

CARAC

TERIS

TIQUES ET

GOLFE DE GASCOGNE

ÉTAT

ÉCOLO

GIQUE

CARACTÉRISTIQUES ET ÉTAT ÉCOLOGIQUE

GOLFE DE GASCOGNE

JUIN 2012

ÉTAT PHYSIQUE ET CHIMIQUE Caractéristiques physiques Courantologie

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



1. PRINCIPAUX PROCESSUS PHYSIQUES

Le golfe de Gascogne se distingue par une grande diversité des processus physiques qui génèrent les courants [1]. Ceux-ci résultent des influences combinées de la marée, du vent, des différences de densité de l'eau de mer et de la circulation à grande échelle. Chaque processus génère des courants de nature différente, également fortement contrainte par la bathymétrie. C'est pour cela que l'on distingue en général les courants sur le plateau, sur le talus continental et sur la plaine abyssale.

La marée provoque des courants alternatifs dont la période est d'environ 12h25. Ces courants sont très faibles par grands fonds ($< 10 \text{ cm.s}^{-1}$) et se renforcent sur le plateau continental (voir § 3). Ils comportent également une composante non périodique, appelée courant résiduel, qui est en moyenne très faible dans le golfe de Gascogne. Par contre, à l'échelle locale, ils peuvent devenir importants voire dominants (voir la fin du § 2).

Les courants à l'échelle de quelques jours sont sous l'influence majeure du vent dans le golfe de Gascogne. À la différence des courants de marée, les courants induits par le vent sont très variables selon la profondeur. Ces courants sont également très fluctuants et possèdent une variabilité saisonnière directement liée aux situations météorologiques. La circulation induite par le vent est également susceptible de générer des mouvements verticaux près des côtes appelés upwelling (voir la fin du § 2).

La circulation induite par les gradients de densité (liés aux différences de température ou de salinité) peut être localement ou temporairement dominante. C'est le cas des courants de surface à proximité des estuaires quand les fleuves sont en crue, ou dans les fronts thermiques tels que le front estival d'Ouessant.

La circulation le long du talus continental dépend en général des gradients de température à grande échelle et de la situation météorologique. Sa direction privilégiée est le long des isobathes. Elle est très complexe et reste encore assez mal connue dans le golfe de Gascogne.

Enfin, l'influence de la circulation à l'échelle de l'Atlantique Nord-Est domine sur la plaine abyssale. Cette circulation est en général très faible comme le long des côtes est des grands océans mondiaux.

2. CIRCULATION GÉNÉRALE ET SA VARIABILITÉ SAISONNIÈRE

Une étude récente des courants dans la couche de surface [2] basée sur l'analyse de dérive de flotteurs dérivants a révélé les grands traits de la circulation générale et sa variabilité saisonnière. La figure 1 résume les courants pour les 4 saisons.

