

COMPARAISON ENTRE DEUX SCHÉMAS DE FERMETURE DE LA TURBULENCE AVEC ROMS EN ADRIATIQUE

1. Introduction

Objectifs:

- Etudier la sensibilité de deux types de fermeture de la turbulence
- Valider un schéma de mélange turbulent vertical en Adriatique

Zone géographique : LA MER ADRIATIQUE



Sous- bassin de la mer Méditerranée

Forçages principaux

- bathymétrie

- vent: principalement la Bora

- le Pô

→ Dynamique complexe

Masses d'eau en présence:

- NAdDW

- MAdDW

- SAdDW

- MLIW

Artegiani et al. (1997)

2. Matériels & Méthodes

Modèle ROMS:

- Equations aux primitives
- Fermeture de la turbulence
- Discrétisation
- Données
- Implémentation

Système d'équation résolu par le modèle:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial u}{\partial t} + \vec{V} \cdot \nabla u = \frac{-1}{\rho_o} \frac{\partial P}{\partial x} + fv + K_h \nabla_h^2 u + K_z \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \\ \frac{\partial v}{\partial t} + \vec{V} \cdot \nabla v = \frac{-1}{\rho_o} \frac{\partial P}{\partial y} - fu + K_h \nabla_h^2 v + K_z \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \\ 0 = \frac{\partial P}{\partial z} + \rho g \\ \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \\ \frac{\partial T}{\partial t} + \vec{V} \cdot \nabla T = K_h^T \nabla_h^2 T + K_z^T \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \\ \frac{\partial S}{\partial t} + \vec{V} \cdot \nabla S = K_h^S \nabla_h^2 S + K_z^S \frac{\partial^2 S}{\partial z^2} \end{array} \right.$$

$$\rho \equiv \rho(S, T, z)$$

Schéma PP : Pacanowski & Philander (1981)

-Approche par une diffusion turbulente locale du premier ordre

$$\overline{w'x'} = -K \partial_z x \quad \text{Li et al. (2001)}$$

-Les processus du mélange vertical dépendent de la viscosité, de la diffusivité turbulente et de nombre de Richardson :

$$K_z = \frac{\nu_0}{(1+\alpha Ri)^n} + \nu_b \quad \text{Avec} \quad Ri = \frac{N^2}{u^2(z) + v^2(z)} \quad \text{où} \quad N = \beta g T(z)$$

$$K_z^{tr} = \frac{\nu_0}{(1+\alpha Ri)^{n+1}} + \kappa_b$$

- Schéma édité pour une implémentation dans le Pacifique avec les paramètres de calibration

$$\nu_b = 1 \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\kappa_b = 0.1 \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\nu_0 = o(50 \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-1})$$

$$n = 2$$

$$\alpha = 5$$

Schéma KPP : Large et al. (1994)

Considération non locale de la turbulence

$$\overline{w'x'} = -K(\partial_z - \gamma_x)$$

MELANGE DANS LES COUCHES LIMITES OCEANIQUES:

-fonction adimensionnelle de forme G

$$K_z = h.w(\sigma).G(\sigma)$$

-Hauteur h des couches limites calculée à partir du nombre de Richardson, des conditions au fond ou à la surface et des profils de vitesses verticales.

Valeur critique de Ri:

$$Ri_c = 0.25$$

MELANGE DANS L'OCEAN INTERNE:

3 processus de mélanges sont distingués :
 - instabilités dues aux cisaillement des courants (déterminées en fonction de Ri)
 - instabilités dues aux ondes internes (w)
 - instabilités diffusives (dd)

$$k_z = k_z^{Ri} + k_z^w + k_z^{dd}$$

Discrétisation des équations:

- Espace:

Grille Arakawa C sur l'horizontal

Grille sigma généralisé sur la vertical

- Temps

Time splitting : séparation des modes de dynamique rapide (barotrope) et de dynamique lente (barocline) pour limiter les coûts de calculs.

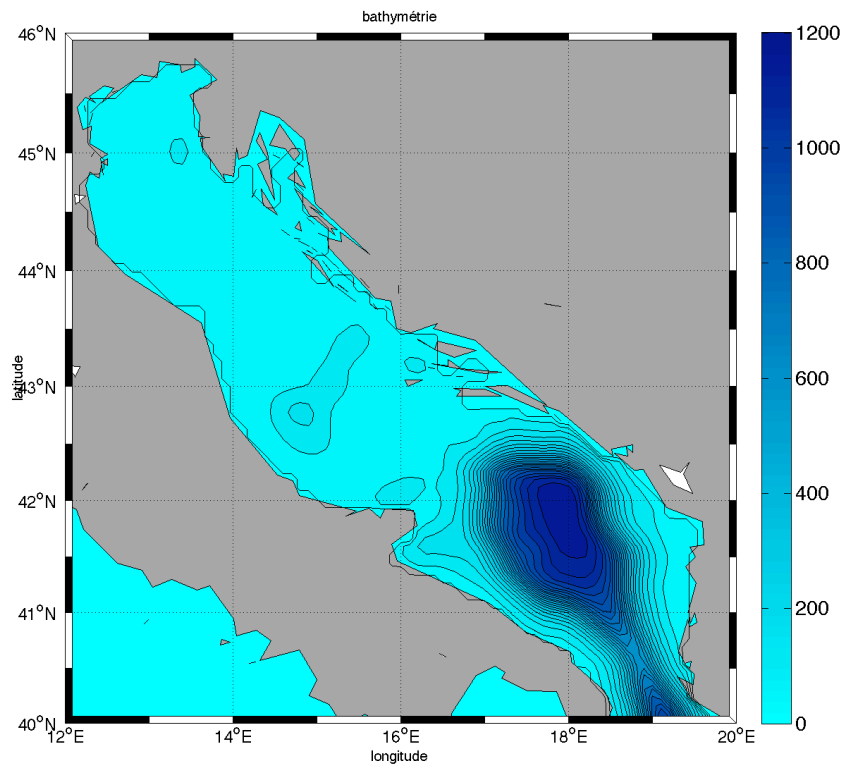
Schéma explicite	➡	Conditions de stabilité numérique
Le pas de temps de chaque mode répond au critère CFL		

