



Sensibilité de l'AMOC à la fonte des glaciers du Groenland en simulation scénario

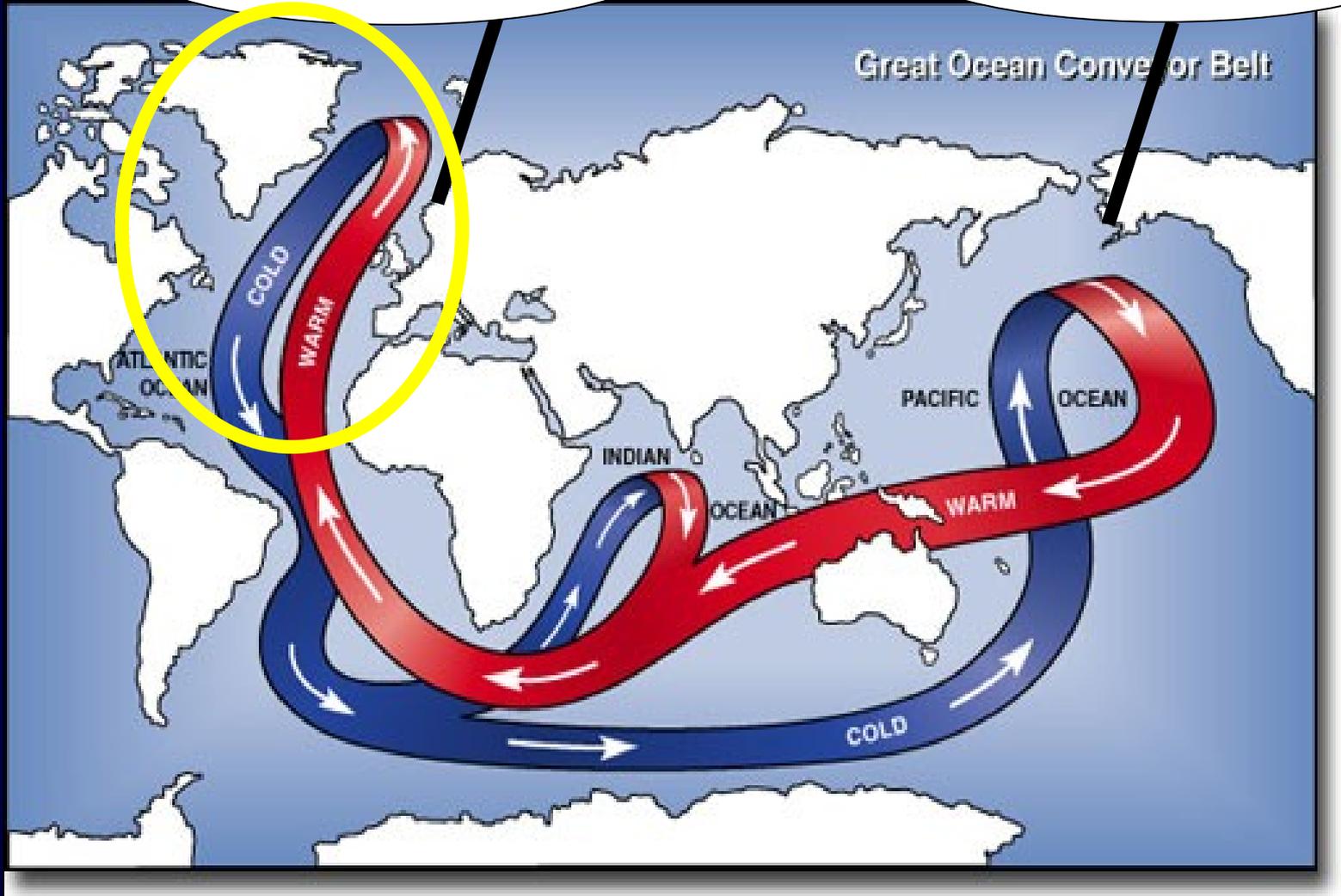
Didier Swingedouw, Pascale Braconnot, Pascale Delecluse, Eric Guilyardi and Olivier Marti

Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement

France

Bodø (Norvège, 67°N)
Janvier = -2°C

Nome (Alaska, 65°N)
Janvier = -15°C



État des lieux

- GIEC 2001 : Aucun des modèles couplés n'incluait la fonte des glaciers (Groenland, Antarctique et montagnes)
- EMICs: Arrêt de l'AMOC pour un ajout d'eau douce de 0.2 Sv (Rahmstorf, 1995)
- Fichefet et al. (2003) : utilisation d'un modèle de calotte groenlandaise couplé à un CGCM
- ⇒ La fonte du Groenland est un terme important pour la réponse de l'AMOC au réchauffement climatique

