

Courtesy : Don Perovich

L'impact d'une meilleure prise en compte de la physique de la glace de mer sur la simulation de la couverture de banquise de l'Arctique

D. Salas y Mélia, Matthieu Chevallier et Stéphane Sénési

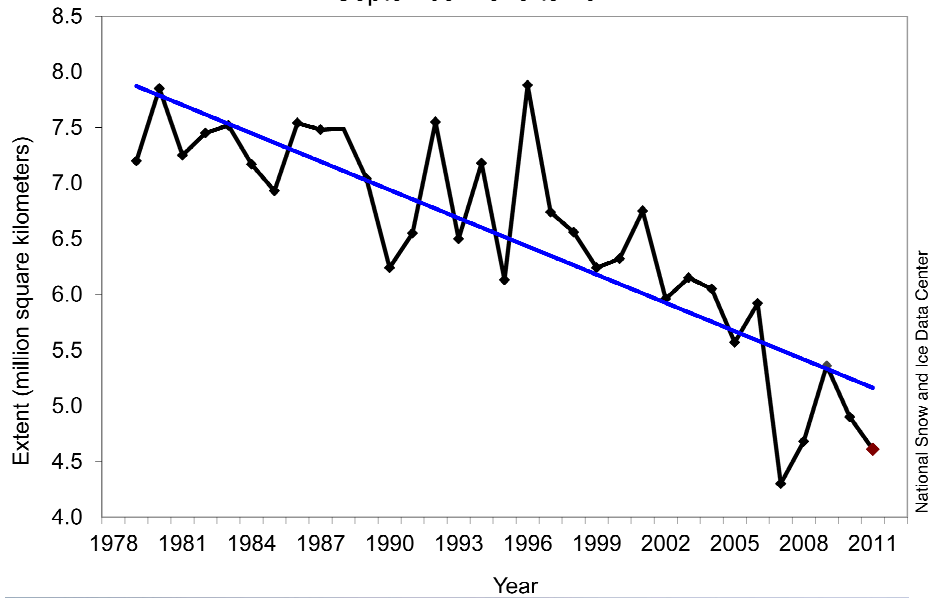


*Ateliers de Modélisation de l'atmosphère
Toulouse, 23-27 janvier 2012*

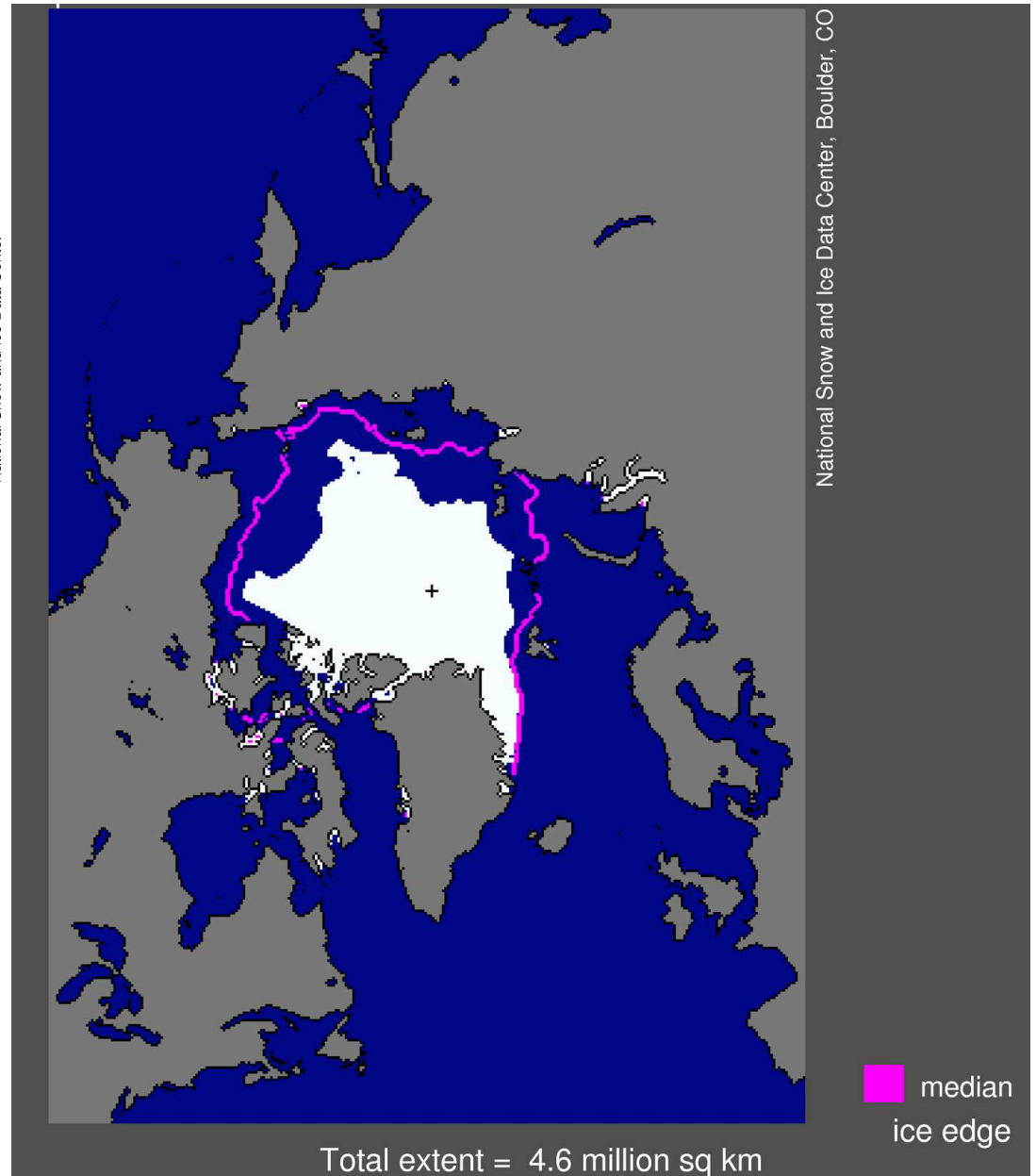


Glace de mer Arctique : état des lieux (1/2)

