

M1 Sciences de la mer
OPB205 : Modélisation 3D Océanique

ÉTUDE DE LA VARIABILITÉ SAISONNIÈRE DE LA CIRCULATION EN MER TYRRHÉNIENNE À L'AIDE DU MODÈLE ROMS

Étude de la circulation en mer Tyrrhénienne avec ROMS (Regional Ocean Modeling System)



ROMS AGRIF + ROMSTOOLS

Comparaison des sorties du modèle à la littérature



Article de référence :
Astraldi, M and Gasparini, G. P. *The seasonal characteristics of the circulation in the Tyrrhenian Sea*. Coastal and Estuarine Studies, 1994, 1, 115-115.



Jeu de données du CMEMS :
GLOBAL_ANALYSIS_FORECAST_PHY_001_024,
<http://marine.copernicus.eu/>

- **ROMS, un modèle à équations primitives**

Conservation de la quantité de mouvement (équilibre hydrostatique sur la verticale)

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P}{\partial x} + f v + \frac{\partial}{\partial x} \left(A_h \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(A_h \frac{\partial u}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(A_v \frac{\partial u}{\partial z} \right)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P}{\partial y} - f u + \frac{\partial}{\partial x} \left(A_h \frac{\partial v}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(A_h \frac{\partial v}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(A_v \frac{\partial v}{\partial z} \right)$$

Conservation du sel

$$\frac{\partial S}{\partial t} + \vec{v} \cdot \vec{\nabla} S = \frac{\partial}{\partial x} \left(A_h^s \frac{\partial S}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(A_h^s \frac{\partial S}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(A_v^s \frac{\partial S}{\partial z} \right)$$

Conservation de la chaleur

$$\frac{\partial T}{\partial t} + \vec{v} \cdot \vec{\nabla} T = \frac{\partial}{\partial x} \left(A_h^T \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(A_h^T \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(A_v^T \frac{\partial T}{\partial z} \right) + \frac{H_c}{\rho_0 C_p} \frac{\partial I}{\partial z}$$

Conservation de la masse

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

Équation d'état de l'eau de mer (TEOS10)

$$\rho = \rho(T, S, p)$$

- **Caractéristiques de la zone d'étude**

romstools_param.m



Limites du domaine
Résolution
Niveaux sur la verticale (N)

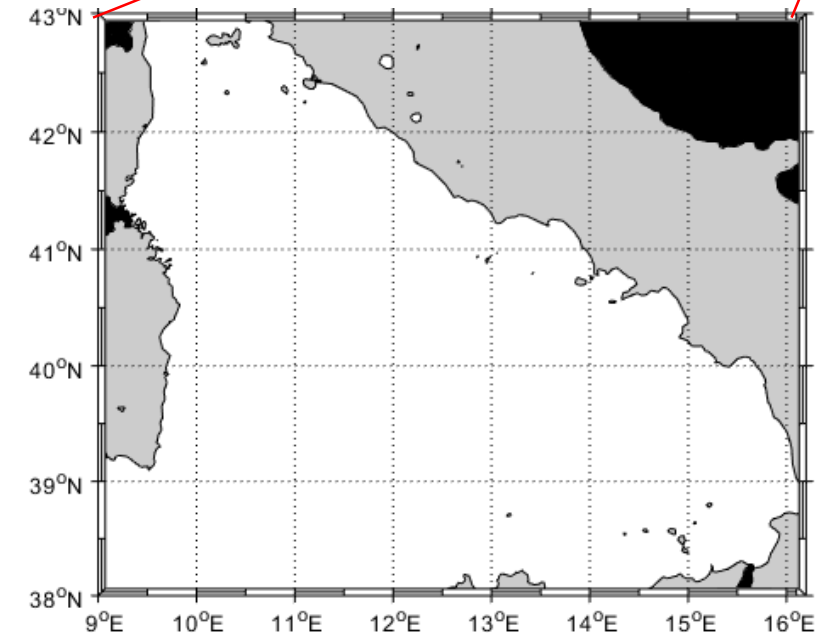
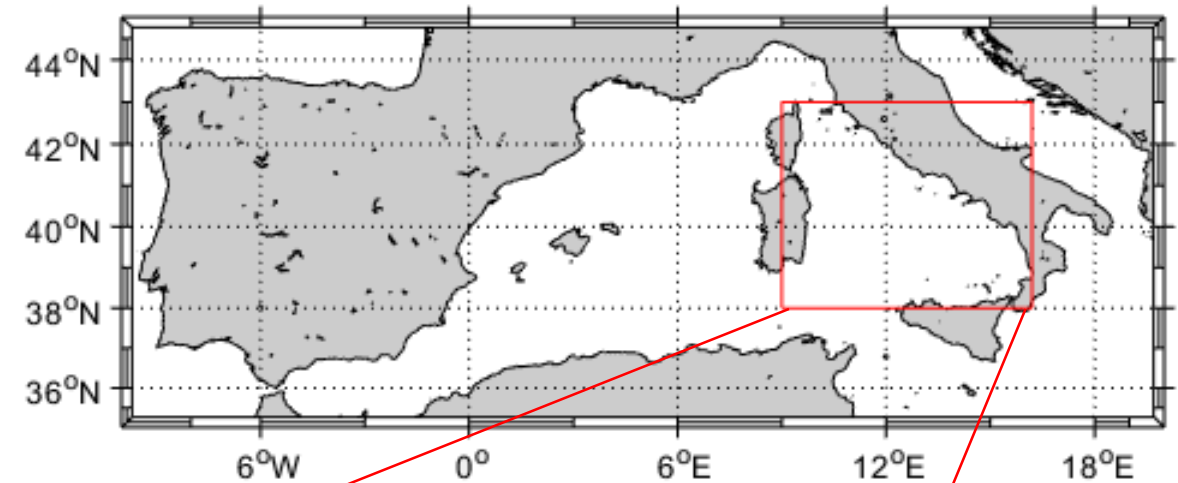
make_grid.m

cppdefs.h



Types de frontière

Longitudes	9,0 → 16,2	Résolution	1/10°
Latitudes	38,0 → 43,0	N	32
MMm	65	Frontières ouvertes	S,N,O
LLm	71	Frontière fermée	E



Représentation de la zone d'étude

- Pas de temps, d'espace et stabilité

ROMS \longrightarrow Utilisation du time-splitting \longrightarrow Pas de temps interne (Δt_i): Résolution des équations primitives
 Pas de temps externe (Δt_e): Résolution des ondes de gravité (SWE)
 $\Delta t_e \ll \Delta t_i$

Δt_i (s)	12	Pas de temps interne
Δt_e (s)	720	Pas de temps externe
NTIMES (j)	3600	Durée de la simulation
NDAYS (j)	30	Nombre de jours
NTDFAST	60	Nombre de Δt_e
NAVG	360	Fréquence de sauvegarde
Δx (km)	8,7574	Pas d'espace x
Δy (km)	8,7527	Pas d'espace y