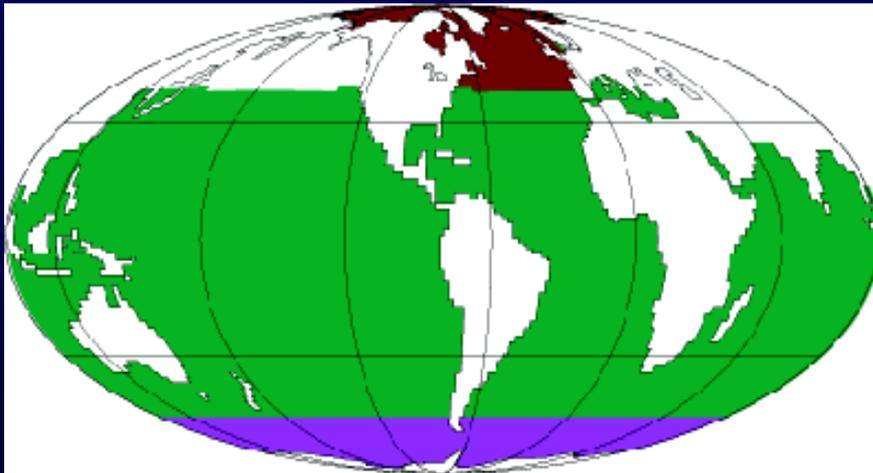
But de ce travail

- **Estimer simplement** la fonte des glaciers et de la neige et leur retour à l'océan, afin d'évaluer l'effet de la fonte des glaciers en simulation scenario
- Analyser **les rétroactions climatiques déclenchées par un ralentissement de l'AMOC** causé par l'ajout d'eau douce due à la fonte des glaciers sur **une échelle de temps de 100 ans**

Outil: modèle couplé IPSL-CM4

- IPSL-CM4:
- Ocean ORCA2: résolution de $2^\circ \times (0.5-2^\circ)$
 - Glace de mer LIM: dynamique-thermodynamique
 - Atmosphère LMDz: résolution de 3.75°
 - Sol ORCHIDEE avec un routage des rivières réalistes

Fermeture du budget d'eau

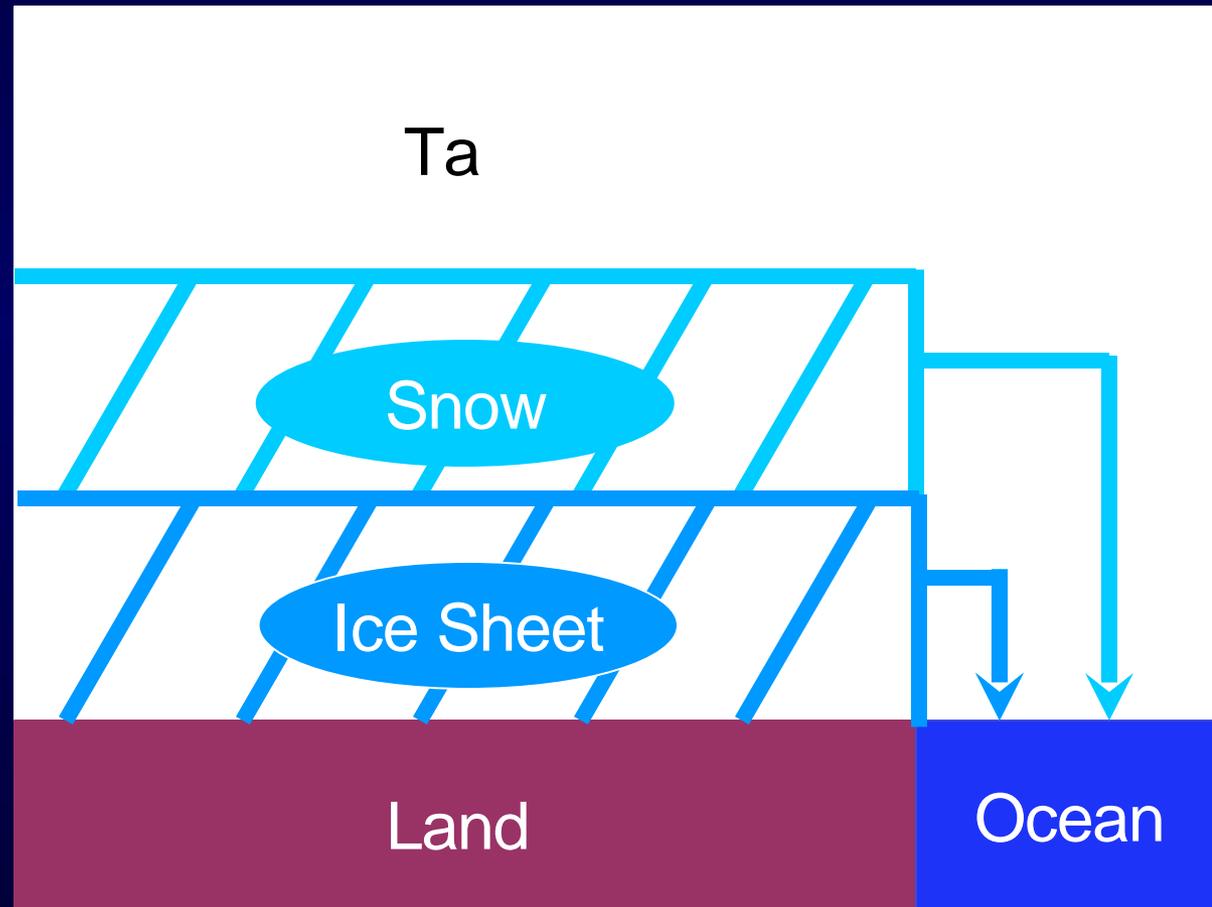


- La neige fondue sur la terre peut retourner à l'océan par ruissellement
- Une paramétrisation simple de la dynamique des icebergs est implémentée
- Les glaciers peuvent fondre, mais leur extension spatiale reste fixe (réservoir infini)

Protocole experimental (1/2)

