

Etude de la circulation océanique au Nord de la Nouvelle-Guinée avec ROMS

OPB205 : Modélisation 3D océanique
Master 1 Sciences de la Mer
Fabregas Anaïs
13 Mai 2019

Présentation de la zone d'étude



Présentation de la zone d'étude

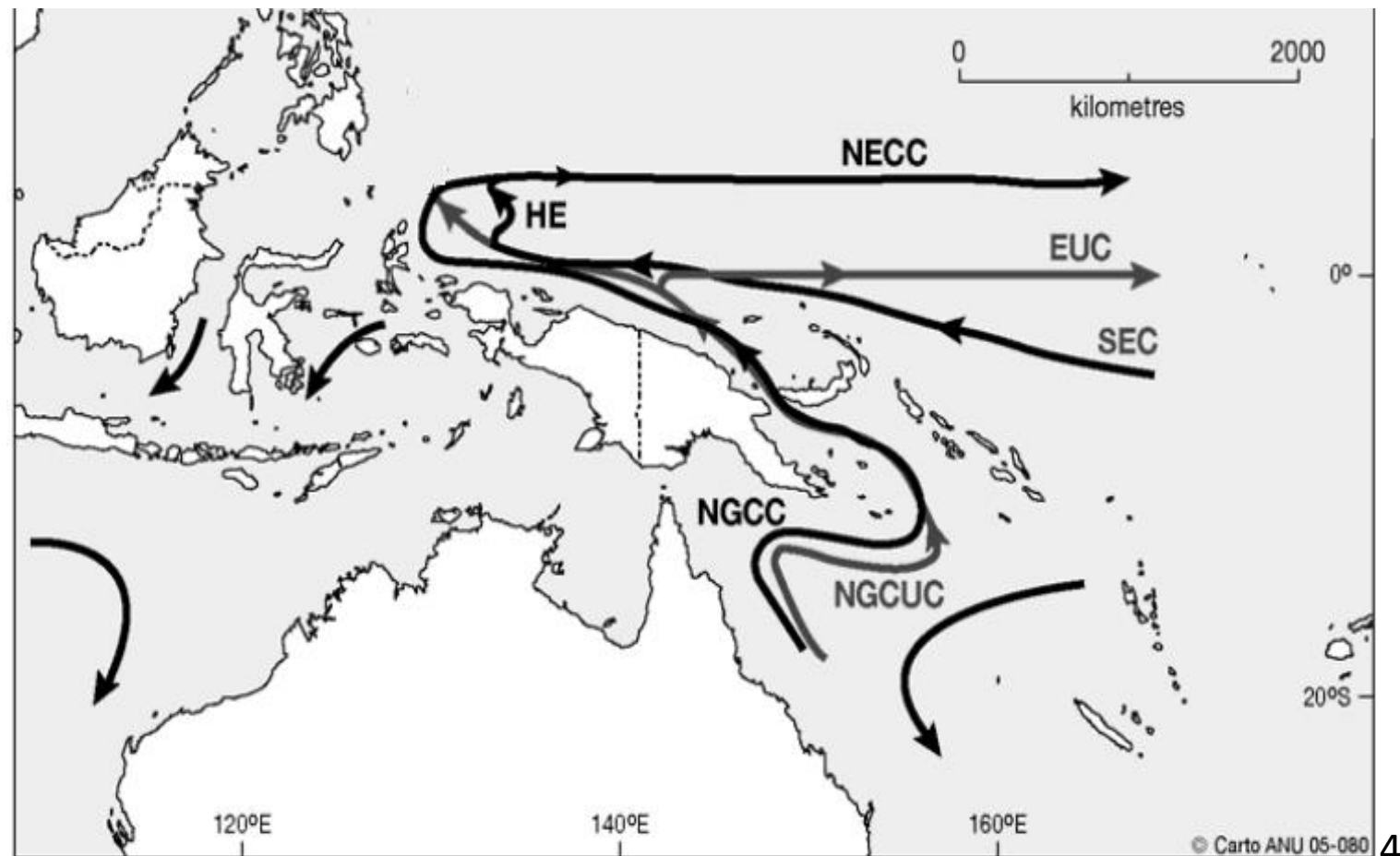
- Variations saisonnières
 - Du vent (mousson)



Présentation de la zone d'étude

- Variations saisonnières

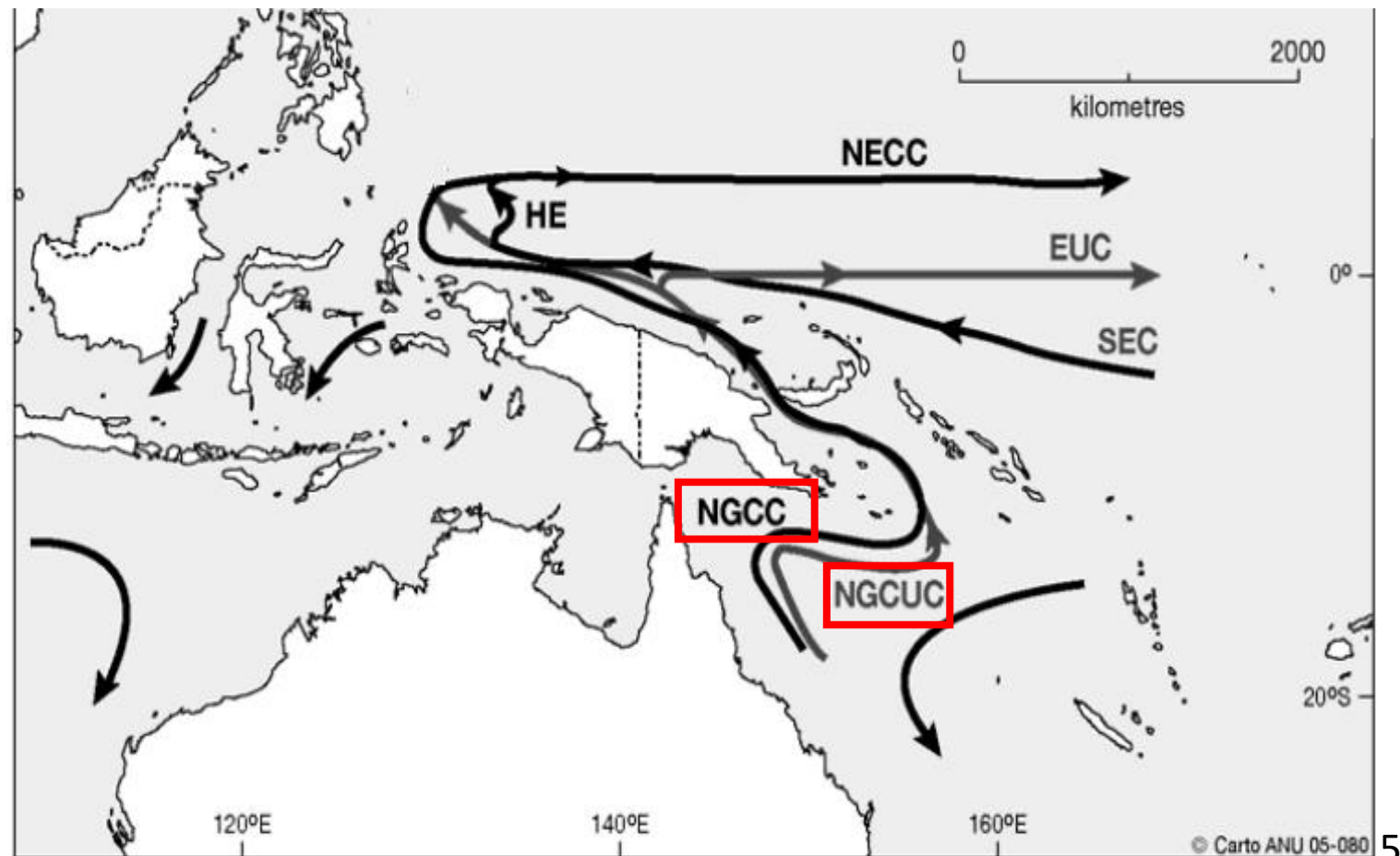
- Du vent
- Des courants



Présentation de la zone d'étude

- Variations saisonnières

- Du vent
- Des courants



Caractéristiques du modèle

- Equations Primitives

- Navier-Stokes
$$\begin{aligned}\frac{\delta u}{\delta t} + \vec{v} \cdot \nabla u - f v &= \frac{-1}{\rho} \frac{\delta P}{\delta x} + A_h \nabla_h^2 u + A_v \frac{\delta^2 u}{\delta z^2} \\ \frac{\delta v}{\delta t} + \vec{v} \cdot \nabla v + f u &= \frac{-1}{\rho} \frac{\delta P}{\delta y} + A_h \nabla_h^2 v + A_v \frac{\delta^2 v}{\delta z^2}\end{aligned}$$
- Hydrostatique
$$\frac{\delta P}{\delta z} + \rho g = 0$$

Caractéristiques du modèle

- Equations Primitives

- Navier-Stokes
$$\frac{\delta u}{\delta t} + \vec{v} \cdot \nabla u - f v = \frac{-1}{\rho} \frac{\delta P}{\delta x} + A_h \nabla_h^2 u + A_v \frac{\delta^2 u}{\delta z^2}$$
$$\frac{\delta v}{\delta t} + \vec{v} \cdot \nabla v + f u = \frac{-1}{\rho} \frac{\delta P}{\delta y} + A_h \nabla_h^2 v + A_v \frac{\delta^2 v}{\delta z^2}$$

- Hydrostatique
$$\frac{\delta P}{\delta z} + \rho g = 0$$

- Continuité (incompressible)
$$\frac{\delta u}{\delta x} + \frac{\delta v}{\delta y} + \frac{\delta w}{\delta z} = 0$$

Caractéristiques du modèle

- Equations Primitives

➤ Navier-Stokes

$$\frac{\delta u}{\delta t} + \vec{v} \cdot \nabla u - f v = \frac{-1}{\rho} \frac{\delta P}{\delta x} + A_h \nabla_h^2 u + A_v \frac{\delta^2 u}{\delta z^2}$$

$$\frac{\delta v}{\delta t} + \vec{v} \cdot \nabla v + f u = \frac{-1}{\rho} \frac{\delta P}{\delta y} + A_h \nabla_h^2 v + A_v \frac{\delta^2 v}{\delta z^2}$$

➤ Hydrostatique

$$\frac{\delta P}{\delta z} + \rho g = 0$$

➤ Continuité (incompressible)

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

➤ Conservation de la chaleur

$$\frac{\delta T}{\delta t} + \vec{v} \cdot \nabla T = K_h \nabla_h^2 T + K_v \frac{\delta^2 T}{\delta z^2}$$

du sel

$$\frac{\delta S}{\delta t} + \vec{v} \cdot \nabla S = K_h \nabla_h^2 S + K_v \frac{\delta^2 S}{\delta z^2}$$

Caractéristiques du modèle

- Equations Primitives

➤ Navier-Stokes

$$\frac{\delta u}{\delta t} + \vec{v} \cdot \nabla u - f v = \frac{-1}{\rho} \frac{\delta P}{\delta x} + A_h \nabla_h^2 u + A_v \frac{\delta^2 u}{\delta z^2}$$

$$\frac{\delta v}{\delta t} + \vec{v} \cdot \nabla v + f u = \frac{-1}{\rho} \frac{\delta P}{\delta y} + A_h \nabla_h^2 v + A_v \frac{\delta^2 v}{\delta z^2}$$