Pas de temps et d'espace selon le critère CFL :

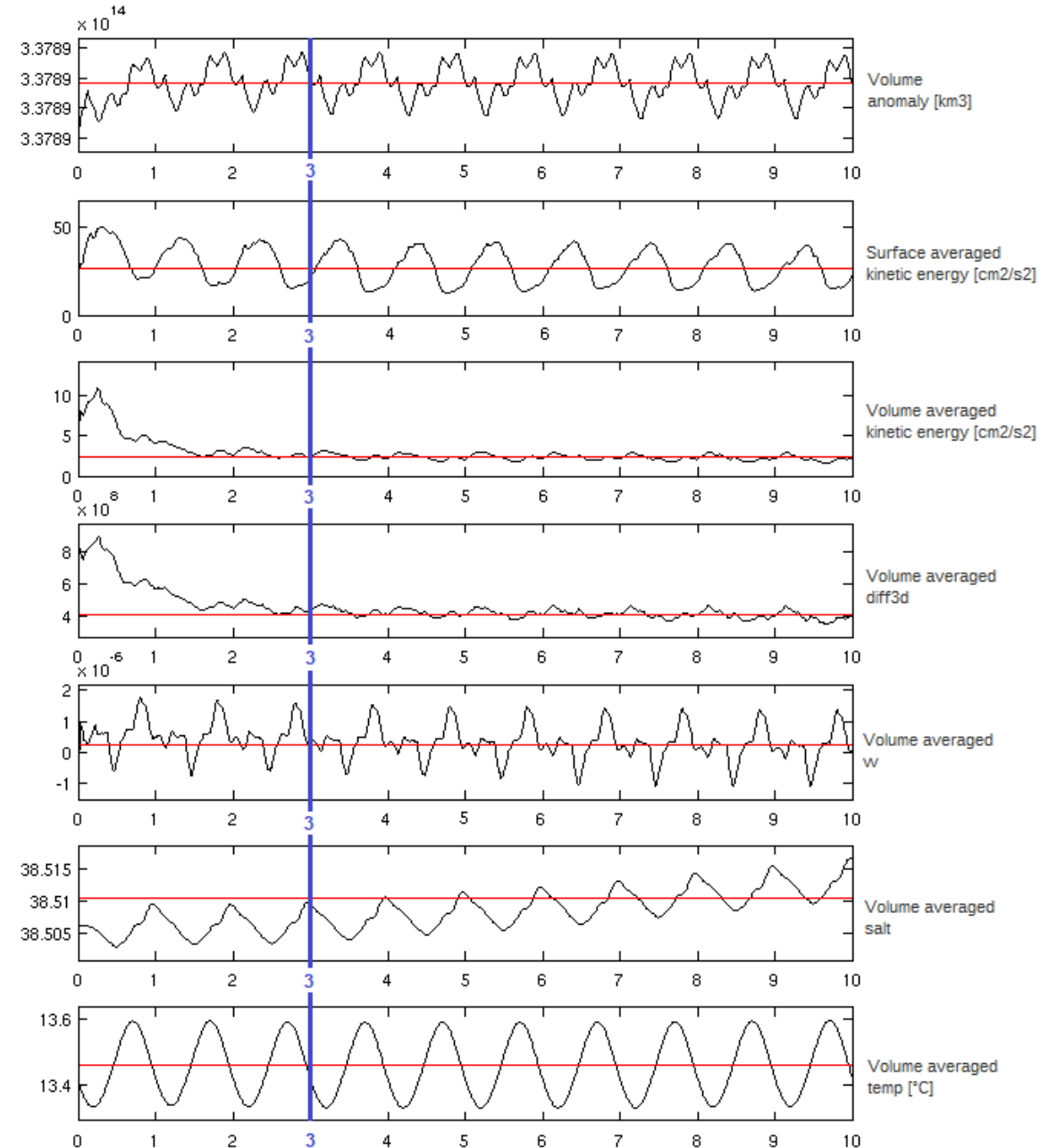
$$\Delta t \leq \frac{1}{c} \left[\frac{1}{\Delta x^2} + \frac{1}{\Delta y^2} \right]^{-\frac{1}{2}}$$

Critère de stabilité

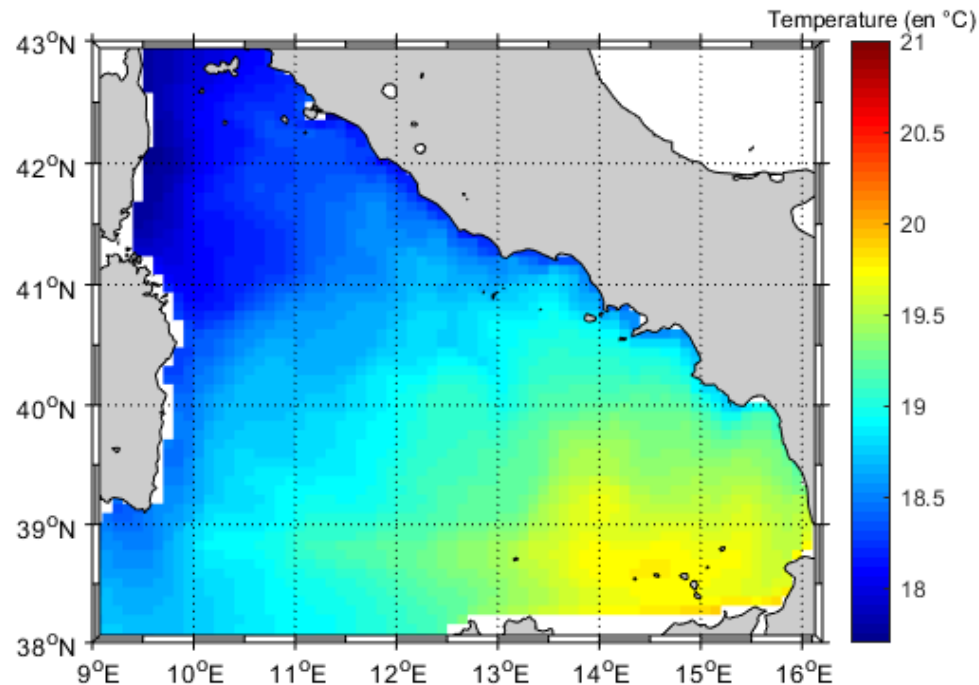
• Diagnostiques

- Vérification du bon fonctionnement du modèle
- Fin du temps de spin-up (stabilisation du modèle) : **3^{ème} année de simulation**
- Mauvaise gestion du sel :
→ Problème d'évaluation des flux d'eau douce (rivières et précipitations)