Deux versions du
modèle couplé
IPSL-CM4:

2) Avec fonte des
glaciers

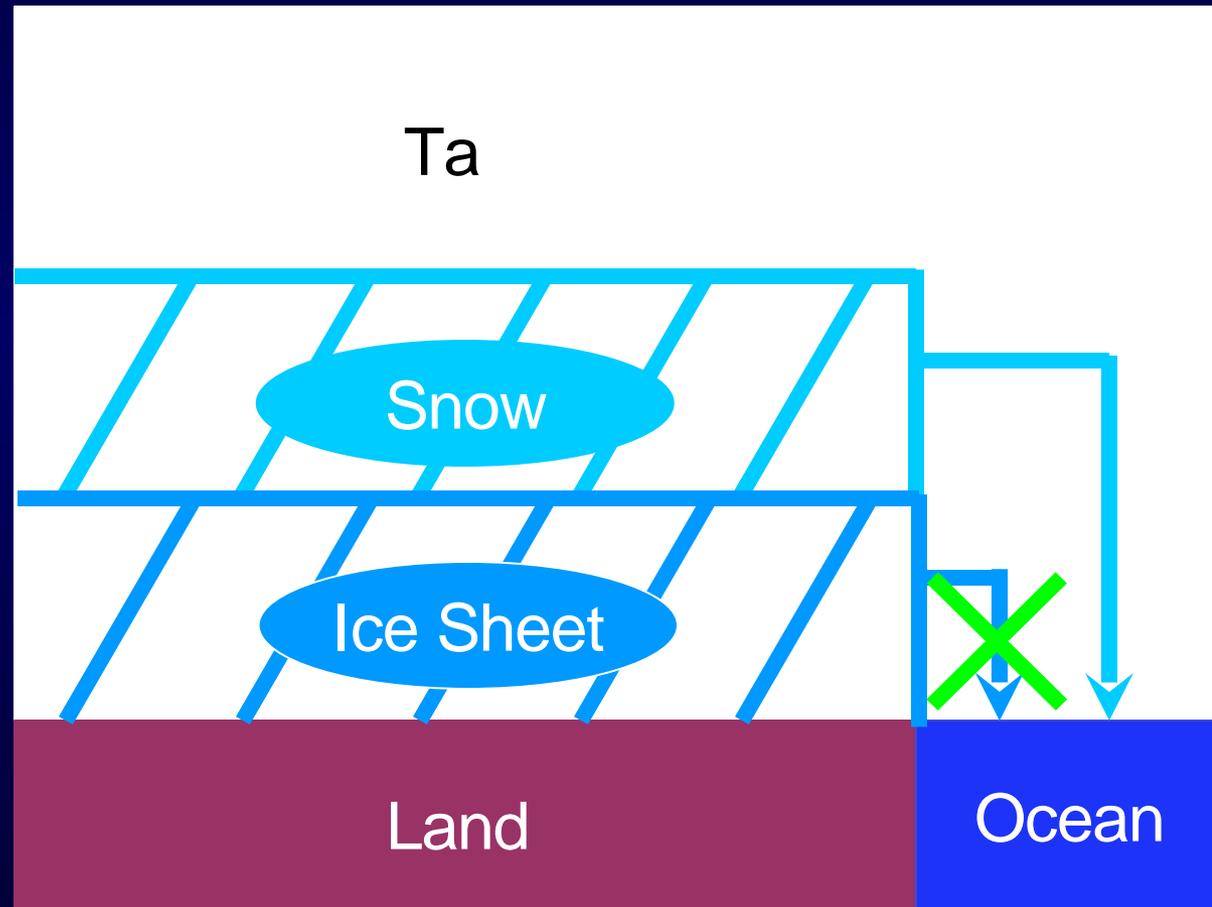


Protocole experimental (1/2)

Deux versions du
modèle couplé
IPSL-CM4:

