

Couplage vent/températures de surface océanique dans la région d'upwelling de Californie



UCLA, Dep't of Atm and Ocn Sciences
Julien Boé, Alex Hall, François Colas, James McWilliams (et al.)

S.I.E.S.T.E Mars 2011

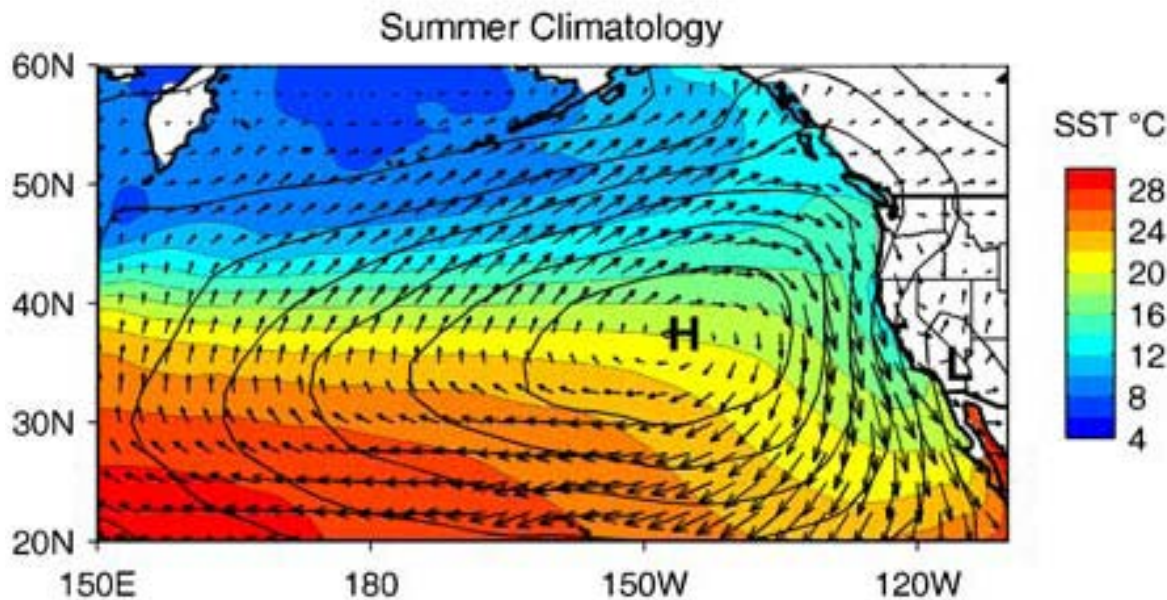
Plan

- Système d'upwelling côtier: présentation
- Pourquoi est-il important de mieux comprendre et simuler ces systèmes?
- Un mécanisme qui pourrait être critique dans ce contexte: le couplage vent/SST ou « mécanisme de Chelton »
- Problématique: ce mécanisme joue-t-il près de la côte? Son rôle y est-il important?
- Résultats
- Conclusions & Perspectives

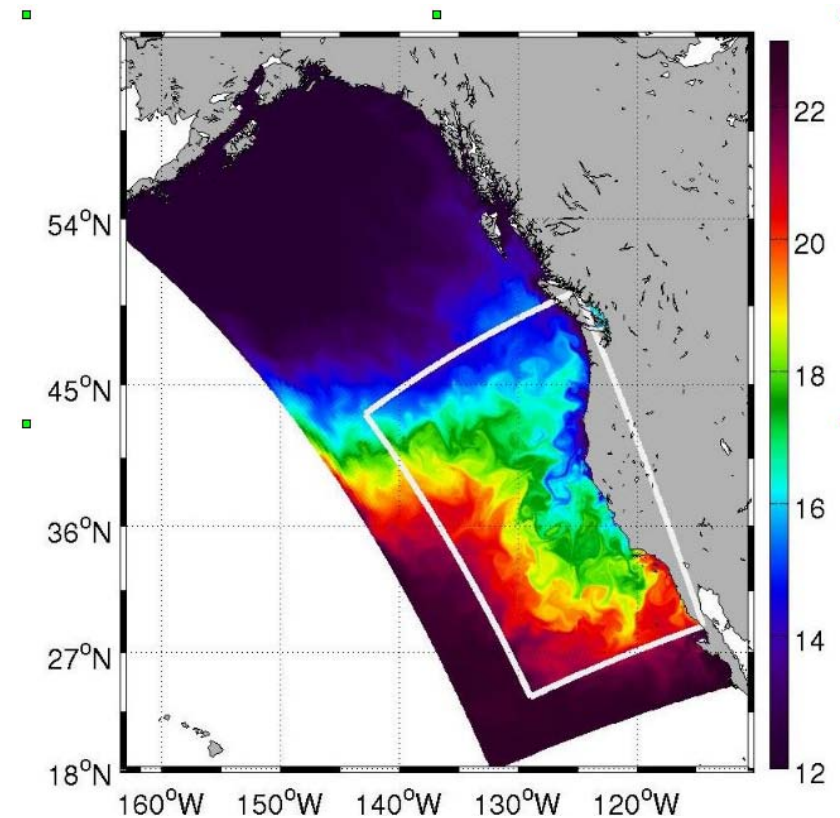
Systemes d'upwelling côtier

Situation en été

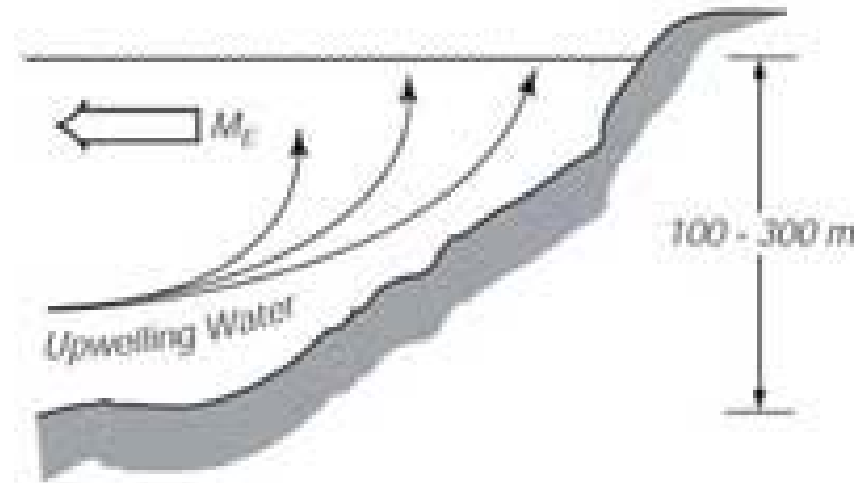
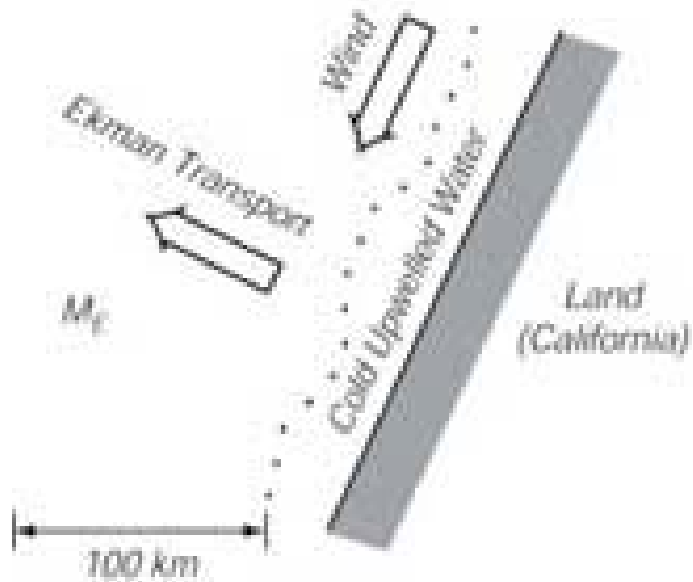
- Anticyclone subtropical
- Vent parallèle à la côte et vers l'équateur
- SST froide près de la côte: upwelling



Climatologie en été:
Pression de surface (lignes)
Vent (flèches)
SST (couleurs)
(Johnstone & Dawson 2010)