➤ Hydrostatique

$$\frac{\delta P}{\delta z} + \rho g = 0$$

➤ Continuité (incompressible)

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

➤ Conservation de la chaleur

$$\frac{\delta T}{\delta t} + \vec{v} \cdot \nabla T = K_h \nabla_h^2 T + K_v \frac{\delta^2 T}{\delta z^2}$$

du sel

$$\frac{\delta S}{\delta t} + \vec{v} \cdot \nabla S = K_h \nabla_h^2 S + K_v \frac{\delta^2 S}{\delta z^2}$$

➤ Equation d'état

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

Caractéristiques du modèle

- Equations Primitives
- Conditions limites et initiales
 - Données de WOA
 - Salinité et Température
 - Méthode dynamique pour estimer \vec{v}

Caractéristiques du modèle

- Equations Primitives
- Conditions limites et initiales
- Forçages en surface
 - Données de COADS
 - Vent, Apport d'eau douce, SST, SSS, Radiation solaire

Caractéristiques du modèle

- Equations Primitives
- Conditions limites et initiales
- Forçages en surface
- Grille
 - Arakawa C sur l'horizontale
 - Sigma généralisée sur la verticale

Caractéristiques du modèle

- Equations Primitives
- Conditions limites et initiales
- Forçages en surface
- Grille
- Pas de temps Δt
 - Critère CFL

Caractéristiques du modèle

- Equations Primitives
- Conditions limites et initiales
- Forçages en surface
- Grille
- Pas de temps Δt
 - Critère CFL
 - Time-splitting

Implémentation en Nouvelle-Guinée

- Détermination de la zone
 - Lon $[121 ; 163]^{\circ}$ Est
 - Lat $[-12 ; 14]^{\circ}$ Nord
 - 32 niveaux verticaux
 - Résolution $1/3^{\circ}$

Implémentation en Nouvelle-Guinée

- Détermination de la zone
- Pas d'espace
 - $Dx = Dy = 37 \text{ km}$

Implémentation en Nouvelle-Guinée

- Détermination de la zone
- Pas d'espace
- Pas de temps
 - Δt externe = 60 sec
 - Δt interne = 3600 sec = 1 h

Implémentation en Nouvelle-Guinée

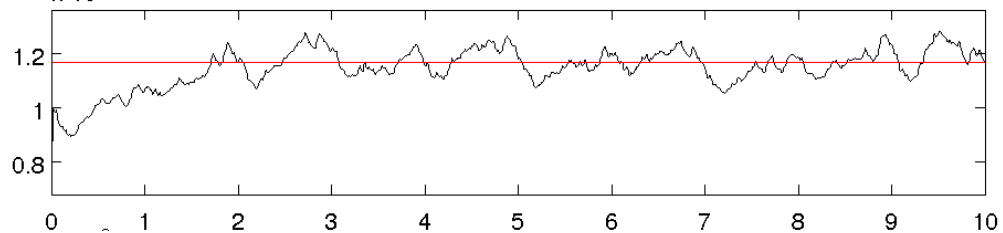
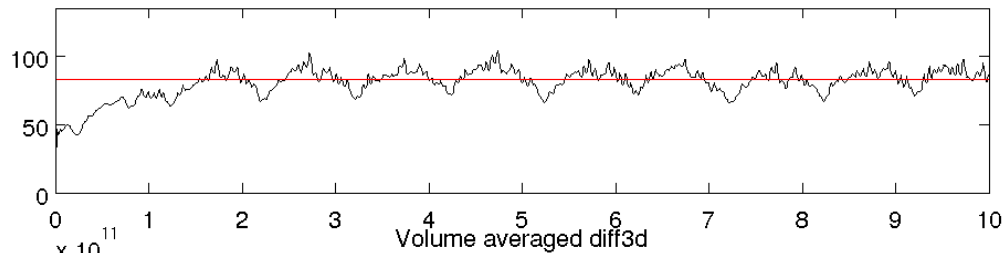
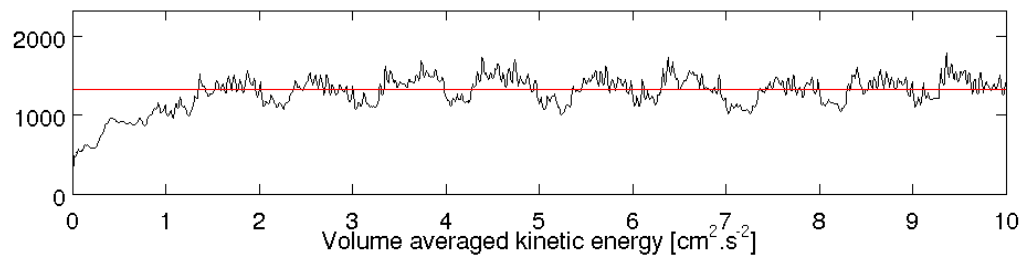
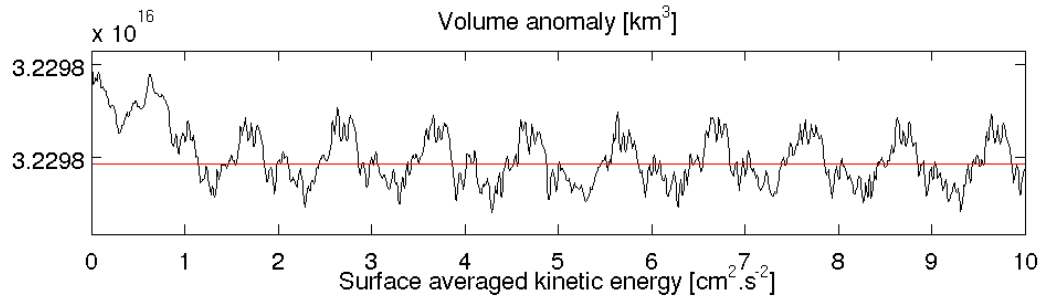
- Détermination de la zone
- Pas d'espace
- Pas de temps
- Pre-processing avec Matlab 2012a
 - Création de la grille avec 4 frontières ouvertes
 - Calcul des conditions initiales, limites, des forcages

Résultats

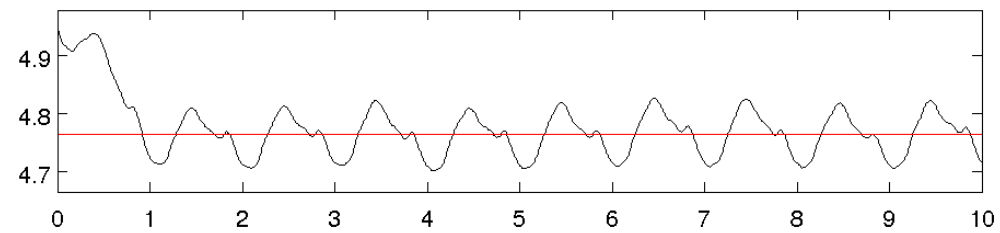
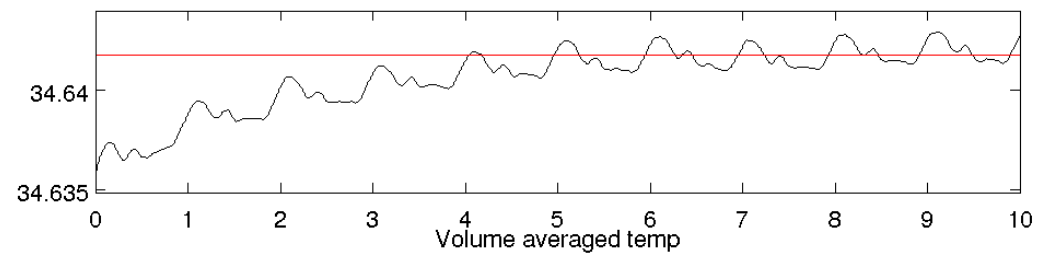
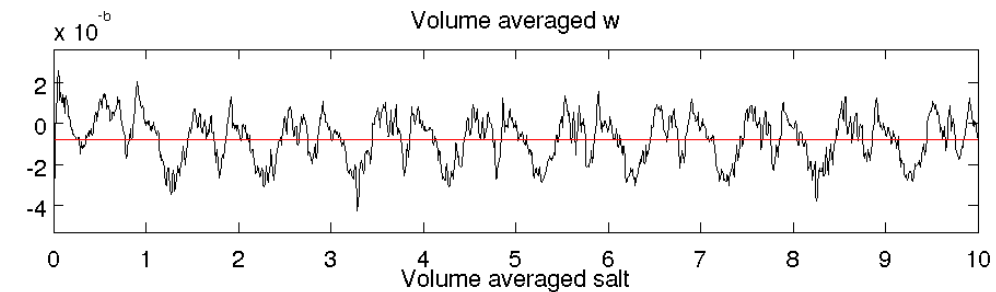
- Simulation sur 10 ans de 12 mois
- Diagnostic tools

Résultats

Diagnostic tools



Temps (années)