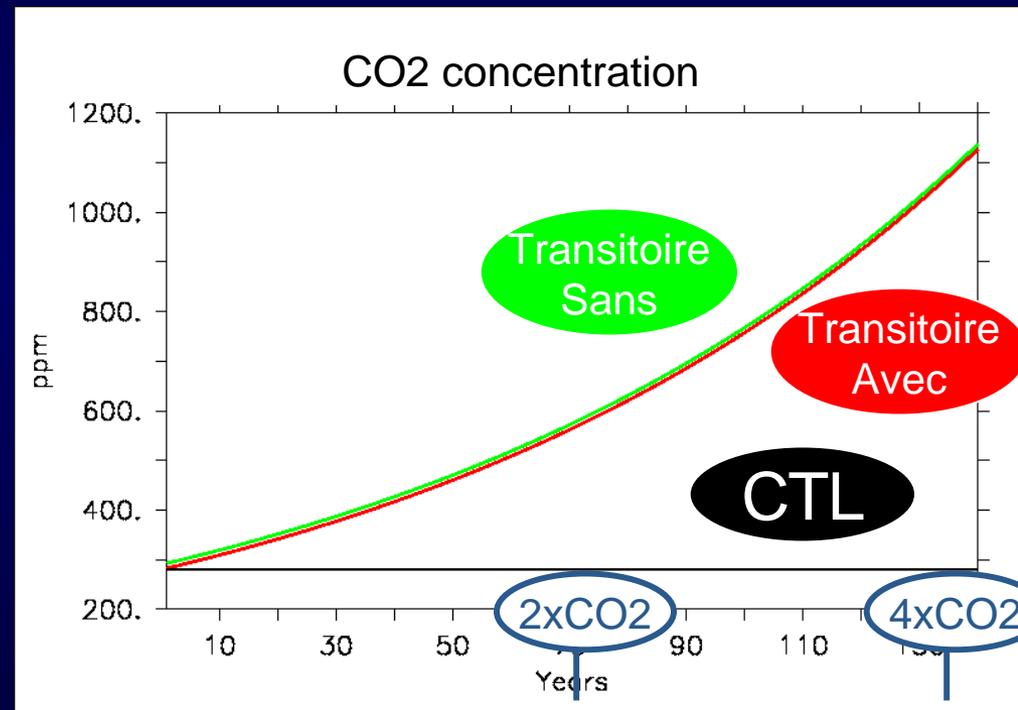
2) Avec fonte des
glaciers

2) Sans fonte des
glaciers



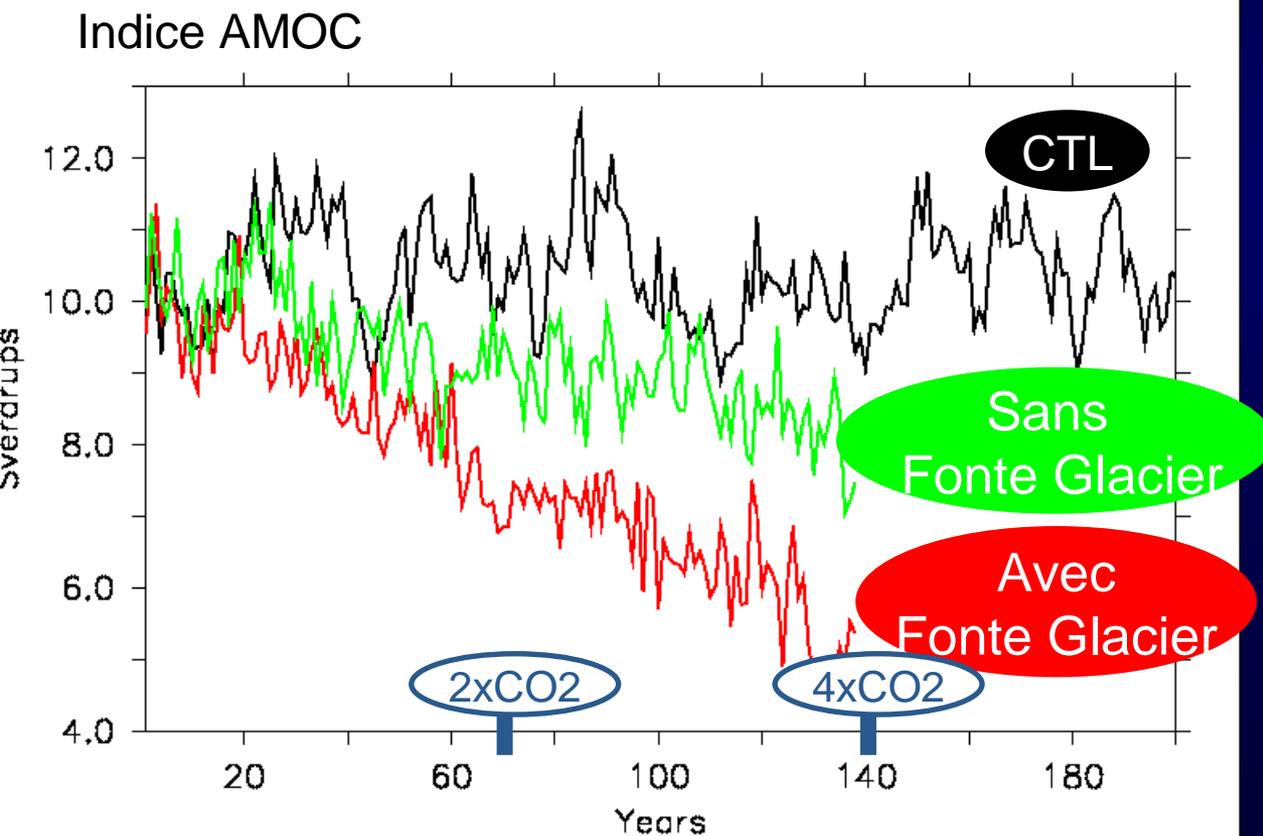
Protocole experimental (2/2)

- Scenario type CMIP2:
La concentration de CO₂ atmosphérique augmente de **1%/an**, ce qui représente un scénario **idéalisé**
- On se concentre sur la **période transitoire de 140 ans** jusqu'à quadrupler la concentration de CO₂ (**4xCO₂**)

