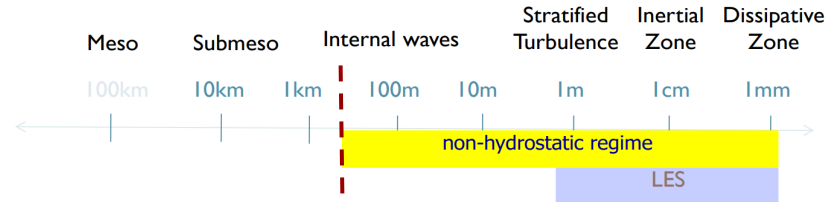
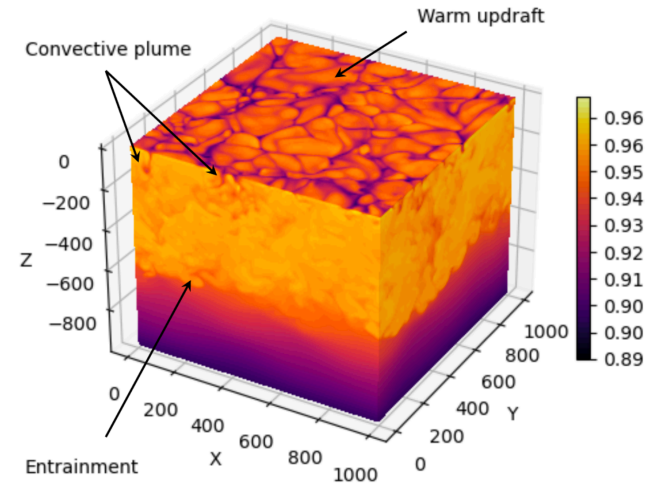


# Paramétrisations sous-maille

(1) Paramétrisation de la convection (profonde)

(2) Paramétrisation 3D dans la limite LES



**Primitive equations (PE)**  
(hydrostatic)

**Navier-Stokes equations (NSE)**

# Paramétrisation de la convection

## Adaptation des params existantes :

- Valeur de paramètres dans GLS (**GLS\_KEPSILON**)

$$c_{\epsilon 3}^{+} = 1, c_{\epsilon 3}^{-} = -0.4$$

PARAMETER(beta3m = -0.4, beta3p = 1.0)

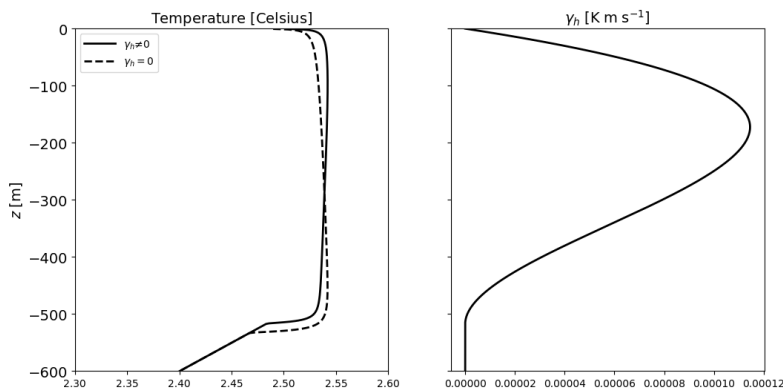


$$c_{\epsilon 3}^{+} = c_{\epsilon 3}^{-} = -1.83$$

PARAMETER(beta3m = -1.83, beta3p = -1.83)

*Umlauf et al. (2003)*  
*Legay et al. (2024)*

- Terme non-local KPP (**LMD\_NONLOCAL**)



**Pb de signe dans Croco/Roms-Agrif/Roms-UCLA**

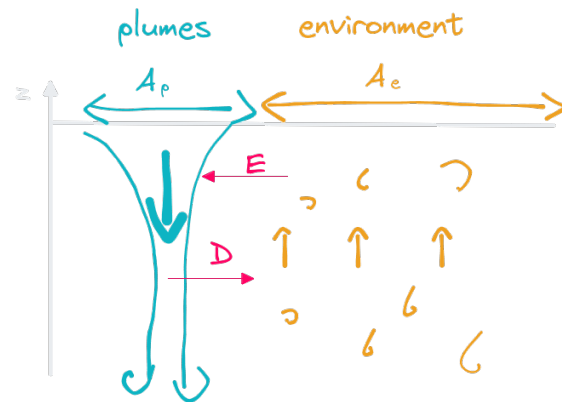
*En l'état* : le terme refroidit près de la surface et réchauffe plus profond dans la couche limite