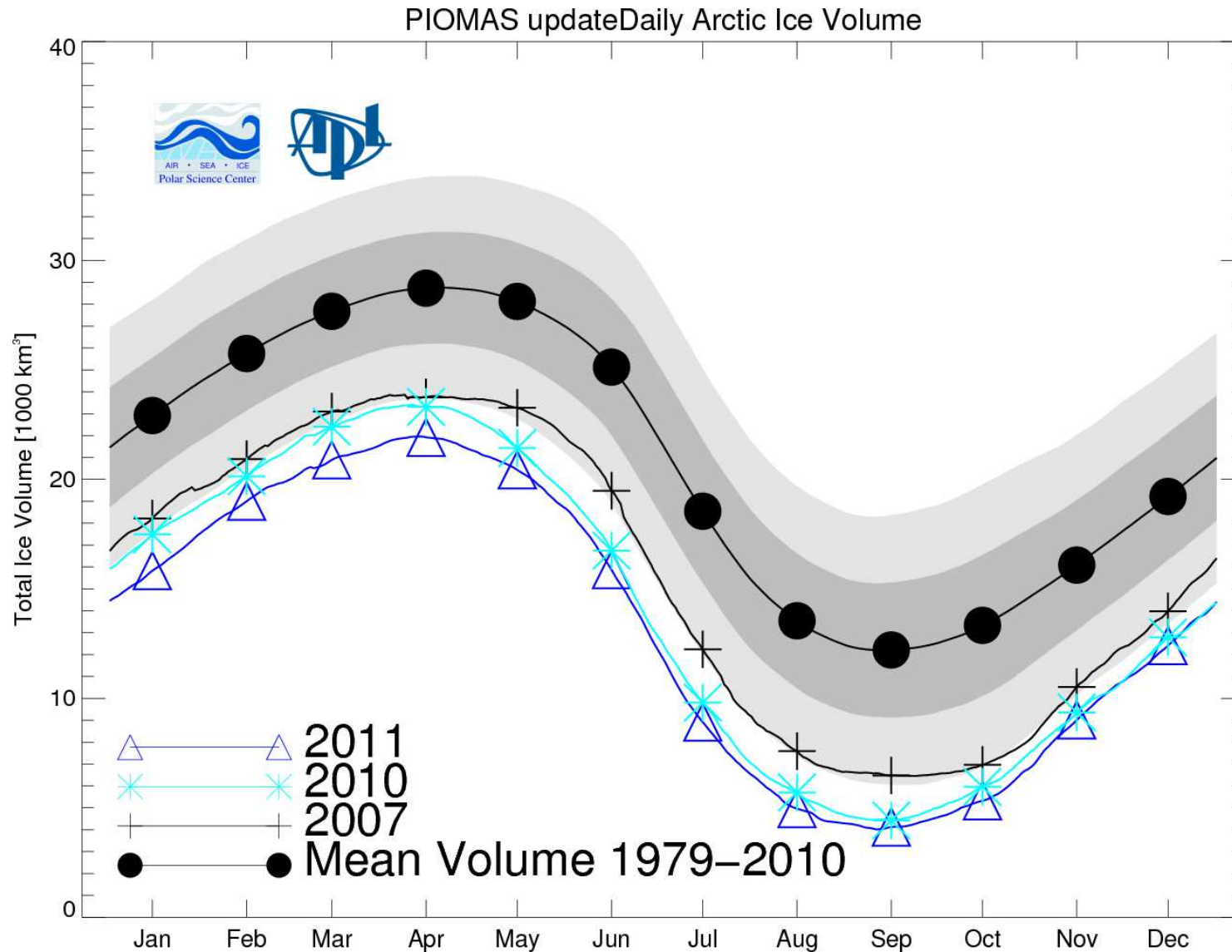
Average Monthly Arctic Sea Ice Extent
September 1979 to 2011



Extension de glace
<http://nsidc.org>



Glace de mer Arctique : état des lieux (2/2)



Estimation du volume de glace - PIOMAS (Schweiger et al, 2011)
(Borne sup de l'incertitude sur le volume d'octobre = $1,35 \times 10^3 \text{ km}^3$)

Quelques questions

- Peut-on simuler correctement la variabilité et la fonte récente de la couverture de glace de mer en mode forcé (hindcast...) et en couplé (passé, futur...) ?
- Rôle de la formulation de la physique de glace de mer sur le réalisme des tendances simulées
- Comment améliorer les simulations (couplées, forcées) de la glace de mer Arctique ?

CNRM-CM5.1
Modèle couplé
Voldoire et al, Clim. Dyn. (2011)