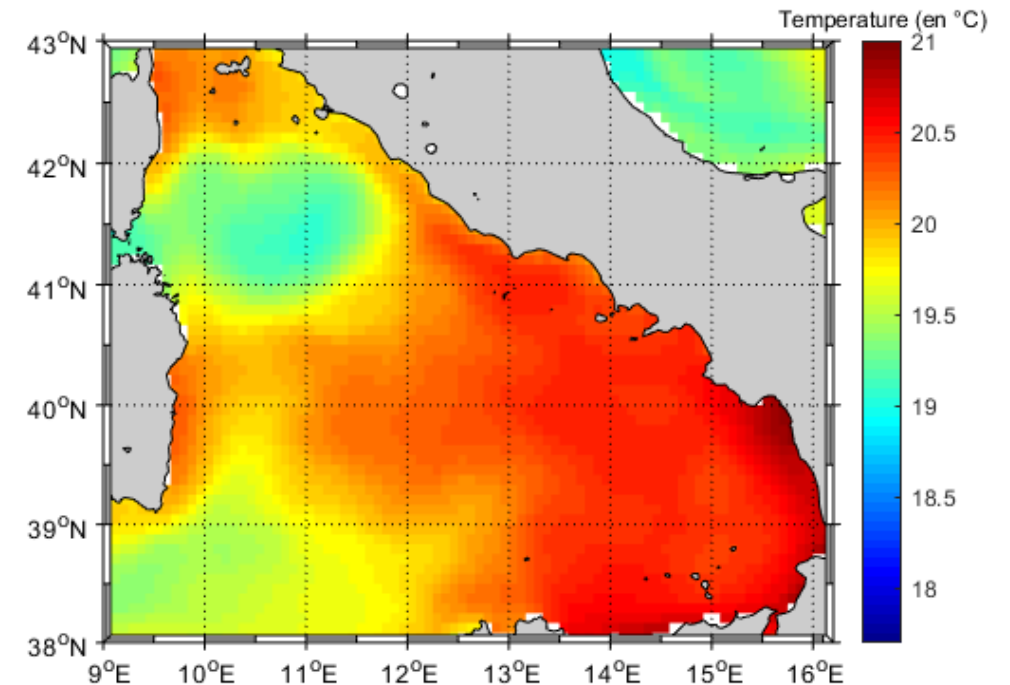
ÉTUDE SUR LA 6^{ème} ANNÉE DE SIMULATION



- **Température, comparaison aux données du CMEMS** (<http://marine.copernicus.eu/>)
- Température de surface moyennée sur l'année



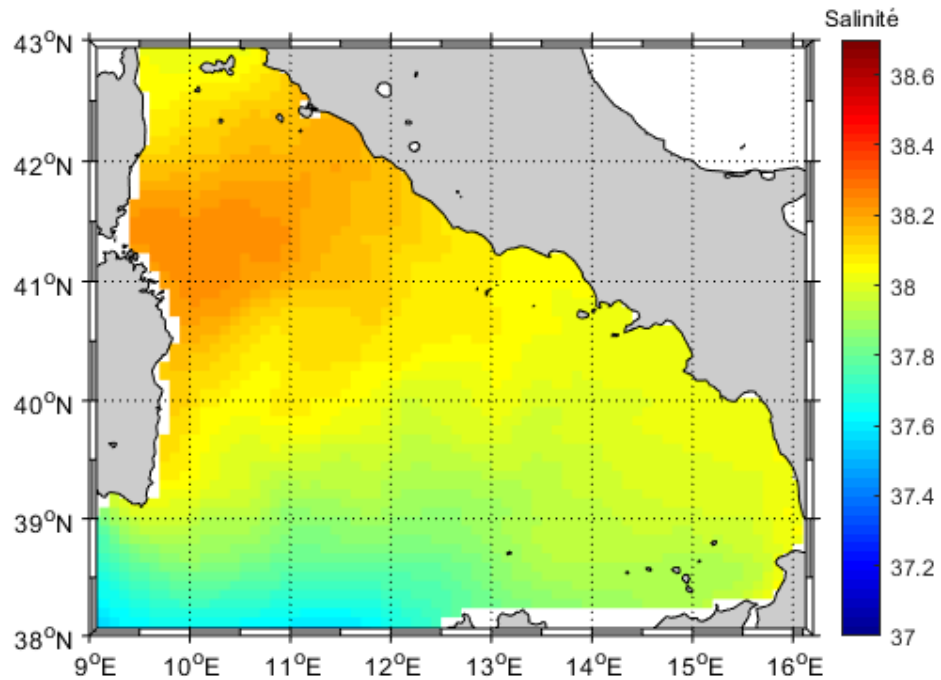
Sortie du modèle : Moyenne sur l'année 6



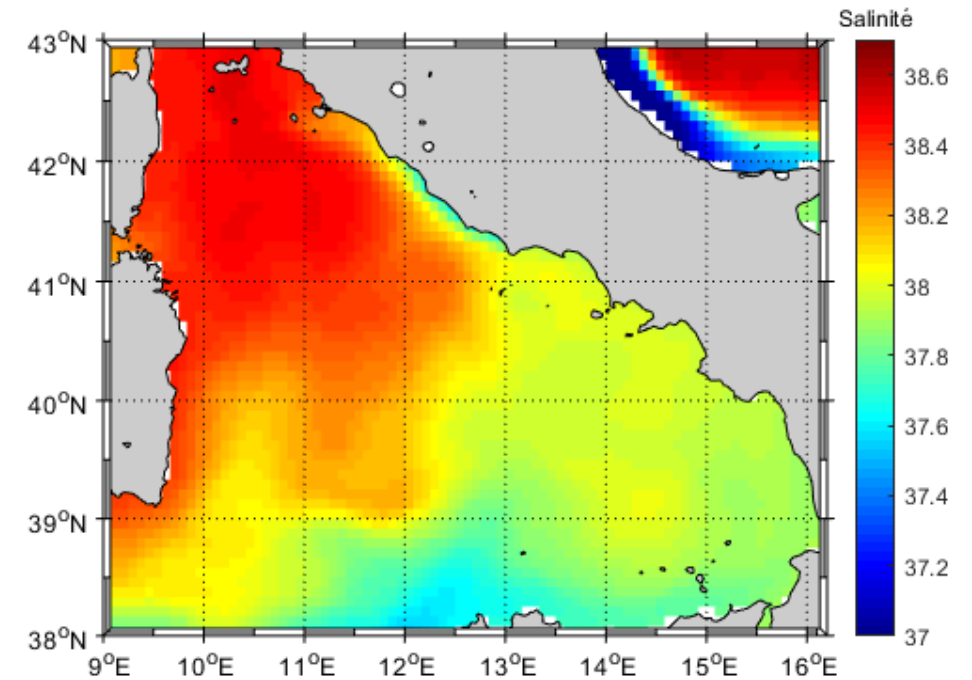
Données du CMEMS : Moyenne sur l'année 2018

Sous-estimation de la température par le modèle mais tendance conservée

- Salinité, comparaison aux données du CMEMS (<http://marine.copernicus.eu/>)
- Salinité de surface moyennée sur l'année