# Paramétrisation de la convection

## Une nouvelle paramétrisation :

### • Schéma en « flux de masse »

$\tilde{\alpha}$	$= \frac{1}{1 - a_p}$	Rescaling coefficient
$\frac{\overline{w'\phi'}}{\overline{w'\mathbf{u}'_h}}$	$= \tilde{\alpha} a_p w_p (\phi_p - \bar{\phi}) - K_\phi \partial_z \bar{\phi}$	Vertical turbulent flux for component $\phi$
	$= \tilde{\alpha} a_p w_p (\mathbf{u}_{h,p} - \bar{\mathbf{u}}_h) - K_m \partial_z \bar{\mathbf{u}}_h$	Vertical turbulent momentum flux
$\partial_z(a_p w_p)$	$= E - D$	Plume area conservation equation
$a_p w_p \partial_z \phi_p$	$= \tilde{\alpha} E (\bar{\phi} - \phi_p)$	Plume equation for component $\phi$
$a_p w_p \partial_z \mathbf{u}_{h,p}$	$= \tilde{\alpha} E (\bar{\mathbf{u}}_h - \mathbf{u}_{h,p}) + a_p w_p C_u \partial_z \bar{\mathbf{u}}_h$	Plume horizontal momentum equation
$a_p w_p \partial_z w_p$	$= -(\tilde{\alpha} b) E w_p + a_p \{a B_p + \tilde{\alpha} (b'/h) w_p^2\}$	Plume vertical velocity equation
$B_p$	$= b_{\text{eos}}(\phi_p) - b_{\text{eos}}(\bar{\phi})$	Buoyancy forcing term



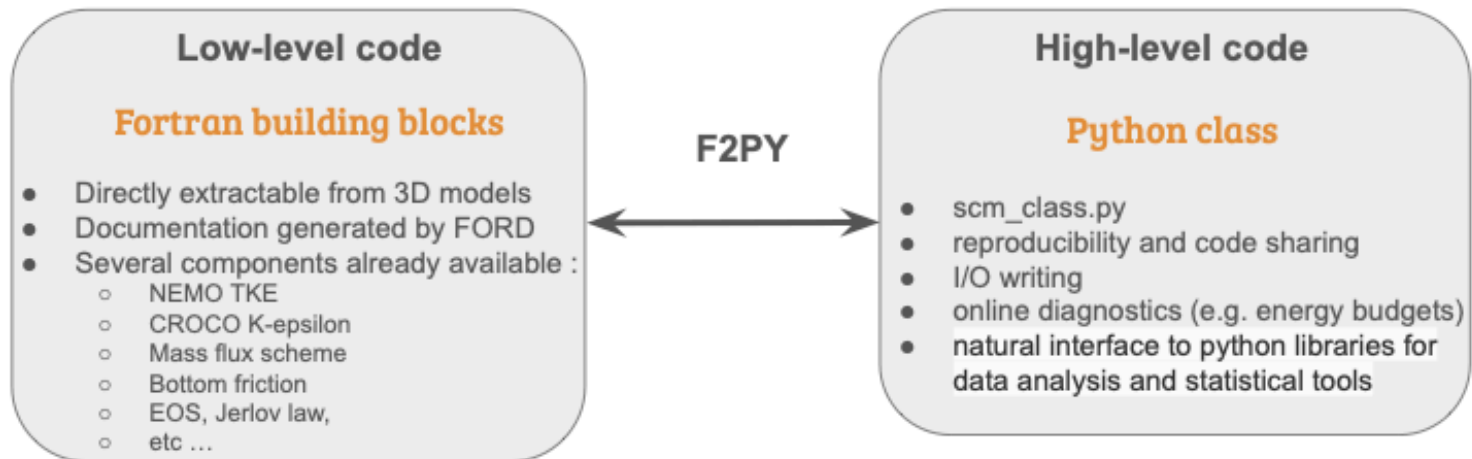
- $\tilde{\alpha} = 1 \Leftrightarrow$  small area limit  $\rightarrow$  standard mass flux scheme