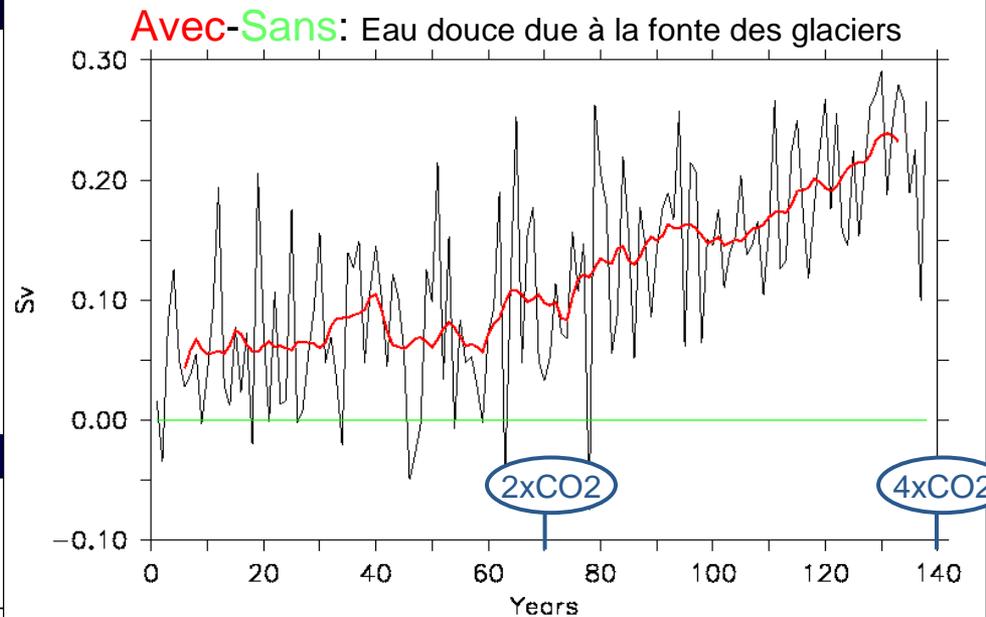


CTL : « Control » pre-industrial simulation

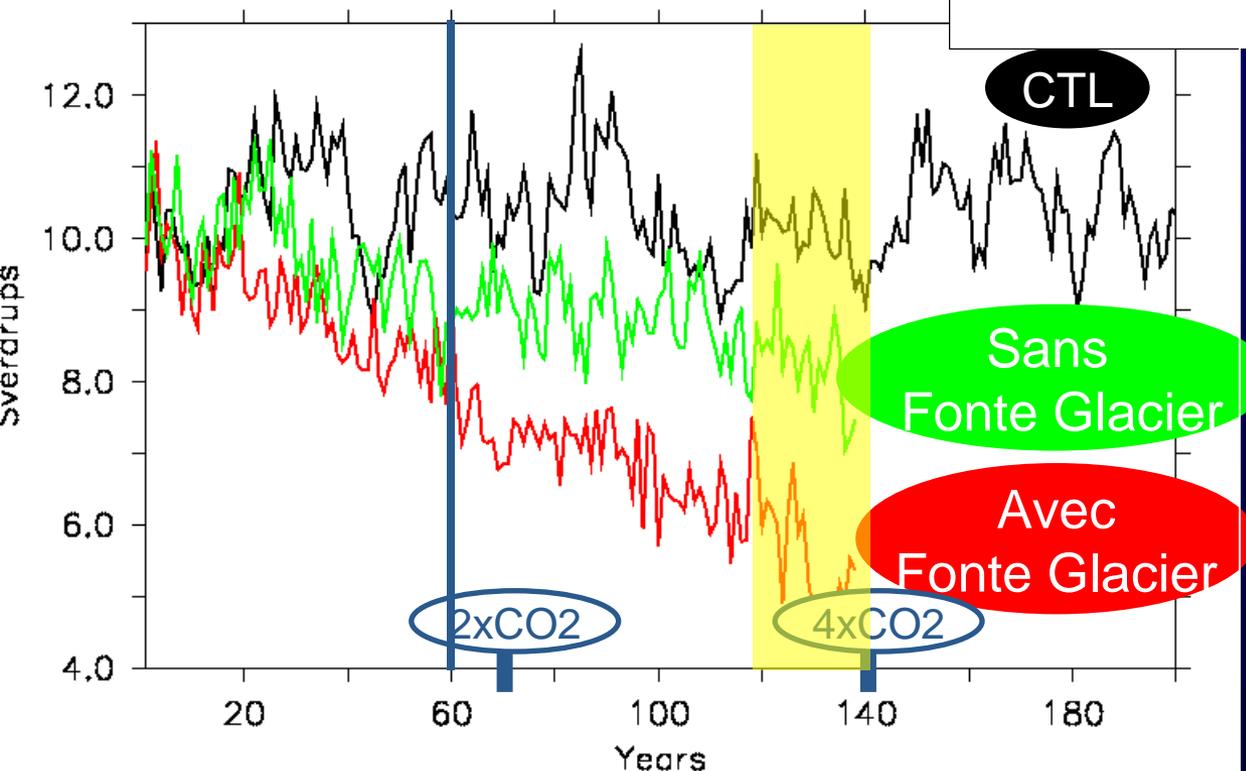
Réponse de l'AMOC



Réponse de l'AMOC et flux d'eau douce additionnel