Sortie du modèle : Moyenne sur l'année 6



Données du CMEMS : Moyenne sur l'année 2018

**Sous-estimation de la salinité par le modèle au nord du bassin
mais tendance conservée**

- **Température et salinité de surface**

TEMPÉRATURE

Déplacement vers le sud du bassin



Augmentation de la température



Tendance conservée par le modèle

SALINITÉ

Déplacement vers le sud du bassin



Diminution de la salinité



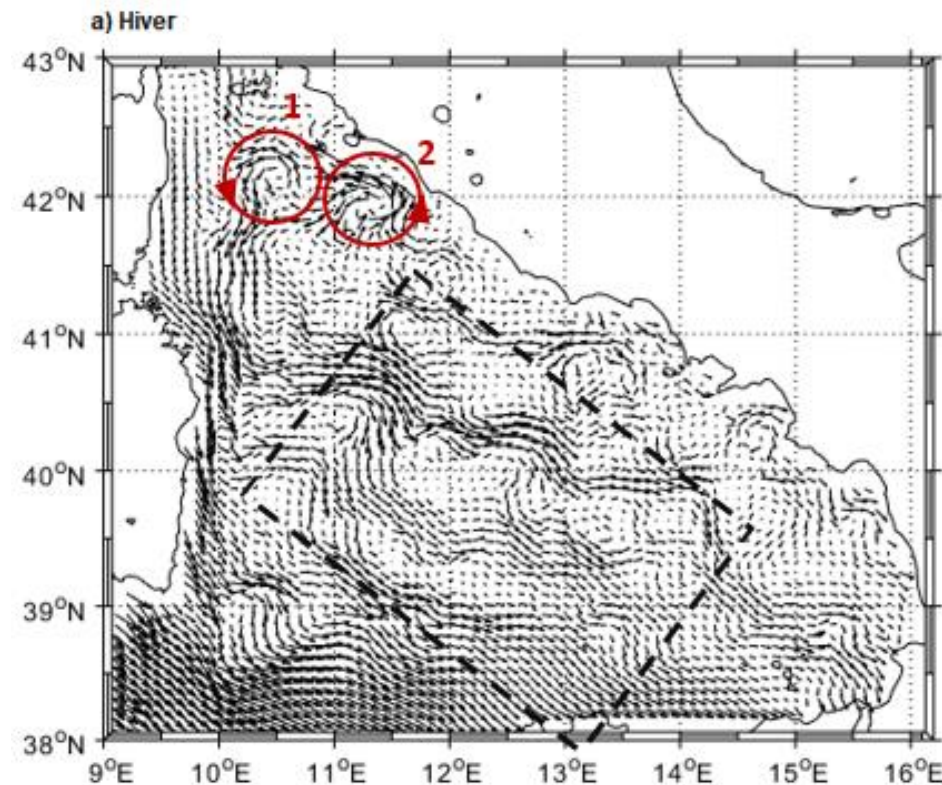
Tendance conservée par le modèle

- **MAIS** sous-estimation des deux variables par le modèle

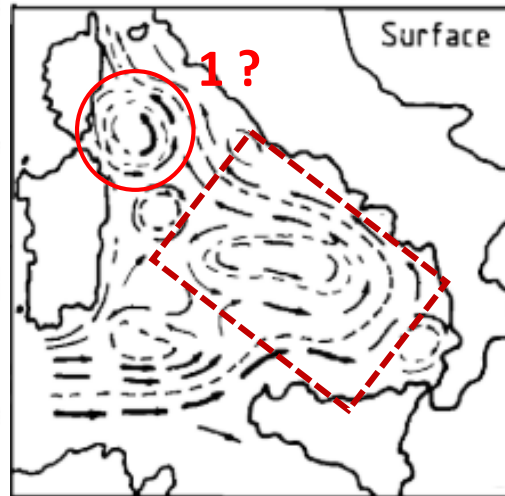
**Influence des structures considérées fermées
(Bouches de Bonifacio, détroit de Messine) ?
Impact de la mauvaise gestion du sel par le modèle ?
Choix de l'année de comparaison ?**

- Champs de courant, comparaison à l'article de référence (**HIVER**)

- Composantes u et v moyennées sur la saison hivernale
- Saison définie lors de l'application des forçages



Circulation hivernale à 10m de profondeur, sortie du modèle



Circulation hivernale (Astraldi et Gaspirini, 1994. Modifiée.)

2 structures tourbillonnaires cycloniques + 1 structure particulière sur la représentation du modèle

Structure 1 présente sur la circulation de référence ?

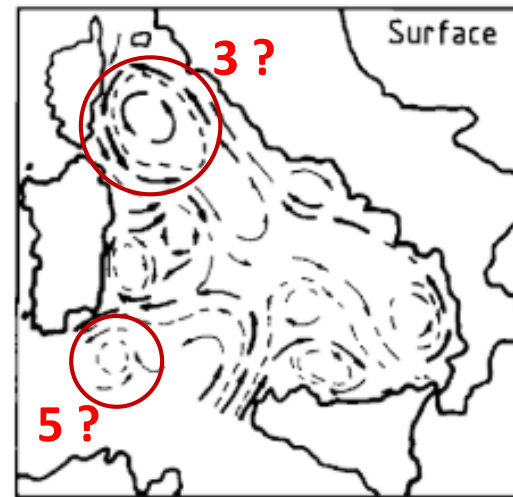
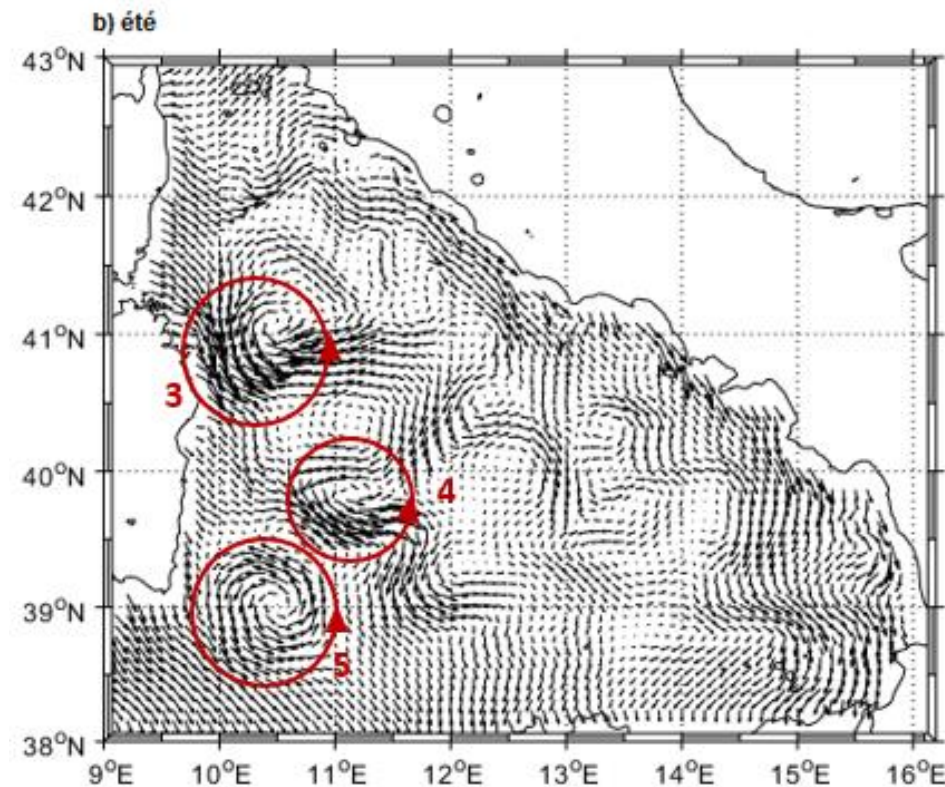
↓
Peu probable