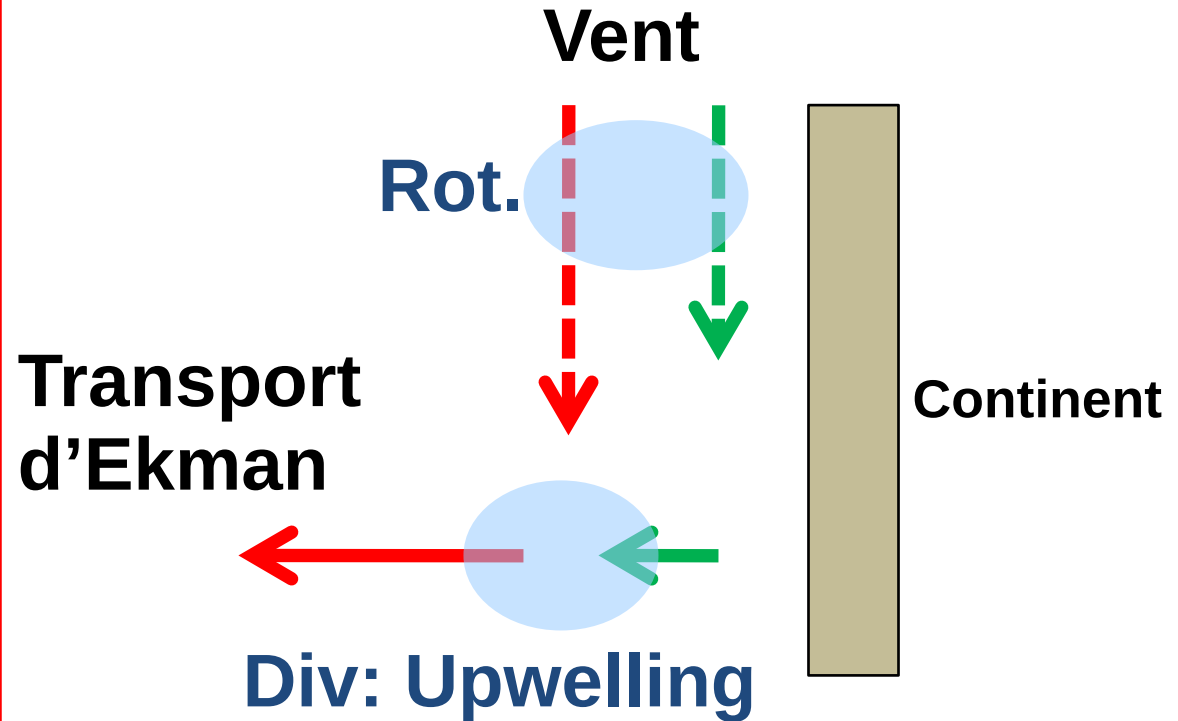


**Simulation climatologique été
haute résolution (5km)
(Capet 2008)**



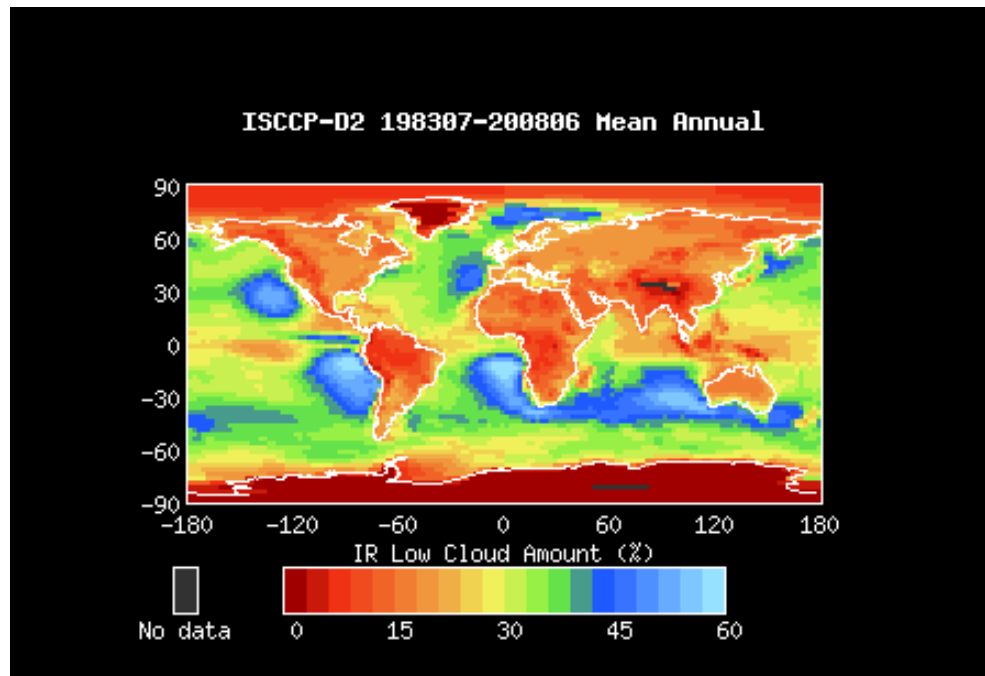
Upwelling côtier:
2 mécanismes

Pompage d'Ekman

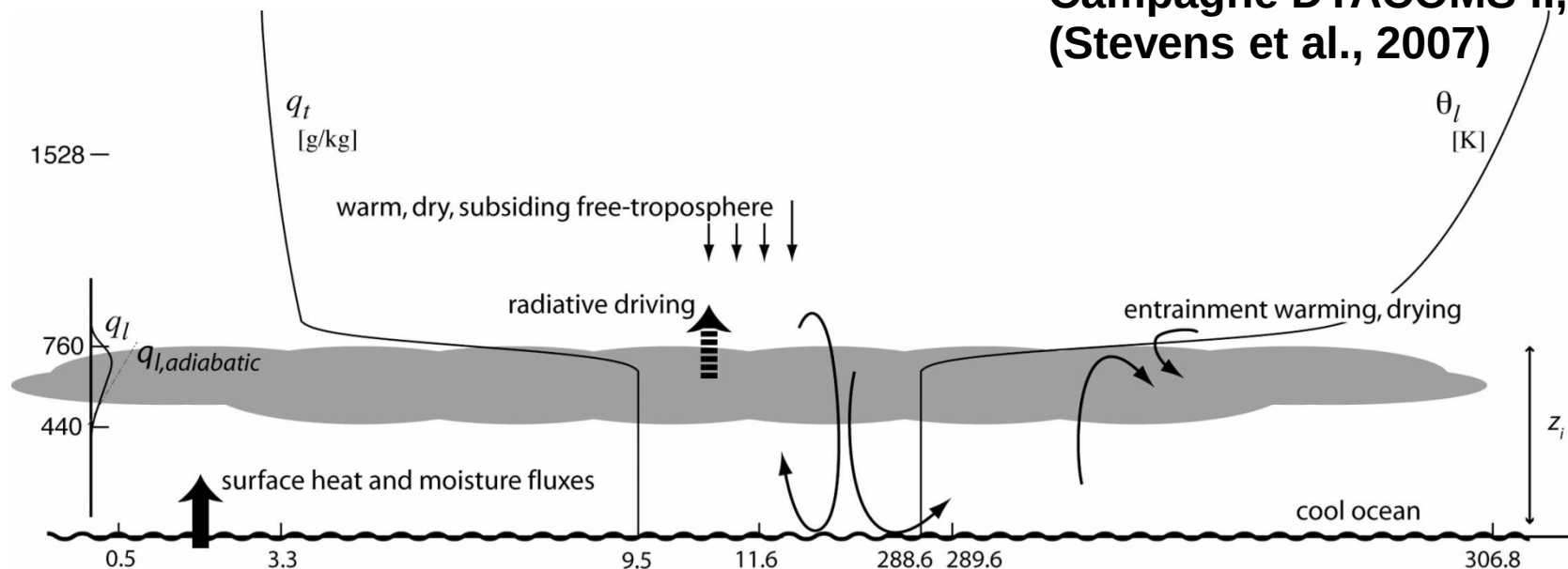


Couverture de stratus

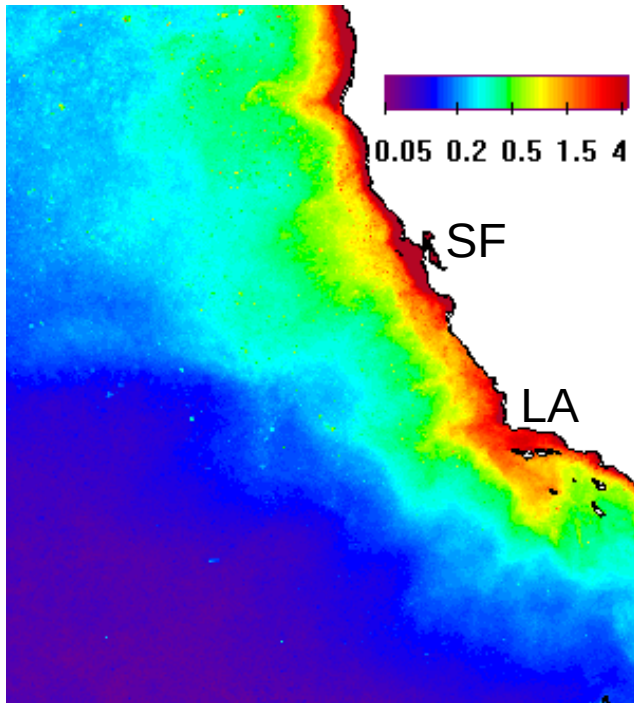
Couverture nuageuse
basse (obs. satellite)



**Structure verticale de la basse
atmosphère dans la région de
l'upwelling de Californie
Campagne DYACOMS II, juillet 2001
(Stevens et al., 2007)**

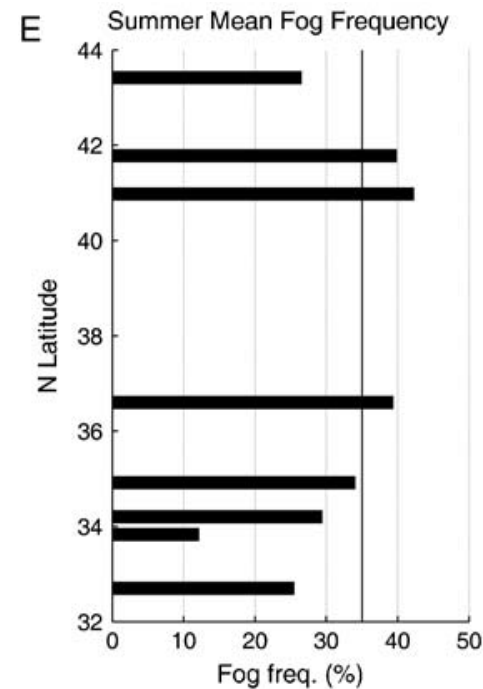


Enjeux pour les écosystèmes



Concentration chlorophylle moyenne 2003
Obs. sat. SeaWifs

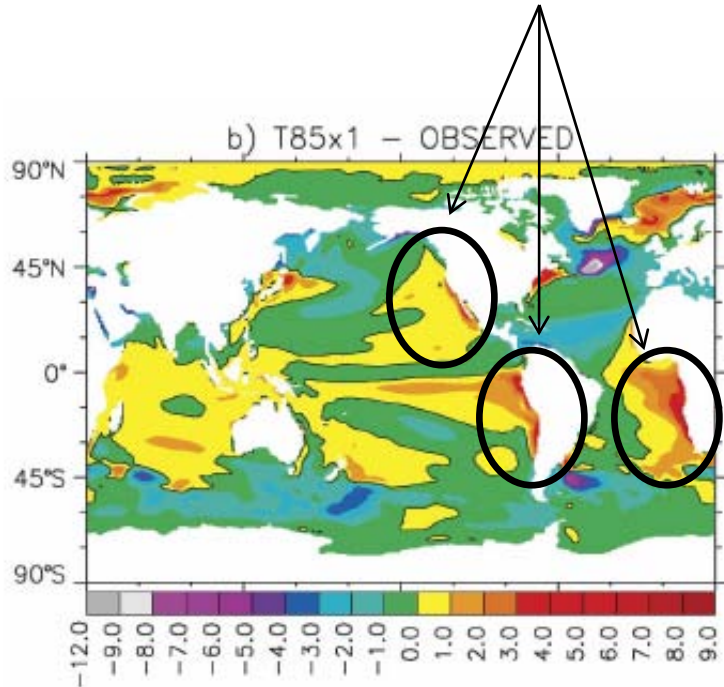
Fréquence de brouillard au cours de l'été
et répartition du Séquoia Redwood
(Johnstone & Dawson 2010)