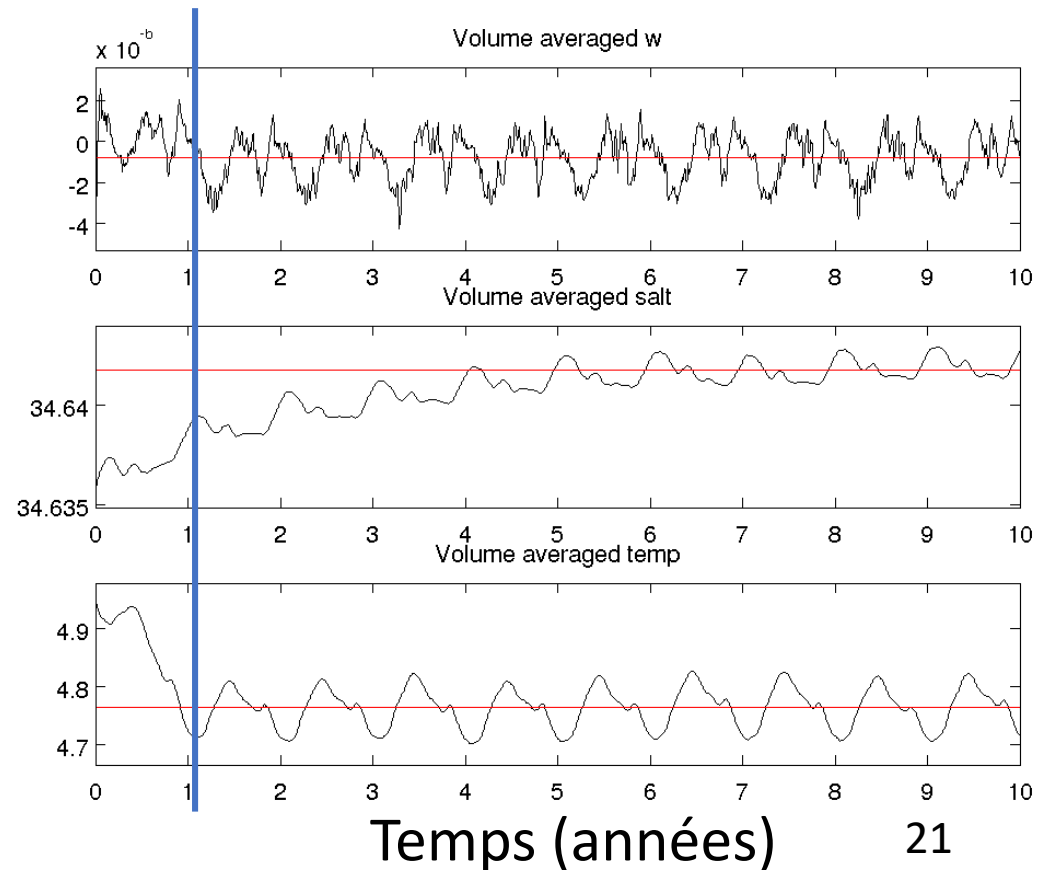
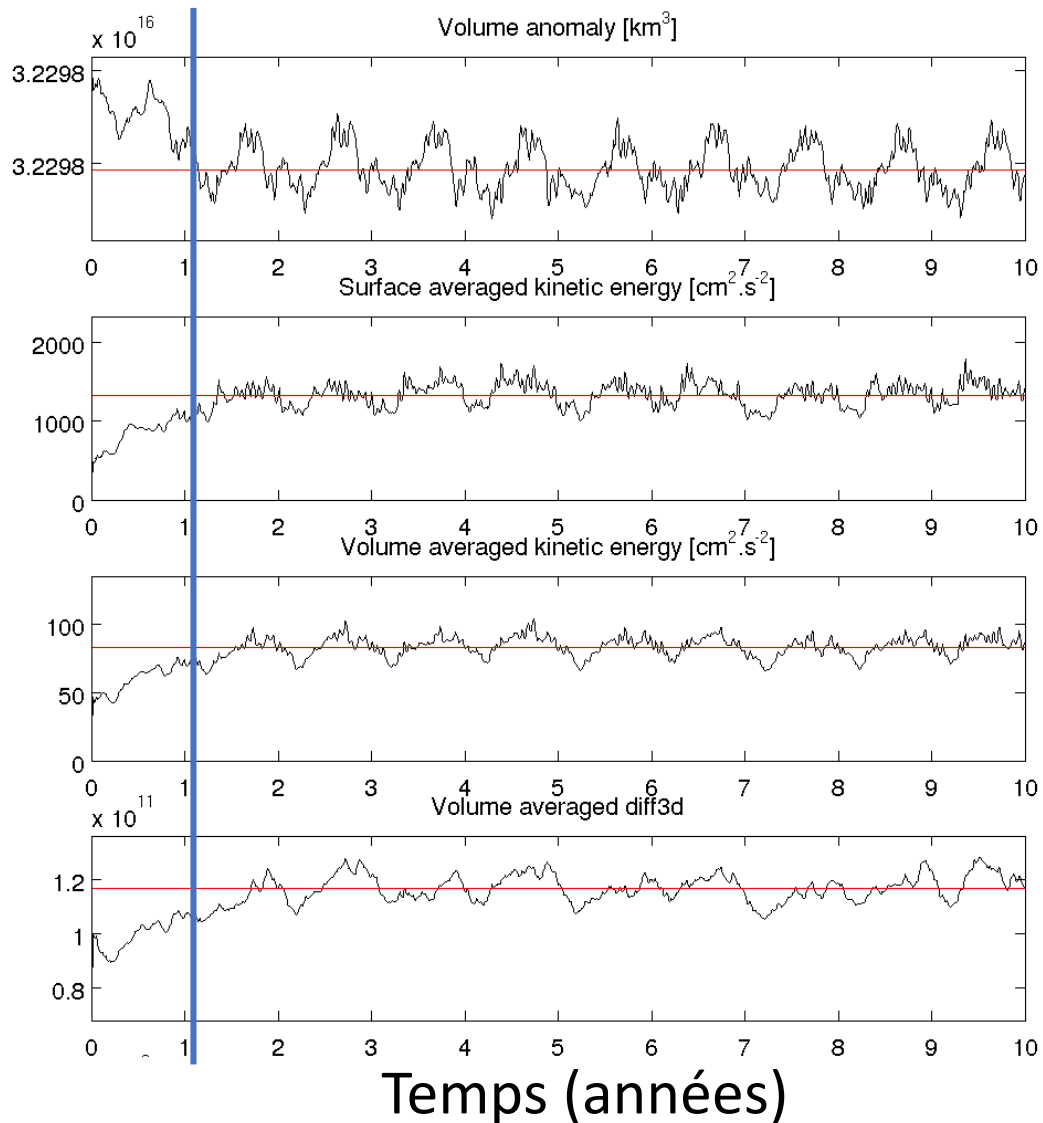


Temps (années)

Résultats

Diagnostic tools

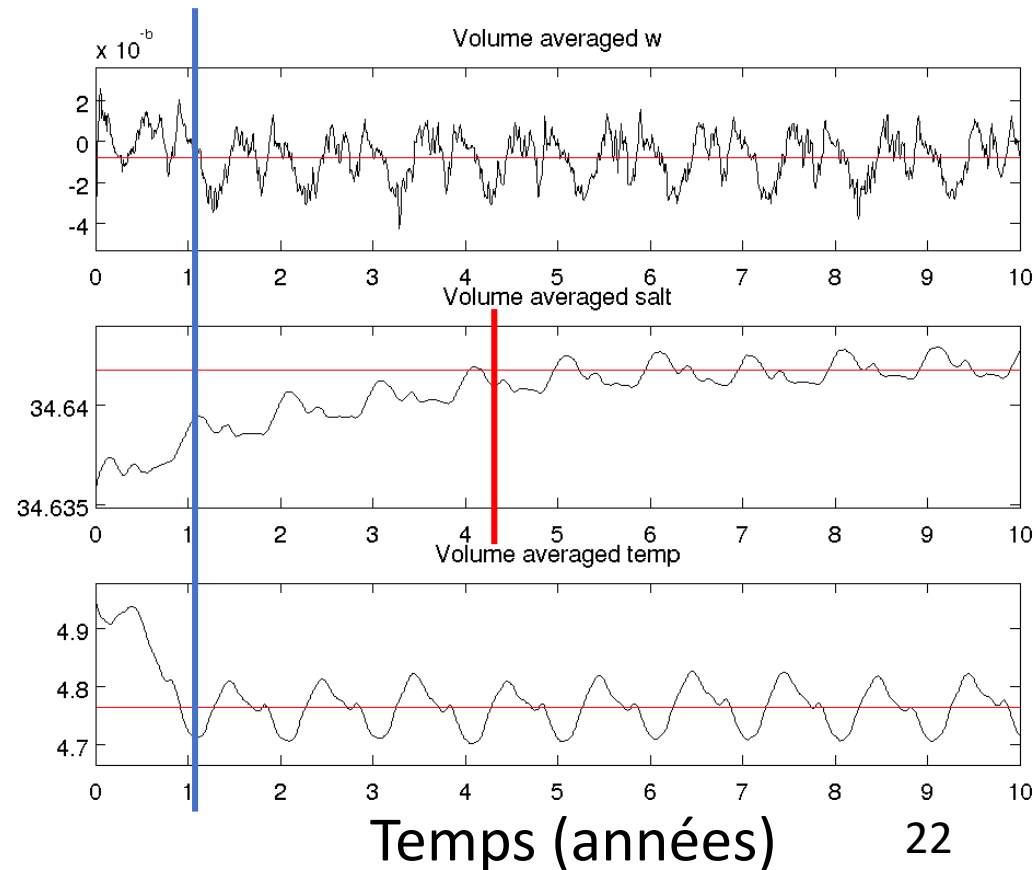
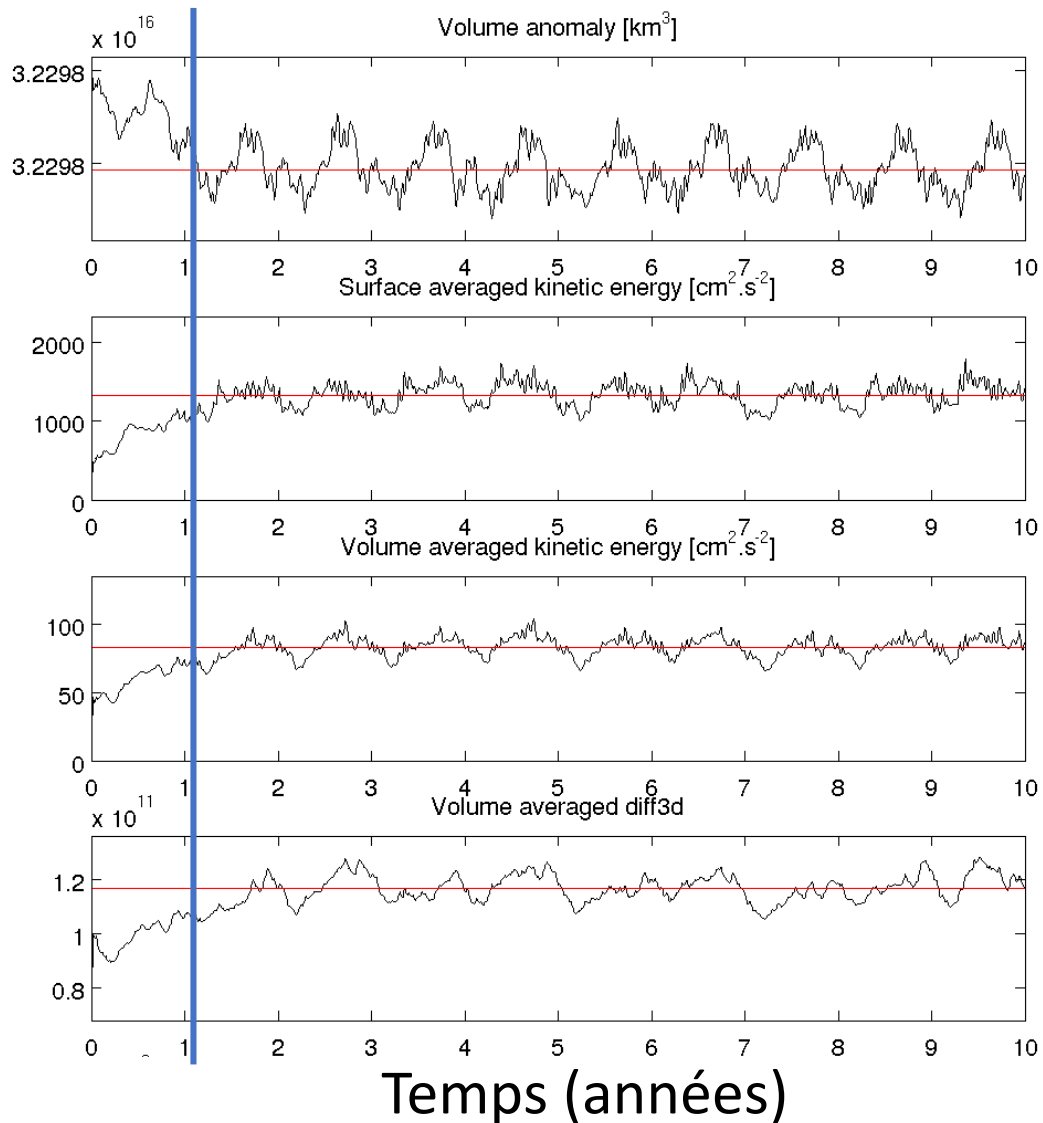
➤ Stabilisation du modèle après 1-2 ans



