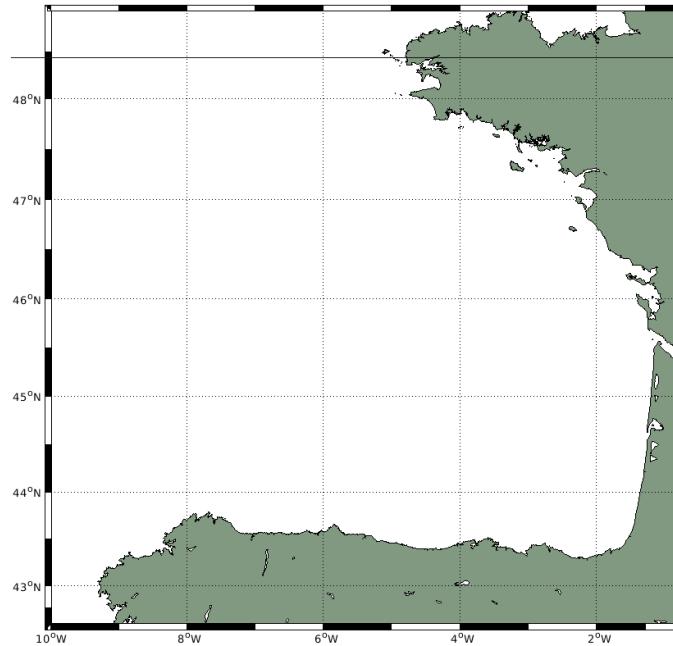


Étude de la circulation générale du Golfe de Gascogne avec le modèle CROCO



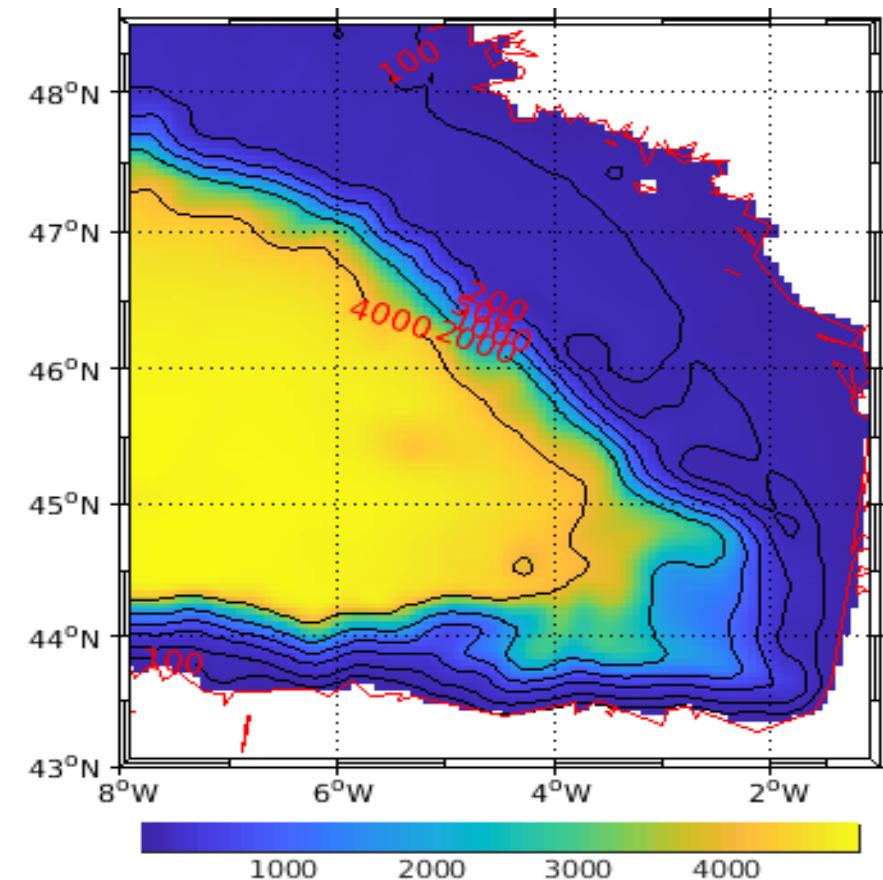
Sébastien Calmé

Master 1 Sciences de la Mer Parcours Océanographie Physique et Biogéochimique Institut Pythéas, Université d'Aix-Marseille