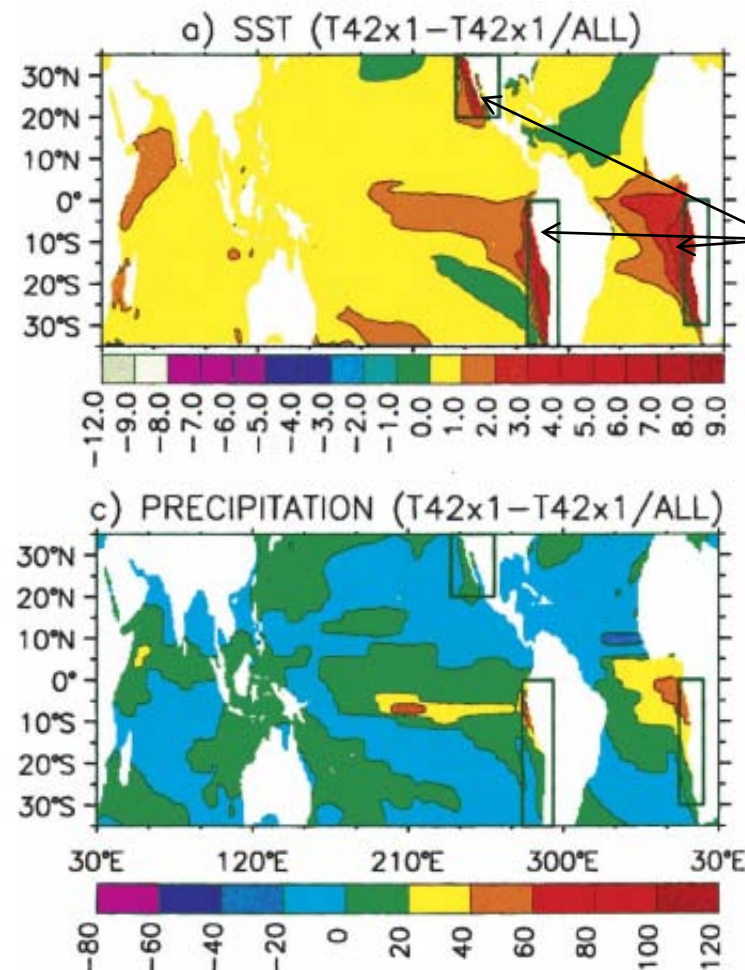
Importance pour le bilan énergétique de l'océan

- Erreurs systématiques des GCM dans les régions d'upwelling côtier
=> Difficulté à simuler les stratus côtiers et/ou l'upwelling et ses effets.
- Rôle des tourbillons pour le transport de chaleur: upscaling?

Biais chaud dans GCM



(Large and Danabasoglu, 2006)



Restauration
SST & SSS
surface et
sub-surface

(effet
d'upscaling
largement
sous-estimé
probablement
...)

En bref:

- **Upwelling côtier:**

=> Système complexe, nombreuses interactions et couplages

=> Enjeux pour les écosystèmes

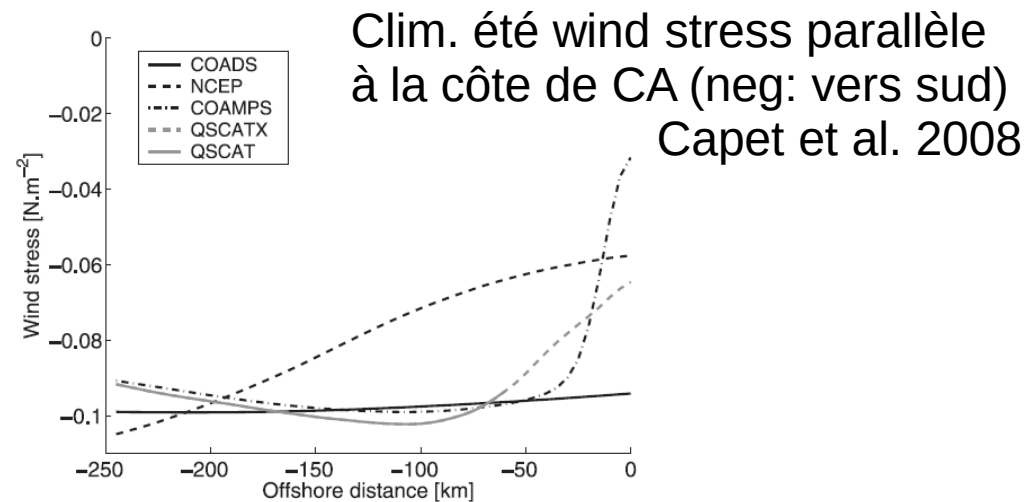
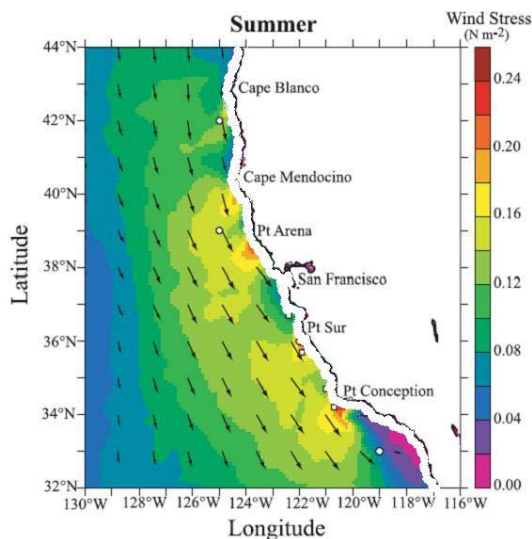
=> Biais dans les modèles: région très difficile à modéliser (nécessité d'une très fine résolution?)

=> Rôle dans la « machine climatique » et le changement climatique?

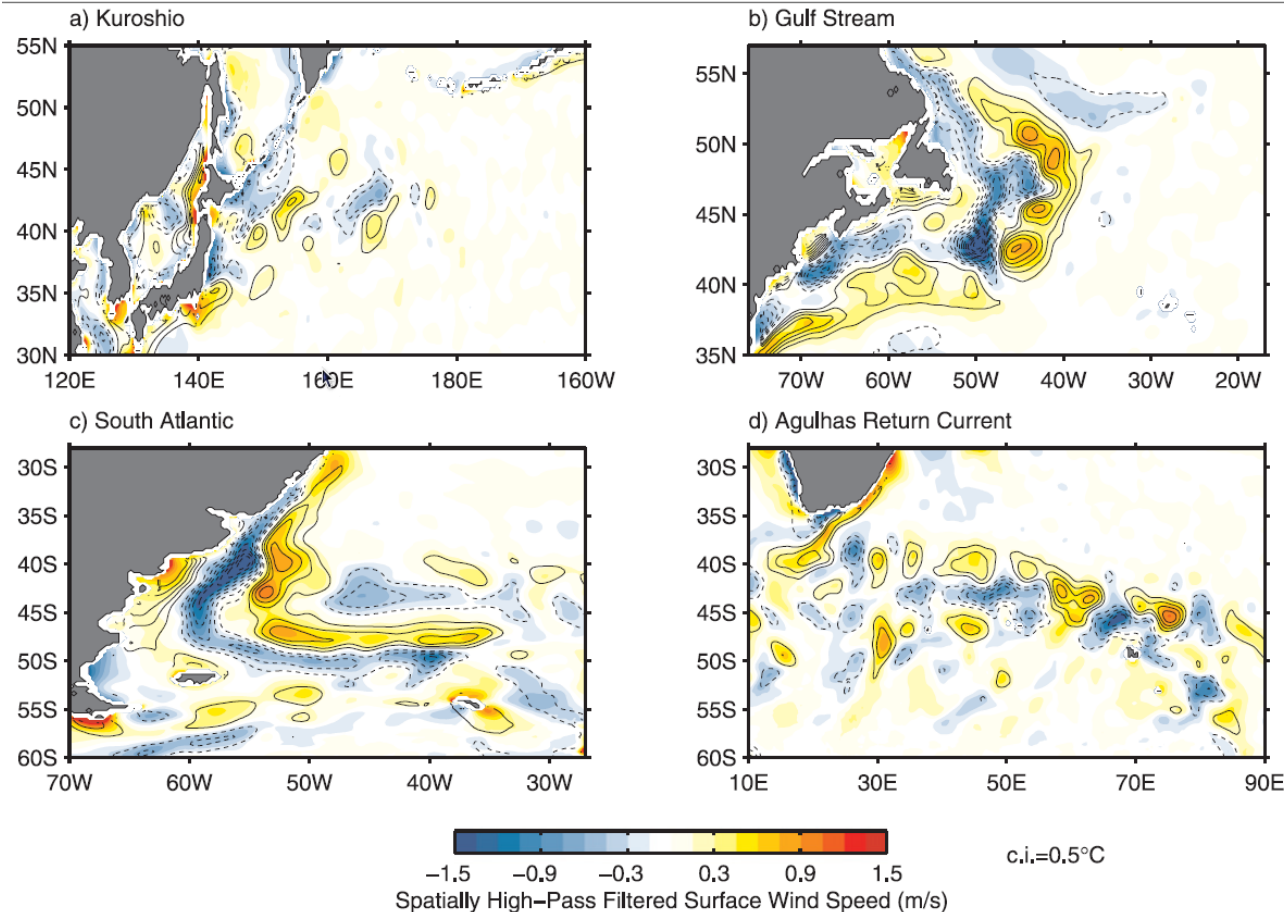
Importance des stratus pour la sensibilité climatique

=> **Région mal connue.** Notamment la **structure du vent prêt de la côte**, qui est pourtant critique pour l'upwelling (pompage d'Ekman).

QuikSCAT
(obs sat. vent):
pas de données
dans les
25-50 km
de la côte

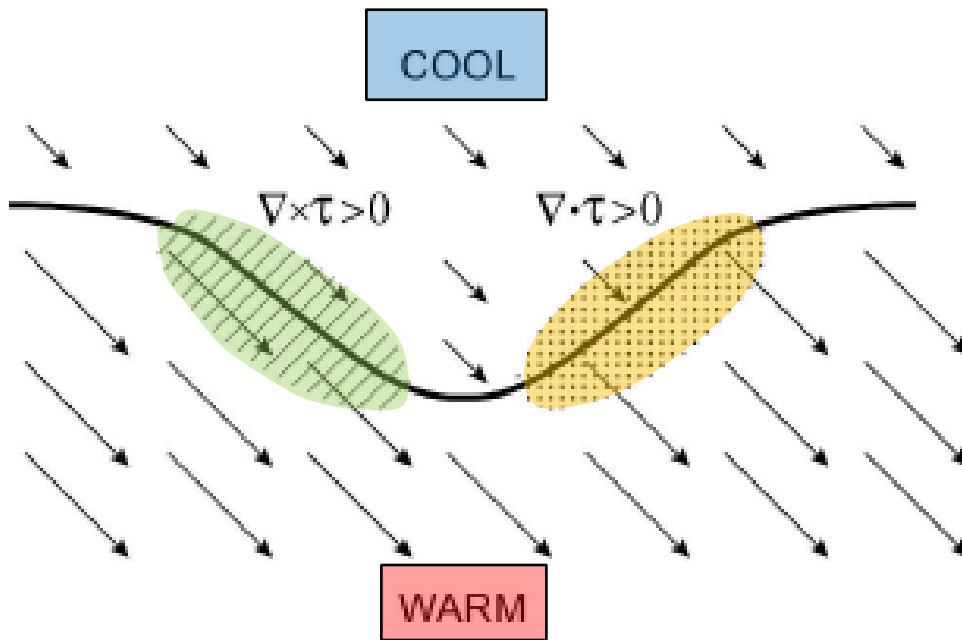


Un mécanisme qui complique encore la situation? Le couplage vent/SST



Perturbations de la vitesse du vent de surface (QuikSCAT, couleurs) et perturbations des SST (AMSR-E, contours)
Champs filtrés passe-haut spatialement.
Moyenne sur 2002-2008.
(O'Neill et al. 2010)