Résultats

Diagnostic tools

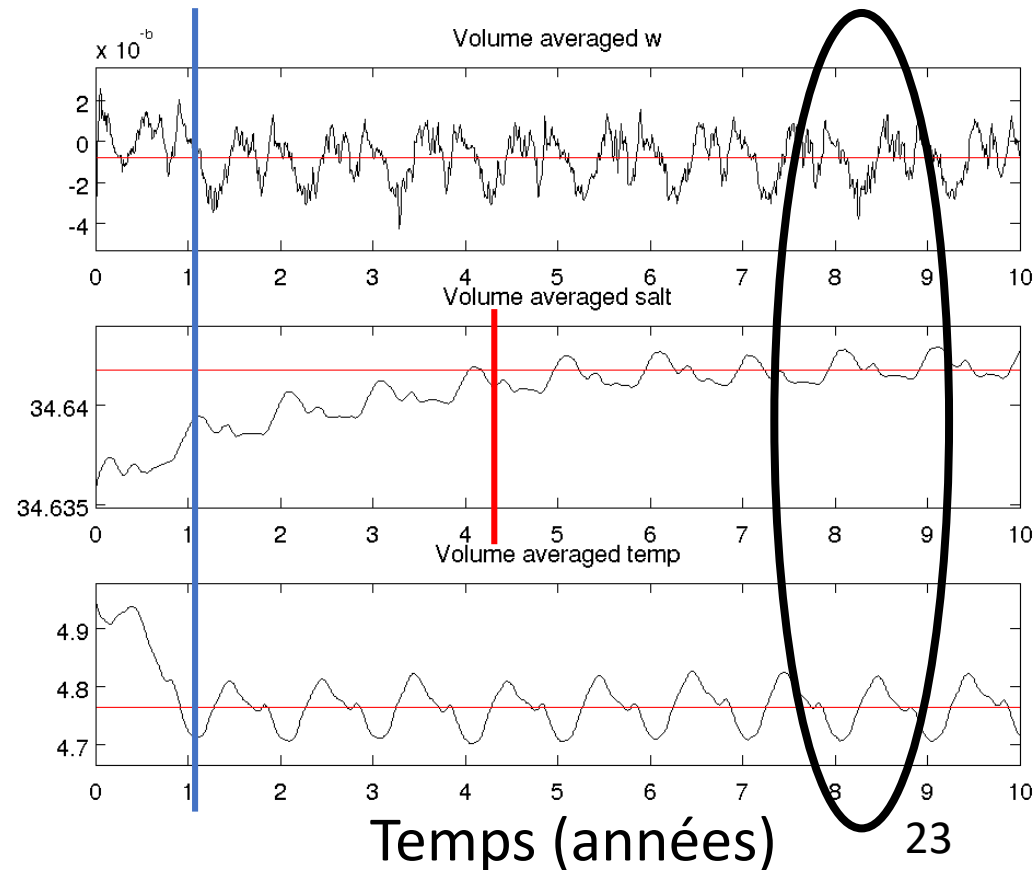
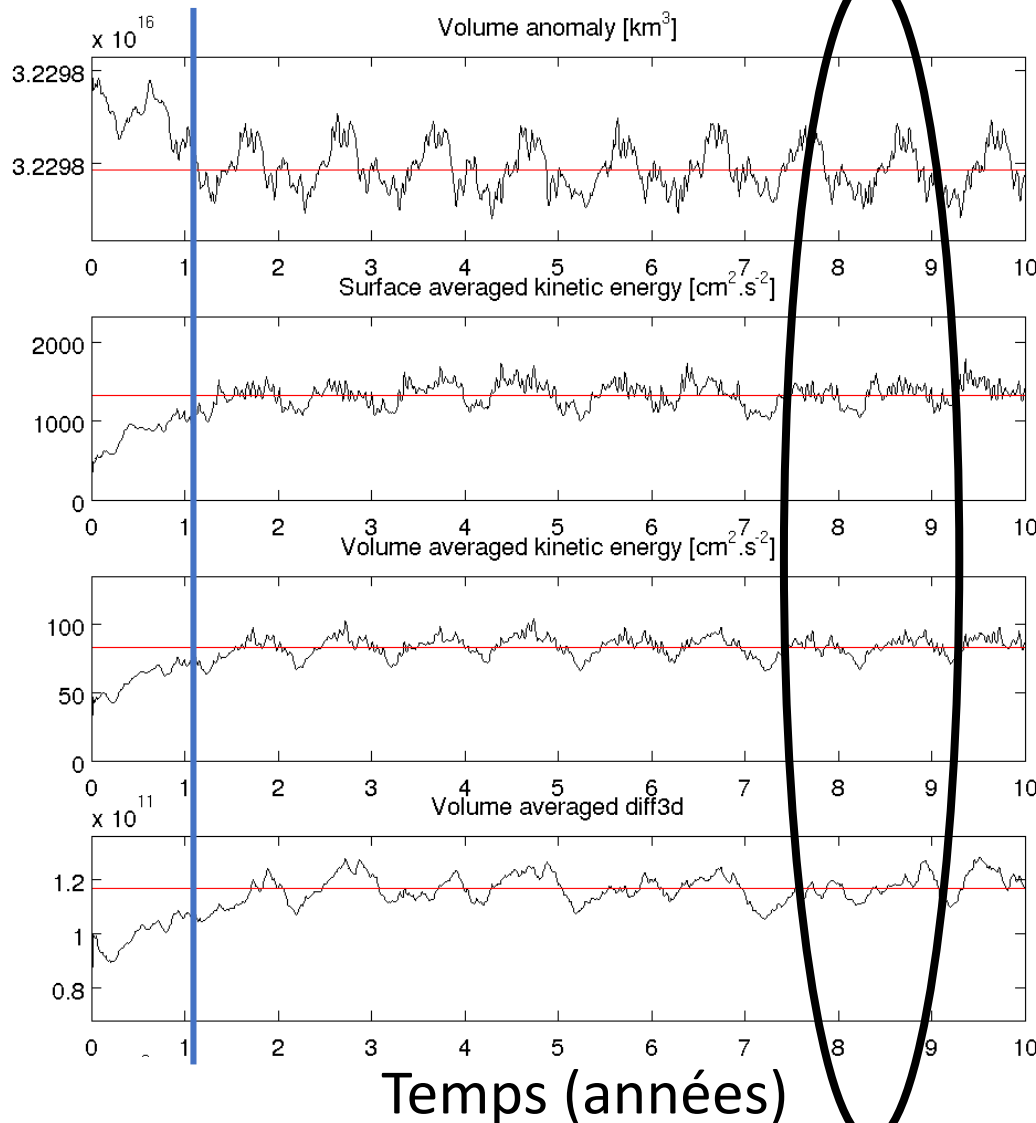
- Stabilisation du modèle après 1-2 ans
- Salinité augmente jusqu'à 4-5 ans



Résultats

Diagnostic tools

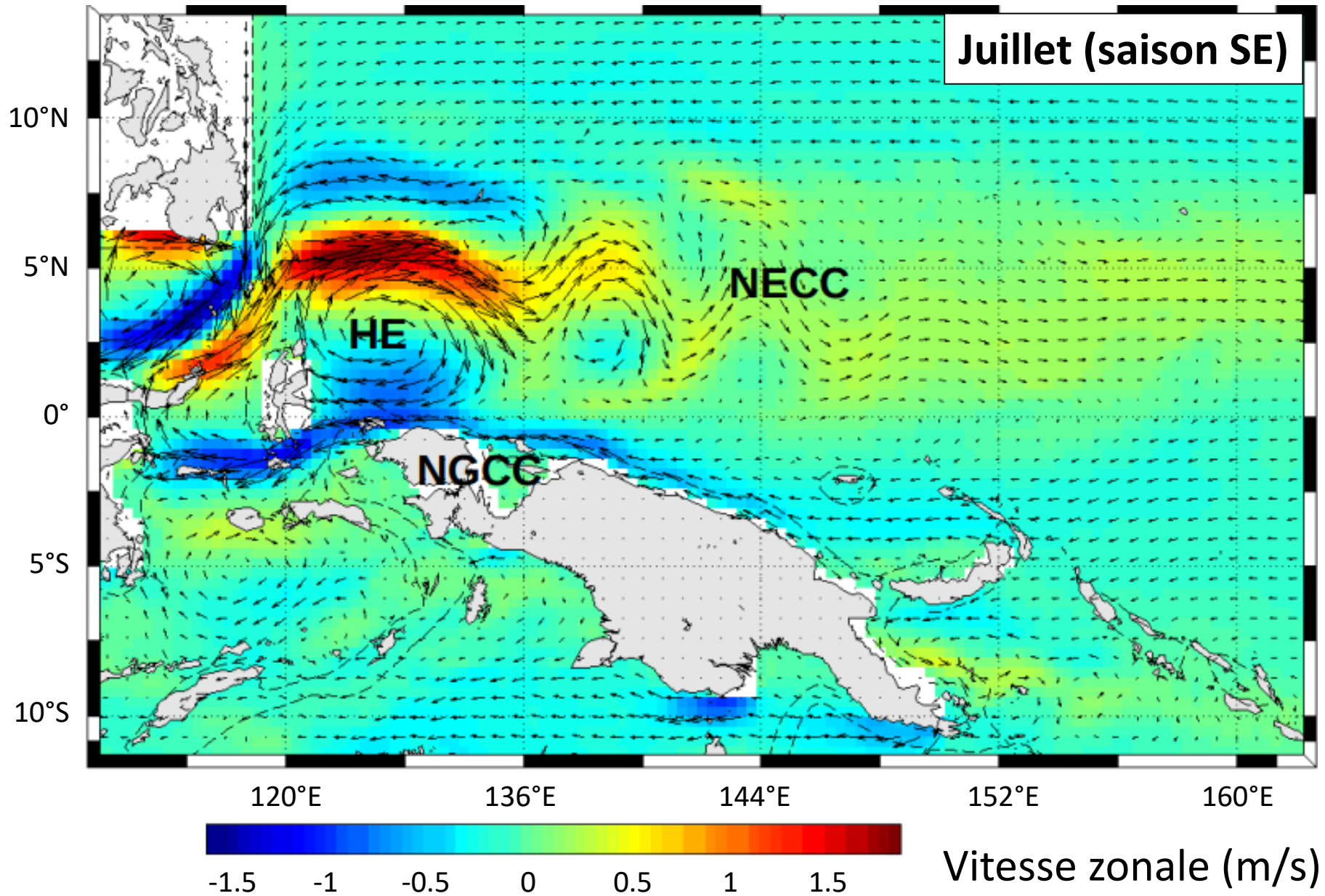
- Stabilisation du modèle après 1-2 ans
- Salinité augmente jusqu'à 4-5 ans
- Etude de l'année 8