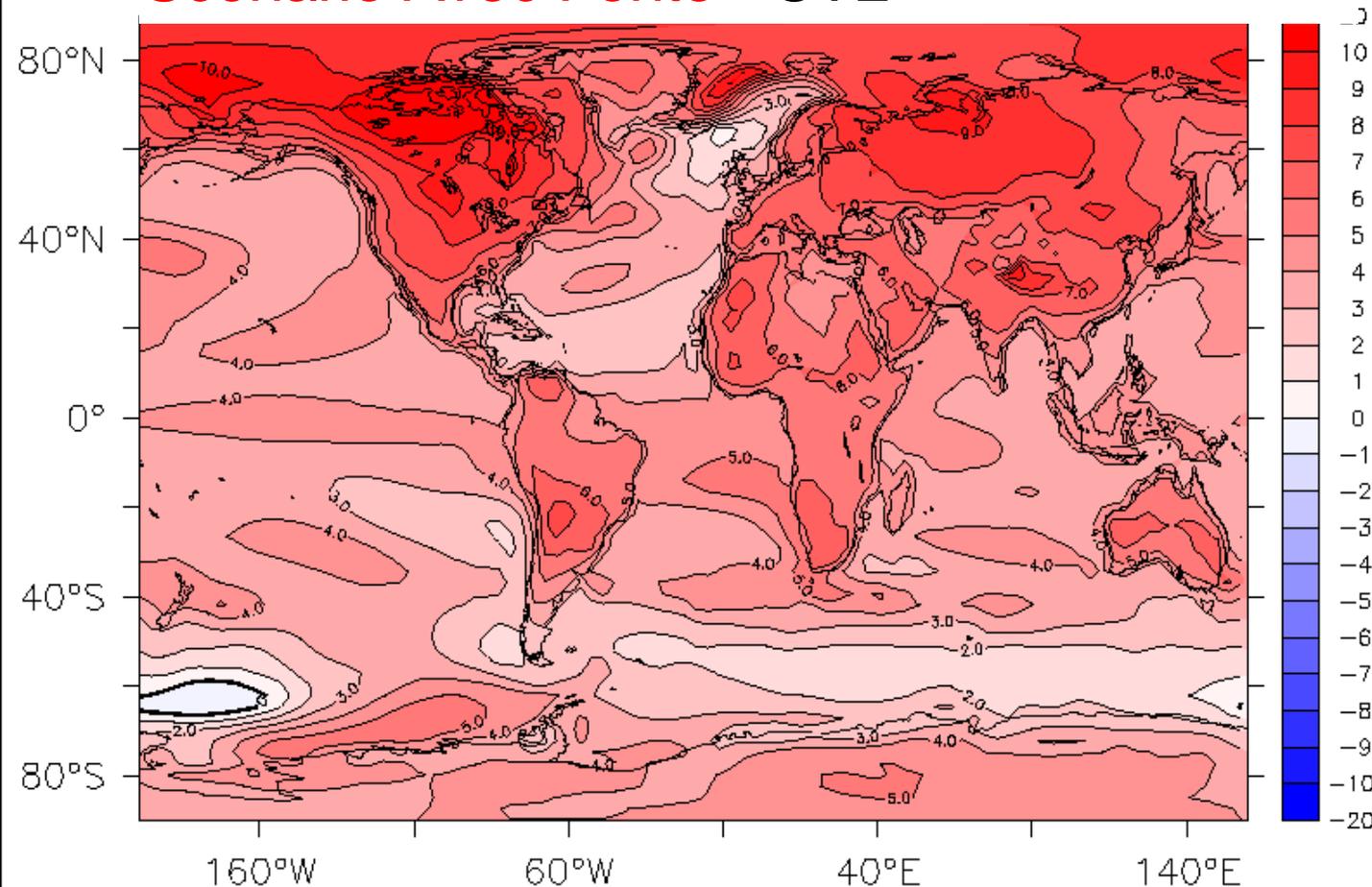
Indice AMOC



- Environ 0.1Sv à 2*CO2 et 0.2Sv à 4*CO2
- 20% du Groenland fondu en 140 ans d'expérience
- « Cas extrême » de fonte des glaciers (Gregory , 2004)