Données :

-COADS: Données de forçage en surface.

-WOA: Données de température et de salinité.

Implémentation en Adriatique:



Paramètres de la zone:
longitude [12°E 20°E]
latitude [40°N 46°N]

Paramètre de la gille:

$L=79$

$M=84$

$N=32$

Frontière Sud ouverte

Résolution $dl=1/10^\circ$

Calcul des pas de temps des modes rapide et lent pour
respecter CFL:

$\Delta t(\text{lent})=1440 \text{ s}$

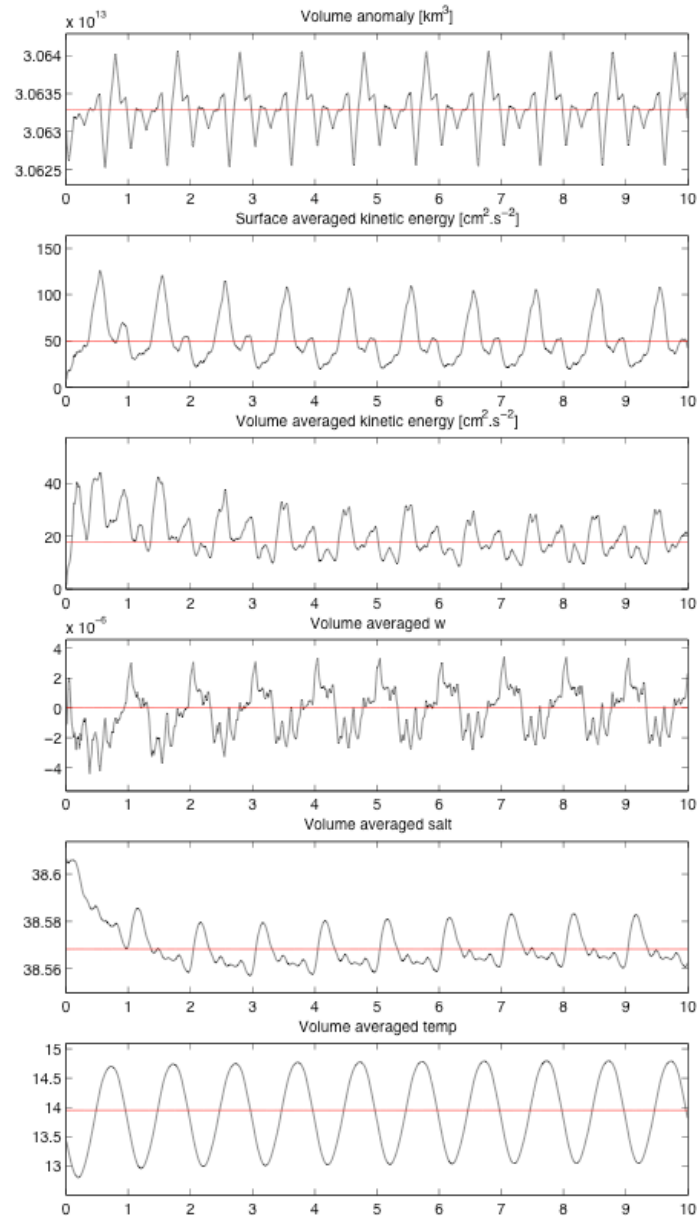
$\Delta t(\text{rapide})=24 \text{ s}$

3. Résultats et discussion

- Diagnostiques et comportement des deux simulations
- Dynamique de surface et variabilité spatiale
- Coupes verticales des variables thermodynamiques et identification des masses d'eau

Les données *in situ* étudiées et synthétisées dans
Artegiani et al., Part I&II (1997)