Anomalies petites échelles froides de SST => vent plut faible
Anomalies petites échelles chaudes de SST=> vent plus fort

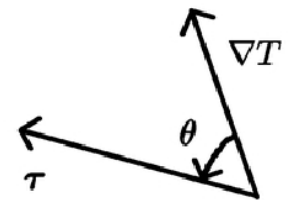


Divergence du stress ~
Gradient de SST dans la direction du vent

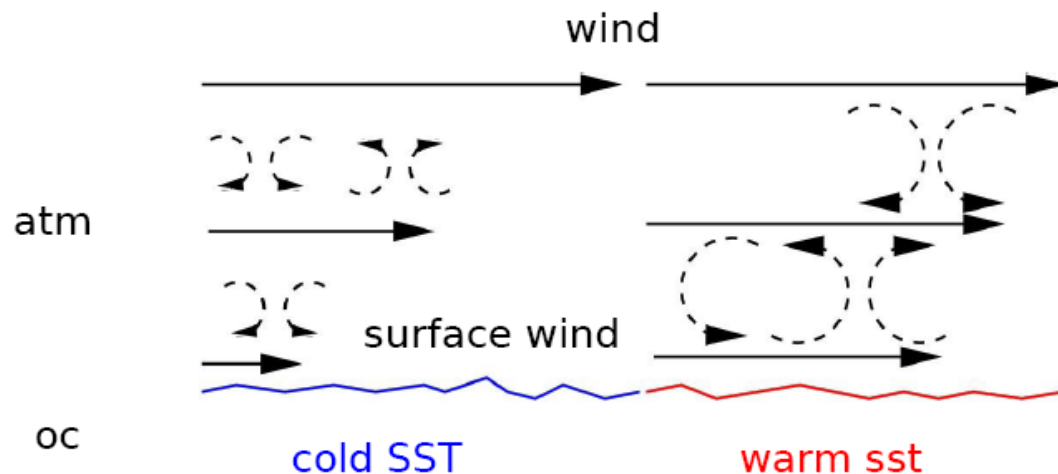
Rotationnel du stress ~
Gradient de SST perpendiculaire au vent

$$\nabla \times \tau \sim \underbrace{\nabla T \times \hat{\tau}}_{\text{Crosswind SST Gradient}} = |\nabla T| \sin \theta$$

$$\nabla \cdot \tau \sim \underbrace{\nabla T \cdot \hat{\tau}}_{\text{Downwind SST Gradient}} = |\nabla T| \cos \theta$$



Flèches: stress de vent (ou vent) Chelton et al. 2007



Une des processus en jeu? modulation de la stabilité de couche limite atmosphérique par les SST

Questions & Approche

⇒ **Le couplage vent/SST existe-t-il près de la côte dans la région d'upwelling?** Si oui, son rôle est-il non-négligeable par rapport à celui de l'orographie? (pas de réponse à l'heure actuelle: il semble faible, mais problème méthodologique...)

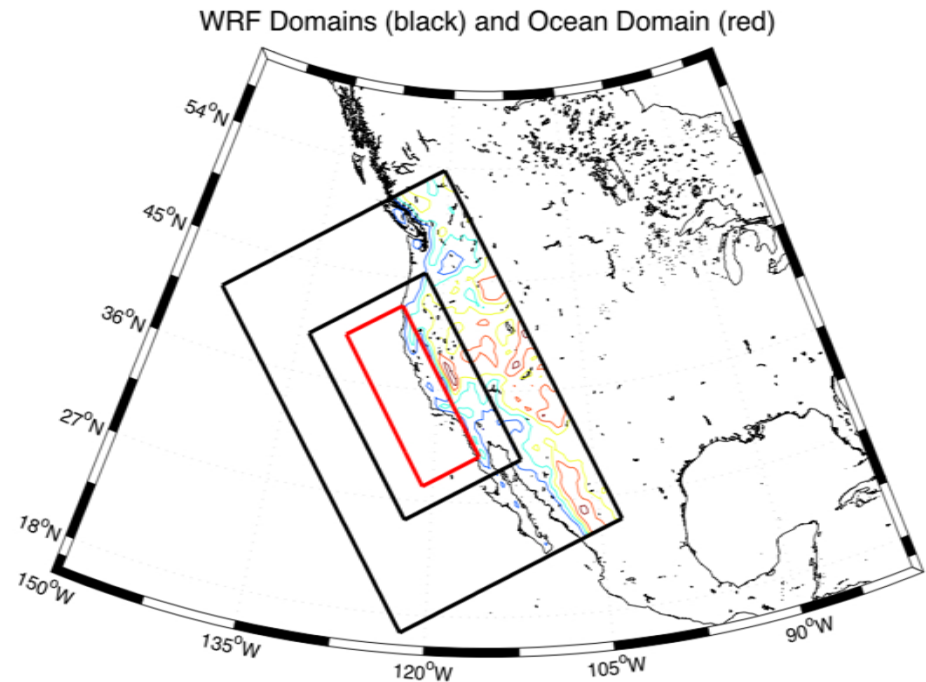
⇒ Question importante pour la **structure du vent près de la côte**. Au travers de ce mécanisme, les SST liées à l'upwelling pourraient rétroagir sur le vent qui lui donne naissance (diminution du vent moyen mais aussi augmentation du pompage d'Ekman car les SST plus froides sont plus proches de la côte.)

⇒ Dans ce cas, nécessité pour simuler ces systèmes correctement d'avoir des modèles couplés et qui simulent correctement le couplage vent/SST (ce n'est pas gagné...)

Difficultés: problèmes de données observées dans cette zone, problèmes des autres influences, notamment le relief de la côte => **Modélisation couplée, à haute résolution et expériences de sensibilité.**

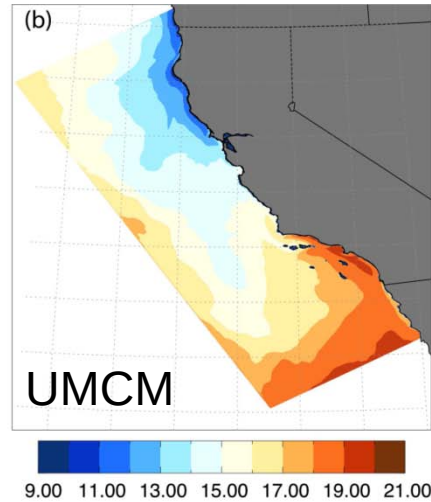
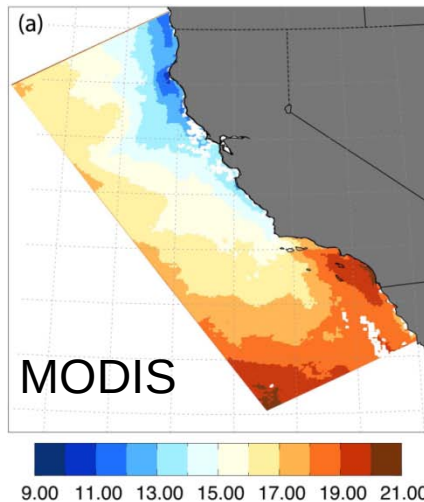
Expériences numériques: UCLA Mesoscale Coupled Model

- **Modèle couplé régional à haute résolution.** ROMS+WRF. Ici:
 - ⇒ ROMS (Océan): 4km
 - ⇒ WRF 2.2 (Atmosphère): parent 36 km, enfant 12 km
- Couplage: toutes les 2 heures, asynchrone
- Forçages:
 - ⇒ Latéraux WRF: NARR (3 heures)
 - ⇒ Latéraux ROMS: ROMS 5km forcé par ROMS 25 km forcé par SODA aux frontières.
 - ⇒ Surface WRF: Parent: 25 km ROMS; Enfant (où pas de couplage): ROMS 5km
 - ⇒ Simulation « **UMCM** »
- + Simulation non couplée WRF avec les mêmes domaines, forcée par NARR: Simulation « **WRF-NARR** »



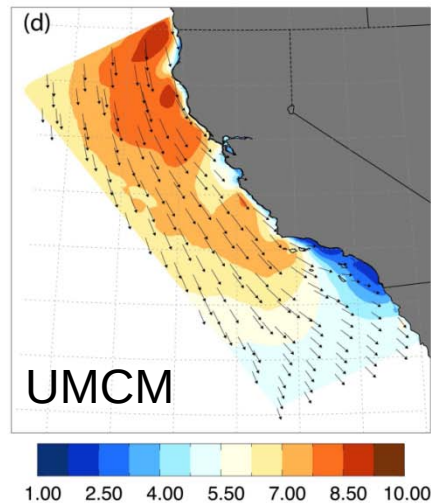
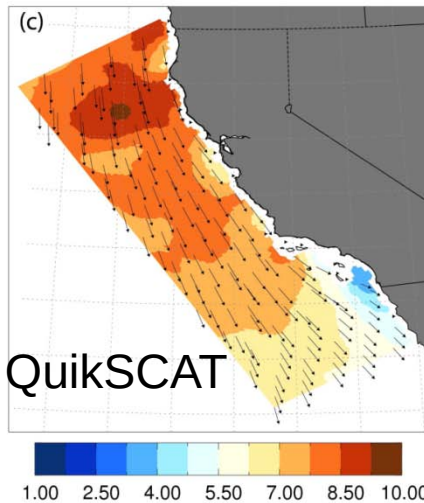
**Résultats présentés pour
Juin-Septembre 2002: « été »**

Comparaison modèle/obs. satellite.