Année académique 2024/2025

Introduction

- Zone étudiée : entre 43°N - 48.5°N et 8°W - 2°W .
- Région située entre le nord de l'Espagne et la Bretagne.
- Présence d'un large plateau continental (jusqu'à 200 km), suivi d'un talus et d'une plaine abyssale.
- Zone bien documentée



Equations pour modéliser l'océan

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p}{\partial x} + fv + K_h \nabla_h^2 u + K_z \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \quad (1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p}{\partial y} - fu + K_h \nabla_h^2 v + K_z \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \quad (2)$$

$$\frac{\partial p}{\partial z} + \rho g = 0 \quad (3)$$

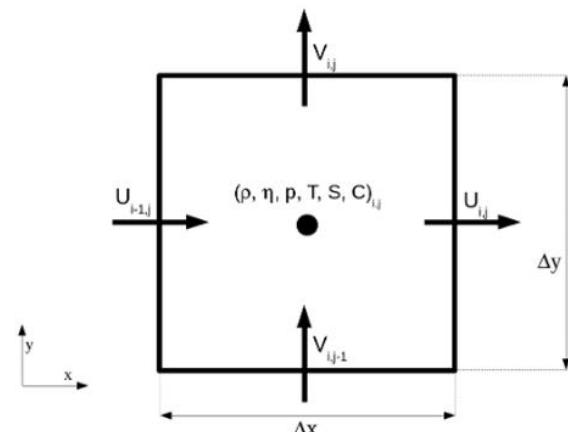
$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (4)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} + \mathbf{u} \cdot \nabla T = D_h \nabla_h^2 T + D_z \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \quad (5)$$

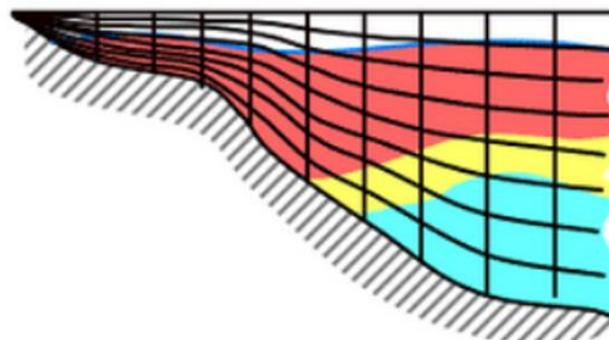
$$\frac{\partial S}{\partial t} + \mathbf{u} \cdot \nabla S = D_h \nabla_h^2 S + D_z \frac{\partial^2 S}{\partial z^2} \quad (6)$$

$$\rho = \rho(T, S, z) \quad (7)$$

Discrétisation et grille



(a) Schéma d'une cellule d'arakawa C en 2D



(b) Niveaux verticaux en coordonnées σ

Figure : Elements de la méthode de discrétisation du modèle CROCO

Discrétisation et grille

Critère CFL : $u \frac{\Delta t}{\Delta x} \leq 1$ (8)

Pas de temps externe: $\Delta t_{\text{ext}} \leq \frac{1}{\sqrt{gH}} \left(\frac{1}{\Delta x^2} + \frac{1}{\Delta y^2} \right)^{-1/2}$ (9)

Choix spatio-temporels

TABLE 1 – Coordonnées choisies pour la simulation

| Latitude min | Latitude max | Longitude min | Longitude max |
|--------------|--------------|---------------|---------------|
| 42°N | 48.5°N | 0°W | 8°W |

TABLE 2 – Paramètres de la grille calculés par le modèle

| Résolution | LLm | MMm | dx _{min} | dx _{max} | dy _{min} | dy _{max} | N |
|------------|-----|-----|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----|
| 1/15 | 104 | 118 | 4.9064 | 5.4185 | 4.9128 | 5.4163 | 32 |