Schéma KPP



Anomalies de volume

Énergie cinétique moyennée en surface

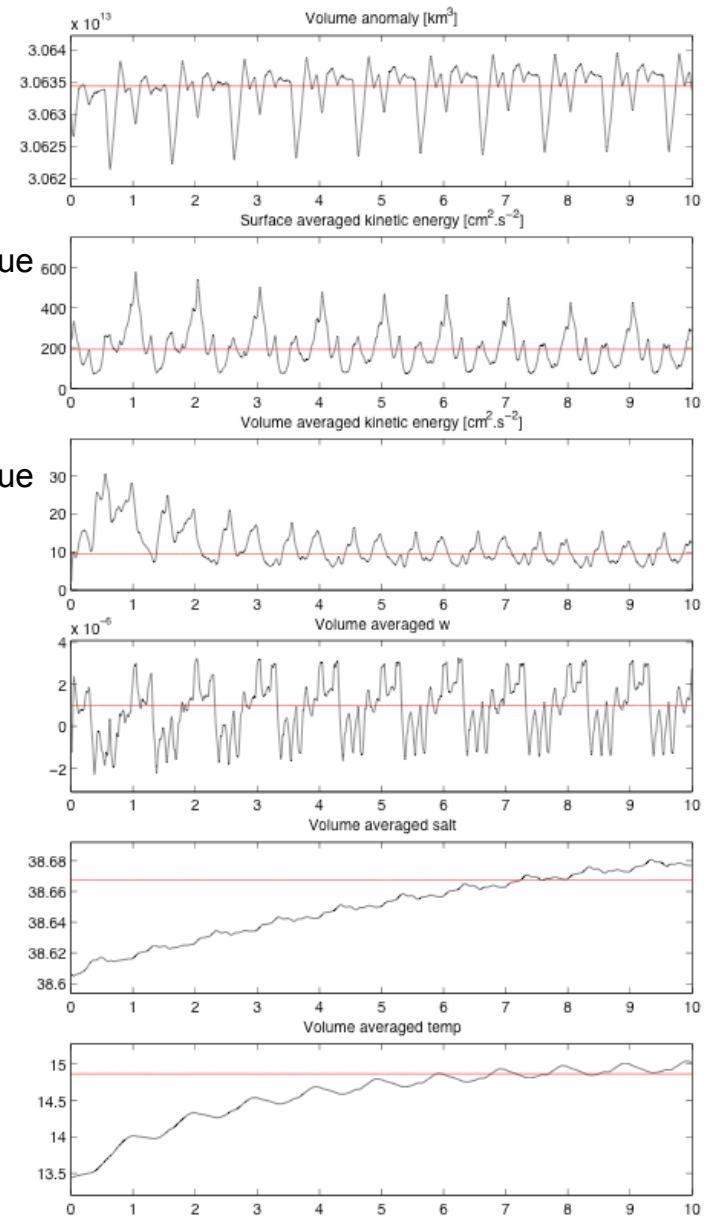
Energie cinétique moyenné en volume

Composante w de la vitesse

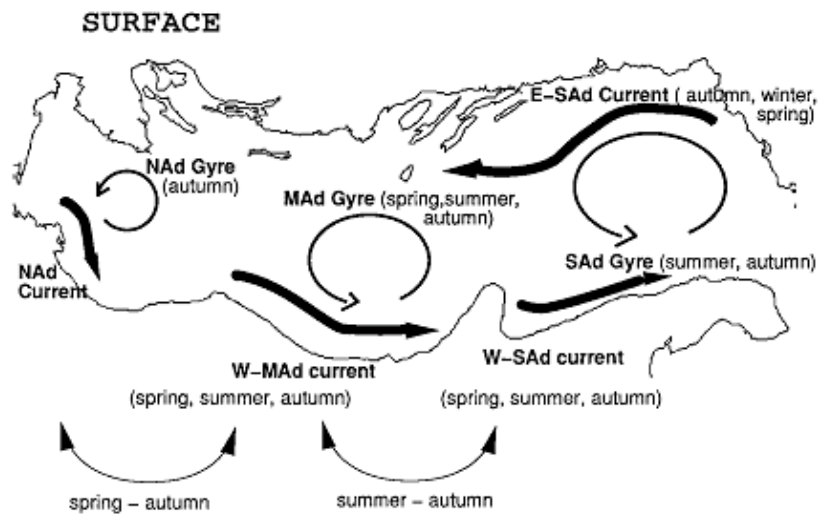
Salinité

Température