Structure particulière cyclonique présente sur la circulation de référence

↓
Peu lisible sur la représentation du modèle

- **Champs de courant, comparaison à l'article de référence (ÉTÉ)**

- Composantes u et v moyennées sur la saison estivale
- Saison définie lors de l'application des forçages



Circulation estivale (Astraldi et Gaspirini, 1994. Modifiée.)

3 structures tourbillonnaires cycloniques sur la représentation du modèle

Structures 3 et 5 présentes sur la circulation de référence ?

↓
Probable

↓
Structures 3 et 5 = Structures typiques

- **Champs de courant**

EN HIVER

Intensification de la circulation au sud du bassin

+ Apparition d'une gyre cyclonique à l'est du bassin



En partie retranscrit par le modèle

EN ÉTÉ

Intensification de la circulation à l'ouest du bassin

+ Disparition de la gyre cyclonique à l'est du bassin



En partie retranscrit par le modèle

- **MAIS** structures typiques, permanentes non conservées en hiver et circulation générale cyclonique dans le bassin non décrite par le modèle

Influence des forçages ?

Définition des frontières ?

Profondeur de no motion considérée ?

Variabilité saisonnière de la circulation en mer Tyrrhénienne évidente



Intensification de la circulation dans certaines zones du bassin
+ Apparition ou disparition de certaines structures

MAIS mauvaise représentation de la circulation cyclonique générale dans le bassin et non
conservation des structures typiques permanentes

+

Après étude de la température et de la salinité de surface —————> Sous-estimation des variables



MANQUE DE RÉALISME

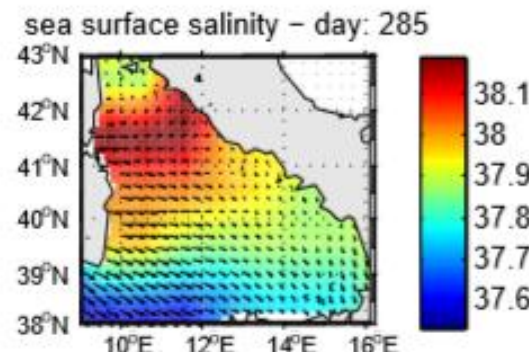
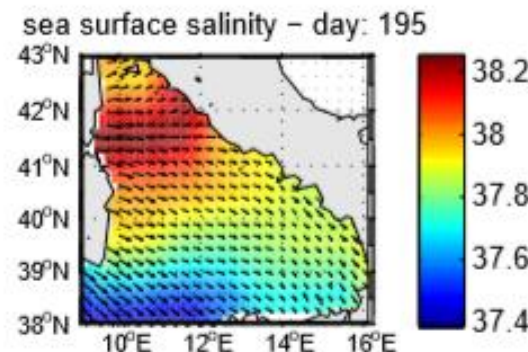
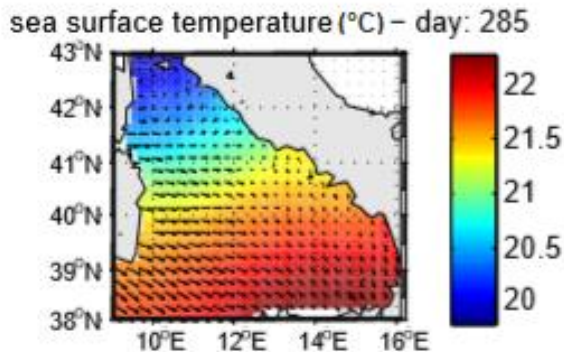
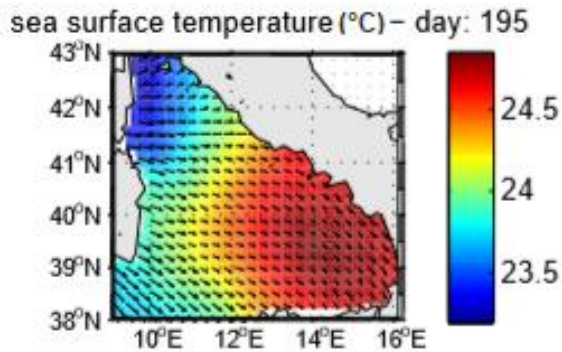
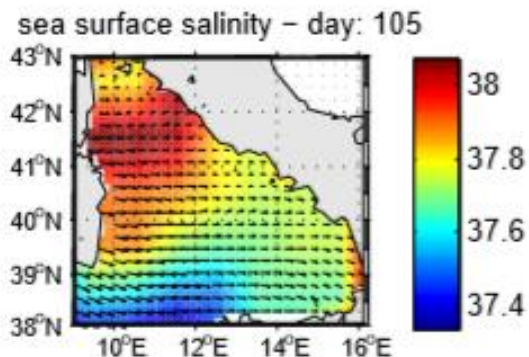
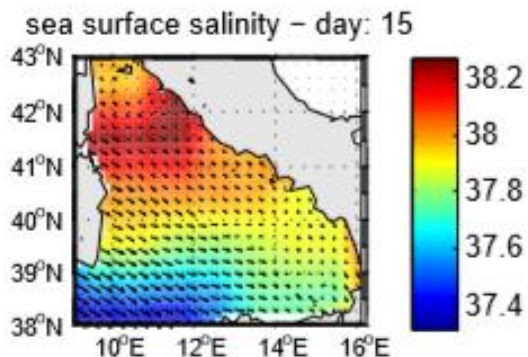
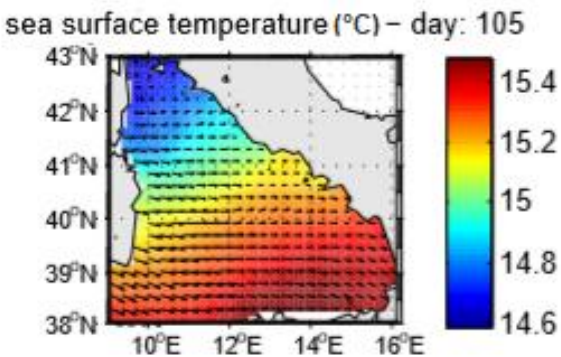
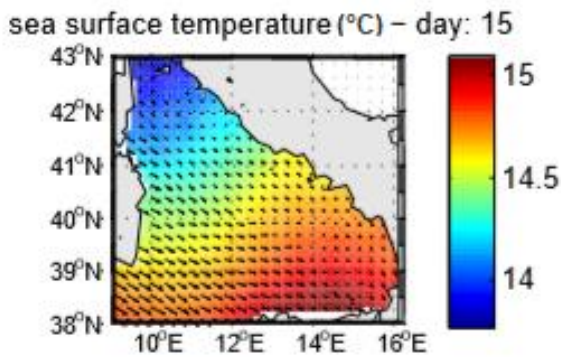
—————> Reconfiguration des frontières ?