External forcings
Aerosols
Greenhouse gases
Solar irradiance

Prévision saisonnière,
décennale, et
simulations longues

Atmosphere
ARPEGE-Climat v5.2
T127 (1.4°), 31 levels

SURFEX Interface

Land surface
ISBA

OASIS v3

24h

24h

Sea Ice
GELATO v5

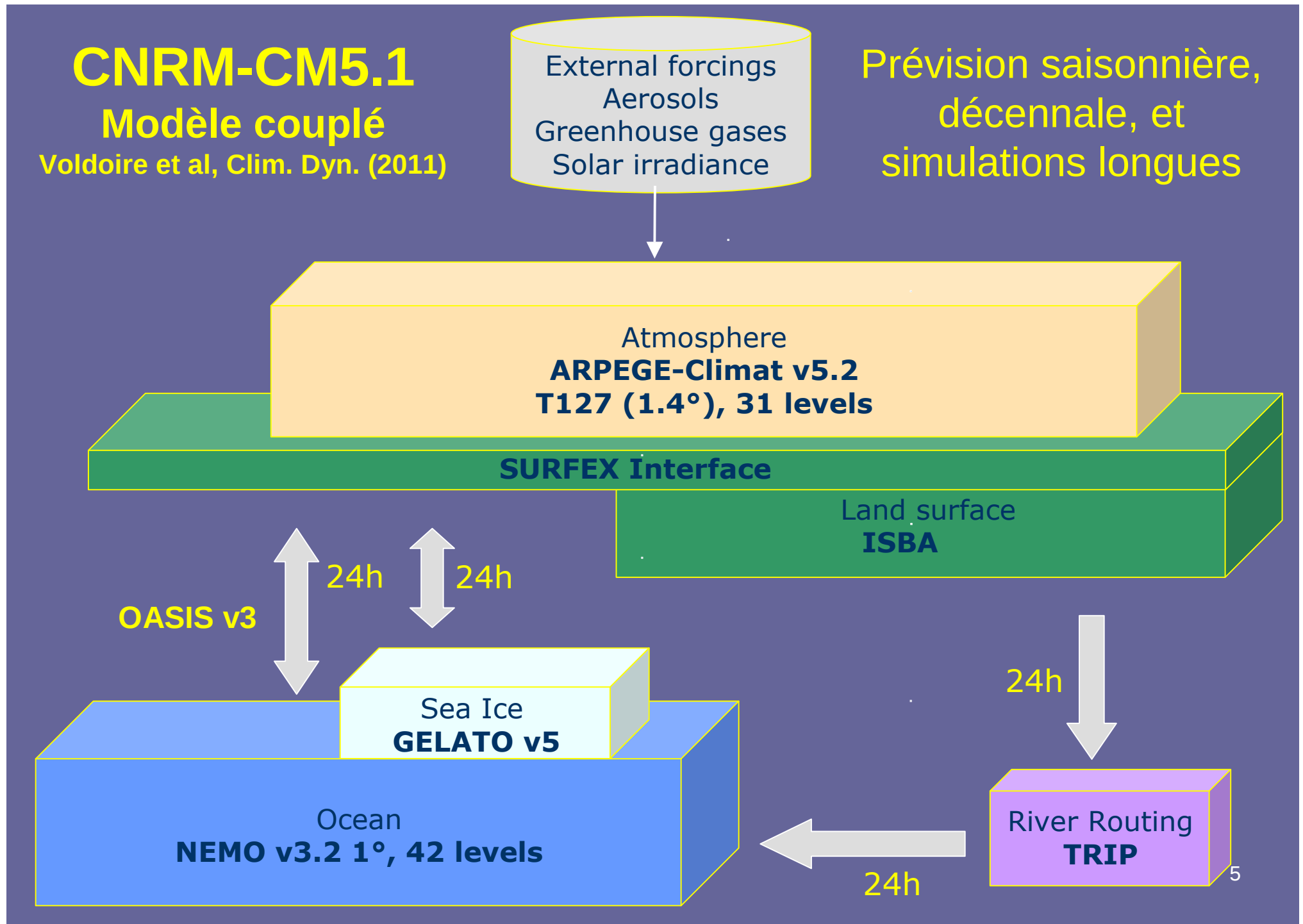
Ocean
NEMO v3.2 1°, 42 levels

24h

River Routing
TRIP

24h

5



NEMO3.2-GELATO5

Modèle forcé

Forçage: ERA-interim corrigé
(Lüpkes et al., 2010)

Bulks
CORE

Sea Ice
GELATO v5

Ocean
NEMO v3.2 1°, 42 levels

GELATO

-modèle multi-catégories
(Salas-Mélia, Ocean Modelling, 2002)

- salinité interactive

-enthalpie H , $C_p = f(T, S)$

$$C_p = C_p^0 + 0.054 L^0 \frac{S}{T^2},$$

- coefficient de diffusion de la chaleur $k_i = f(T, S)$

$$k_i = \frac{\rho_i}{\rho_i^0} \left(2.11 - 0.011T + 0.09 \frac{S}{T} \right),$$

$$T(^{\circ}\text{C}), S(\text{g.kg}^{-1})$$

Simulations historiques CMIP5 réalisées avec CNRM-CM5

	années	membres	GES anthr	Aero anthr	Variab solaire	Eruptions volcans
PI Control	850	1	no	no	no	bkg
HIST	1850-2012	10	yes	yes	yes	yes
HISTANT	1850-2012	10	yes	yes	no	bkg
HISTGHG	1850-2012	6	yes	no	no	bkg
HISTNAT	1850-2012	6	no	no	yes	yes

→ Estimation de la variabilité interne de la couverture de glace

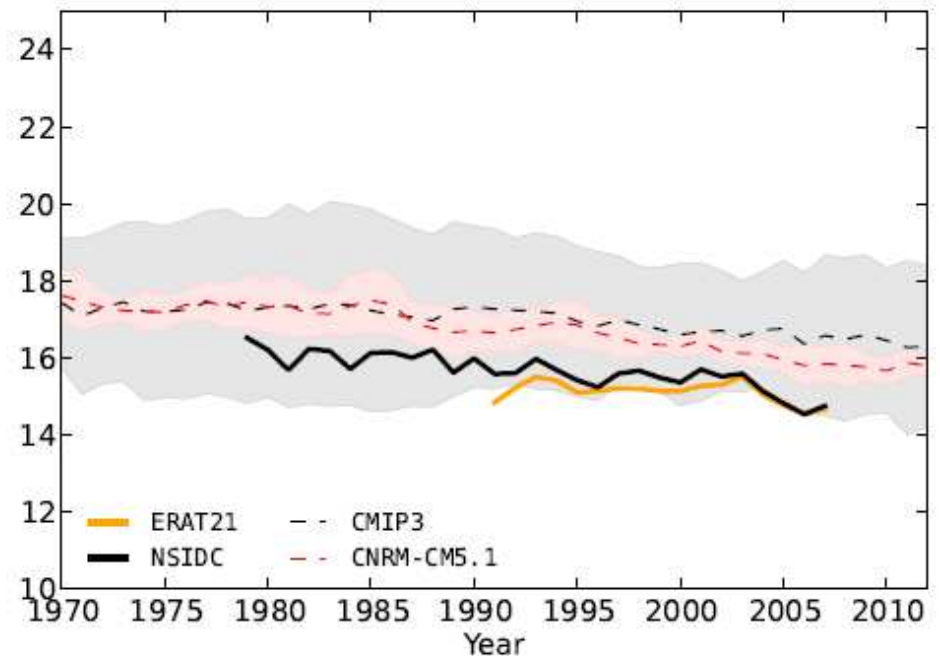
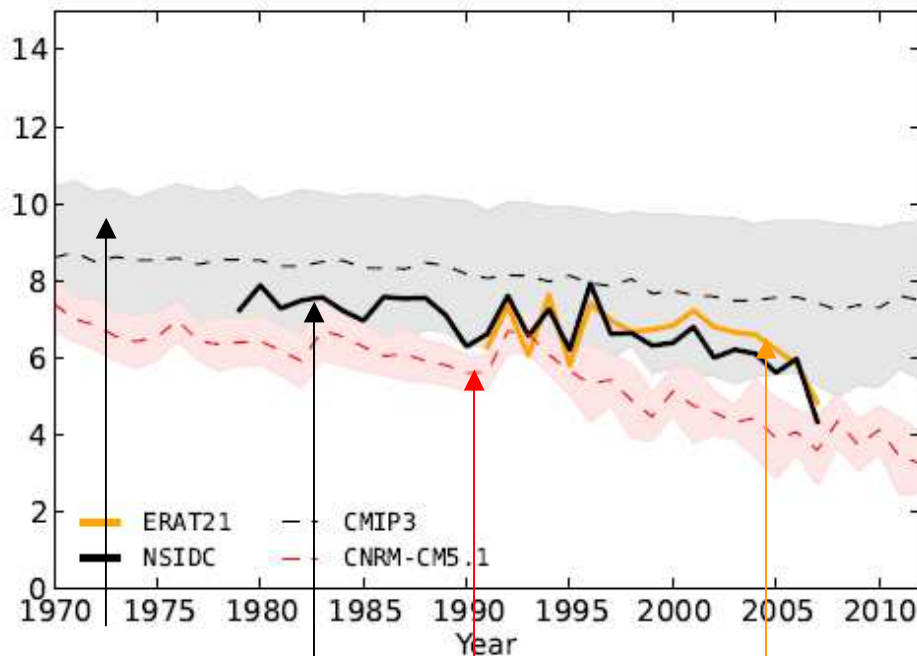
Simulation de la tendance et de la variabilité de l'extension de glace de mer

Septembre

Mars

(a) September: Sea Ice Extent (10^6 km^2) - Arctic

(b) March: Sea Ice Extent (10^6 km^2) - Arctic



Modèles

CMIP3

Obs.