- M. Perrot, F. Lemarié, T. Dubos: *Energetically consistent Eddy-Diffusivity Mass-Flux schemes part I : theory and models* (2024, submitted to JAMES)
- M. Perrot, F. Lemarié: *Energetically consistent Eddy-Diffusivity Mass-Flux schemes part II : implementation and evaluation in an oceanic context* (2024, submitted to JAMES)

# Paramétrisation de la convection

- **Branche : dev2024\_Convection**
  - ➡ Nouveaux paramètres pour k-eps
  - ➡ Bug fix pour le terme non-local de KPP
  - ➡ Version beta du schéma en flux de masse
  - ➡ Cas-tests 1DV : FC500, W005\_FC500 (simulations LES de référence)

# Fortran to python interface



```
for kt in range(self.nbsteps):
    self.t_np1 = scm_oce.advance_tra_ed(self.t_n, ...)
    self.u_np1, self.v_np1 = scm_oce.advance_dyn_cor_ed(self.u_n, self.v_n, ...)
    if self.MF_tra or self.MF_dyn: self.do_MF( )
    if self.MF_tra: scm_oce.advance_tra_mf(self.t_np1, self.tp, self.Fmass, ...)
    if self.MF_dyn: scm_oce.advance_dyn_mf(self.u_np1, self.v_np1, ... )
    if self.ED: self.do_ED( )
```

# Paramétrisation dans la limite LES

**Objectif :** formulation d'un schéma sous-maille pertinent lorsque la résolution est bien plus petite que l'échelle des grandes structures turbulentes contenant l'énergie

➡ Schéma de fermeture 3D basé sur la TKE (**192-dev\_2024\_tke3d\_les\_mixing**)

$$\text{Sh2} = \left[ 2 \left( (\partial_x u)^2 + (\partial_y v)^2 + (\partial_z w)^2 \right) + (\partial_x v + \partial_y u)^2 + (\partial_z v + \partial_y w)^2 + (\partial_z u + \partial_x w)^2 \right]$$
$$\partial_t E = -\partial_x (uE - \nu_E \partial_x E) - \partial_y (vE - \nu_E \partial_y E) - \partial_z (wE - \nu_E \partial_z E) + \nu_m \text{Sh2} - \nu_h N^2 - \frac{c_\epsilon}{l_{\text{LES}}} E \sqrt{E}$$

$$l_{\text{LES}} = \begin{cases} \min \left( \sqrt{\frac{2E}{N^2}}, \Delta \right) & \text{for } N^2 > 0 \\ \Delta & \text{for } N^2 \leq 0 \end{cases}$$

