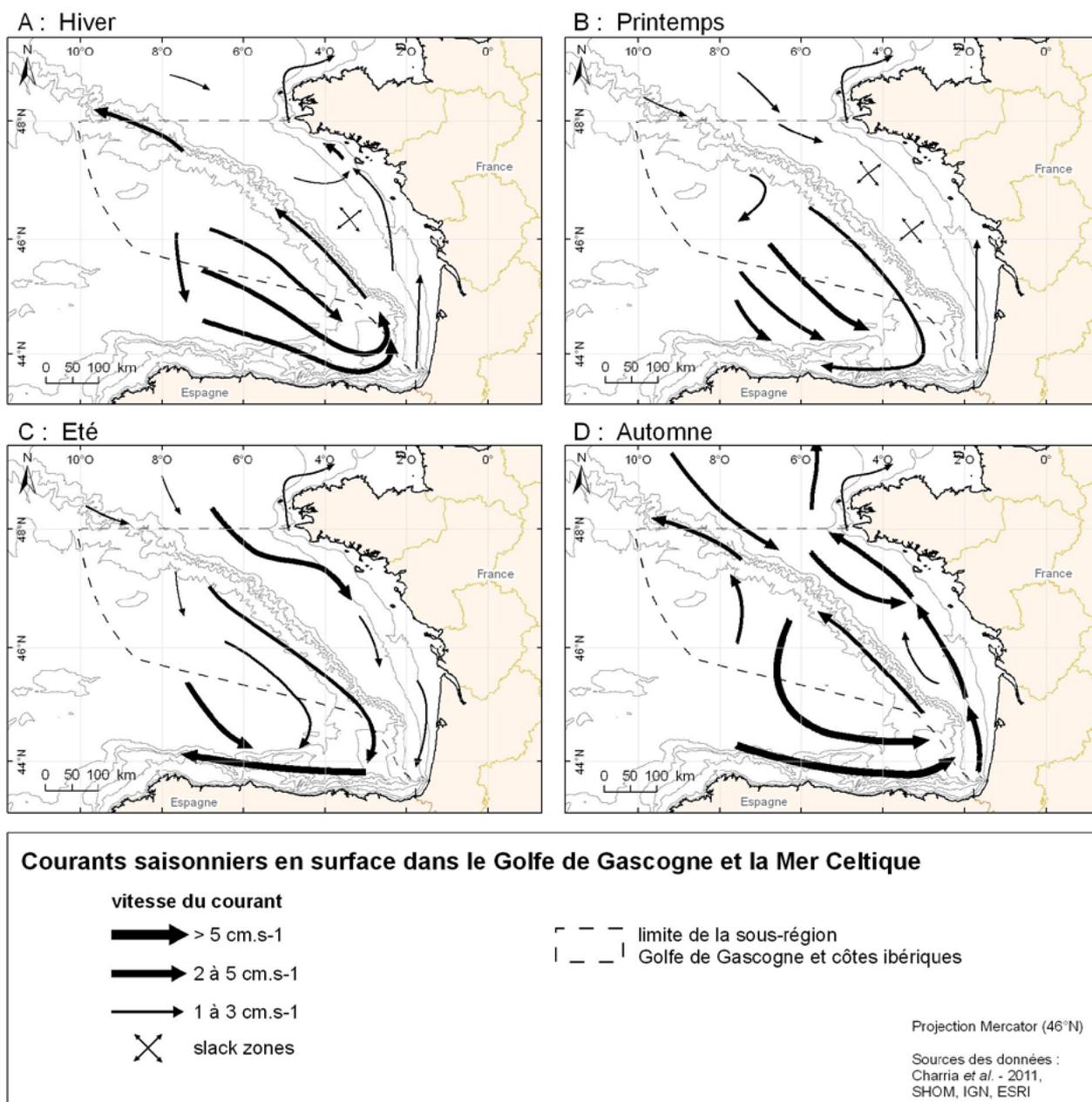


Figure 1 : Courants saisonniers en surface dans le golfe de Gascogne et les mers celtiques (Sources : Charria et al., 2011, IGN, ESRI, SHOM).

2.2. ONDES INTERNES ET SOLITONS

Du printemps à l'automne, la couche de surface est plus chaude que les eaux sous-jacentes. L'épaisseur de la couche de surface varie de 20 à 50 m. Quand l'onde de marée générée au large rencontre le talus continental, les courants de marée sont amplifiés et une composante verticale importante est créée par la remontée du fond de 4 000 m à environ 200 m. Cette composante verticale génère une oscillation de l'interface entre les eaux chaudes de surface et les eaux de fond. Cette oscillation est appelée marée interne, elle peut atteindre une amplitude de 80 m [3] en vives eaux. Elle a la période de la marée et se propage de part et d'autre du talus.