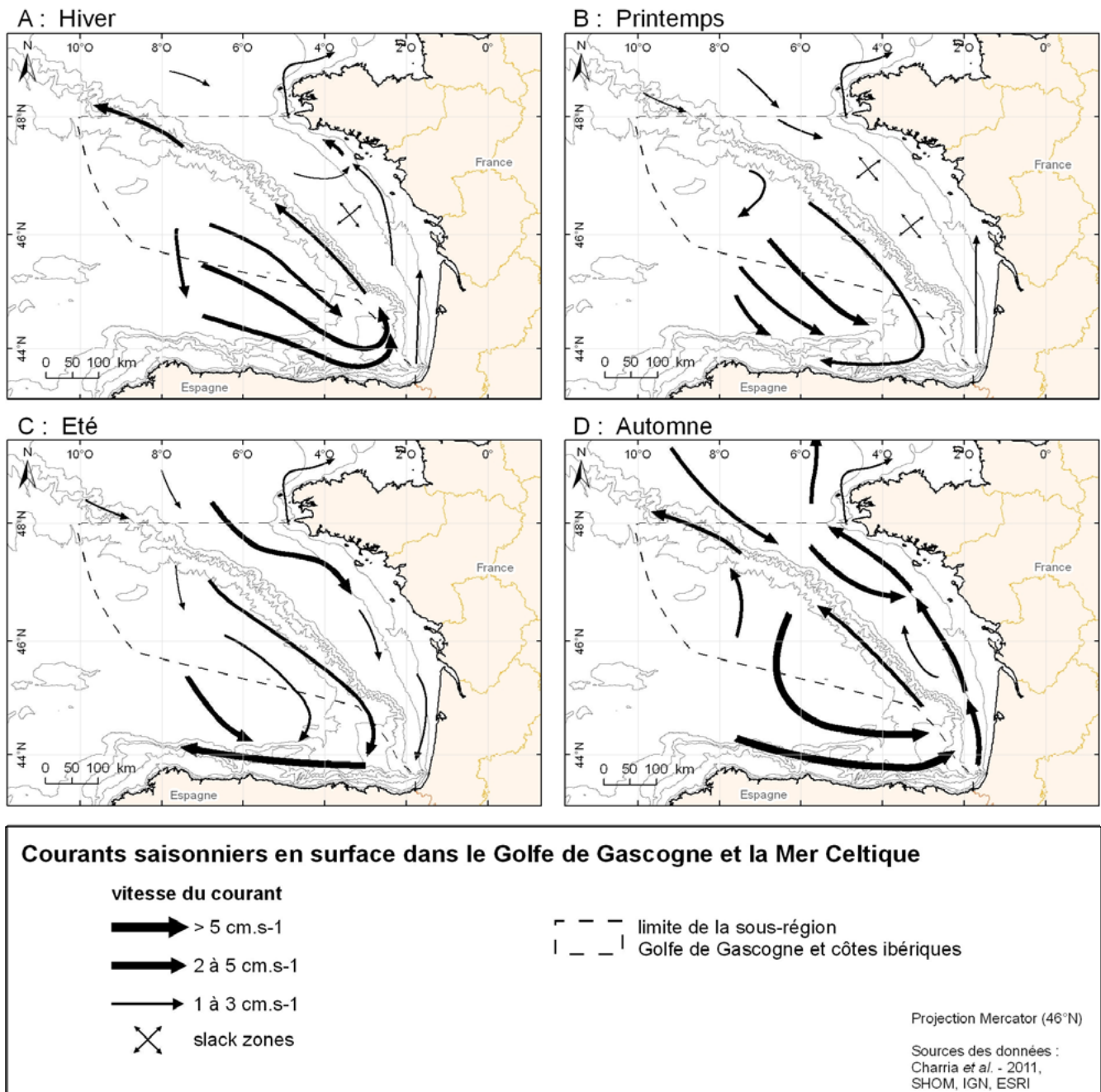


Figure 1 : Courants saisonniers en surface dans le golfe de Gascogne et la mer Celtique (Sources : Charria *et al.* - 2011, IGN, ESRI, SHOM).

Circulation en automne (octobre, novembre, décembre)

L'ensemble du golfe de Gascogne est le siège d'un vaste tourbillon cyclonique. Sur le plateau continental, un courant dirigé vers le nord-ouest apparaît en début d'automne, sauf les années atypiques où le vent moyen est majoritairement de secteur est, comme en 2007. Ce courant peut persister jusqu'en décembre [3] et temporairement atteindre une vitesse de 30 cm.s^{-1} . Il transporte vers le nord des eaux chaudes du coin sud-est du golfe et se traduit par une langue chaude qui s'étend du Pays basque à la Bretagne. Sur le talus, le courant est également dirigé vers le nord-ouest. On peut noter un contre-courant plus faible dirigé vers le sud-ouest entre le talus et l'isobathe 100 m au nord de 47° N .