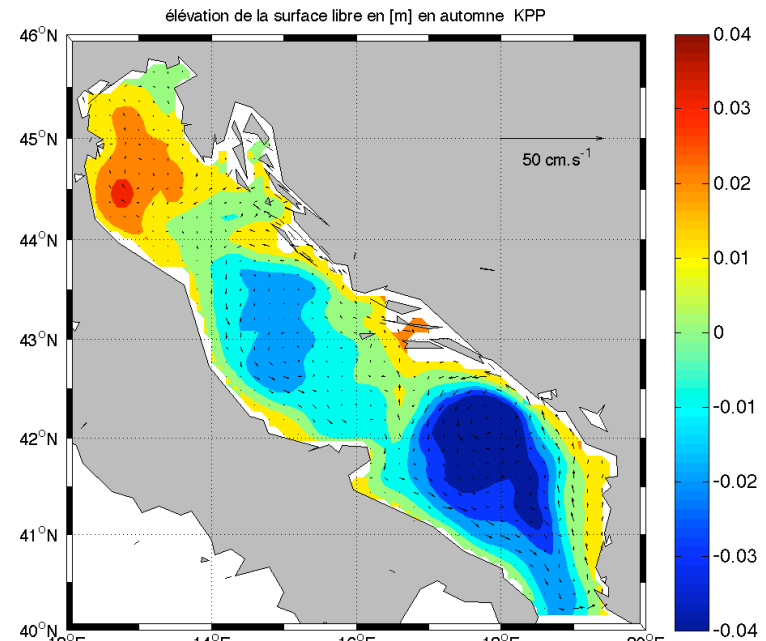
Schéma PP



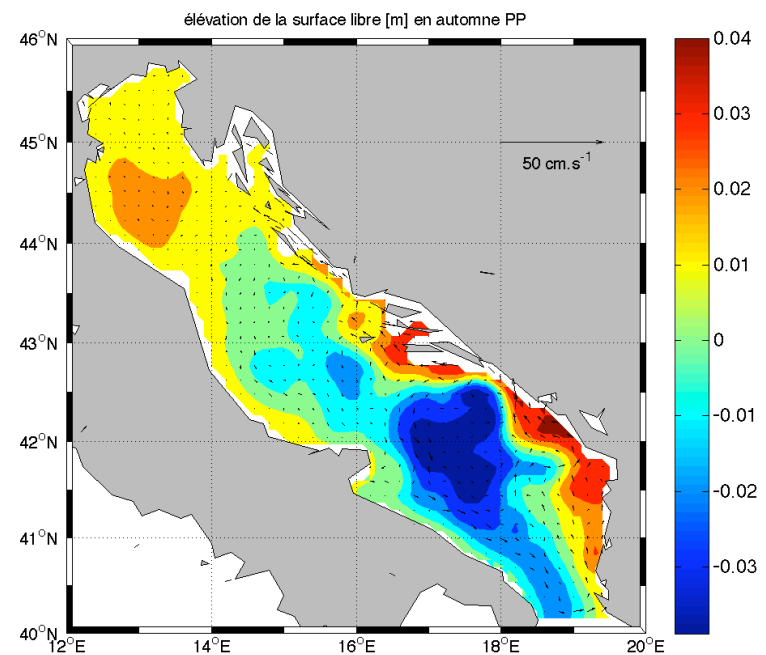
Dynamique de surface



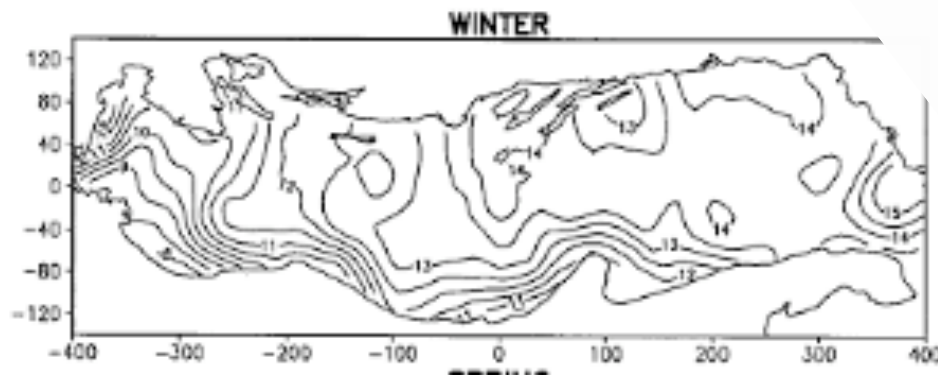
KPP



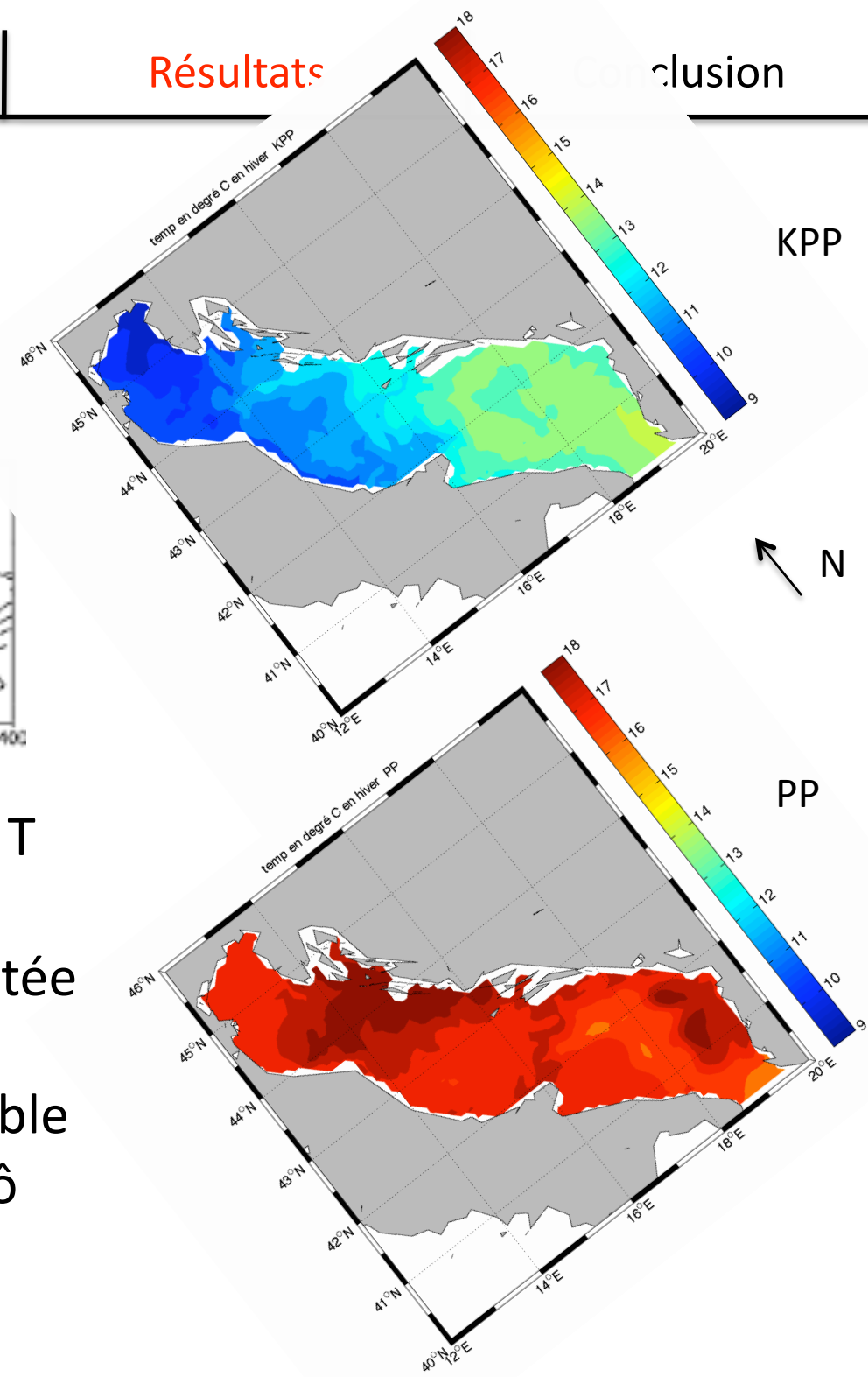
PP



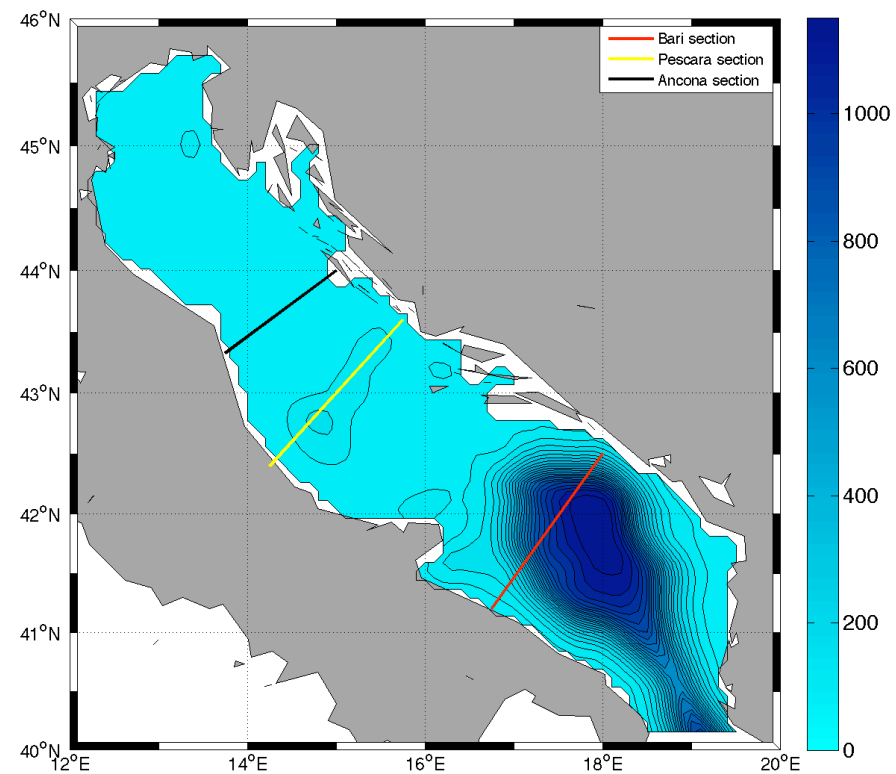
Variabilité spatiale de T et S température :



- Très faible variabilité spatiale de T pour le schéma PP (1,5°)
- Gamme de températures respectée par le schéma KPP ($9^{\circ}\text{C} < T < 15^{\circ}\text{C}$)
- Température mesurée la plus faible en Adriatique Nord-Ouest \rightarrow Pô