Difference de temperature de surface entre un scénario à 4xCO2 et le CTL

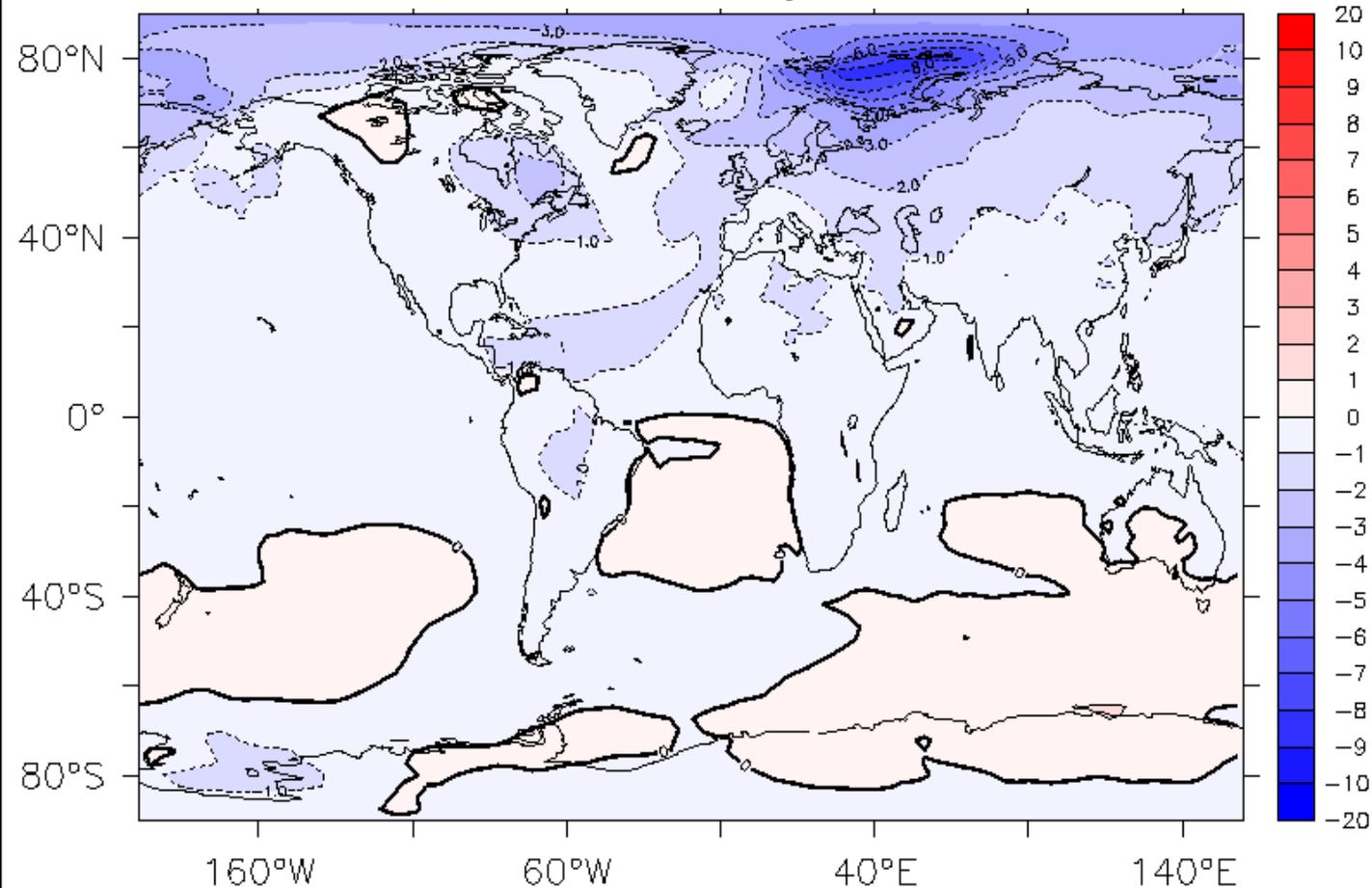
Scénario Avec Fonte - CTL



- Réchauffement total de 4.1 K à 4*CO2

Difference de temperature de surface entre les 2 scenarios à 4xCO2: Effet de la fonte des glaciers