Les courants associés au passage à la marée interne sont inversés entre la couche de surface et la couche de fond, de telle sorte que la moyenne des courants sur la verticale est quasiment nulle sur le plateau.

Cette région est reconnue comme l'un des endroits où la génération de la marée interne est la plus forte au monde : les courants de la marée interne peuvent atteindre une vitesse d'un nœud ($50 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$) sur la bordure externe du plateau [4].

Les ondes internes modifient leur forme au cours de leur propagation sur le plateau et peuvent, à partir de mécanismes d'interactions avec la bathymétrie encore mal connus, dégénérer en solitons [5] qui sont des ondes internes de haute fréquence : entre 1 heure et quelques minutes.

3. COURANTS DE MARÉE

3.1. ONDE DE MARÉE ET MARNAGE

Dans les mers celtiques, la marée est liée à une onde progressive qui se propage dans l'Atlantique Nord-Est, en sens inverse des aiguilles d'une montre. Le marnage croît de 1 m au large à 6 à 7 m aux abords de l'île d'Ouessant (figure 2).

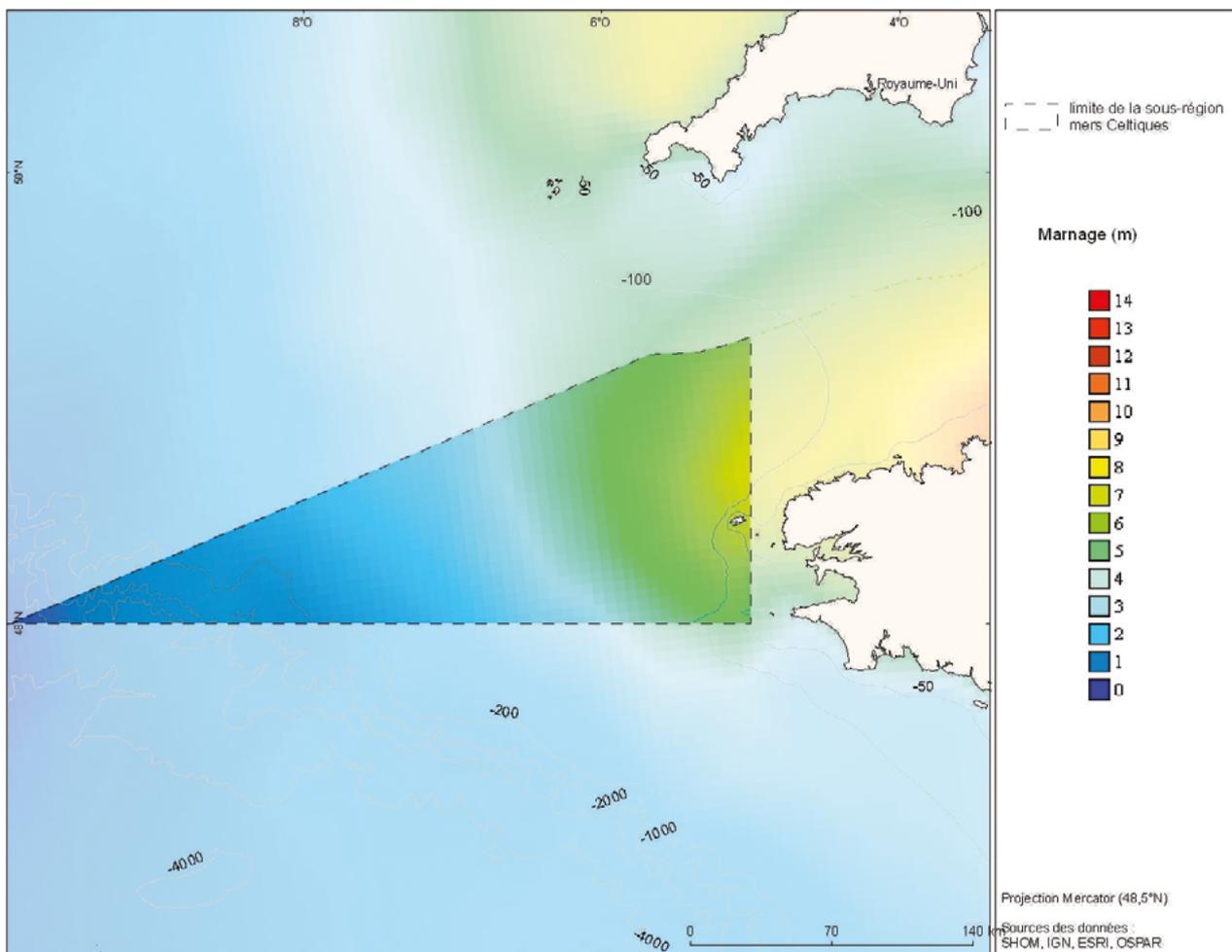


Figure 2 : Marnage en mers celtiques (Sources : modèle de marée CSTFRANCE du SHOM, ESRI, 2010).