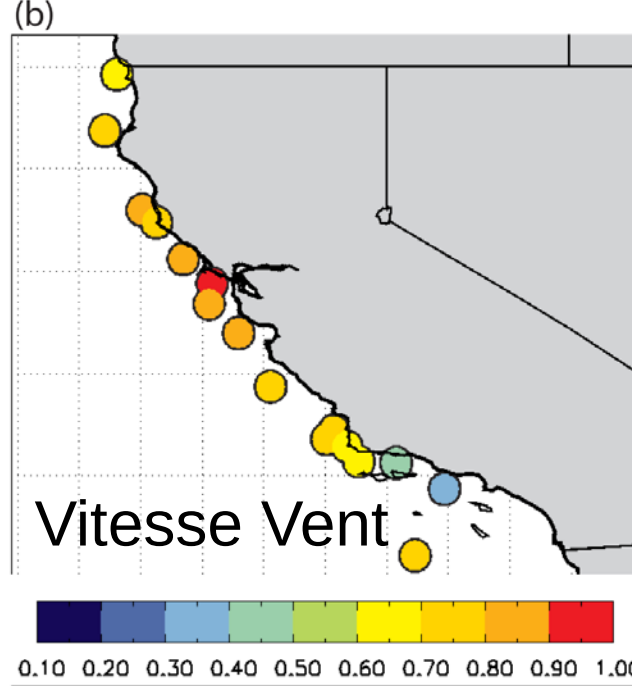
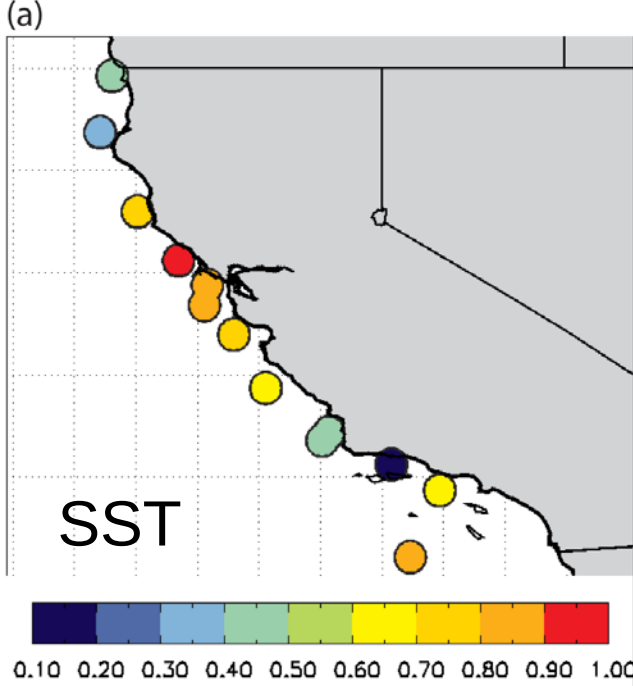


SST (°C)
Biais moyen -0.63 K

Moyenne été 2002



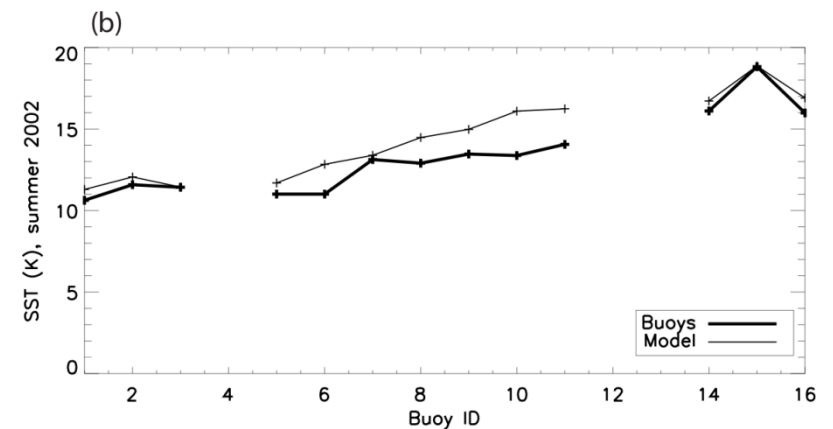
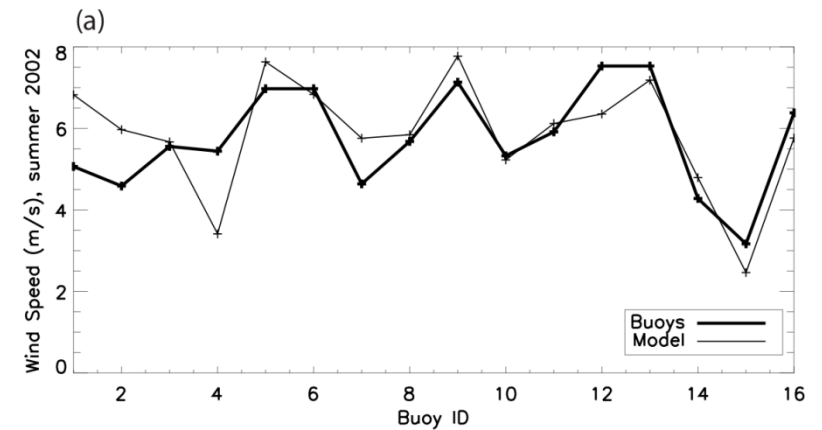
Vent (module & direction) m.s⁻¹
« Biais » moyen: -0.88 m/s (~11%)



Comparaison modèle/obs. bouées

Corrélation journalière
été 2002

Moyenne été 2002 pour
chaque bouée (du nord
au sud)

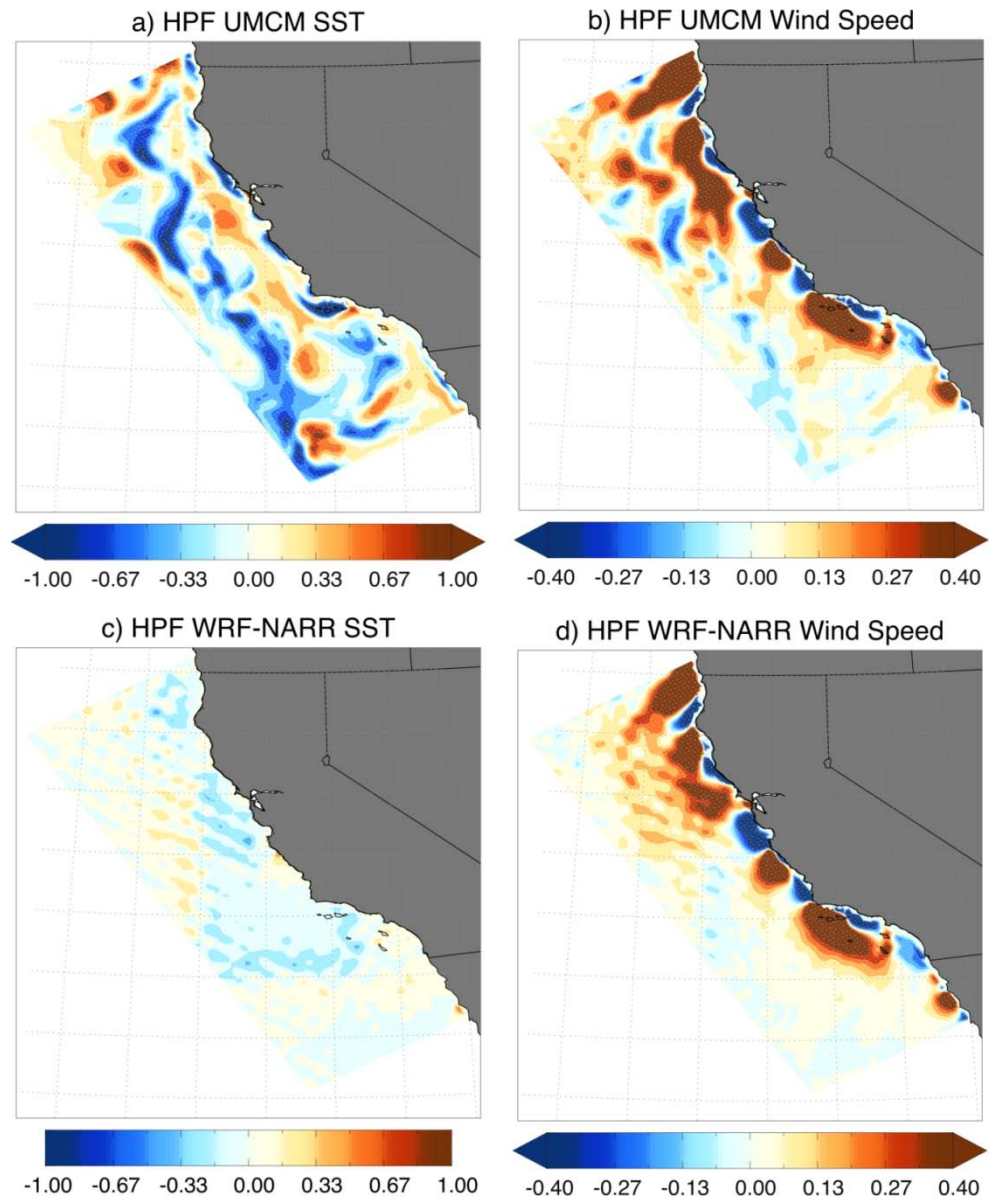


Variations méso-échelles

Vent (m/s^{-1}) et
SST (K) filtrés
passe-haut
spatialement
($\sim 120 \text{ km}$)
Aout 2002