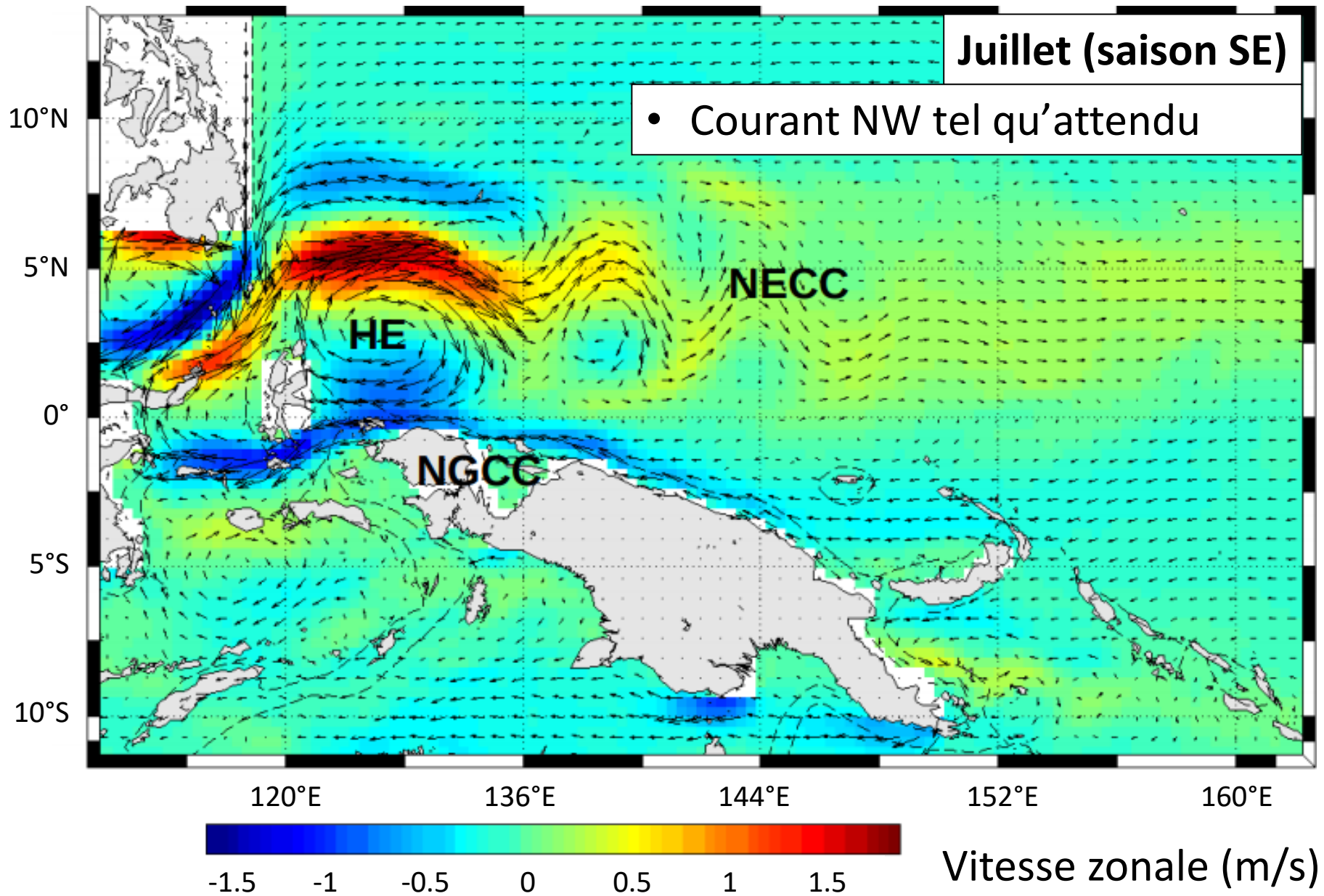
New Guinea Coastal Current NGCC

- Mesures in situ
 - Courant de surface
 - Inversion saisonnière due aux vents (Wyrтки, 1961)

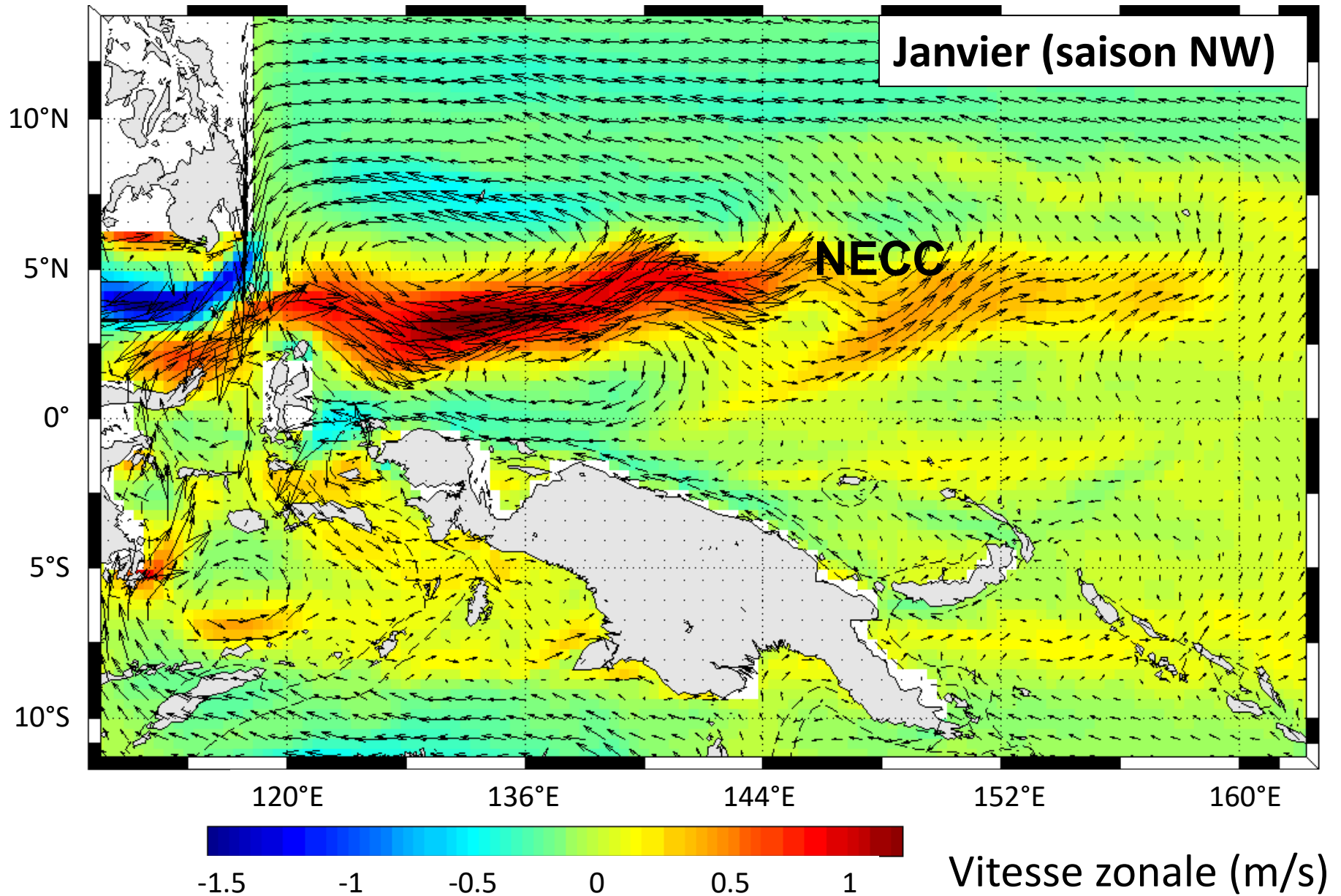
NGCC dans le modèle



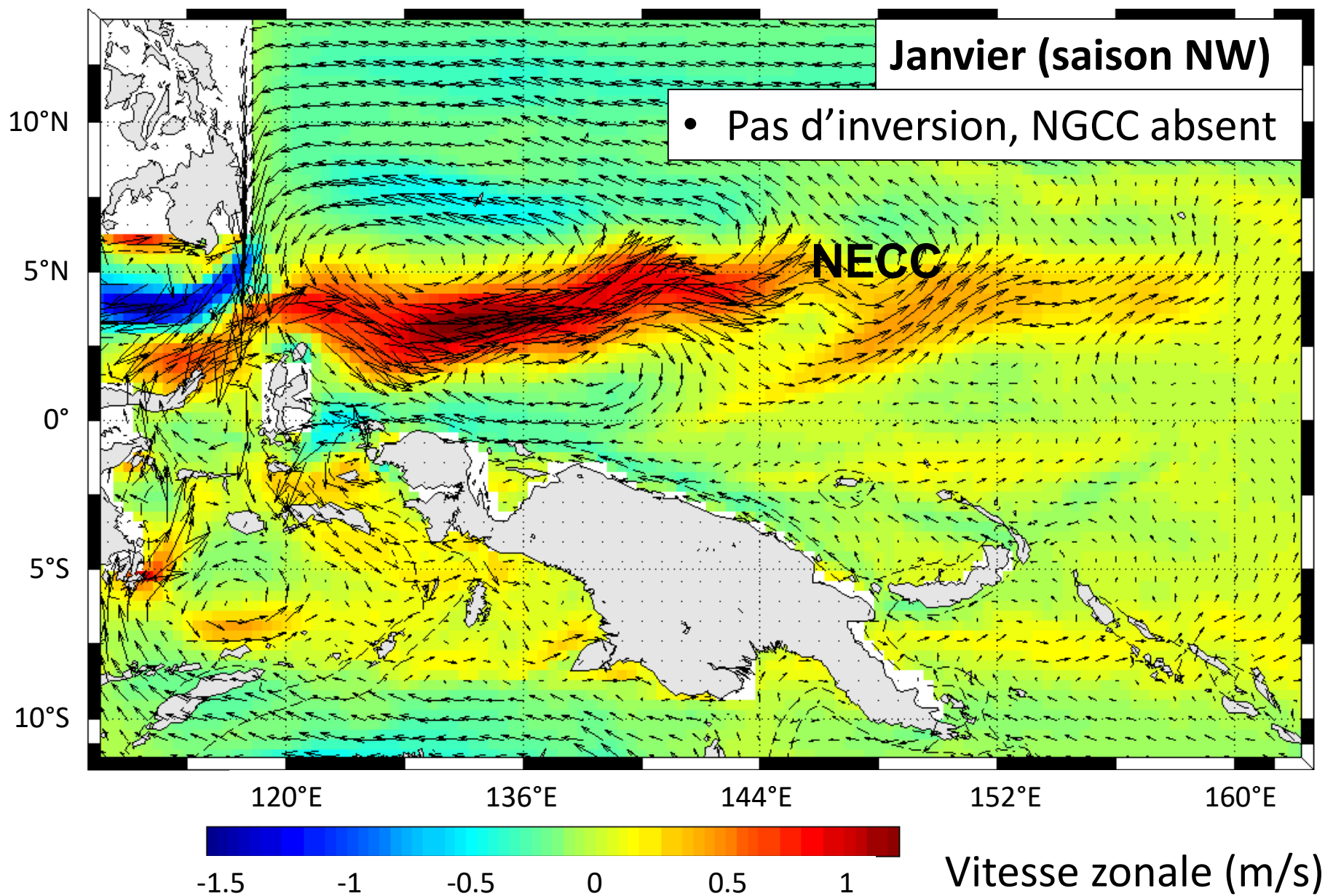
NGCC dans le modèle



NGCC dans le modèle



NGCC dans le modèle



New Guinea Coastal Undercurrent NGCUC

- Mesures in situ

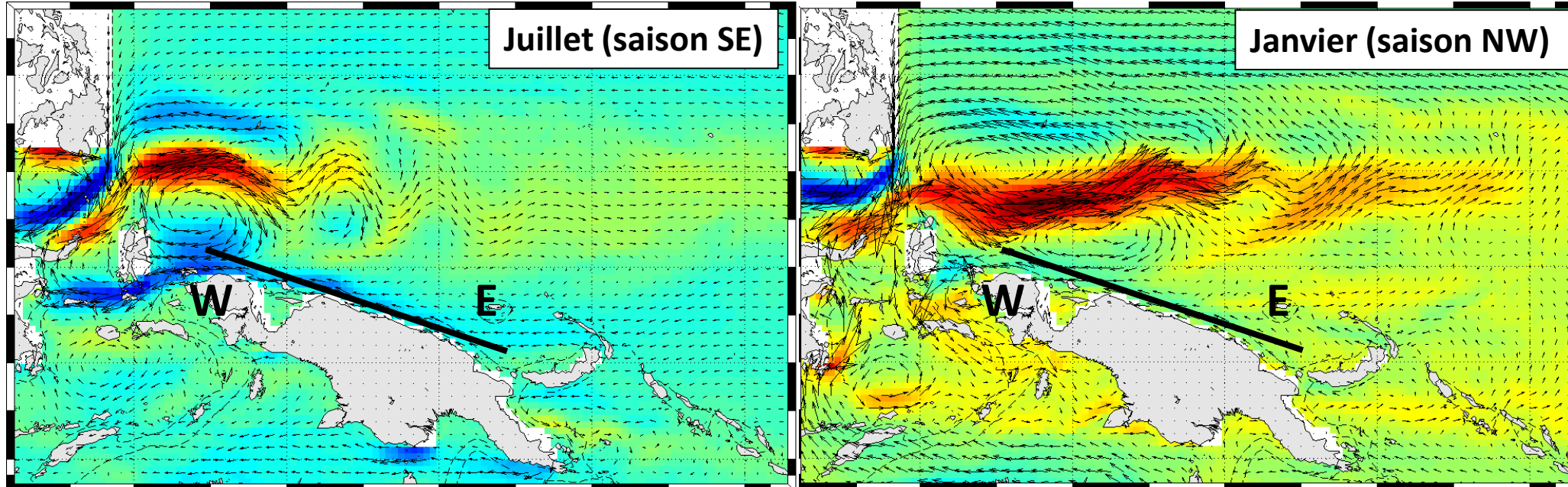
- Courant vers l'Ouest toute l'année
- Vitesse principale à -200 m
- Affaiblissement durant la saison NW (Kuroda, 2000)