3.2. AMPLITUDE DES COURANTS DE MARÉE

Sur le plateau, la vitesse en surface des courants de marée croît du sud vers le nord. Les vitesses, en général faibles, ne dépassent pas $80 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ à l'ouest de $7^{\circ}30 \text{ W}$. Dans cette zone, les courants de marée peuvent être masqués par les courants dus au vent. Les vitesses augmentent vers l'est et vers $5^{\circ}30 \text{ W}$, les courants atteignent ou dépassent $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ à peu près partout.

En présence d'une topographie du fond tourmentée, les caractéristiques des courants varient notablement d'un point à un autre, souvent rapprochés. Le passage du Fromveur, étroit et profond, est le siège de courants violents qui atteignent $4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ environ en vive-eau moyenne. Des vitesses de $2,5$ à $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ sont signalées aux abords de Ouessant, et $1,75 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ à $1,5$ nautique du phare de la Jument (figure 3).

En morte-eau, les courants de marée perdent 20 à 30 % de leur vitesse, mais la morphologie de la côte et les forçages météorologiques sont susceptibles de perturber ponctuellement les courants.

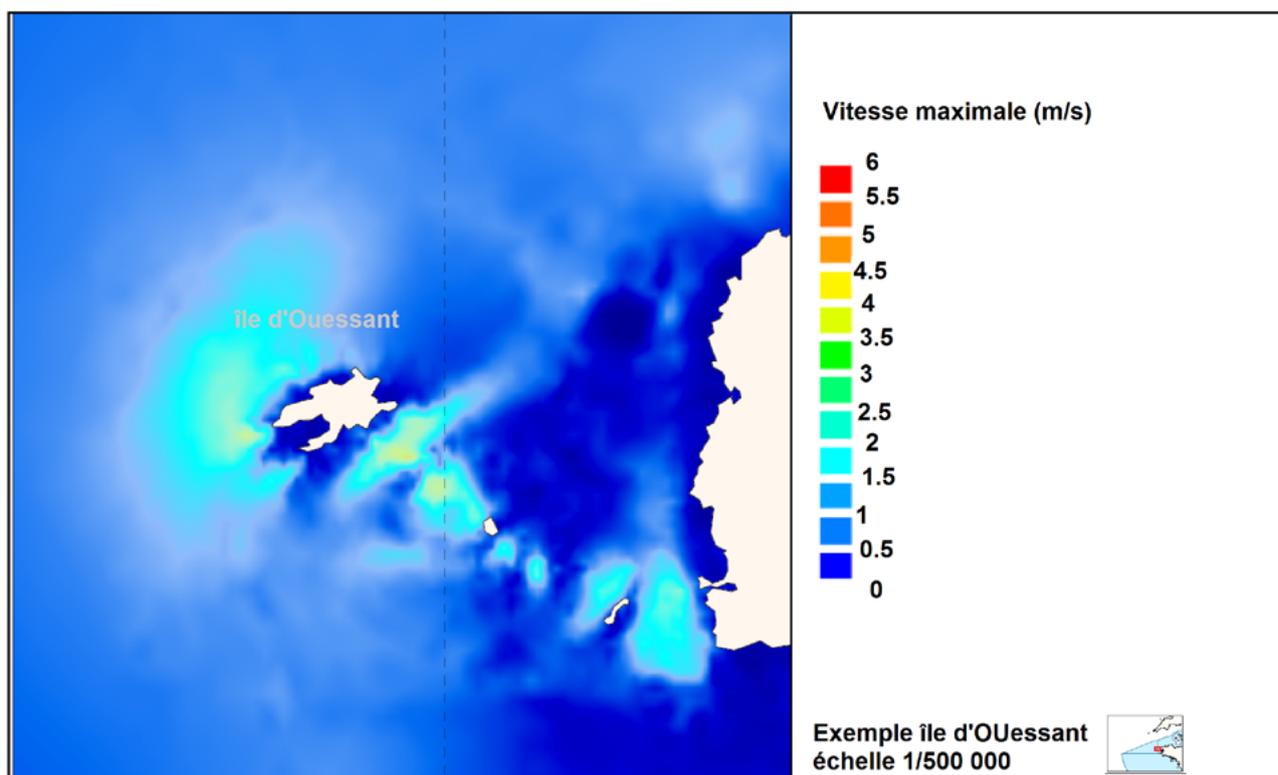


Figure 3 : Carte de vitesses maximales des courants de marée en vive-eau moyenne (Sources : Modèle de courant 2D Mer d'Iroise, SHOM, 2010).