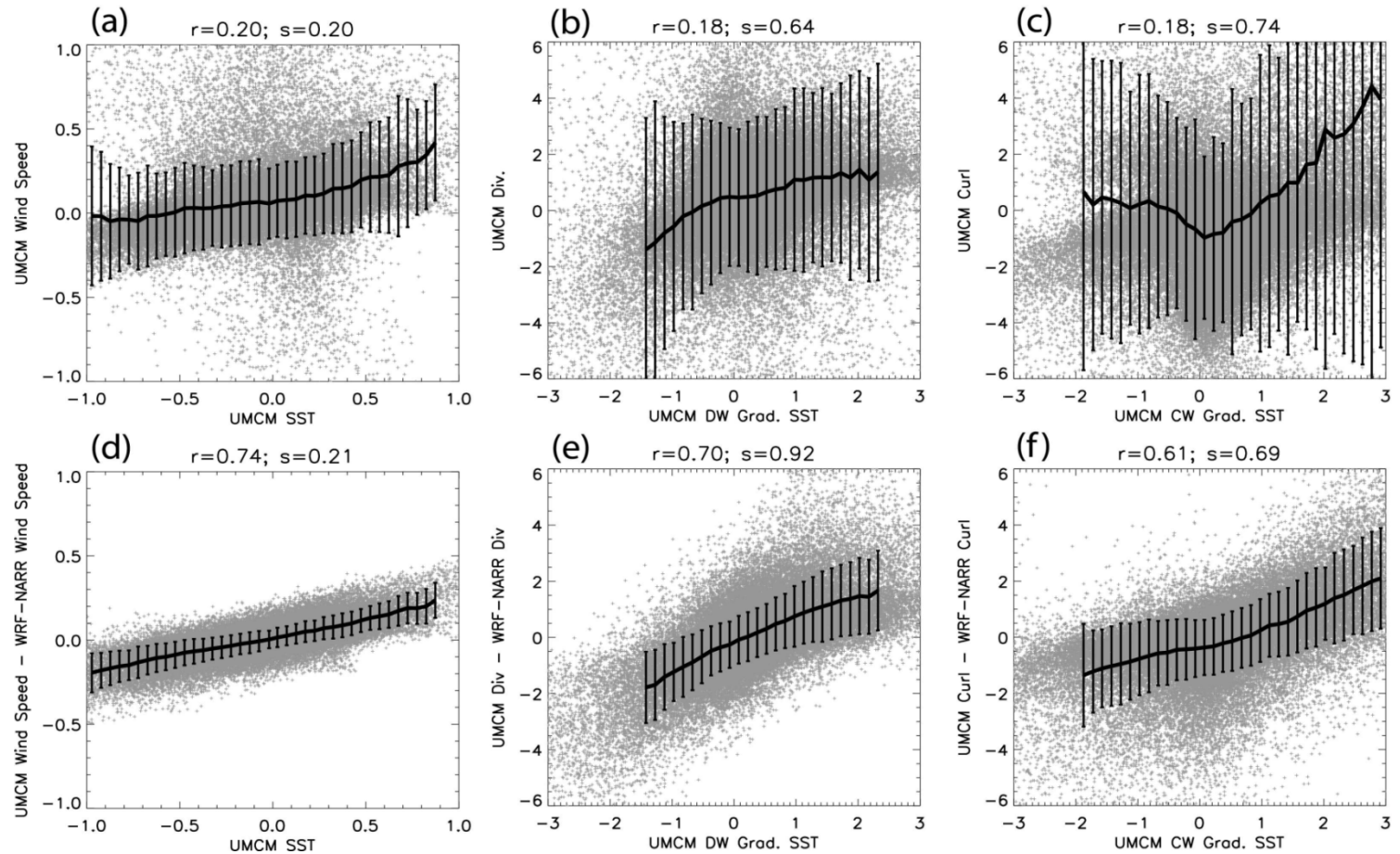
Couplé
UMCM

Forcé
WRF-NARR



Couplage vent/SST

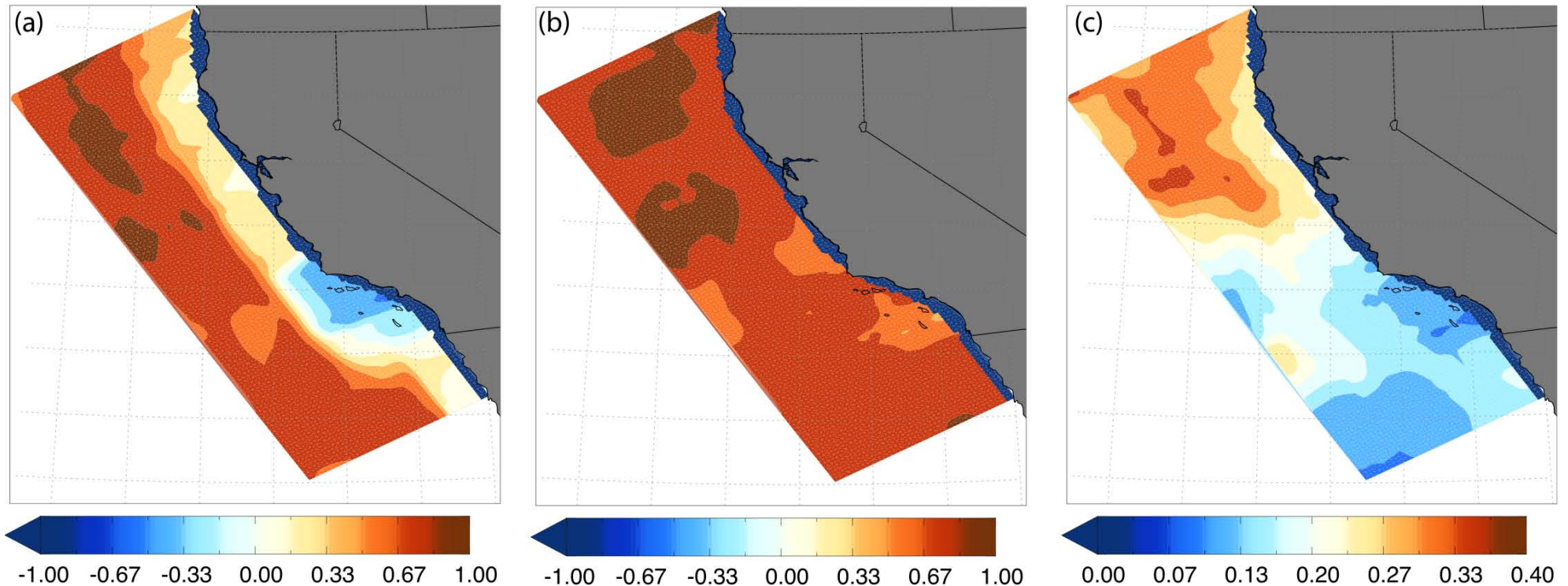
Axe Y: valeurs UMCM



Axe Y: valeurs
UMCM – WRF_NARR

(a) UMCM HPF wind speed (m.s^{-1}) vs UMCM HPF SST(K). (b) UMCM wind stress divergence ($\text{N.m}^{-2} \cdot (10^4 \text{ km})^{-1}$) vs UMCM downwind SST gradient ($\text{K} \cdot (100 \text{ km})^{-1}$). (c) UMCM wind stress curl vs UMCM crosswind SST gradient. (d) UMCM minus WRF-NARR high-pass filtered wind speed vs UMCM high pass filtered SST (K). (e) UMCM minus WRF-NARR wind stress divergence vs UMCM downwind SST gradient. (f) UMCM minus WRF-NARR wind stress curl ($\text{N.m}^{-2} \cdot (10^4 \text{ km})^{-1}$) vs UMCM crosswind SST gradient. Pts: temps & espace (Overlapping 29-day averages at 7-day intervals)

Variations spatiales du couplage

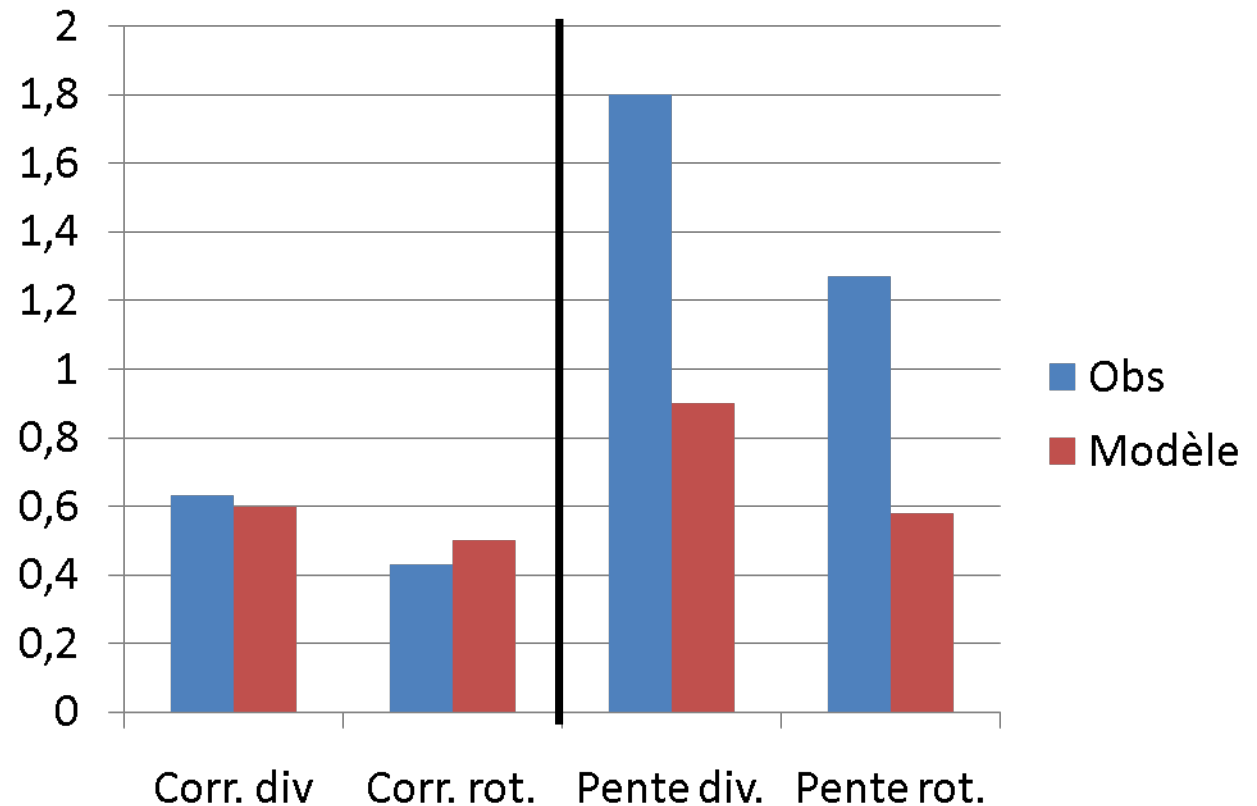


- (a) Corrélation spatiale glissante (boîtes 21pts x 21pts) entre vitesse du vent et SST filtrés passe-haut spatialement dans le modèle couplé.
- (b) Comme (a) sauf que le vent de WRF-NARR filtré passe haut a été soustrait de la même quantité issue du modèle couplé
- (c) Pente de la relation correspondant à la corrélation (b) ($\text{m.s}^{-1}.\text{K}^{-1}$).

Réalisme du couplage vent/SST dans le modèle?

Sans unité pour les corr.

$\text{N.m}^{-2} . (10^4 \text{ km})^{-1}$ par K. $(100.\text{km})^{-1}$
pour les pentes



⇒ L'influence des SST sur le vent de surface est sous-estimée par environ un facteur 2 dans le modèle couplé (rien d'exceptionnel...)