NSIDC

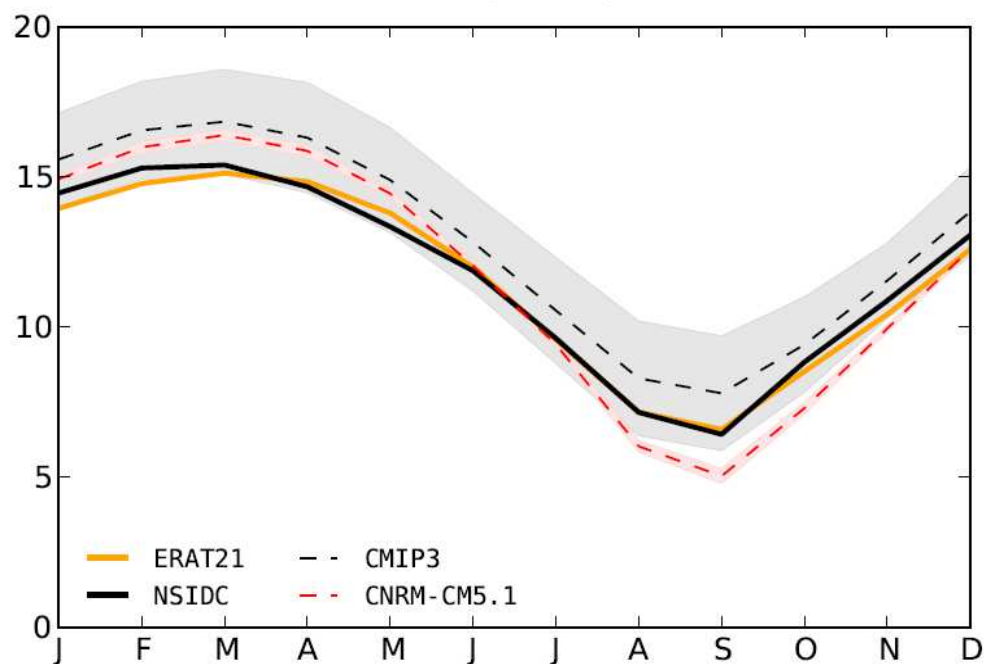
CNRM-CM5
10 membres

NEMO-Gelato
forcé

Simulation du cycle annuel de l'extension et du volume

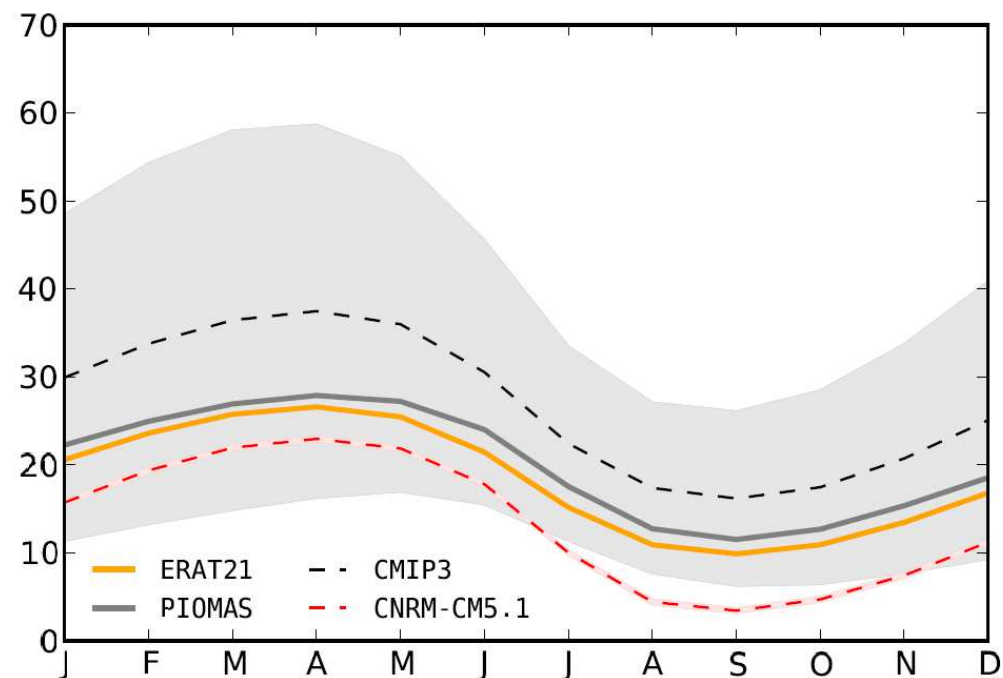
Extension

Sea Ice Extent (10^6 km^2) - Arctic



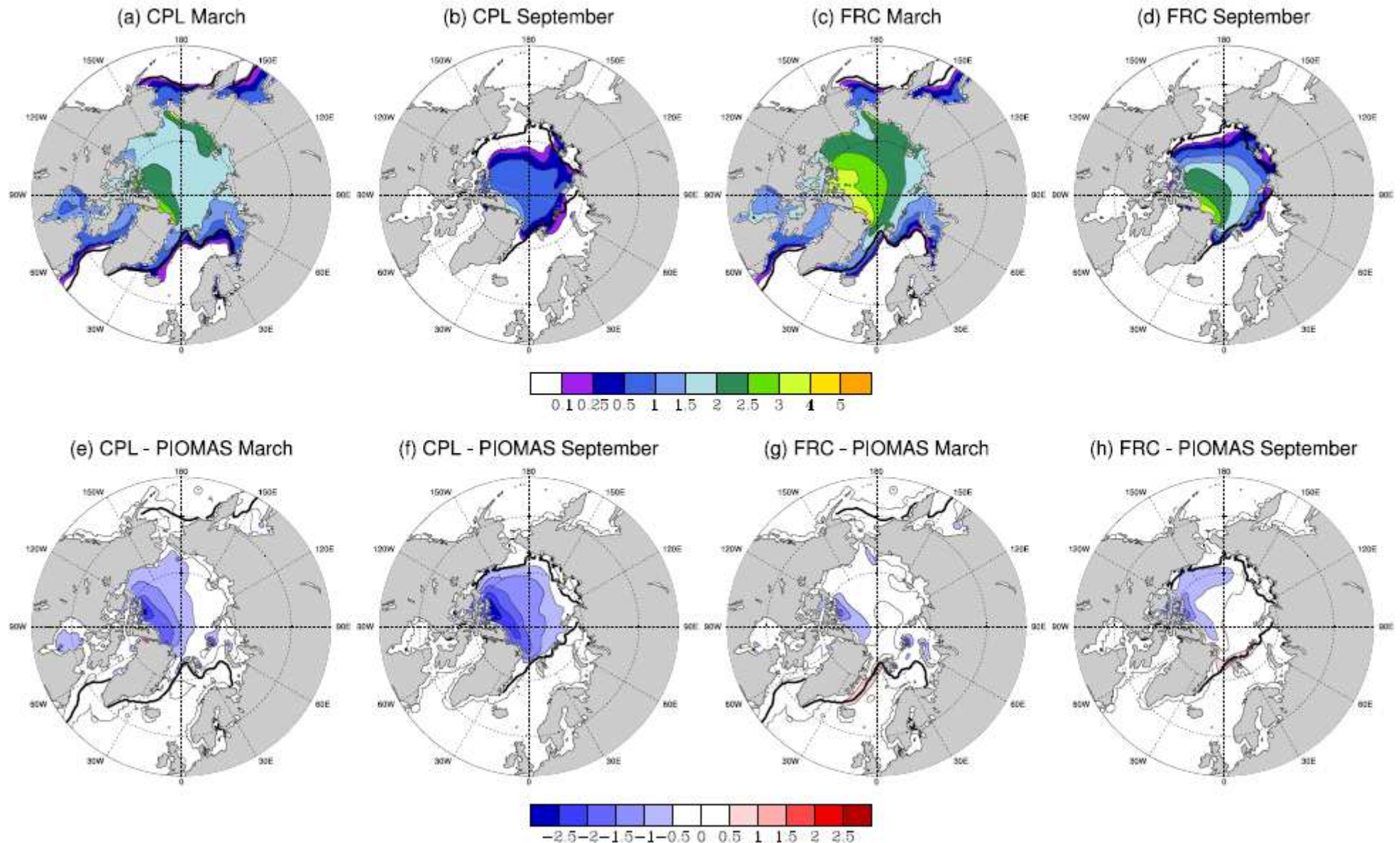
Volume

Sea Ice Volume (10^3 km^3) - Arctic



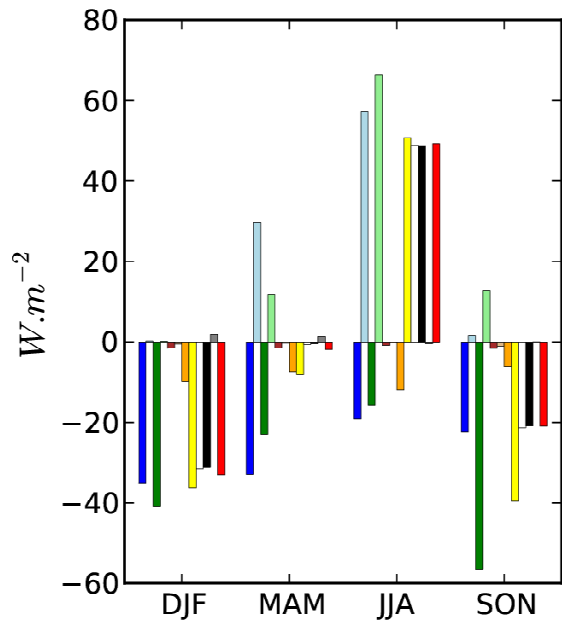
Simulation de la distribution de l'épaisseur de glace : couplé vs forcé - « réalité » = PIOMAS

Sea ice thickness 1991-2009 (m)