3.3. ÉVOLUTION TEMPORELLE DES COURANTS DE MARÉE

Les courants de marée varient en intensité et en direction au cours du cycle tidal, leur période est d'environ 12h25 [10]. Leur direction générale est vers le nord-est en période de flot et vers le sud-ouest en période de jusant. Ils prennent une orientation nord-sud au voisinage d'Ouessant et est-ouest à l'entrée de la Manche.

4. ÉTAT DES CONNAISSANCES

L'intérêt scientifique porté à la région s'est traduit par des études océanographiques assez nombreuses depuis les années 1980, notamment pour comprendre certains processus à moyenne échelle : le front d'Ouessant, la marée interne, les variabilités saisonnières, etc., mais aussi pour améliorer la connaissance de circulation côtière : les courants résiduels, les courants de marée... Cependant, la structure tridimensionnelle des courants est encore peu décrite.

Concernant les courants de marée, des publications anciennes [9] regroupent les connaissances accumulées au fil des années et recueillies souvent auprès des navigateurs. Ces informations sont surtout qualitatives, mais restent néanmoins précieuses et ont été reprises pour l'essentiel dans les publications plus récentes [10] [11].

Les moyens de calcul actuels permettent une modélisation fine des courants en 2D et 3D à condition de disposer de suffisamment de connaissance de la bathymétrie et de la marée pour imposer des conditions aux limites, et de mesures de courants pour valider les modèles [13]. Les modèles de circulation côtière requièrent une bonne connaissance des processus moyenne échelle et de leur impact sur les phénomènes de mélange. Il reste encore beaucoup de questionnement sur le rôle de la marée interne et son impact sur les processus physiques et biologiques.

Les mesures de courants *in situ* restent indispensables pour les études courantologiques de la circulation moyenne ou des courants de marée, elles constituent un moyen de vérification et de validation des modèles numériques. Elles permettent surtout une évaluation des différentes composantes du courant et de leur variabilité temporelle ou spatiale dans les trois dimensions. Malgré l'utilisation quasi-systématique de profileurs doppler depuis quelques années, le nombre de données de ce type est encore faible et les informations près du fond ou le long de la colonne d'eau font souvent défaut.

Il existe par ailleurs une technique alternative de mesures des courants de surface qui permet une couverture plus étendue en utilisant des radars haute fréquence installés le long de la côte et en exploitant des signaux rétrodiffusés par les vagues. Un système de radars HF (WERA) fonctionne actuellement en mer d'Iroise (Cléden-Cap-Sizun) et donne de bons résultats [14]. Ce type de mesure est complémentaire mais ne remplace pas la mesure *in situ*.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Pingree R.D. Le Cann B., 1990. Structure, strength and seasonality of the slope currents in the bay of Biscay region. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, 70, 857-885.
- [2] Muller H., Blanke B., Dumas F. et Mariette V., 2010. Identification of typical scenarios for the surface Lagrangian residual circulation in the Iroise Sea, *Journal of Geophysical Research* 115 (C7), pp. C07008-389.
- [3] Baines P.G., 1982. On internal tide generation models. *Deep-Sea Research* 29, 307-388.
- [4] Pichon A. et Mazé R., 1989. Internal tides over a shelf break : analytical model and observations, *Journal of Physical Oceanography* 20, pp. 657-671.
- [5] Green J.A., Simpson J.H., Legg S. et Palmer M.R., 2008. Internal waves, baroclinic energy fluxes and mixing at the European shelf edge, *Cont. Shelf Res.*, 28, 937-950.
- [6] Simon B., 2007. La marée océanique côtière.
- [7] Les guides du SHOM : LA MARÉE.
- [8] Courants de marée et hauteurs d'eau : La Manche, 2000. SHOM, ISBN 2-11-088251-4.
- [9] Courants de marée dans la Manche et sur les côtes française de l'Atlantique, ouvrage n°427 A du Service Hydrographique de la Marine (SHM), rédigé par H. Lacombe et réédité sous le nom d'ouvrage n°550.
- [10] Ouvrages n° 551 à 556 : collection d'atlas de courants des côtes de France édités en 1973.
- [11] Ouvrages n° 557 à 565 : collection d'atlas de courants des côtes de France édités entre 1994 et 2005.
- [12] Nicolle A., 2009. « Réalisation d'un modèle 3D de courants de marée dans la rade de Brest ».
- [13] Pineau L., Nicolle A., 2009. « Modélisation numérique en hydrodynamique côtière ».
- [14] Action « VIGICOTE » : mesure des vagues et courants de surface en mer d'Iroise par radar HF-temps réel.
http://www.shom.fr/fr_page/fr_act_oceano/vagues/VIGICOTE/index.html#2