TABLE 3 – Valeurs des principaux paramètres temporels du modèle

| Δt_{ext} (s) | Δt_{int} (s) | NDTFAST | NTIMES | NAVG | NWRT |
|-----------------------------|-----------------------------|---------|--------|------|------|
| 18 | 1080 | 60 | 7200 | 720 | 720 |

Base de données

- ETOPO 2022 (NOAA, 2022) topography haute résolution de la surface de la terre
- ICOADS (International Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set, NOAA, 2006) Données de surface
- World Ocean Atlas 2009 (NOAA, 2009) Température Salinité etc

Stabilité du modèle

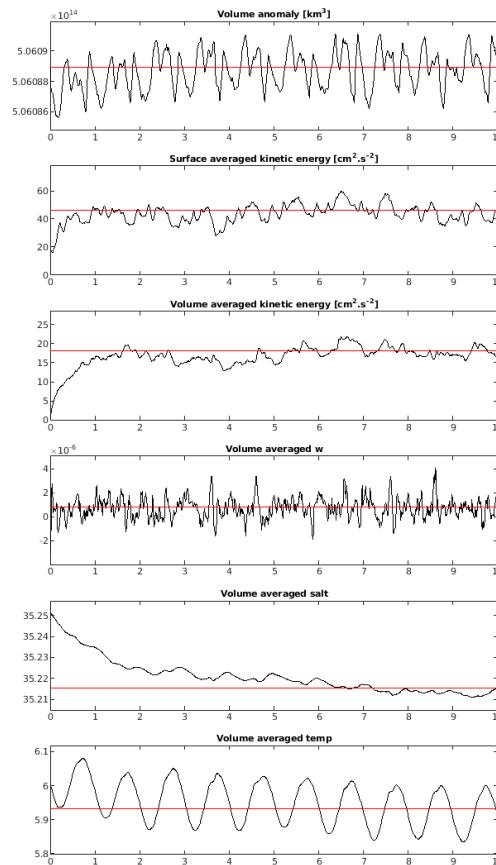
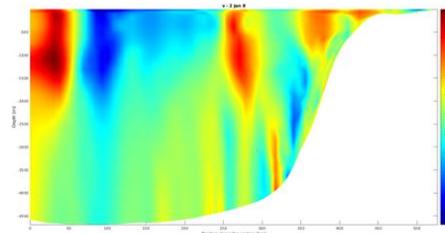
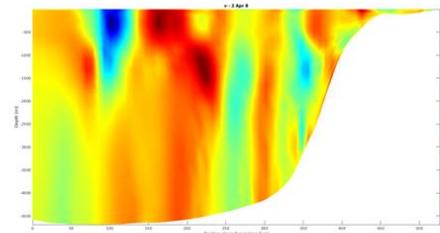


Figure 1 : Analyse de stabilité de la simulation

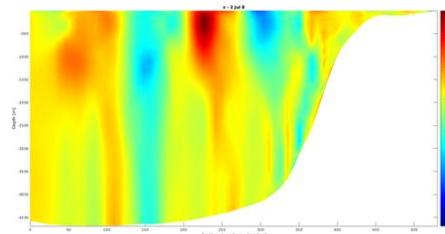
Circulation Générale du Golfe de Gascogne



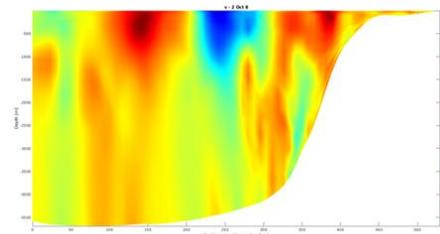
(a) Section verticale des vitesses V en Janvier à 45°N



(b) Section verticale des vitesses V en Avril à 45°N



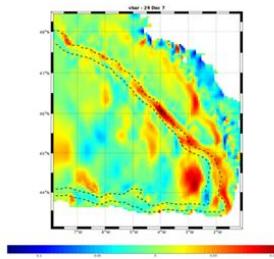
(c) Section verticale des vitesses V en Juillet à 45°N



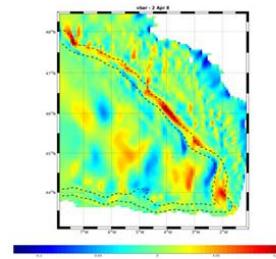
(d) Section verticale des vitesses V en Octobre à 45°N