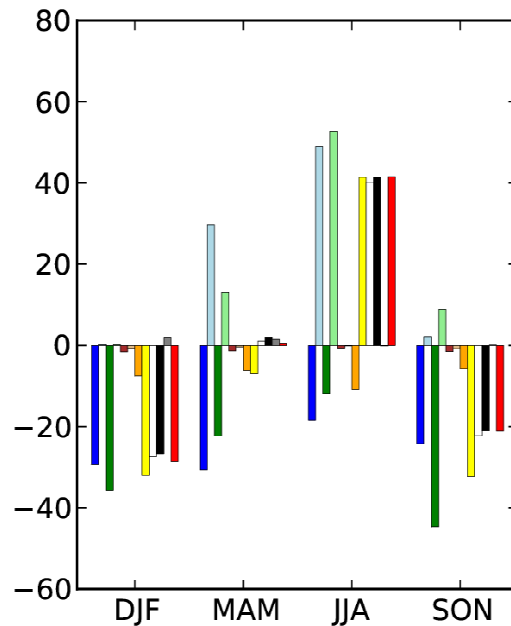


Bilan d'énergie complet de la couverture de glace

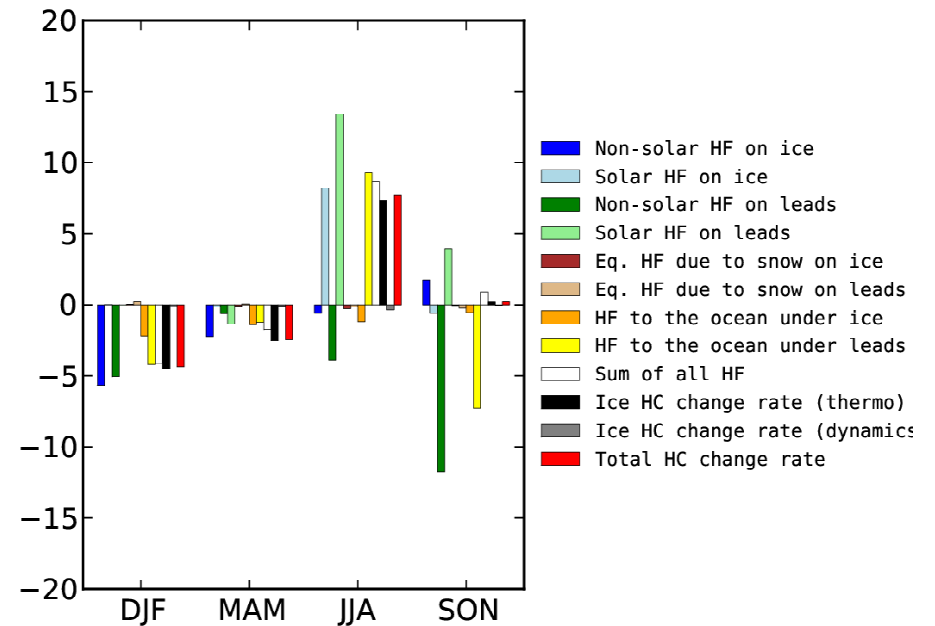
Couplé
CNRM-CM5



Forcé
NEMO3.2-Gelato5



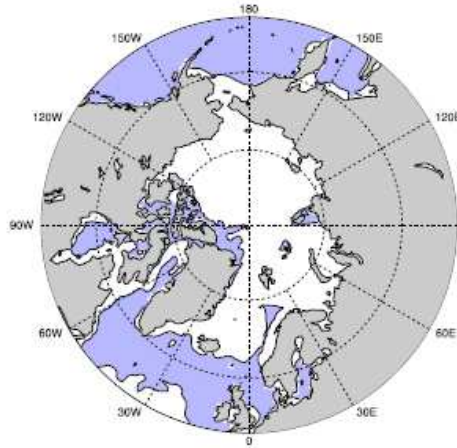
Couplé - Forcé



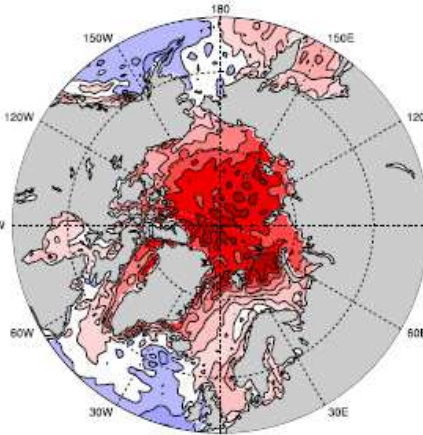
Energie SW / LW descendante couplé / forcé - ERA Interim (1991-2008)

Couplé = ARPEGE-Climat dans CNRM-CM5 / Forcé = ARPEGE-Climat AMIP

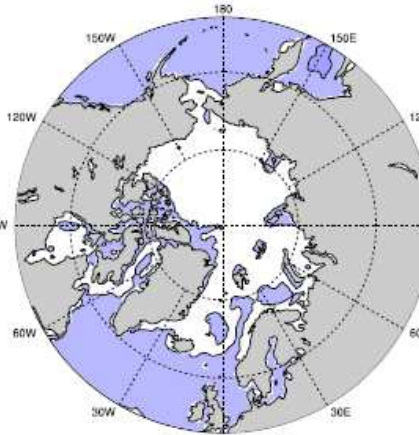
SW Couplé DJF



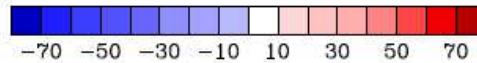
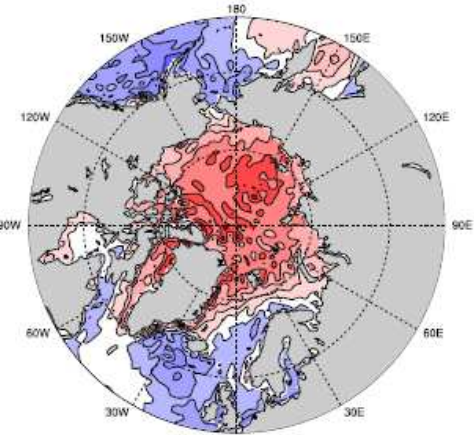
SW Couplé JJA



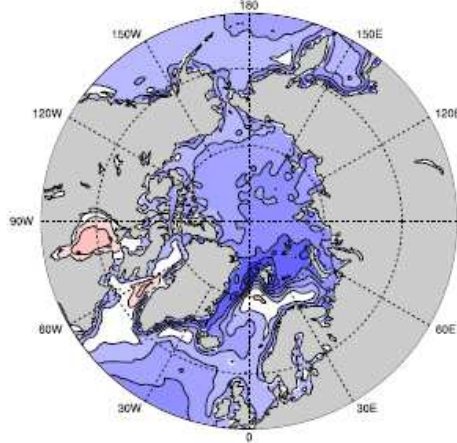
SW Forcé DJF



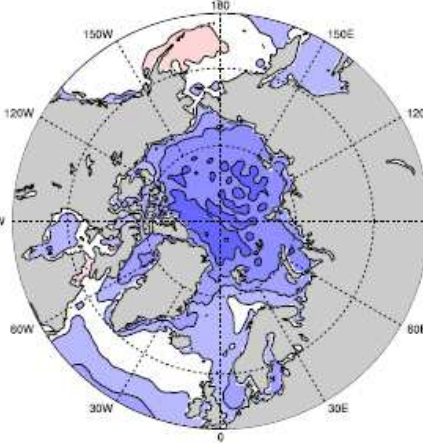
SW Forcé JJA



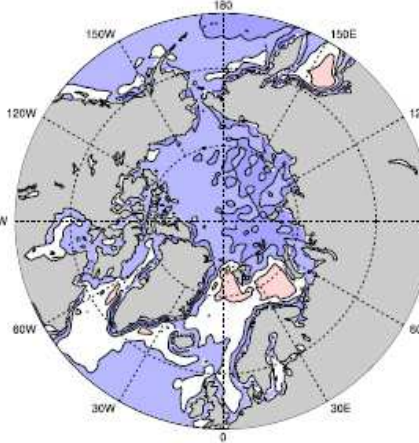
LW Couplé DJF



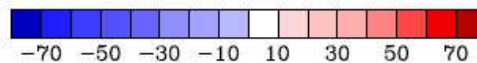
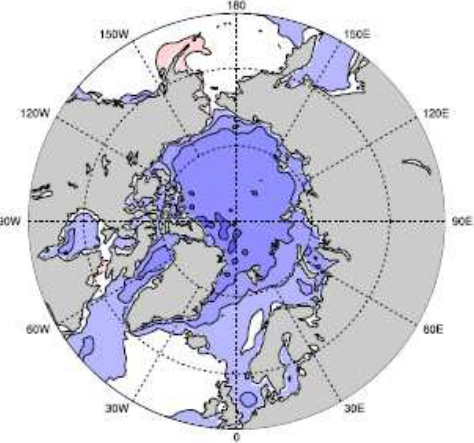
LW Couplé JJA