grid box size  $(\Delta x \Delta y \Delta z)^{1/3}$

$$\nu_m = c_m l_{\text{LES}} \sqrt{E}$$

$$\nu_h = \text{Pr}_t^{-1} \nu_m$$

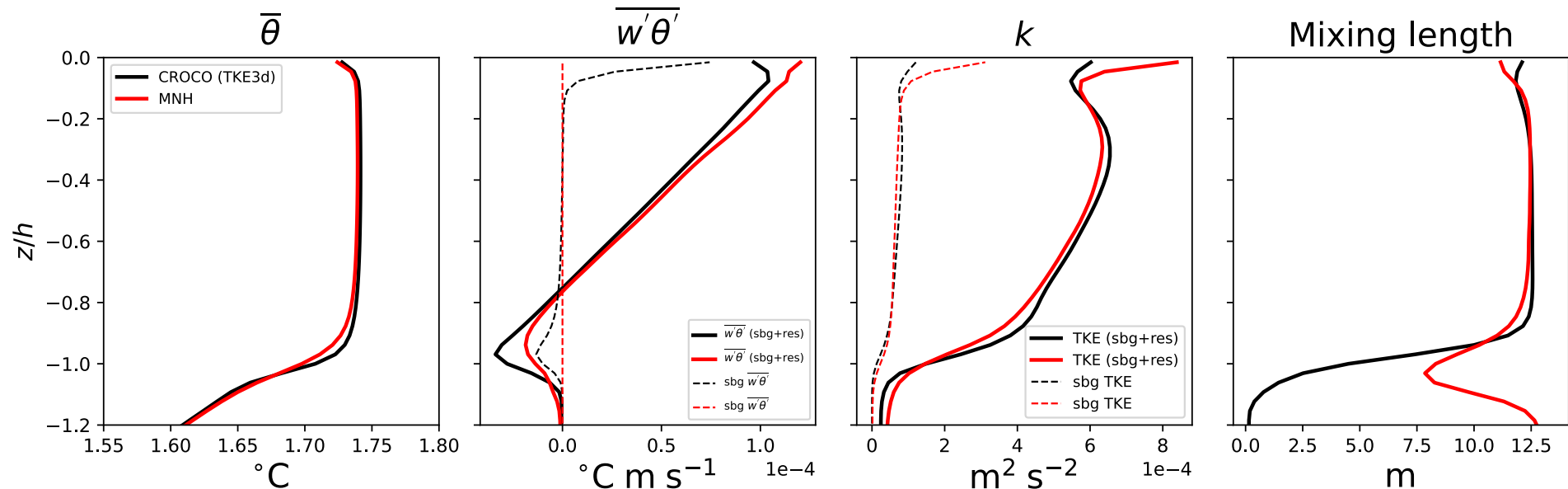
$$\nu_E = c_E l_{\text{LES}} \sqrt{E}$$

$$\text{Pr}_t = \frac{\Delta}{\Delta + 2l_{\text{LES}}}$$

In line with Deardorff (1980); Sullivan et al. (1994, NCAR LES); Cuxart et al. (2000, MNH), Zhang et al. (2018, WRF)

# Cas de convection libre (-500W/m2)

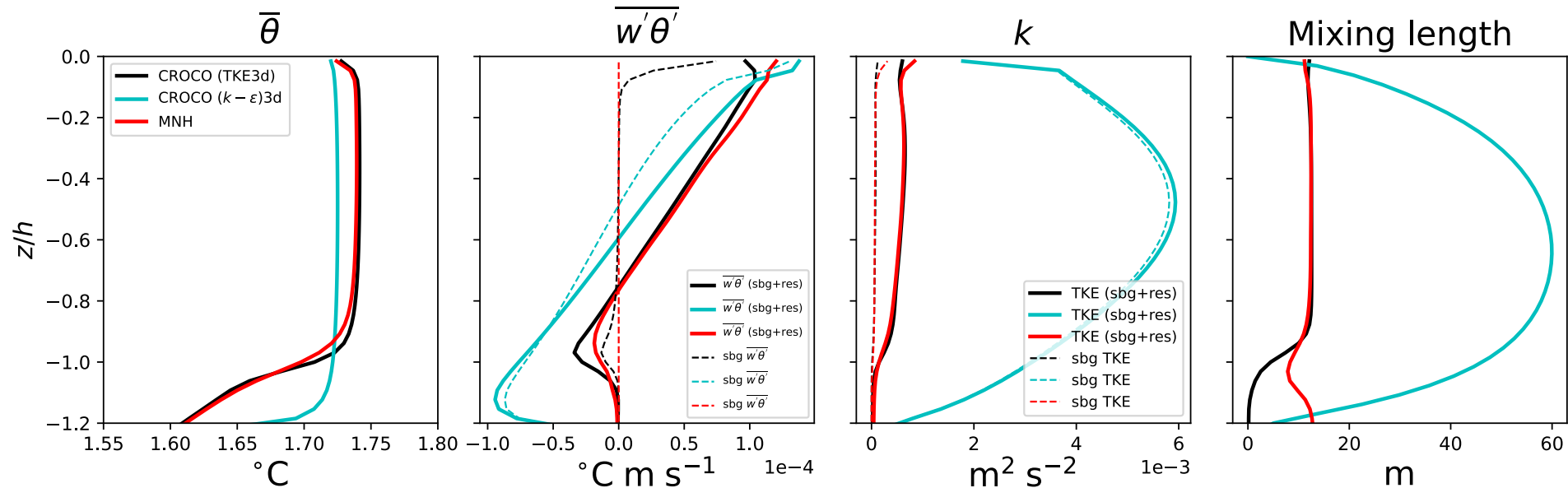
- Domaine: 7.5 x 7.5 x 1 km -> 500 x 500 x 100 points
- Conditions double-périodiques
- Comparaison MNH & TKE3D\_MIXING