Circulation en hiver (janvier, février, mars)

Les courants restent dirigés majoritairement vers le nord sur le plateau et la pente continentale mais ils s'affaiblissent par rapport à l'automne. Ils sont dirigés vers le sud-est sur la plaine abyssale et sont plus forts dans la partie sud du golfe. Sur le plateau continental, ils sont faibles, voire très faibles entre 46 et 47° N.

Près des côtes, au nord de l'estuaire de la Gironde, les eaux douces issues des grands fleuves (Gironde, Loire, Vilaine) se mélangent en surface avec les eaux marines en se déplaçant le long de la côte vers le nord sous l'effet des différences de salinité et de la rotation terrestre [4].

Circulation au printemps (avril, mai, juin)

Les courants dominants sur le plateau sont encore faibles à très faibles en moyenne. Le printemps constitue une période de transition durant laquelle les vents moyens de secteur sud-ouest en hiver s'orientent au secteur nord-ouest. Les courants de surface vont alors progressivement s'orienter vers le sud. Le long de la côte des Landes, ils restent cependant dirigés vers le nord. Sur le talus continental, la circulation reste encore mal connue mais il semble que la circulation s'inverse vers le sud du golfe. Certaines mesures récentes (réalisées au cours des campagnes ASPEX) montrent que cette inversion du courant sur le talus ne se produit pas au nord de 46° N et que les courants pourraient persister vers le nord. Sur la plaine abyssale, les courants sont orientés vers le sud-est.

Circulation en été (juillet, août, septembre)

La circulation sur le plateau continental s'inverse. Sous l'effet de vents de nord-ouest dominants, les courants dans les couches de surface sont majoritairement dirigés vers le sud. Sur la plaine et le talus, cette inversion des courants est également présente et on peut noter un changement de sens de la circulation sur les grands fonds, qui s'écoule désormais dans le sens des aiguilles d'une montre.

Quelques aspects de la circulation régionale

La circulation dans la partie est de la mer d'Iroise est sous l'influence des courants résiduels de marée. Elle est dirigée vers le nord dans le raz de Sein et le chenal du Four (entre la côte et Ouessant). La variabilité de cette circulation dépend des cycles vives eaux / mortes eaux [5].

La côte sud bretonne est sous l'influence forte du panache de la Loire et des rivières sud bretonnes. La circulation est principalement dirigée vers l'ouest de l'automne au début du printemps et s'inverse vers le sud-est le reste de l'année [4].

Dans la baie de Bourgneuf (est de l'île de Noirmoutier) et le bassin de Marennes-Oléron (est de l'île d'Oléron), la circulation est dirigée du nord vers le sud sous l'effet des courants résiduels de marée. Cette circulation est modulée par les facteurs météorologiques mais ne s'inverse que très rarement.

La côte des Landes est soumise à des upwellings épisodiques en été sous l'effet des vents de secteur nord. Ce phénomène se manifeste par une lente remontée des eaux de fond à proximité de la côte (de quelques mètres par jour), qui produit ainsi une chute de température et un enrichissement en sels nutritifs des eaux côtières. Dans ces conditions, les courants de surface sont dirigés vers le sud-ouest et la circulation moyenne est dirigée vers le sud. Des upwellings ont déjà été décrits le long de la côte sud bretonne sous l'effet des vents de nord-ouest [6].

3. COURANTS DE MARÉE

3.1. ONDE DE MARÉE ET MARNAGE

Dans le golfe de Gascogne, la marée, liée à une onde progressive, se propage du sud vers le nord. Le marnage croît du large vers la côte et du sud vers le nord le long de la côte (figure 2). Sa valeur est de l'ordre de 2,4 m au large et de 3 m le long des côtes bretonnes.

Les plus fortes valeurs sont observées entre les deux estuaires de la Gironde et de la Loire (Saint-Nazaire). Le marnage relativement faible entre Groix et Penmarc'h est dû à l'interaction entre l'onde incidente de marée et la réflexion de cette onde contre les côtes bretonnes.