LW Forcé DJF



LW Forcé JJA



Expériences de sensibilité couplées et forcées

GLACE DE MER

- 4 catégories

- salinité interactive

- enthalpie H , $C_p = f(T, S)$

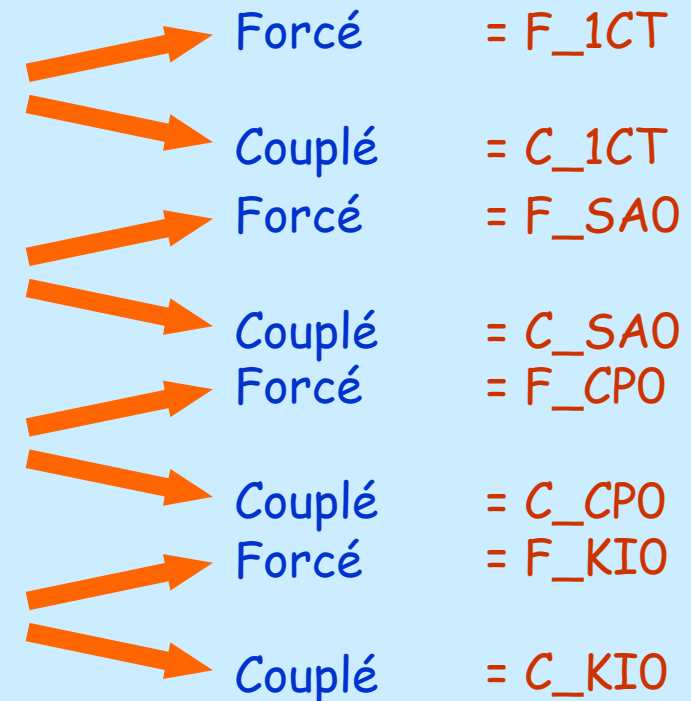
- coef. diffusion de la chaleur
 $k_i = f(T, S)$