**Coût de calcul :** Croco 20h sur 420 cpus vs MNH 9h30 sur 280 cpus (x 3.15)

# Cas de convection libre (-500W/m2)

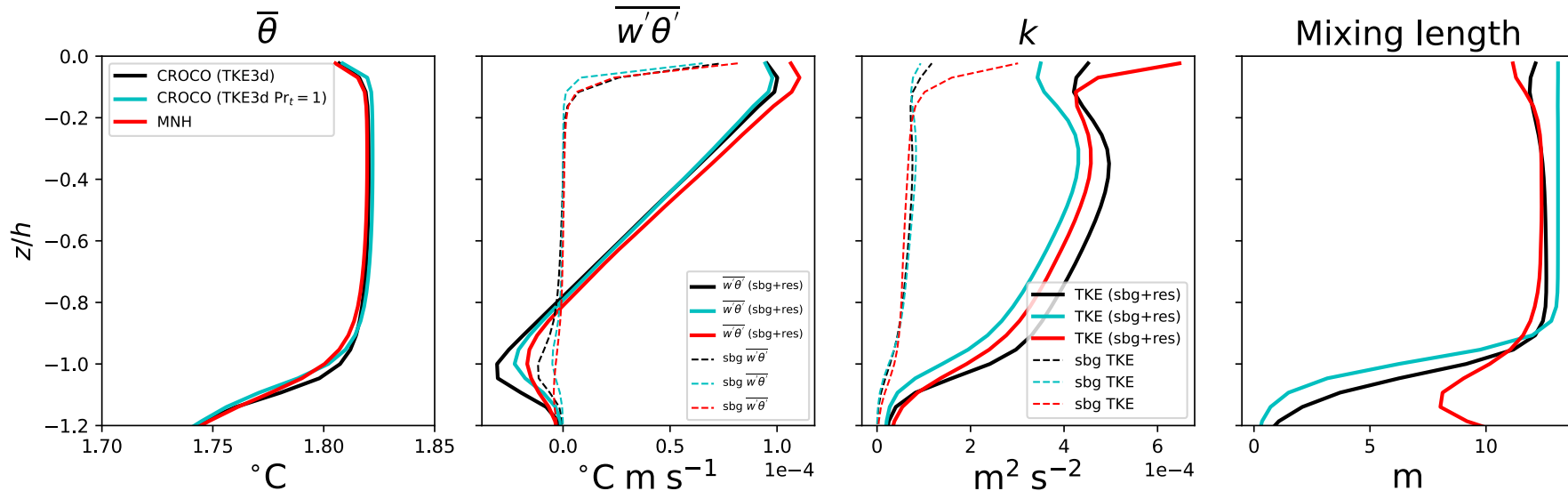
- Comparaison MNH, TKE3D\_MIXING & GLS\_MIXING\_3D