Comparaison influence orographie et SST sur le vent prêt de la côte

Comparaison des variations spatiales du vent dans les 150km de la côtes:

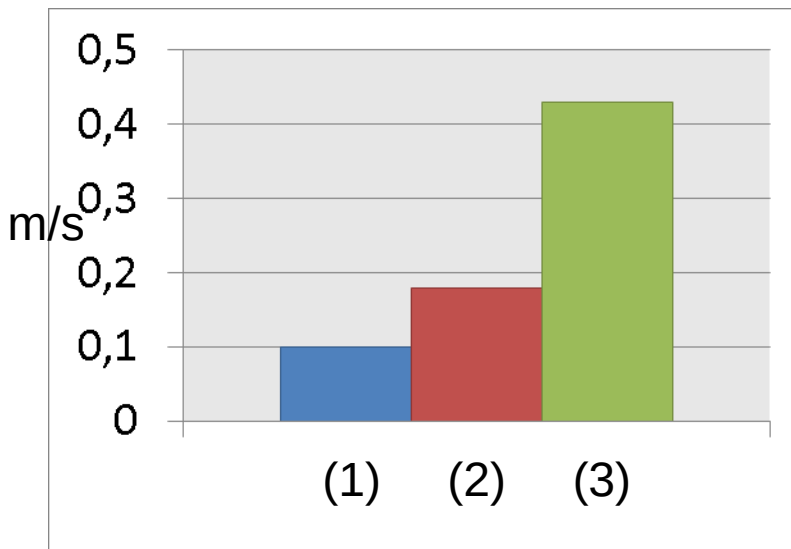
- dues au couplage vent/SST

(1) Coeff mod $0.24 \text{ m.s}^{-1}.\text{K}^{-1}$

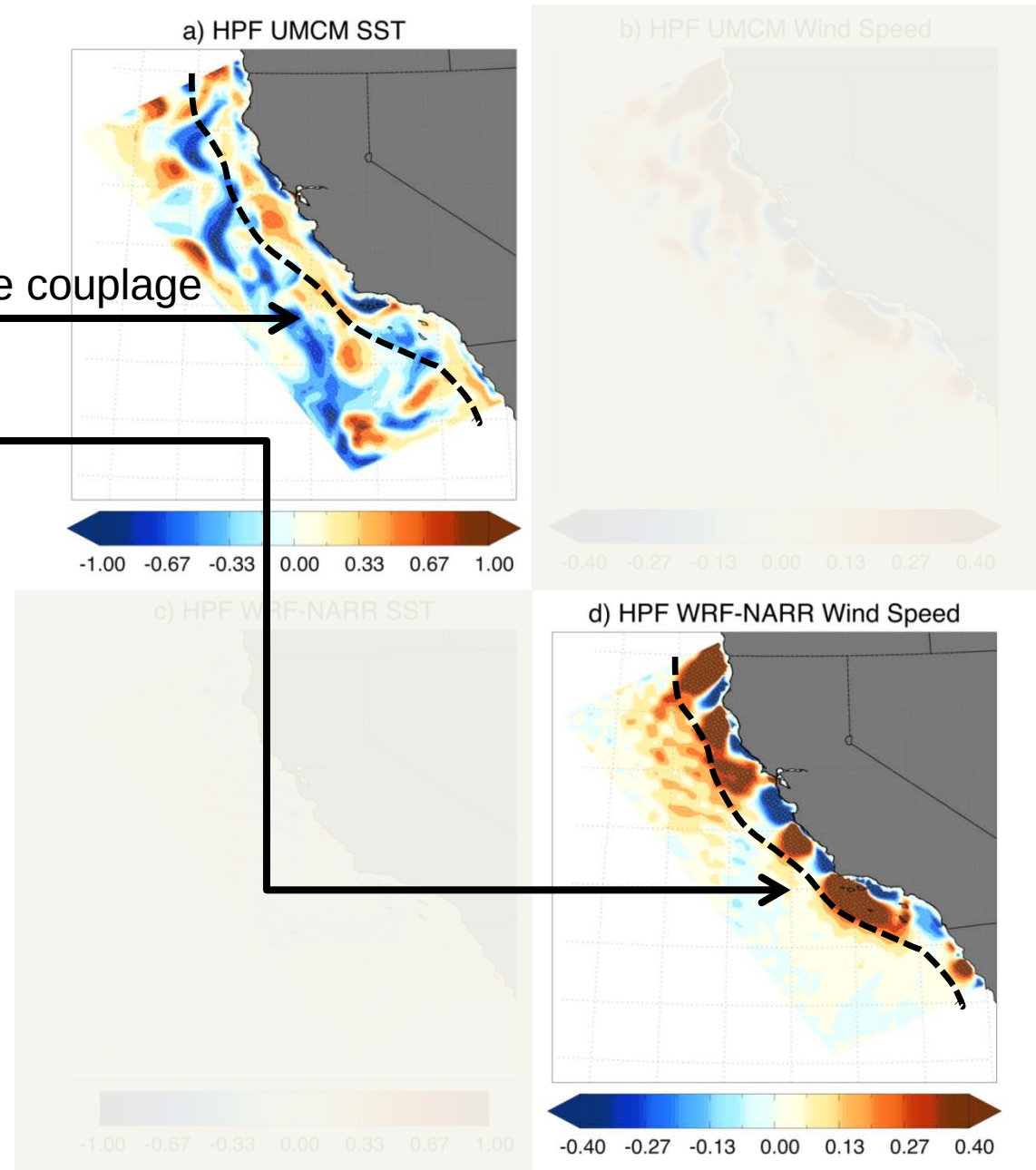
(2) Coeff obs $0.42 \text{ m.s}^{-1}.\text{K}^{-1}$

-(3) à l'orographie

x coeff. de couplage



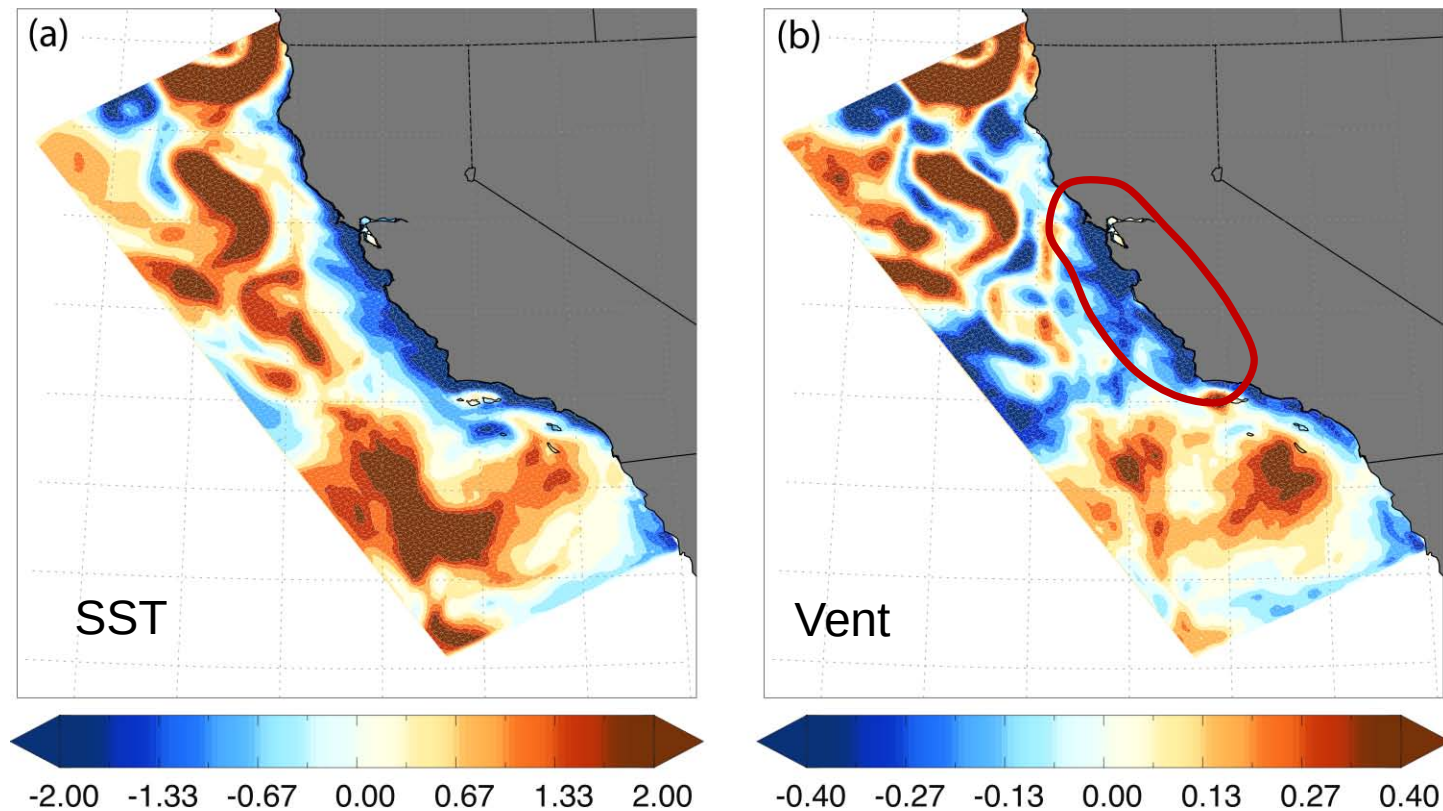
Ecart type spatial



Conclusions

- ⇒ Même si l'effet de l'orographie sur les variations méso-échelles du vent près de la côte est dominant (facteur 2), un couplage vent/SST y existe et est loin d'être négligeable. Mais il est plus difficile à observer qu'ailleurs car masqué en partie par effet de l'orographie.
- ⇒ Importance pour l'upwelling: upwelling côtier => gradient de SST perpendiculaire à la côte => diminution du vent en s'approchant de la côte => effet sur la structure et l'intensité (?) de l'upwelling (upwelling côtier & pompage d'Ekman)
- ⇒ Ce mécanisme de couplage vent/SST est donc important pour la simulation de l'état moyen et de la variabilité des upwelling côtiers
- => Virtuellement tous les modèles actuels (globaux, régionaux, réanalyses etc.) sous-estiment ce couplage, souvent très largement => problème potentiel sur l'upwelling simulé, donc la couverture de stratus etc...