➡ 1 catégorie

➡ Salinité fixe

➡ C_p fixé

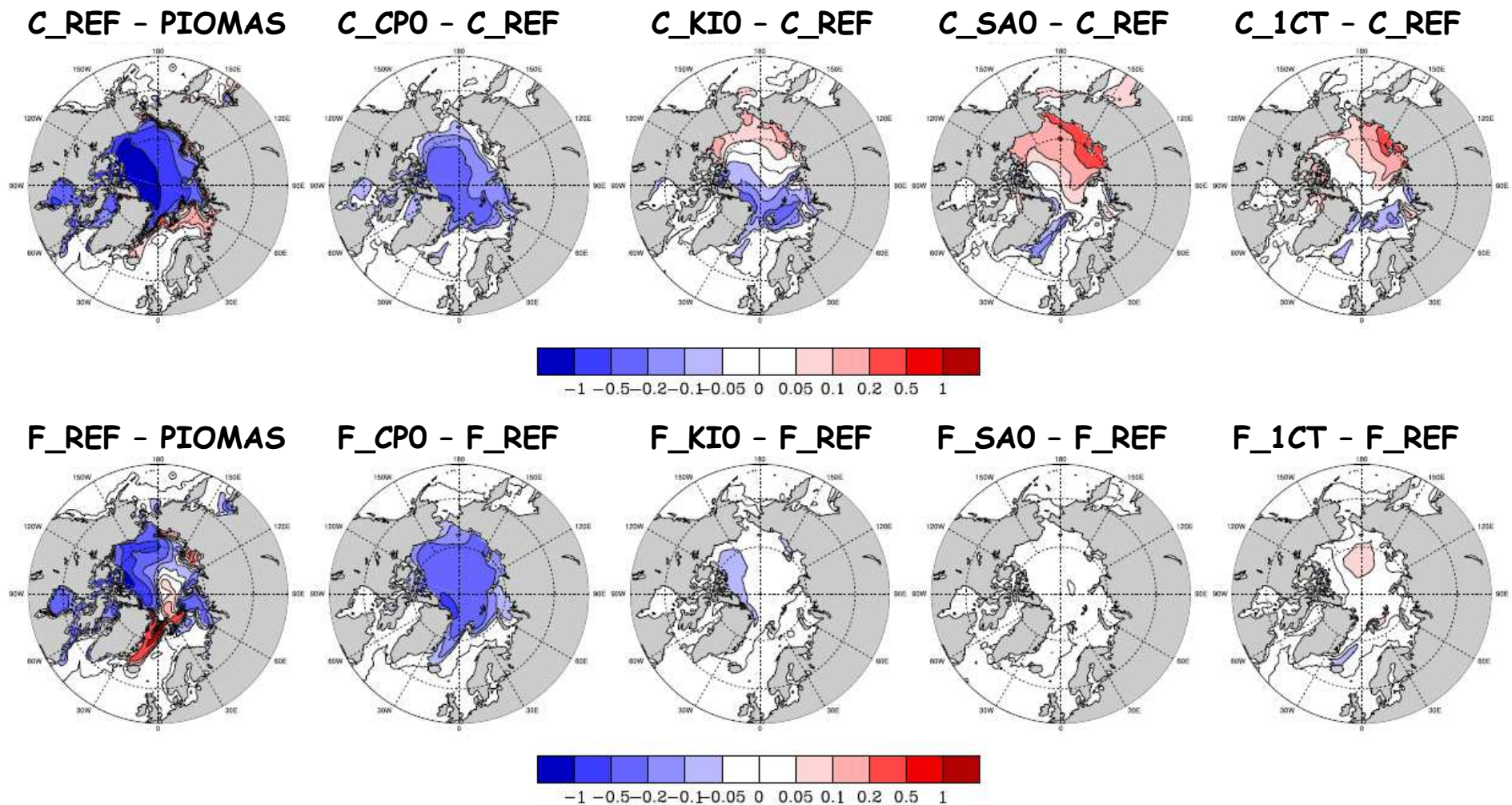
➡ k_i fixé



Forcé
= F_REF

Couplé
= C_REF

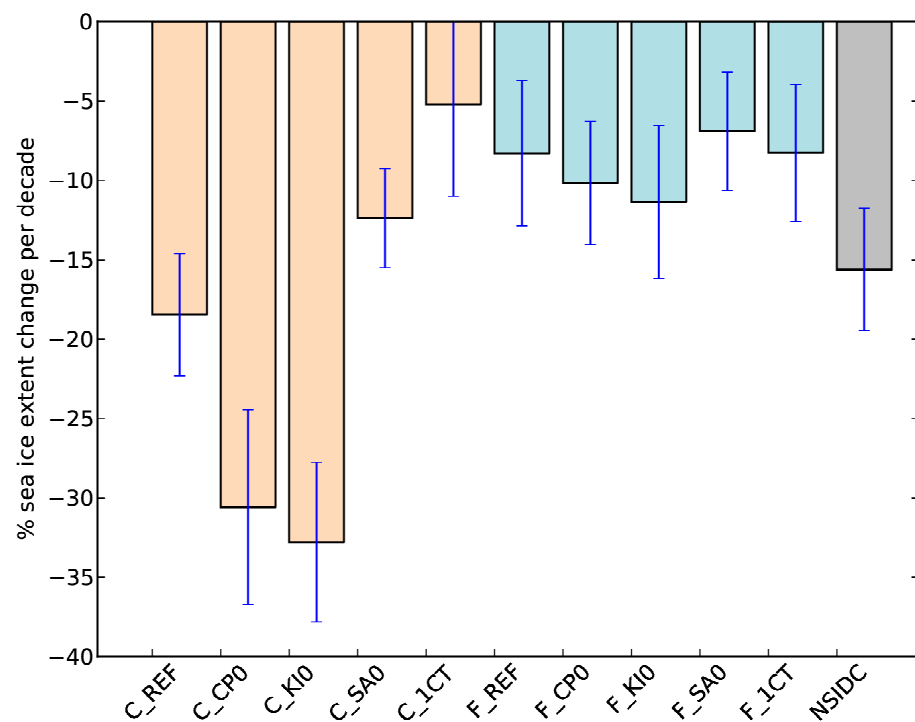
Anomalies d'épaisseurs de glace (1991-2008)



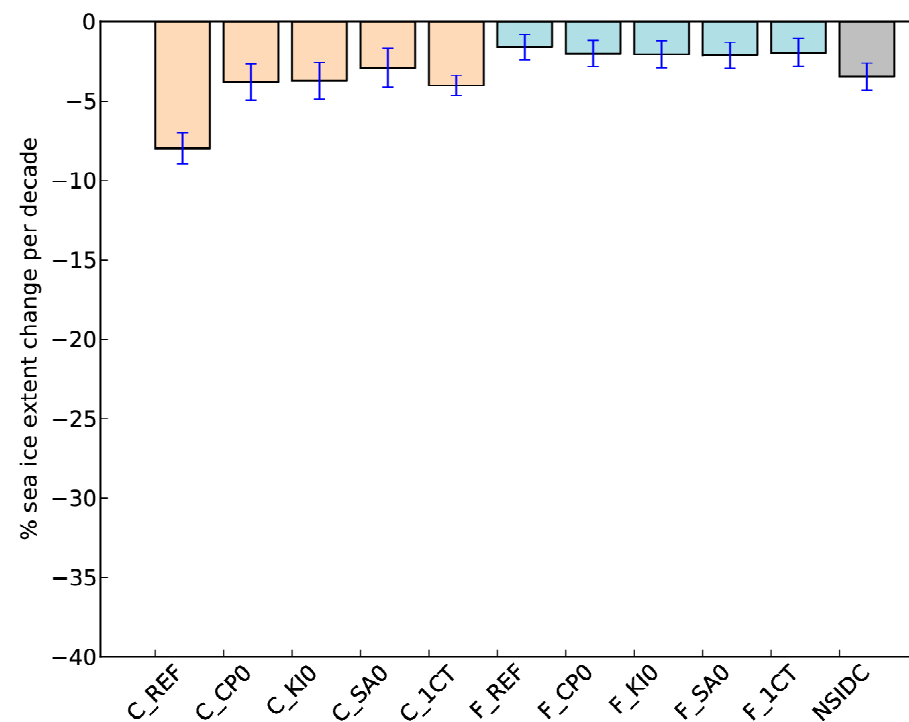
Cf std h_glace C_REF = 5-10 cm

Tendance de l'extension de glace de mer (1991-2008)

Mars



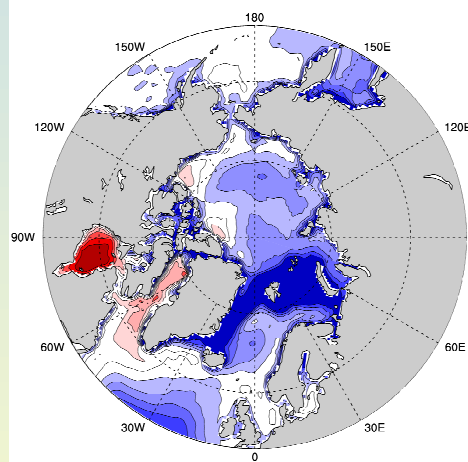
Septembre



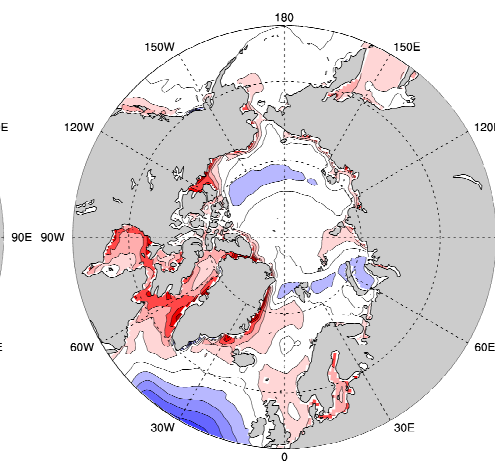
Conclusion

- Rôle de la formulation de la physique de glace de mer sur le réalisme des tendances simulées :
 - *en forcé, impact fort de la formulation de l'enthalpie / du Cp, limité des autres éléments*