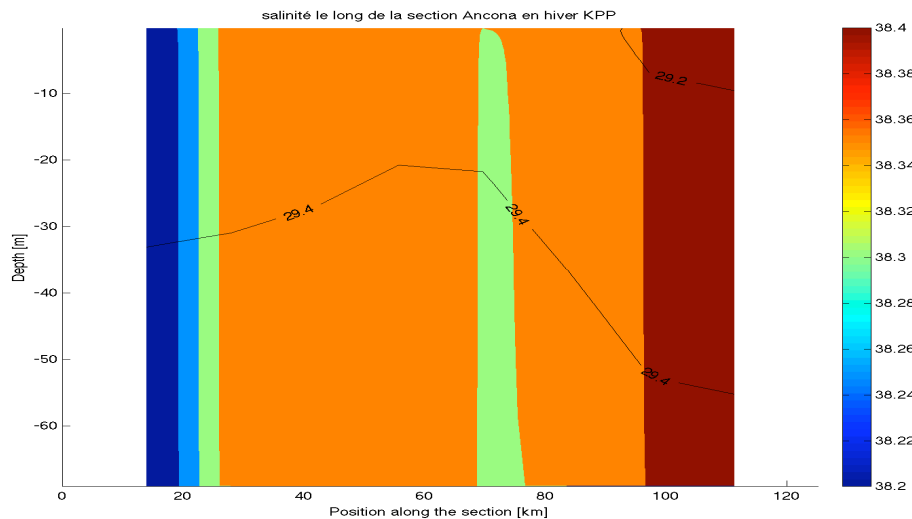


Coupes verticales des variables thermodynamiques et identification des masses d'eau