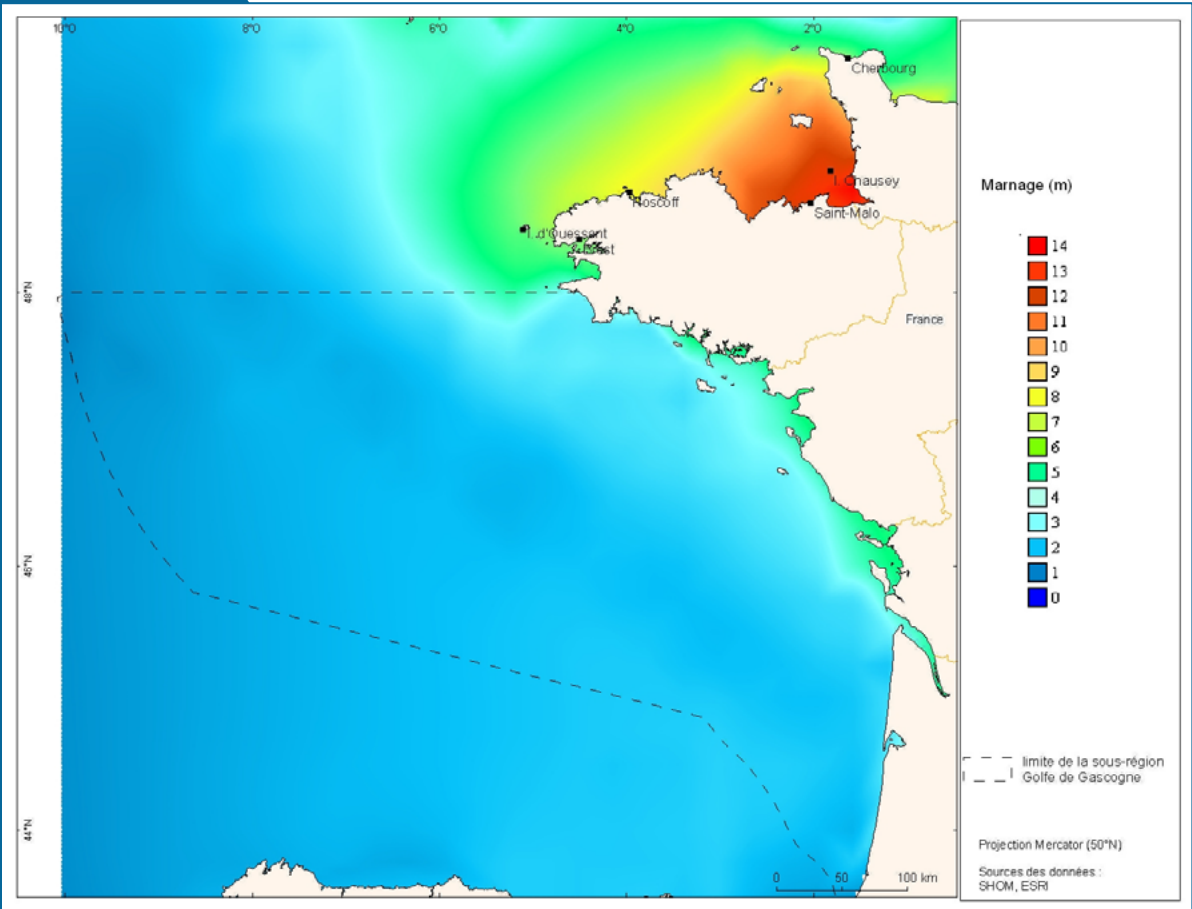


Figure 2 : Marnage dans le golfe de Gascogne
(Sources : modèle de marée CSTFRANCE du SHOM, ESRI, 2010).