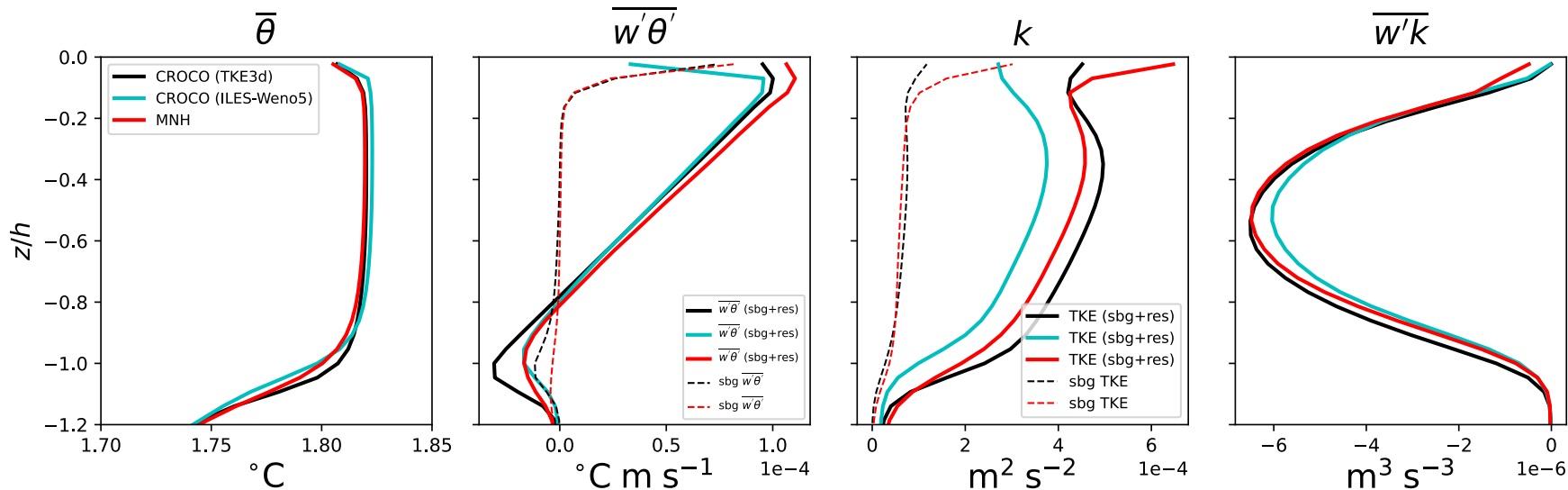
# Cas de convection libre (-500W/m<sup>2</sup>)

- Comparaison avec MNH, TKE3D\_MIXING & TKE3D\_MIXING (Prt = 1)



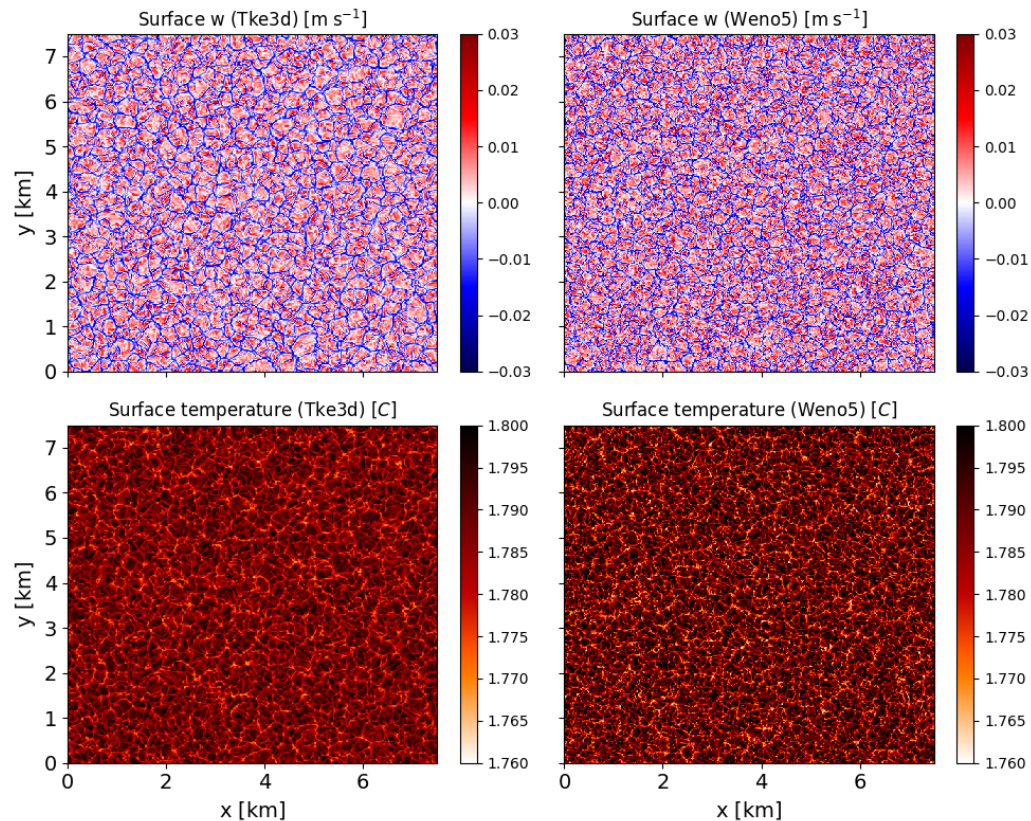
# Cas de convection libre (-500W/m2)