New Guinea Coastal Undercurrent NGCUC

- Mesures in situ
- NGCUC dans le modèle:
 - Sections verticales pour observer les courants en profondeur

New Guinea Coastal Undercurrent NGCUC

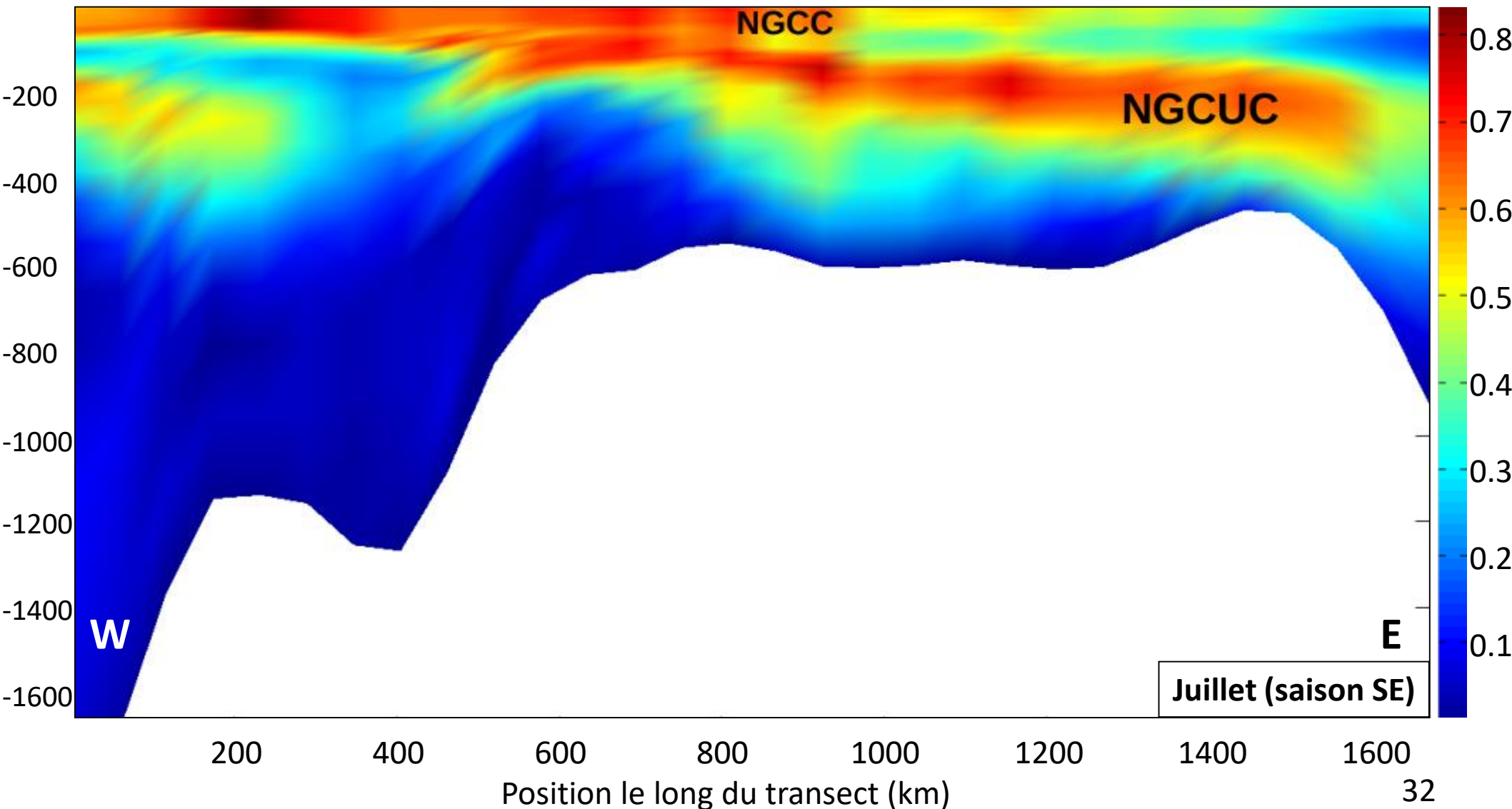
- Mesures in situ
- NGCUC dans le modèle:
 - Sections verticales pour observer les courants en profondeur



NGCUC dans le modèle

Profondeur (m)

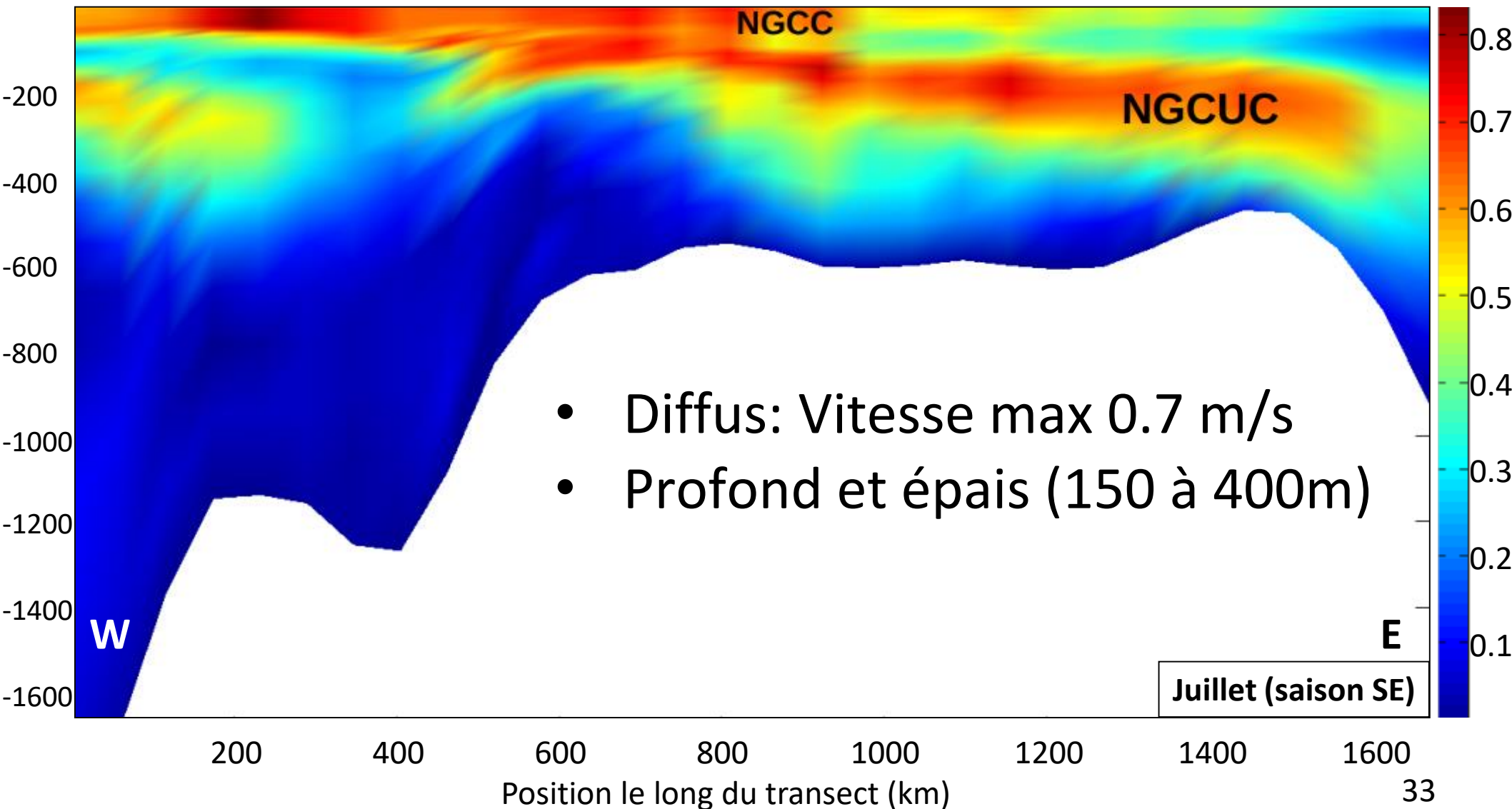
Vitesse (m/s)



NGCUC dans le modèle

Profondeur (m)