3.2. AMPLITUDE DES COURANTS DE MARÉE

Les courants de marée agissent sur l'ensemble de la colonne d'eau. Relativement faibles sur la plaine abyssale (de l'ordre de $1 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$), ils sont intensifiés par petits fonds : de l'ordre de 20 à $30 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ sur le plateau armoricain, et deviennent supérieurs à $80 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ vers les côtes nord de la zone. À proximité des côtes, ces courants peuvent être violents par endroits et atteindre $1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ aux abords des grands estuaires, dans les rivières ou les chenaux d'accès (figure 3).

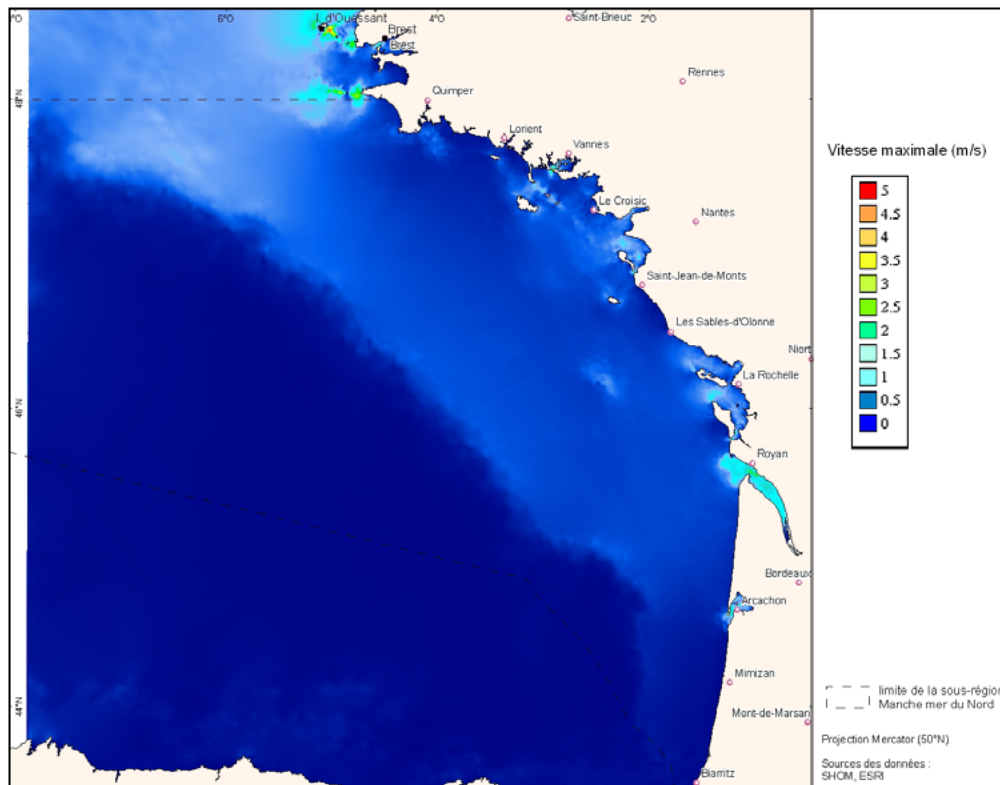


Figure 3 : Carte de vitesses maximales des courants de marée en vive-eau moyenne (Sources : Modèle de courant 2D, SHOM, ESRI, 2010).

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

3.3. ÉVOLUTION TEMPORELLE DES COURANTS DE MARÉE

Les courants de marée varient en intensité et en direction au cours du cycle tidal [7]. Dans le golfe de Gascogne, le courant est giratoire avec une orientation vers l'est en flot (entre nord-est et sud-est) et vers l'ouest en jusant (entre sud-ouest et nord-ouest).

3.4. PROCESSUS MOYENNE ÉCHELLE

Le golfe de Gascogne est le siège d'une forte activité de moyenne échelle. Un fort courant de marée et une forte remontée du fond favorisent une forte oscillation de la thermocline. Cette conjonction de conditions fait du banc de La Chapelle ($47^{\circ}40' \text{ N} - 7^{\circ} \text{ W}$) une zone privilégiée de génération de la marée interne. Les ondes internes générées au niveau du talus du golfe de Gascogne sont très énergétiques et ont un impact certain sur le mélange vertical.