Figure 2 : évolutions des vitesses V au cours des saisons dans le Golfe de Gascogne

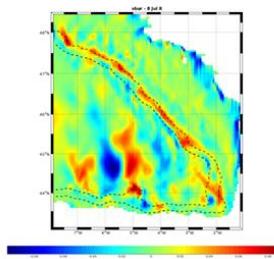
Circulation Générale du Golfe de Gascogne



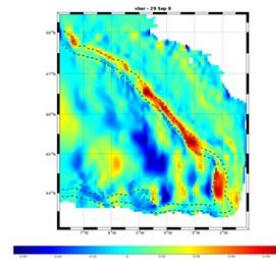
(a) composante V intégrée sur la hauteur en Décembre



(b) composante V intégrée sur la hauteur en Avril



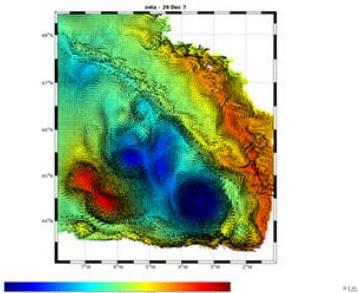
(c) composante V intégrée sur la hauteur en Juillet



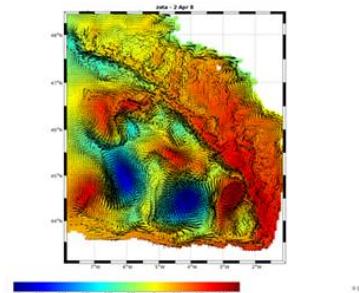
(d) composante V intégrée sur la hauteur en Septembre

Figure 3 : Vitesse V Moyenne au cours de saisons

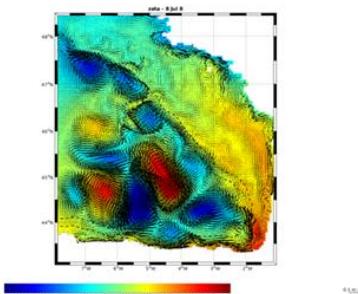
Circulation Générale du Golfe de Gascogne



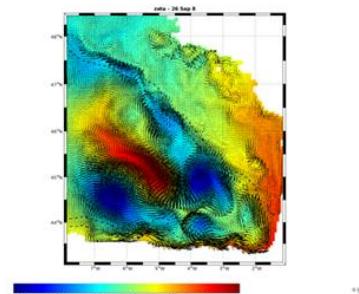
(a) Vitesse de surface en Hiver



(b) Vitesse de surface en Printemps



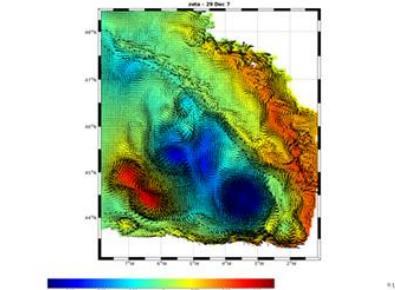
(c) Vitesse de surface en Eté



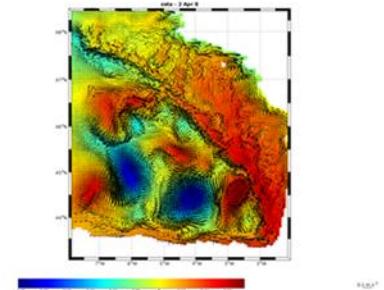
(d) Vitesse de surface en Automne

Figure 4 : Courants de surface et niveaux de surfaces libres au cours des saisons