—————> Amélioration de la gestion du sel ?

- Astraldi, M and Gasparini, G. P. The seasonal characteristics of the circulation in the Tyrrhenian Sea. Coastal and Estuarine Studies, 1994, 1, 115-115.
- GLOBAL_ANALYSIS_FORECAST_PHY_001_024, CMEMS. Consulté le 7 mai 2019. Disponible sur Internet : http://marine.copernicus.eu/services-portfolio/access-to-products/?option=com_csw&view=details&product_id=GLOBAL_ANALYSIS_FORECAST_PHY_001_024

MERCI DE VOTRE ATTENTION !

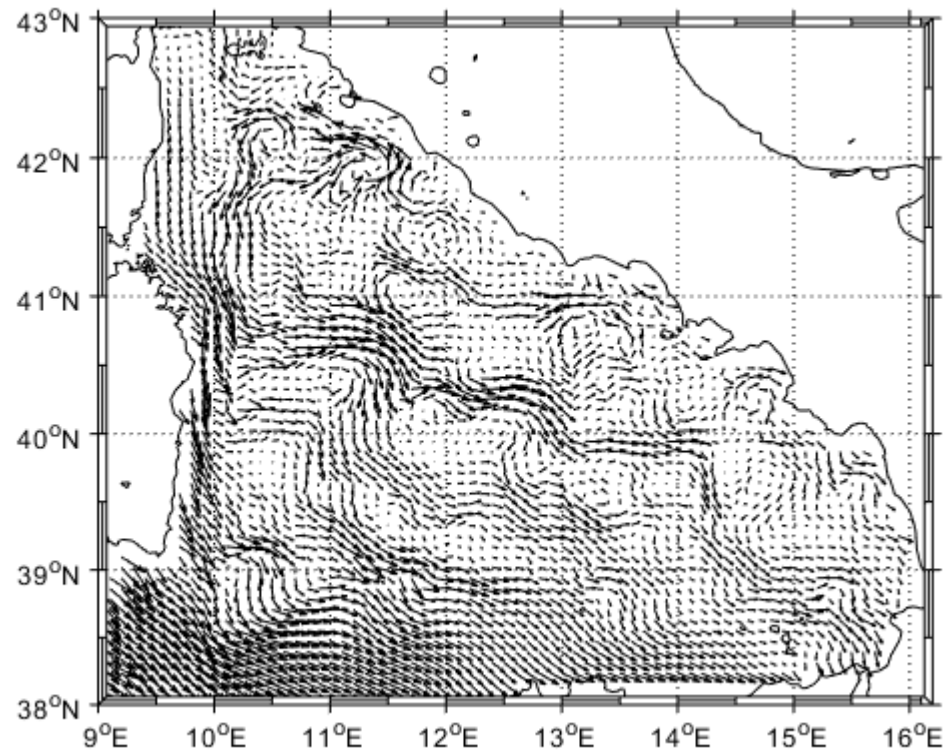
• Forçages de température et salinité



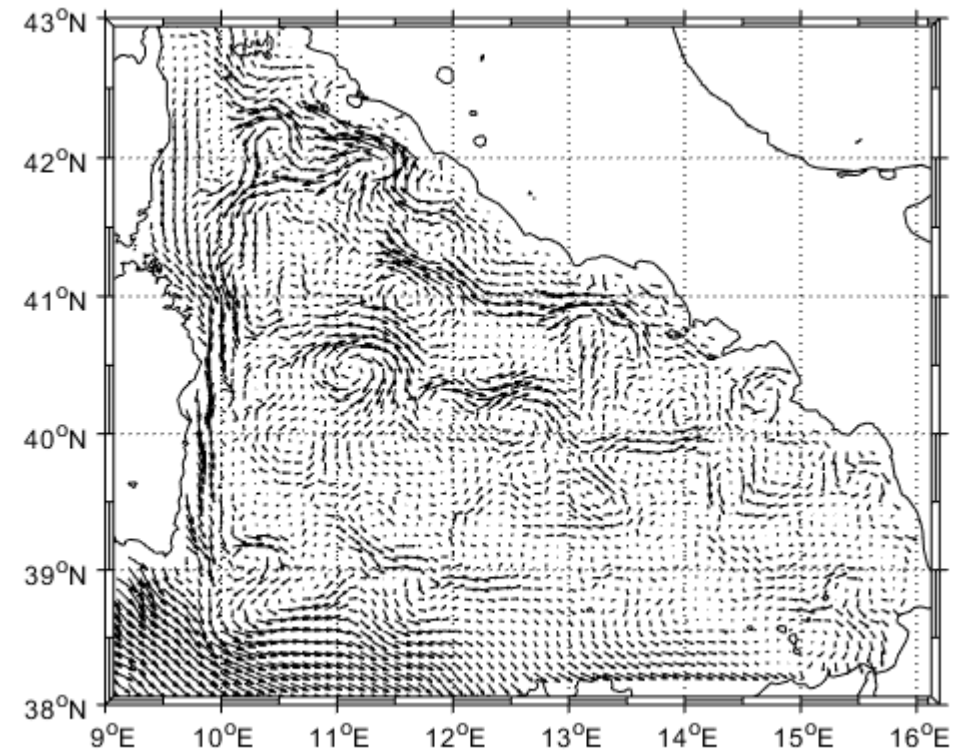
Forçages : Température

Forçages : Salinité

- Champs de courant 110m de profondeur (HIVER)