4. ÉTAT DES CONNAISSANCES

Les multiples campagnes océanographiques et études menées sur la région ont permis d'avoir une assez bonne connaissance de la dynamique régionale du golfe de Gascogne : grande variabilité saisonnière, caractère barocline, importance des régimes de vent. Les processus moyenne échelle ont suscité un très fort intérêt scientifique depuis de nombreuses années.

Néanmoins, ces nombreux aspects de la circulation restent encore à explorer. La circulation sur le talus continental nécessitera encore de nombreuses mesures pour être correctement décrite. Enfin, la variabilité inter-annuelle n'est pas vraiment connue en termes de courant. Seules des mesures prévues sur le long terme pourraient permettre de faire avancer la connaissance.

Cependant, la structure tridimensionnelle des courants est encore très peu décrite.

La description des processus côtiers a fortement progressé grâce à l'utilisation des modèles numériques. 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.

Concernant les courants de marée, des publications anciennes [9] regroupent les connaissances accumulées au fil des années, souvent recueillies auprès des navigateurs. Ces informations sont surtout qualitatives, mais restent néanmoins précieuses en l'absence de jeu de données exploitable.

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 des techniques alternatives de mesures des courants de surface qui permettent une couverture spatiale plus étendue en utilisant des radars haute fréquence [10], des données satellitaires. Ces types de mesure sont complémentaires mais ne remplacent pas la mesure *in situ*.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Koutsikopoulos C., Le Cann B., 1996. Physical processes and hydrological structures related to the Bay of Biscay anchovy. *Scienca Marina* ; 60 : 9-19.
- [2] Charria G., Lazure P., Le Cann B., Serpette A., Reverdin G., Louazel S., Batifoulier F., Dumas F., Pichon A. et Morel Y., 2010. Surface layer circulation derived from Lagrangian drifters in the Bay of Biscay, submitted to *Journal of Marine Systems*.
- [3] Lazure P., Dumas F., Vrignaud C., 2008. Circulation on the Armorican shelf (Bay of Biscay) in autumn. *J. Mar. Sys.* 72, 218-237.
- [4] Lazure P., Jegou A-M., 1998. 3D modelling of seasonal evolution of Loire and Gironde plumes on Biscay Bay continental shelf. *Ocean. Acta*, 21, 165-177.
- [5] 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.
- [6] Puillat I., Lazure P., Jégou A.M., Lampert L., Miller P.I., 2004. Hydrographical variability on the French continental shelf in the Bay of Biscay, during the 1990's. *Cont. Shelf Res.*, Volume 24, Issue 10, Pages 1143-1163.
- [7] Simon B., 2007. La marée océanique côtière.
- [8] Les guides du SHOM : LA MARÉE.
- [9] Lacombe H., 1968. 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] SHOM, 2003. Réalisation et validation d'un modèle de marée en Manche et dans le golfe de Gascogne.

GLOSSAIRE

Courant de flot : On appelle le **courant de flot**, le courant portant entre une basse mer et une pleine mer successive, lors du montant des eaux.

Courant de jusant : On appelle le **courant de jusant**, le courant portant entre une pleine mer et une basse mer successive, lors du perçant des eaux.

Courant alternatif : En régime alternatif, le courant a une direction à peu près invariable pendant une demi-marée et la direction opposée pendant l'autre demi-marée.

Courant giratoire : Un courant giratoire porte, au cours d'une marée, successivement dans toutes les directions.

Marnage : différence de hauteur d'eau entre une pleine mer et une basse mer consécutive [2].

Marée semi-diurne : type de marée pour laquelle les composantes diurnes sont négligeables devant les composantes semi-diurnes. Il y a alors deux pleines mers et deux basses mers d'importances sensiblement égales par jour. Ce type de marée est prépondérant en Atlantique.