- Comparaison MNH, WENO5 & TKE3D\_MIXING

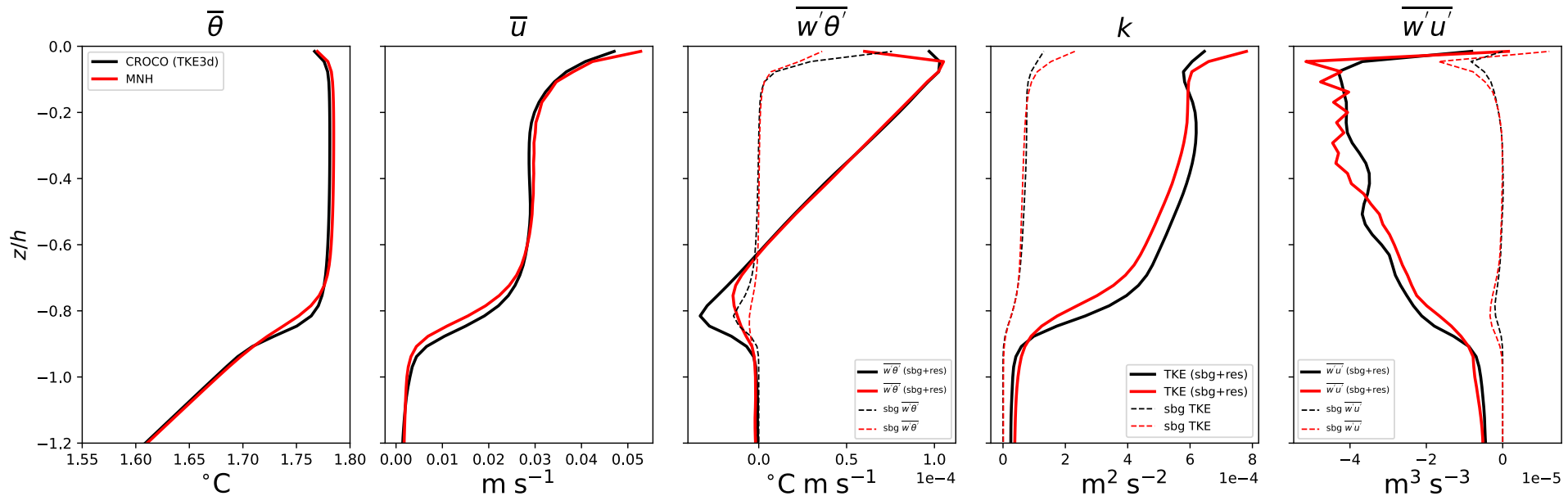


# Cas de convection libre (-500W/m<sup>2</sup>)

- Comparaison WENO5 & TKE3D\_MIXING



# Cas de convection + vent



**Implémentation pratique:** ajout de 2 subroutines (tke3d\_mixing.F; uv3dmix\_R3D.F) + TKE au centre des mailles)

**Test supplémentaire:** configuration J.B. Roustan (SHOM)

Projet d'intercomparaison de LES et de construction d'une base de simulations (PEPR TRACCS; ANR PLUME)

➔ [Oceananigans](#), [Basilisk](#), [Dedalus](#), [MNH](#), [Croco](#), ...

Vers un modèle hybride méso-échelle / LES ...

Atelier LEFE « **représentation des fines échelles océaniques dans les simulations numériques** »

<https://atelier-fines-ech.sciencesconf.org/>

Intervenants sur le sujet : Rémi Manceau (LMAP, Pau) et Alexandre Delache (LMFA, ECL)