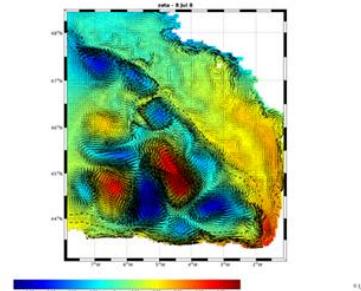
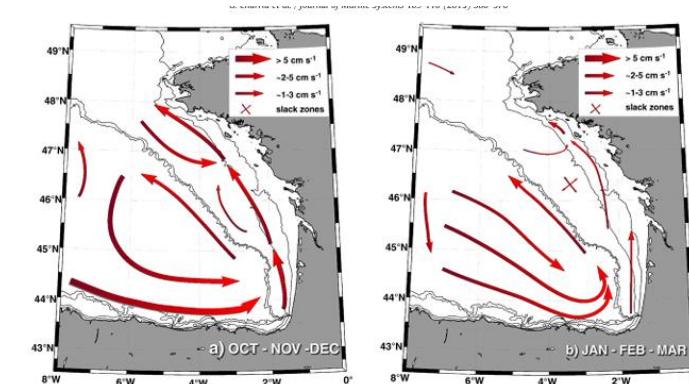
Circulation Générale du Golfe de Gascogne



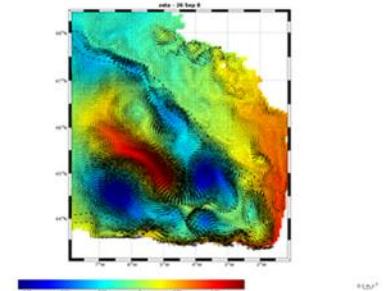
(a) Vitesse de surface en Hiver



(b) Vitesse de surface en Printemps



(c) Vitesse de surface en Eté



(d) Vitesse de surface en Automne

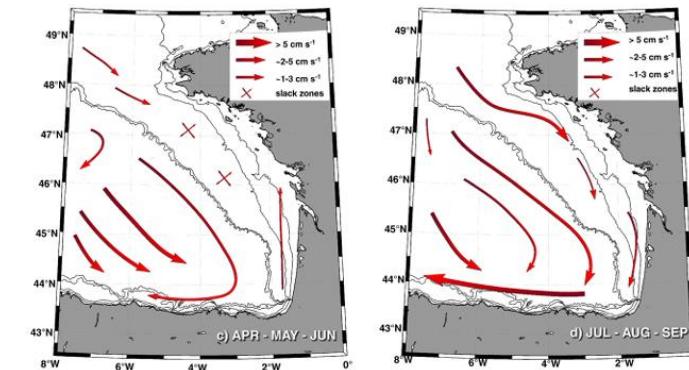


Figure 5: Comparaisons des courants de surfaces avec d'autres études

Discussion

- courant de pente observé
- Formation de tourbillons aussi
- Variabilité saisonnière non conforme à l'observation
- Lié peut être au fait que les marées et les apport fluviaux ne soit pas pris en compte

Conclusion

- Modélisation à haute résolution ($1/15^\circ$) réalisée avec CROCO.
- Observation des principaux courants et tourbillons de la circulation générale.
- Le courant de pente est correctement représenté.
- Variabilité saisonnière des courants de surface peu réaliste par rapport aux observations.
- Perspectives d'amélioration :
 - Intégrer les effets de marée.
 - Ajouter les apports d'eau douce.

Références

- Charria, G., Lazure, P., Le Cann, B., Serpette, A., Reverdin, G., Louazel, S., Batifoulier, F., Dumas, F., Pichon, A., and Morel, Y. (2013). Surface layer circulation derived from lagrangian drifters in the bay of biscay. *Journal of Marine Systems*, 109-110 :S60–S76. XII International Symposium on Oceanography of the Bay of Biscay.
- Friocourt, Y., Levier, B., Speich, S., Blanke, B., and Drijfhout, S. S. (2007). A regional numerical ocean model of the circulation in the bay of biscay. *Journal of Geophysical Research : Oceans*, 112(C9).
- Le Boyer, A., Charria, G., Le Cann, B., Lazure, P., and Marié, L. (2013). Circulation on the shelf and the upper slope of the bay of biscay. *Continental Shelf Research*, 55 :97–107.
- Solabarrieta, L., Rubio, A., Castanedo, S., Medina, R., Charria, G., and Hernández, C. (2014). Surface water circulation patterns in the southeastern bay of biscay : New evidences from hf radar data. *Continental Shelf Research*, 74 :60–76.