 - *en couplé: impact relativement important des différents éléments de physique (présence de rétroactions)*
- Forcé / couplé : possibilités de **légères améliorations** par l'introduction d'une paramétrisation de mares de fontes (impact sur l'albédo de surface en été...), évolution de la formulation de la dynamique...
- Couplé: **nette amélioration envisageable** si forçage solaire plus réaliste (dans le cas d'ARPEGE-Climat) → difficile (modélisation des nuages arctiques...)

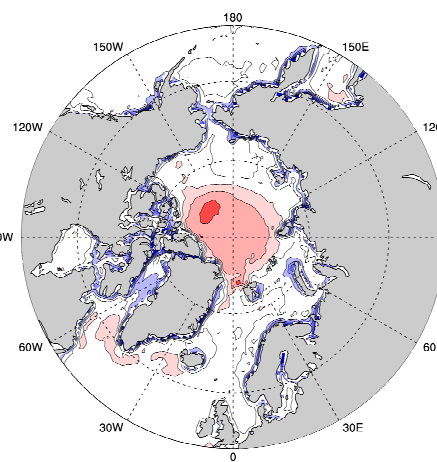
(i) DJF (CPL - ERA Interim)



(j) JJA (CPL - ERA Interim)



(k) DJF (AMIP - ERA Interim)



(l) JJA (AMIP - ERA Interim)