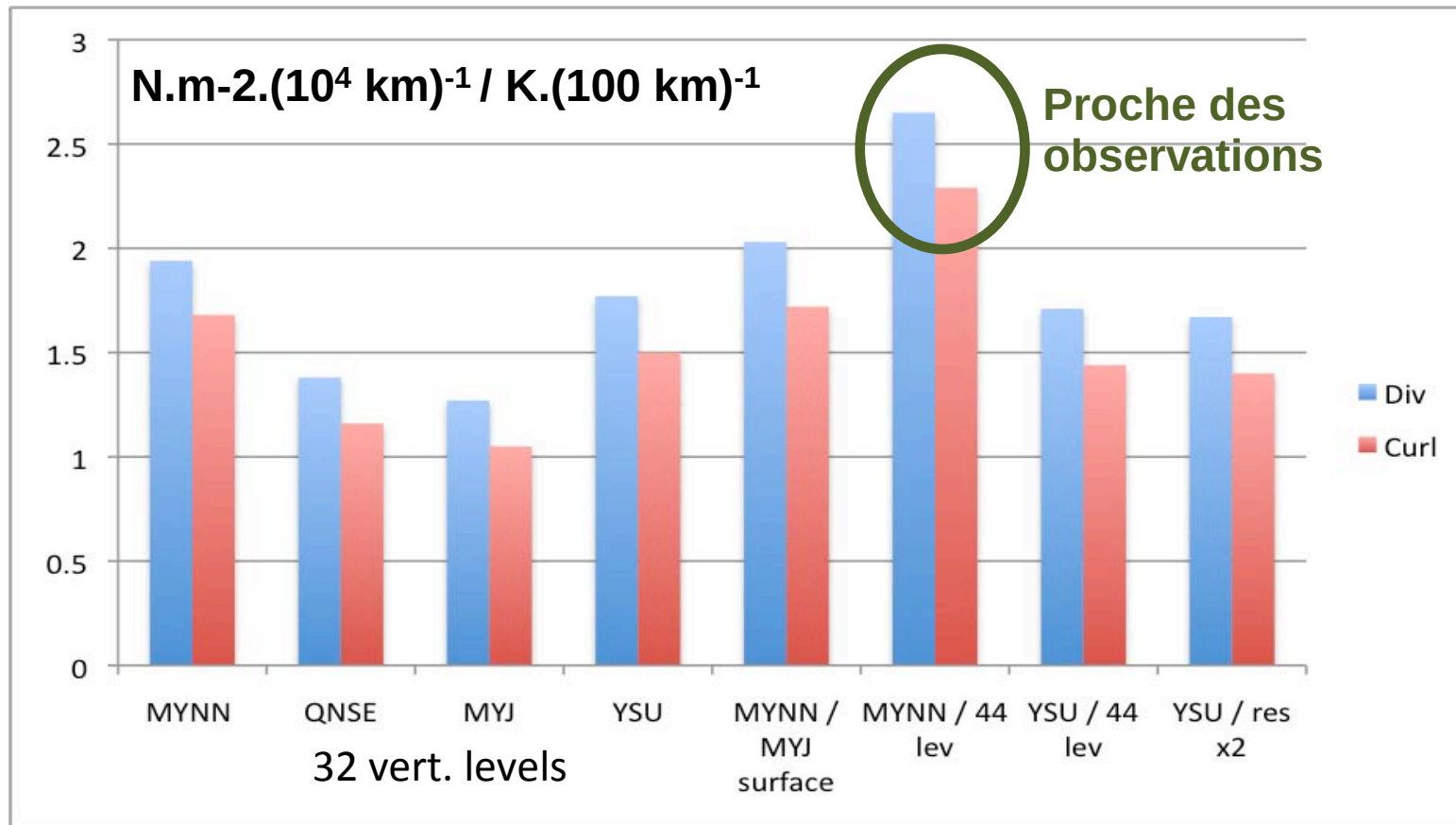
Illustration



Différence de (a) SST (K) et (b) vitesse de vent (m/s) en aout 2002 entre une simulation WRF forcée par des SST issues d'une simulation ROMS à 4km et le modèle couplé.

Perspectives: Comment améliorer ça?

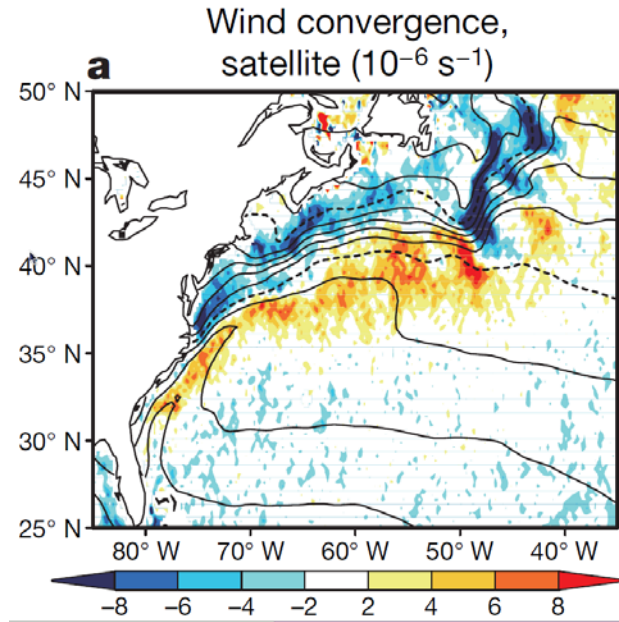
=> Expériences forcées de sensibilité avec WRF3.1: impact of du schéma de couche limite / de la résolution verticale/ de la résolution horizontale.



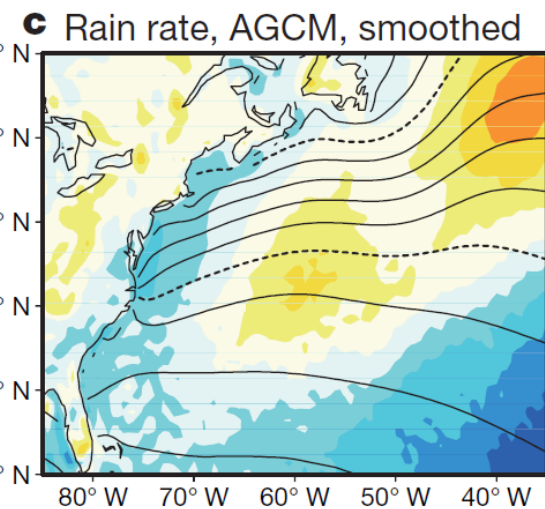
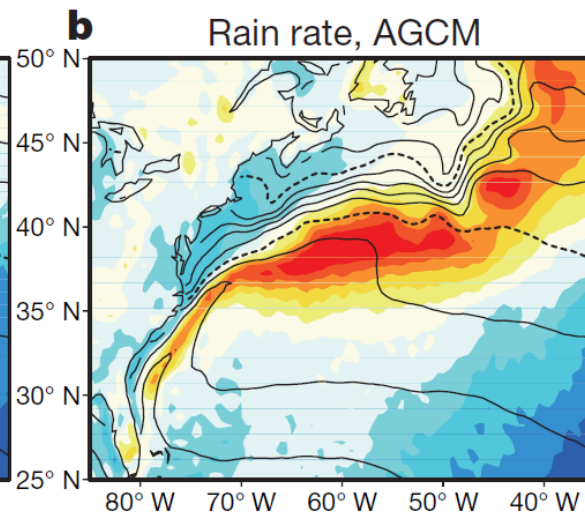
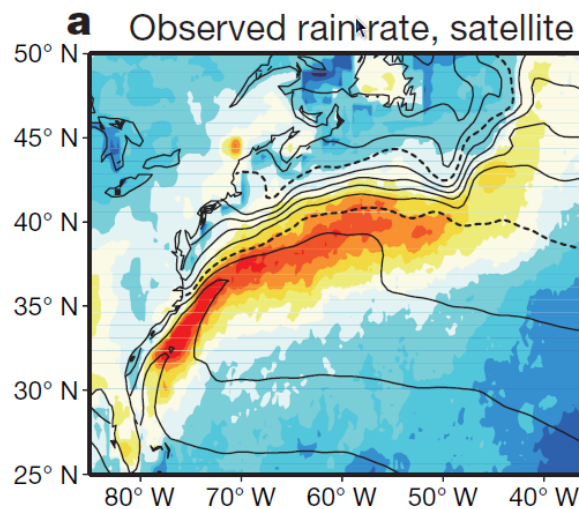
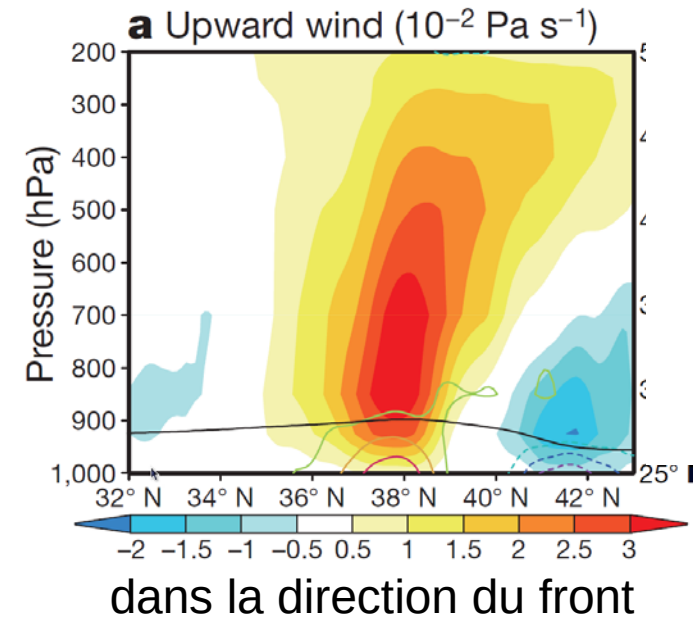
Blue: wind stress divergence vs. downwind SST gradient

Red: wind stress curl vs. crosswind SST gradient

Perspectives: effet possible au dessus la couche limite et à distance



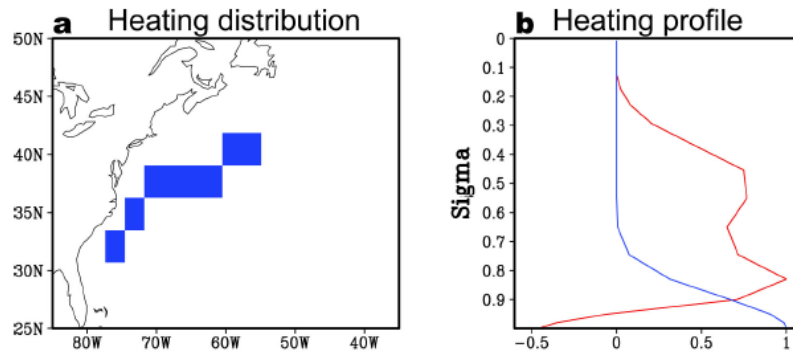
CLIMATOLOGIES
ANNUELLES
(Minobe et al. 2008)



1 1.5 2 2.5 3 3.5 4 4.5 5 5.5 6

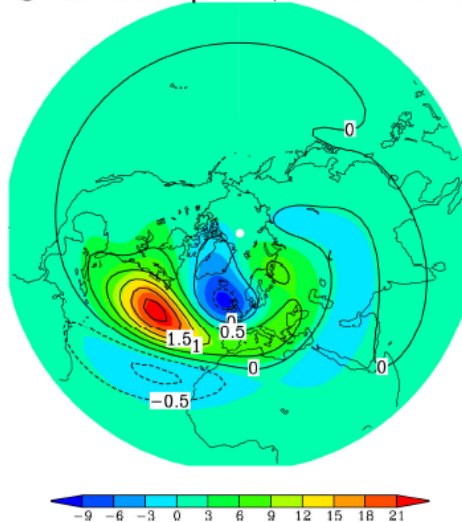
mm d⁻¹

Rôle potentiel sur la variabilité du climat européen



**Réponse d'un
atmosphère idéalisé au
chauffage diabatique
lié au Gulf Stream**

c Linear Response, Z & Str Func.



Couleur: hauteur géopotentielle



**Merci pour votre
attention!**