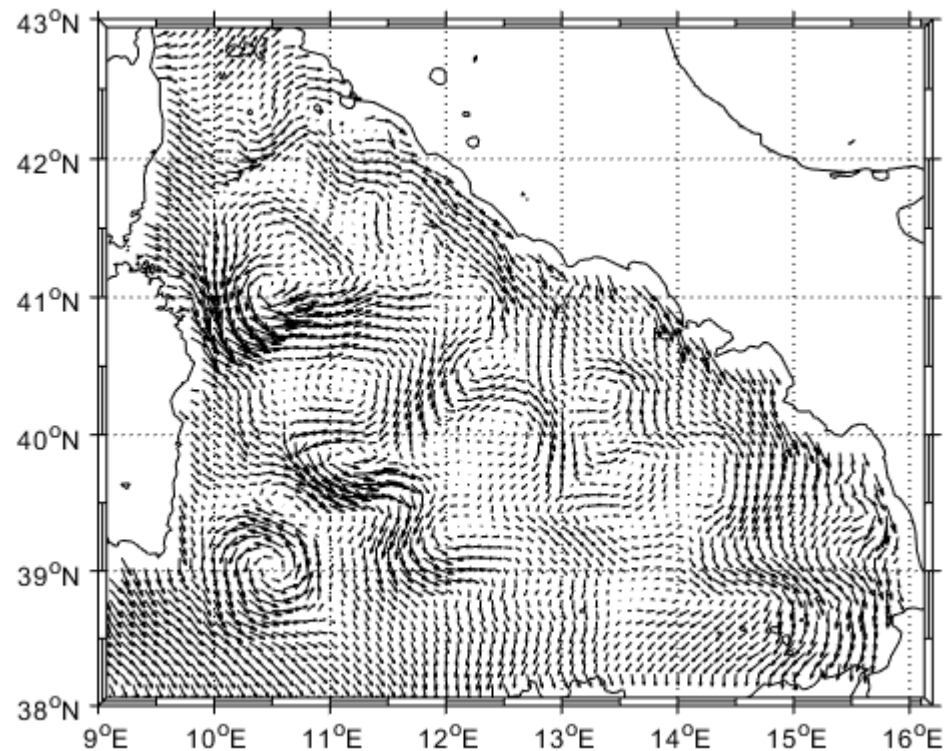


Champs de courant moyennés sur la saison hivernale à 10m de profondeur, sortie du modèle

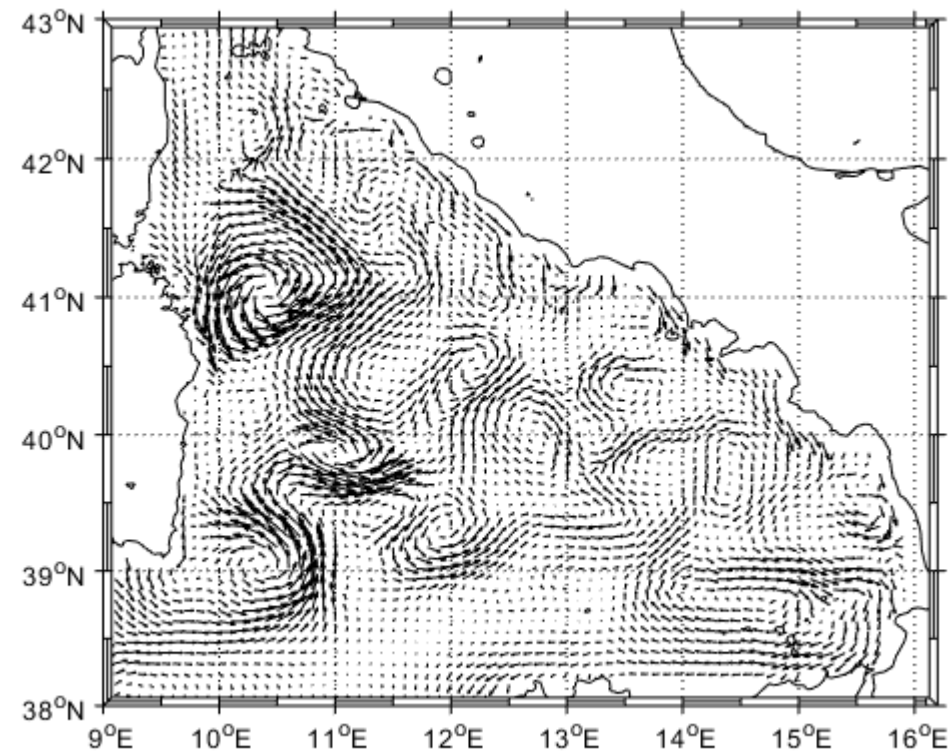


Champs de courant moyennés sur la saison hivernale à 110m de profondeur, sortie du modèle

- Champs de courant 110m de profondeur (ÉTÉ)

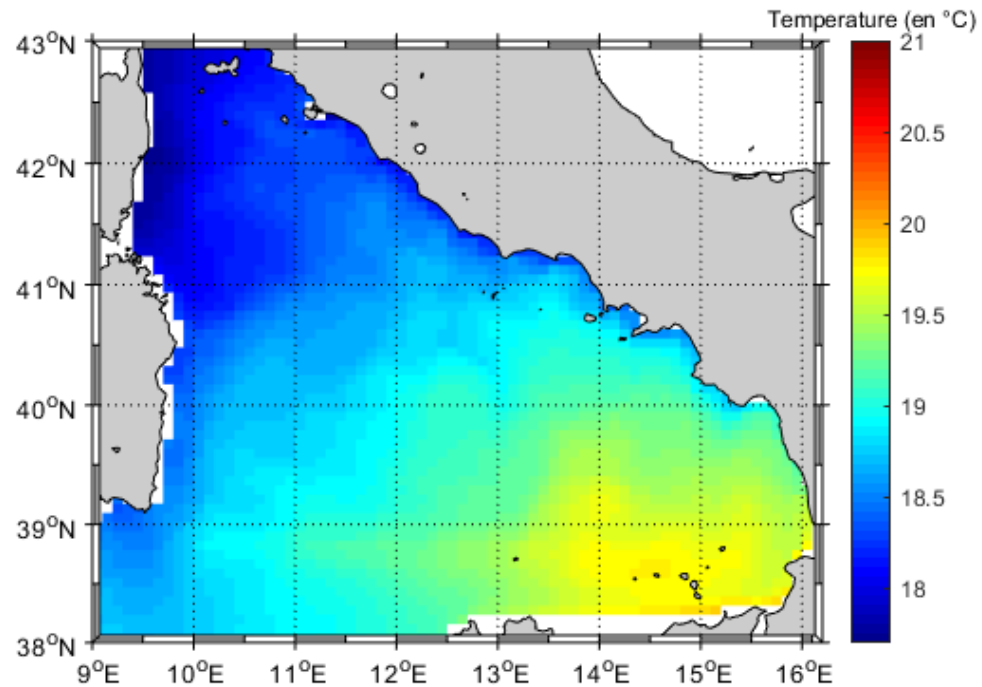


Champs de courant moyennés sur la saison estivale à 10m de profondeur, sortie du modèle