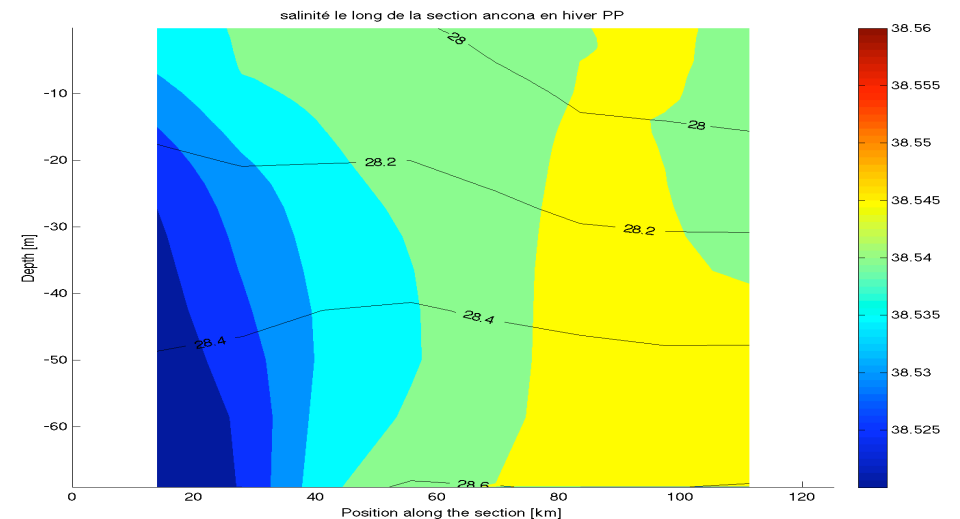


Section d'Ancona: formation de la NAdDW ($\sigma > 29.2$) en hiver

KPP



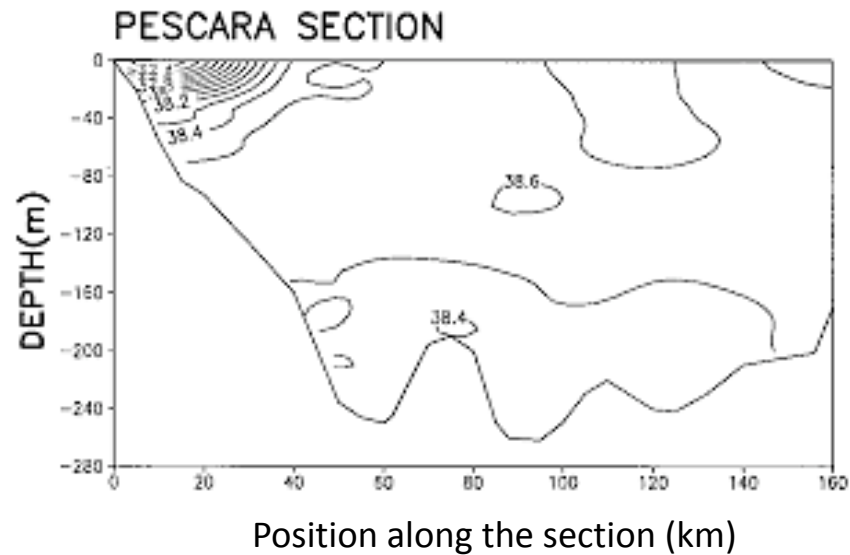
PP



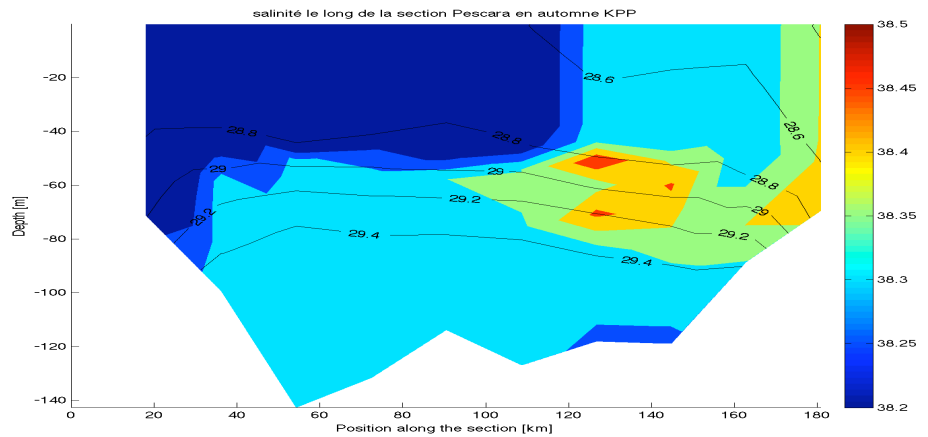
- Mélange vertical plus profond pour le schéma KPP
- Présence de la NAdDW pour le schéma KPP
- Isopycne 28.4 kg.m⁻³ quasiment à l'horizontal à 50m de profondeur pour le schéma PP

Section de Pescara: intrusion de la MLIW en automne (Artegiani et al., 1997)