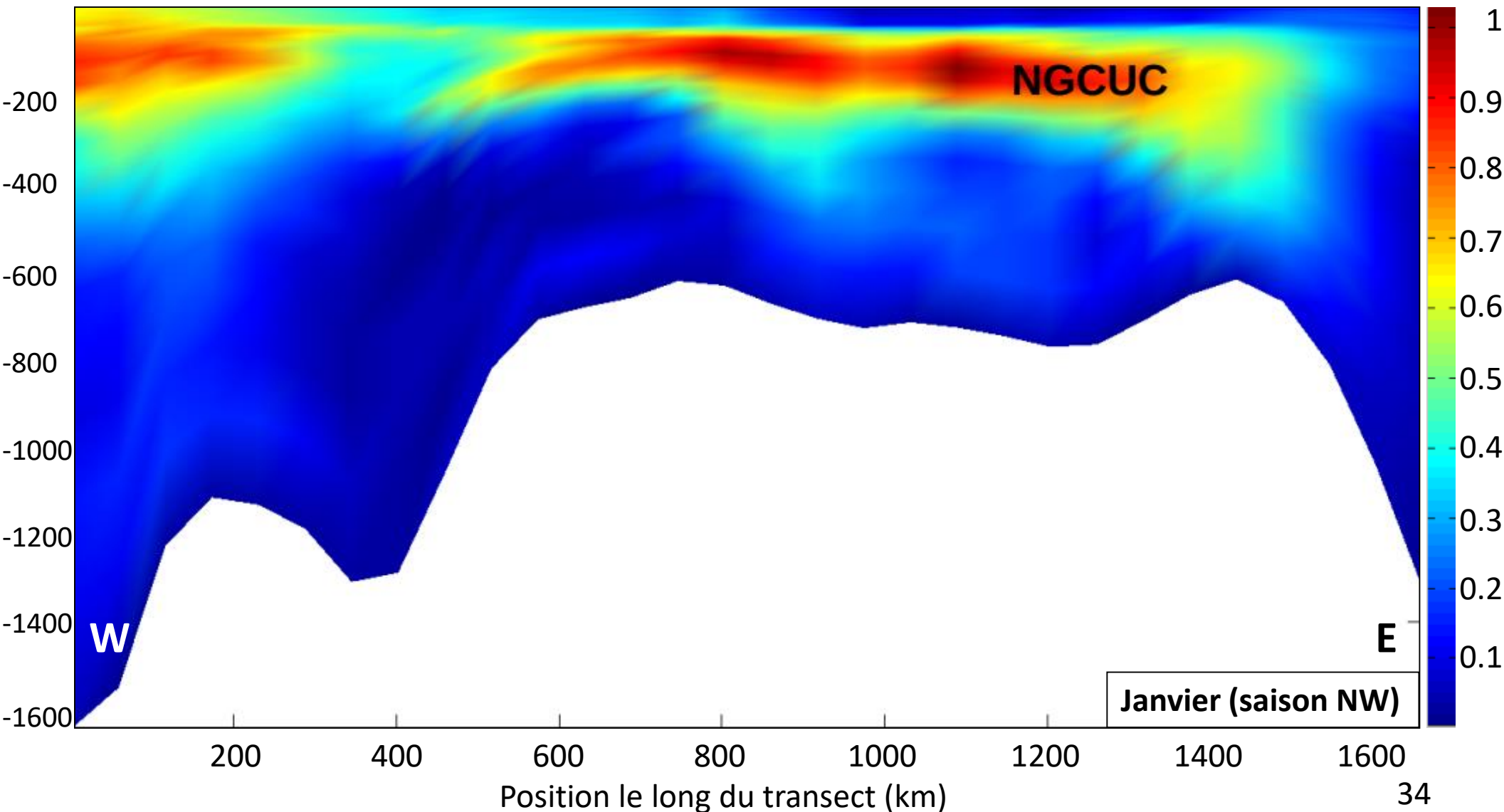
Vitesse (m/s)



NGCUC dans le modèle

Profondeur (m)

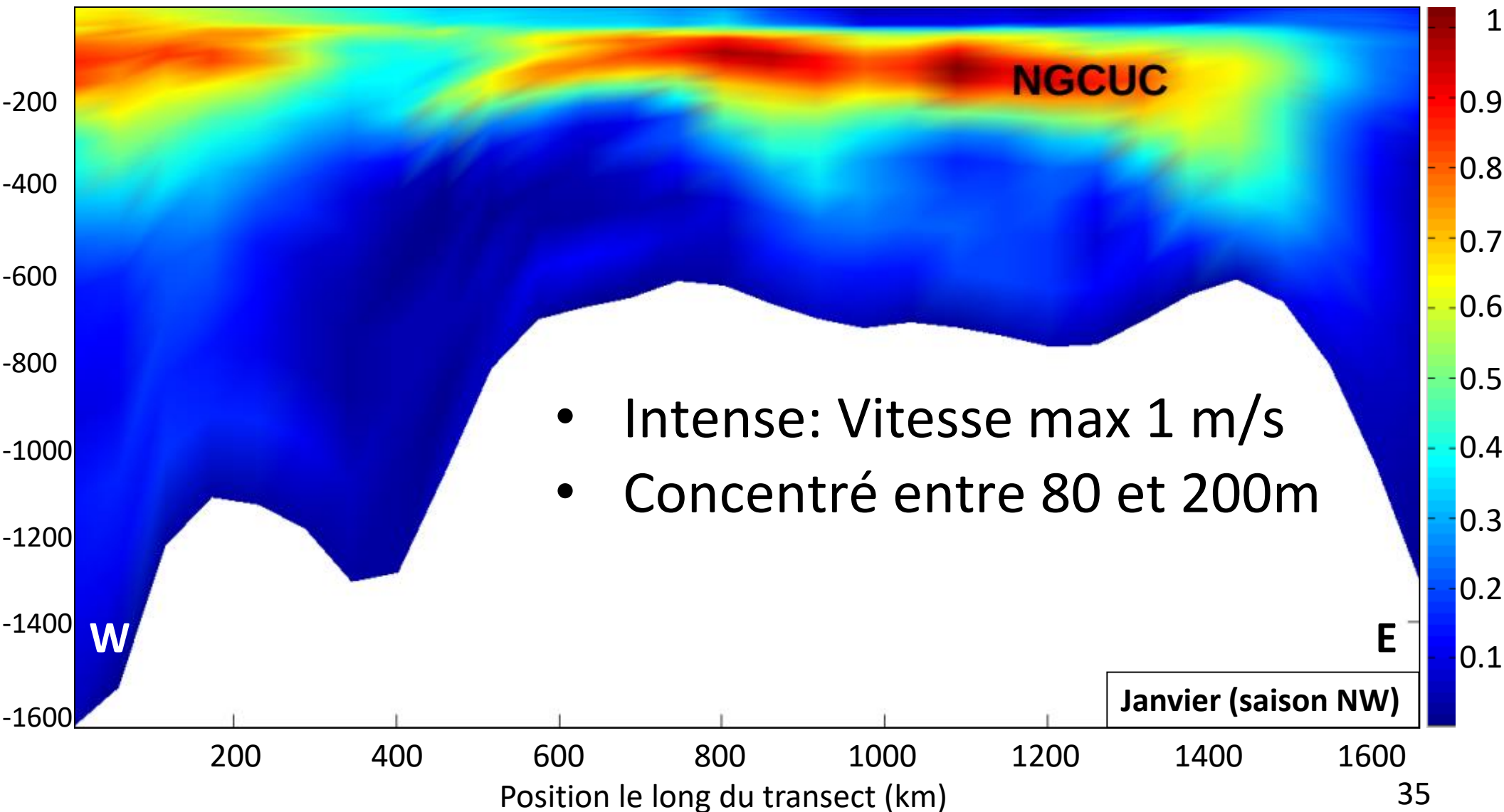
Vitesse (m/s)



NGCUC dans le modèle

Profondeur (m)

Vitesse (m/s)



Conclusion

- Modèle stable

Conclusion

- Modèle stable
- Modèle validé
 - Variation saisonnière du NGCC
 - NGCUC observable à l'année

Conclusion

- Modèle stable
- Modèle validé
- Points discutables
 - Inversion ou arrêt du NGCC
 - Affaiblissement du NGCUC peu clair

Conclusion

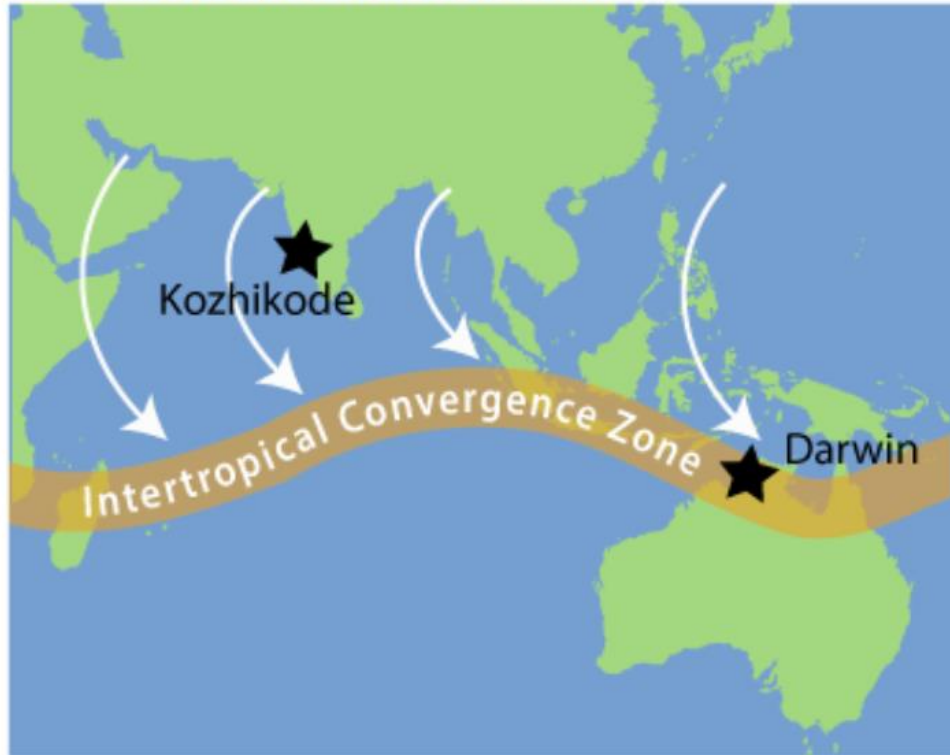
- Modèle stable
- Modèle validé
- Points discutables
- Intérêt sociétal
 - Etudes récentes de la circulation profonde pour l'exploitation minière

Bibliographie

- Coffey Natural Systems. 2008. Solwara 1 Project Environmental Impact Statement. Retrieved from: <http://www.nautilusminerals.com/irm/content/pdf/environment-reports/Appendices%201-3.pdf>
- Kuroda, Y. (2000). Variability of Currents off the Northern Coast of New Guinea. *Journal of Oceanography*, 56(1), pp.103-116.
- Large, W., McWilliams, J., & Doney, S. (1994). Oceanic vertical mixing: A review and a model with a nonlocal boundary layer parameterization. *Reviews Of Geophysics*, 32(4), 363. doi: 10.1029/94rg01872.
- Penven P., Cambon G., Tan T., Marchesiello P., Debreu L. (2010). ROMS AGRIF / ROMSTOOLS User's Guide. Retrieved from ftp://ftp.legos.obs-mip.fr/pub/romsagrif/DATA_ROMS/user_manual/doc_roms_agrif_v2.1_19_07_2010.pdf
- Prentice, M. L. & Hope, G. (2006). Climate of Papua. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/230892232_Climate_of_Papua
- Wyrtki, K. (1961). *Physical oceanography of the Southeast Asian waters*. La Jolla, Calif.: University of California, Scripps Institution of Oceanography. pp.22-24. Retrieved from : <https://escholarship.org/uc/item/49n9x3t4>

Intertropical Convergence Zone

DECEMBER and JANUARY



JUNE and JULY



<https://scied.ucar.edu/docs/why-monsoons-happen>

Calcul du critère CFL 1/3

Smallest latitudinal cell	Dx min (km)	35.9280
Largest latitudinal cell	Dx max (km)	37.0442
Smallest longitudinal cell	Dy min (km)	36.0031
Largest longitudinal cell	Dy max (km)	37.0441
Number of latitudinal cells	LLm	125
Number of longitudinal cells	MMm	78
Maximum depth	Hmax (m)	5000