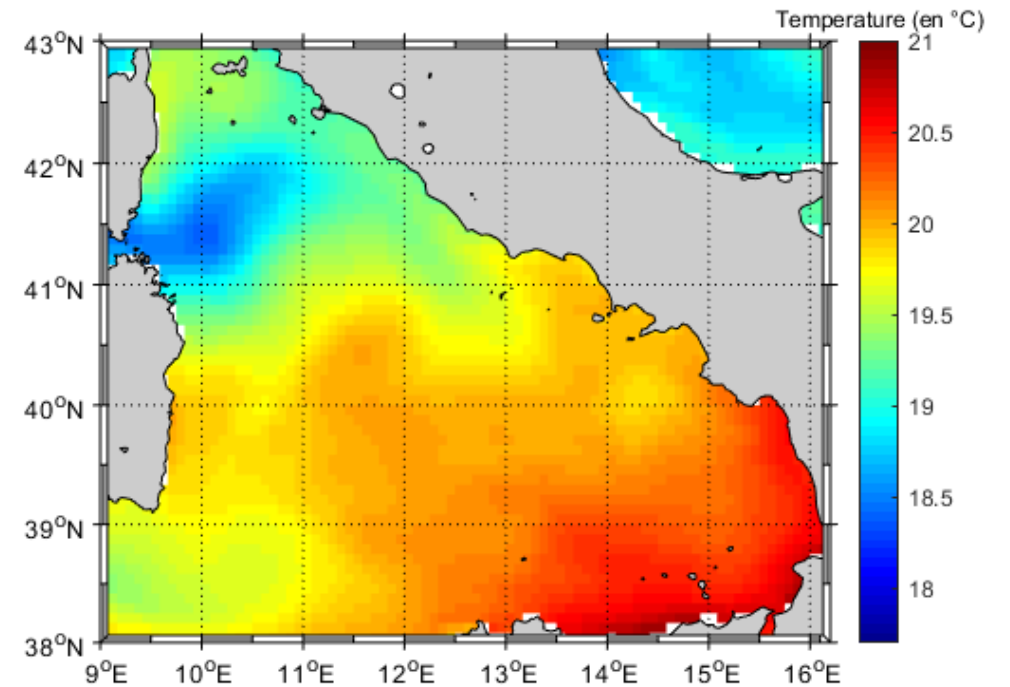


Champs de courant moyennés sur la saison estivale à 110m de profondeur, sortie du modèle

- Température, année 2016 CMEMS (<http://marine.copernicus.eu/>)

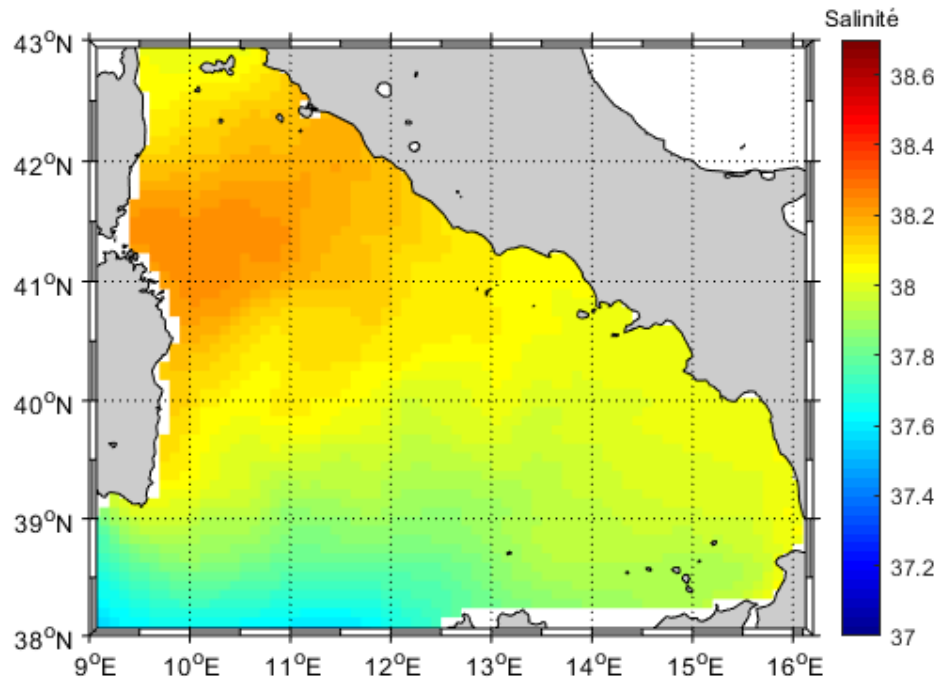


Sortie du modèle : Moyenne sur l'année 6

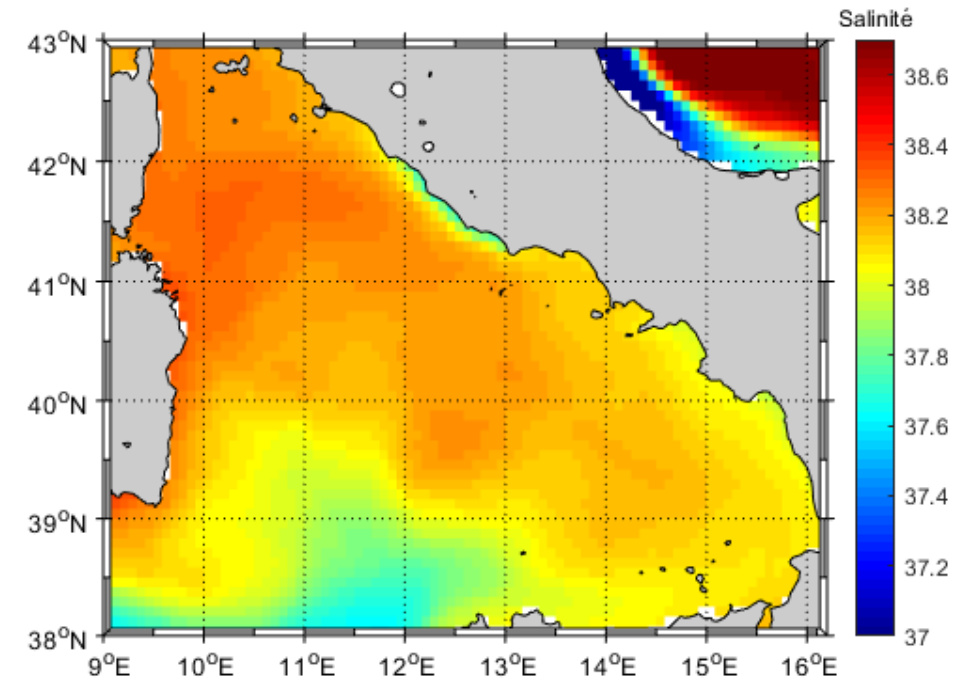


Données du CMEMS : Moyenne sur l'année 2016

- Salinité, année 2016 CMEMS (<http://marine.copernicus.eu/>)



Sortie du modèle : Moyenne sur l'année 6



Données du CMEMS : Moyenne sur l'année 2016