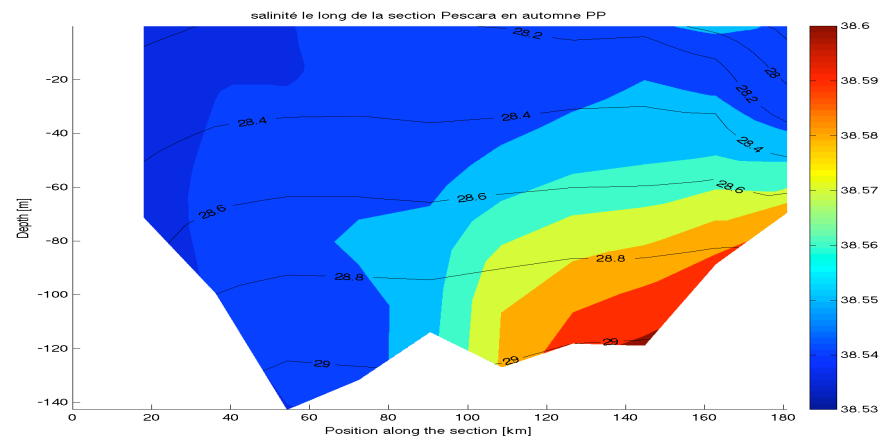
Publication



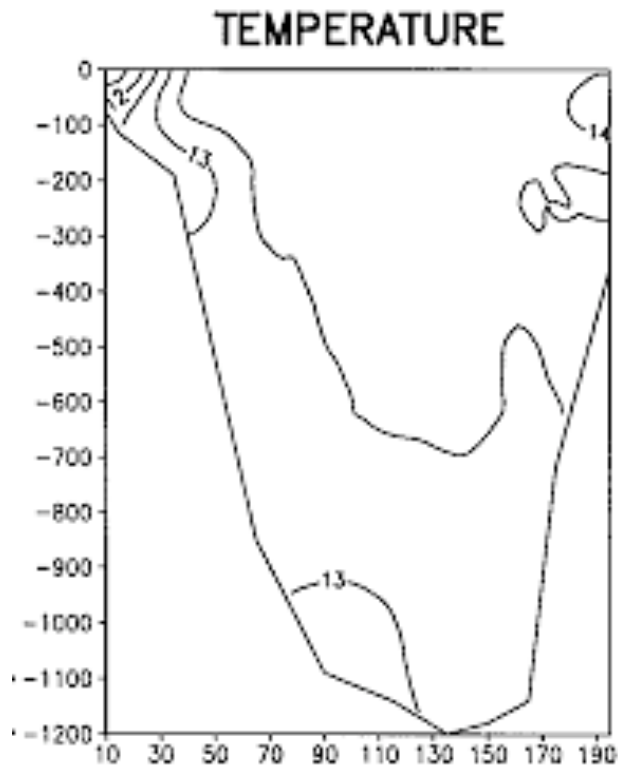
KPP



PP

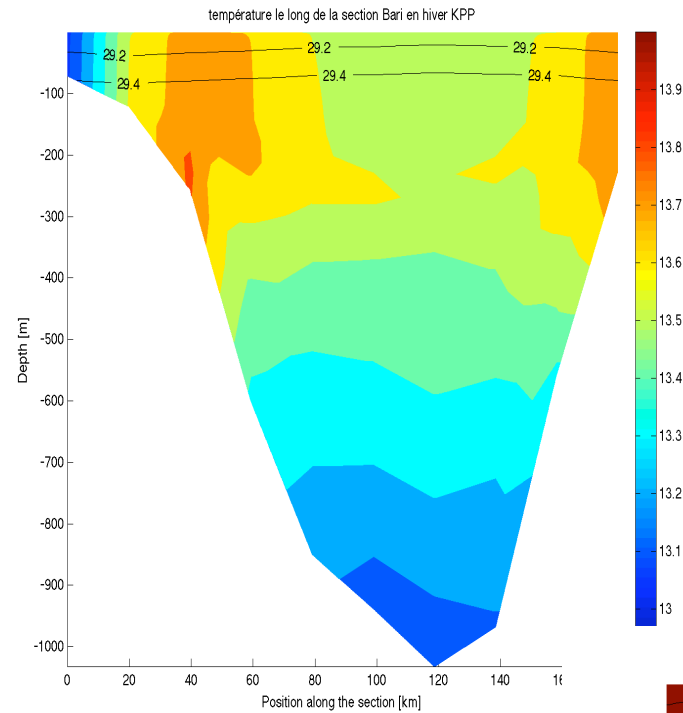


Section de Bari :

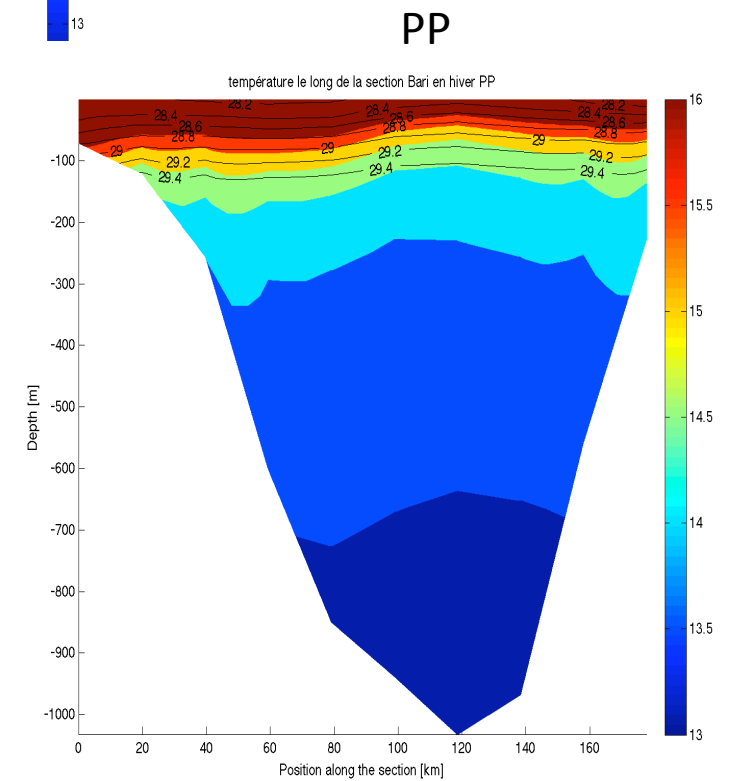


Position along the section (km)

Publication



KPP



**Validation du schéma *K-profil*
parametrization pour l'Adriatique**
Schéma Pacanowski & Philander :
paramètres de calibration édités pour le
pacifique équatorial.

4. Conclusion

- Dans le cadre de notre étude, le modèle KPP a pu être validé:
 - Mise en évidence des masses d'eau et des processus de mélange.
- Les deux schémas nous donne une hydrodynamique de surface comparable.
- Etude de la sensibilité de la fermeture de la turbulence : beaucoup différences bien que les deux schémas utilisés soient basés sur la même approche.
 - Grand problème de la modélisation

Perspectives:

- réaliser une série de simulations numériques afin d'adapter ces paramètres en mer Adriatique.
- Effectuer une simulation à haute résolution avec les données de vent QuikSCAT pour regarder le sens du gyre dans le bassin Nord-Adriatique.

Merci de votre attention

Bibliographie

- **Artegiani, Bregnat, Bregant, Paschini, Pinardi, Raicich and Russo (1997a)** The Adriatic Sea General Circulation. Part I: Air-Sea Interactions and Water Mass Structure. *Journal of Physical Oceanography*
- **Artegiani, Bregant, Paschini, Pinardi, Raicich and Russo (1997b)** The Adriatic Sea General Circulation. Part II: Baroclinic Circulation Structure. *Journal of Physical Oceanography*
- **Li, Yi Chao, McWilliams and Fu (2001)** A Comparaison of Two Vertical-Mixing Schemes in a Pacific Ocean General Circulation Model. *Journal of Geoclimate*
- **Large, McWilliams, Doney (1994)** Oceanic Vertical Mixing: a Review and a Model with nonlocal k-profil boundary layer parametrization. *Reviews Geophysics*, 32, 363-403
- **Pacanowski and Philander (1981)** Parametrization of Vertical mixing in numerical models of tropical oceans. *Journal of Physical Oceanography*, 11, 1443-1451.