Calcul du critère CFL 2/3

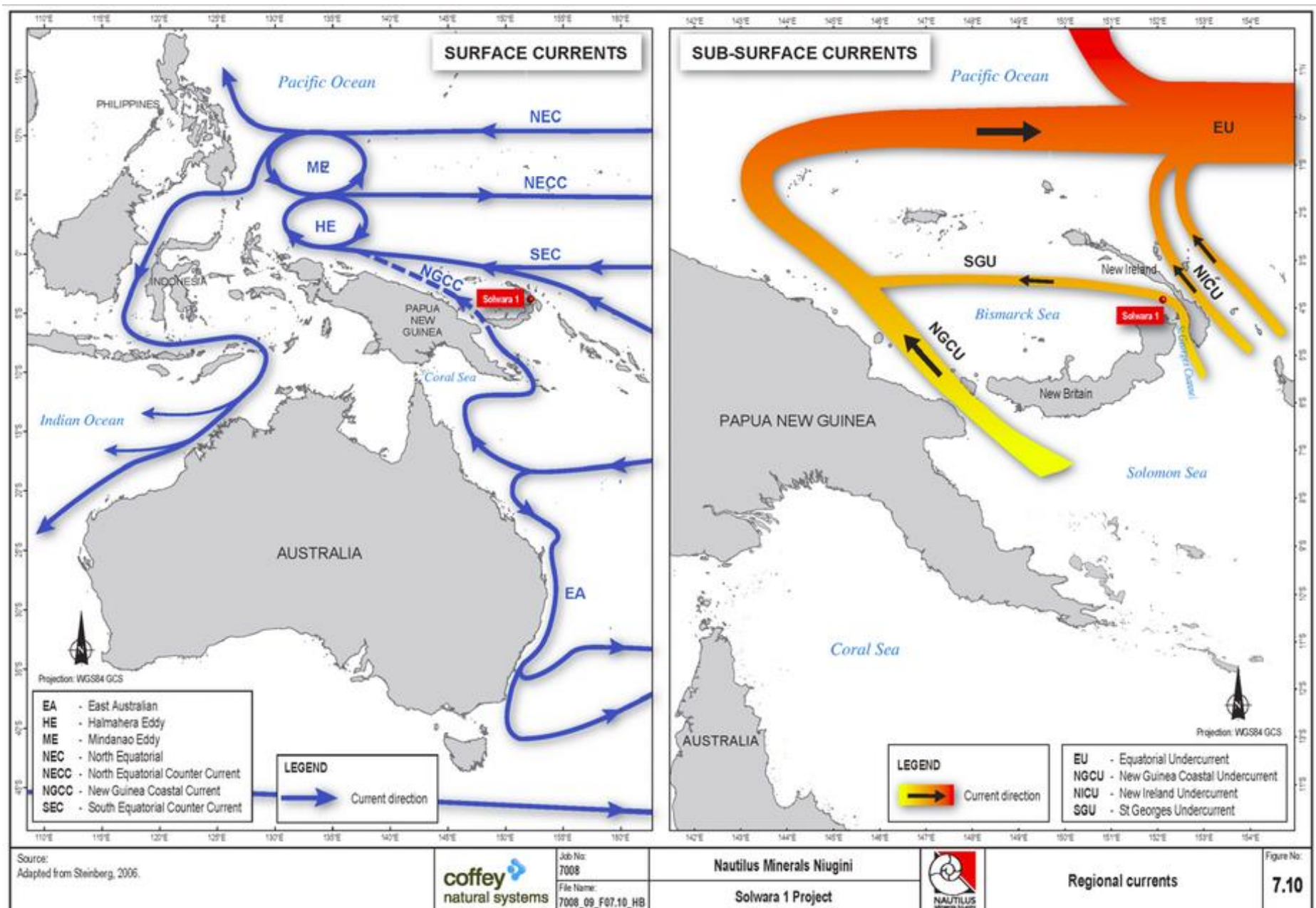
NDTFAST (sec)	60	External time step	$\Delta t_e = \Delta t_i / \text{NDTFAST}$
dt[sec] or DTI (sec)	3600	Internal time step of one hour, 24 daily iterations	
NTIMES (h)	720	Length of simulation, number of hours in 30 days	$= 30j \times 86400s / \text{DTI}$
NRST (h)	720	Restart file created at the end of each month (roms_rst.nc)	=NTIMES
NWRT and NAVG (h)	72	Data saved every 3 days	$= 3j \times 86400s / \text{DTI}$ (si on veut sauvegarder tous les 3j)

Calcul du critère CFL 3/3

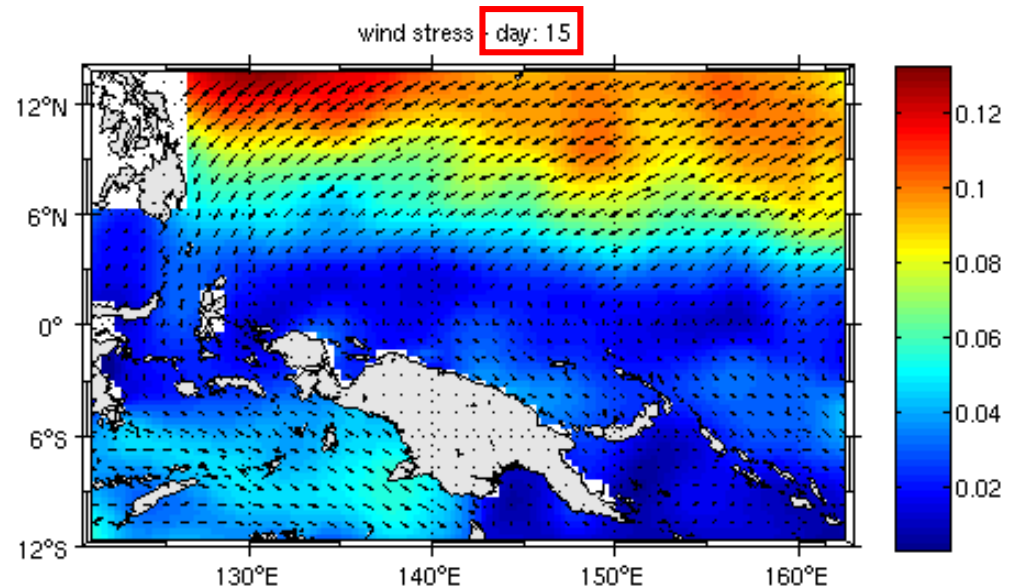
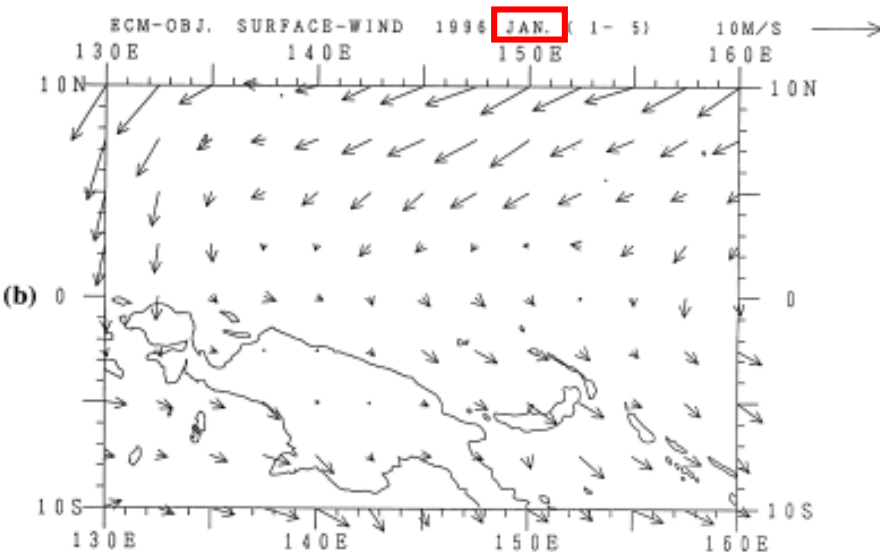
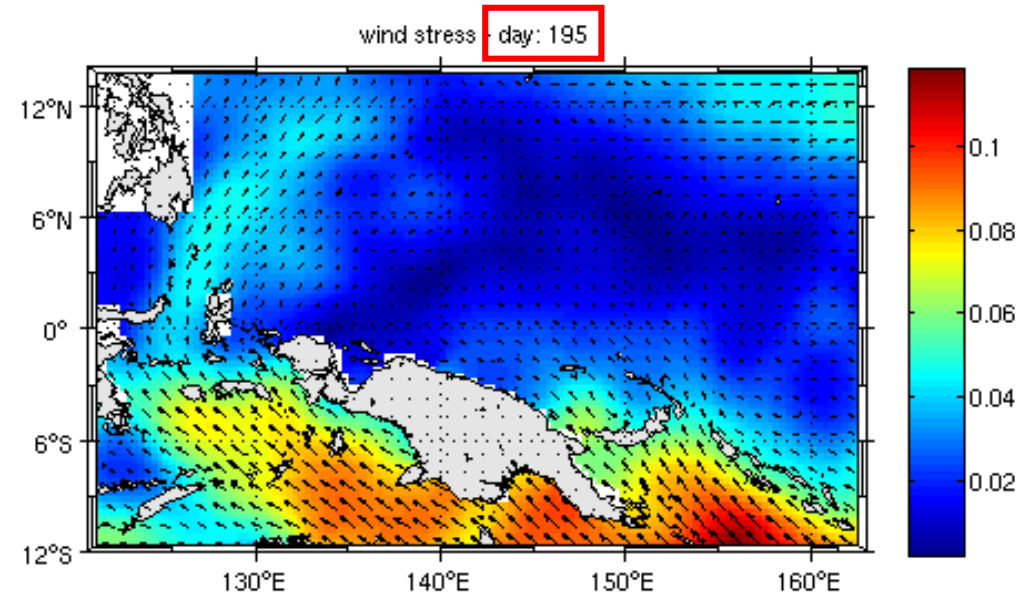
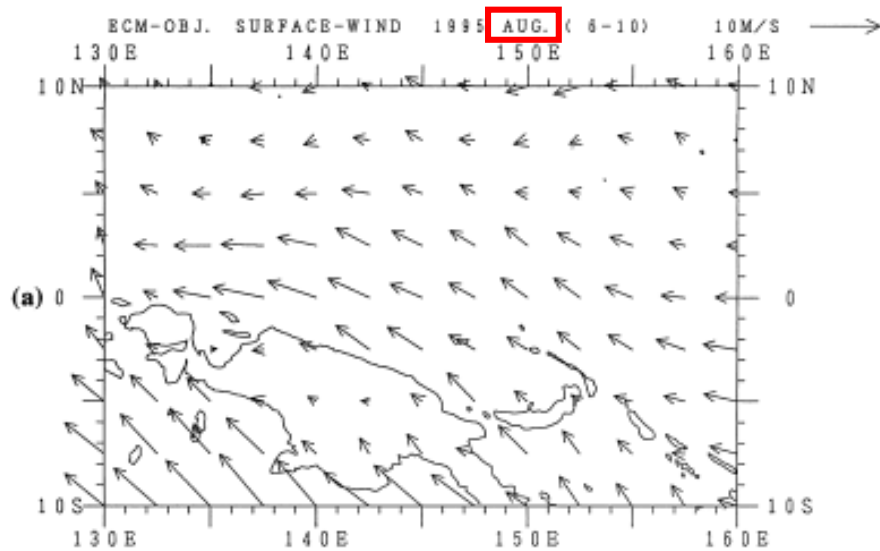
$$\Delta t \leq \frac{1}{c} * \left[\frac{1}{\Delta x^2} + \frac{1}{\Delta y^2} \right]^{(-\frac{1}{2})}$$

- Δt externe court :
 - Processus 2D
 - Barotrope, SSH
 - Shallow water
- Δt interne long :
 - Processus 3D
 - Barocline, T, S
 - Equations primitives

Courants régionaux



Vents in situ vs. forcing



NGCUC vers l'Ouest

Juillet (saison SE)

Janvier (saison NW)

210 m de profondeur