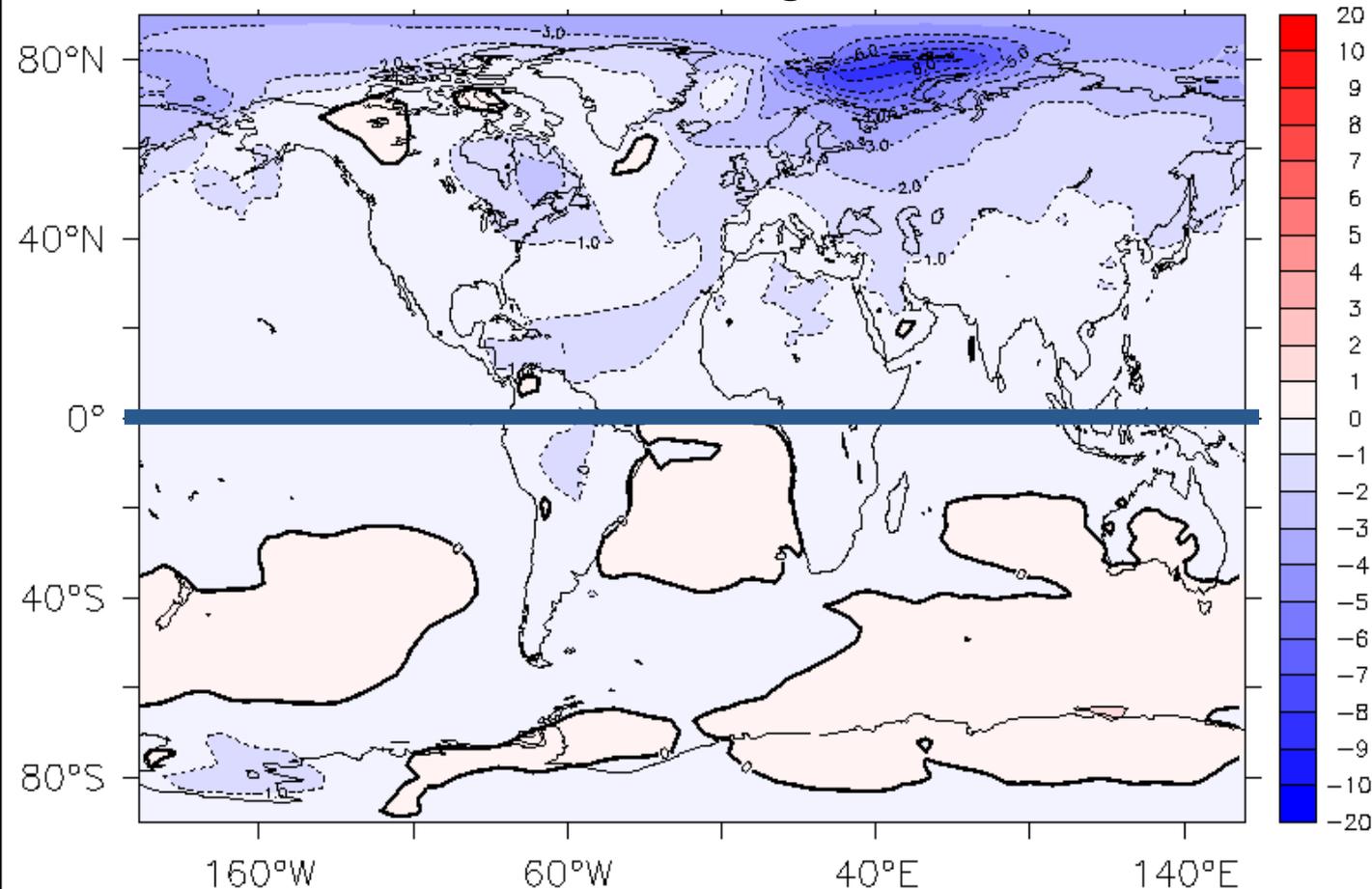
Avec – Sans Fonte des glaciers



- Différence total de -0.44 K

Difference de temperature de surface entre les 2 scenarios à 4xCO2: Effet de la fonte des glaciers

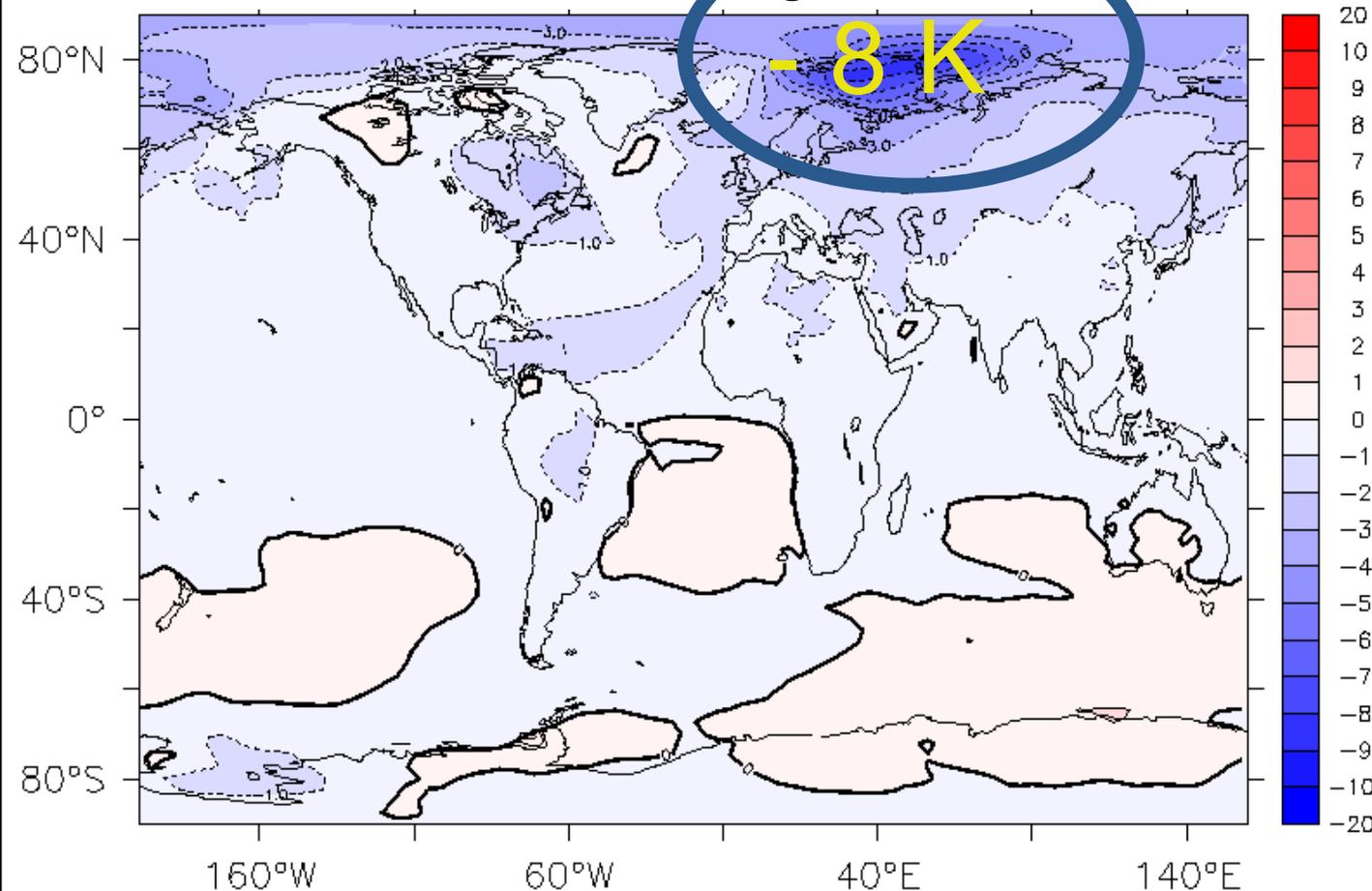
Avec – Sans Fonte des glaciers



- Différence total de -0.44 K
- Différence de -0.85 K dans l'hémisphère Nord, de -0.07 K dans le Sud

Difference de temperature de surface entre les 2 scenarios à 4xCO2: Effet de la fonte des glaciers

Avec – Sans Fonte des glaciers



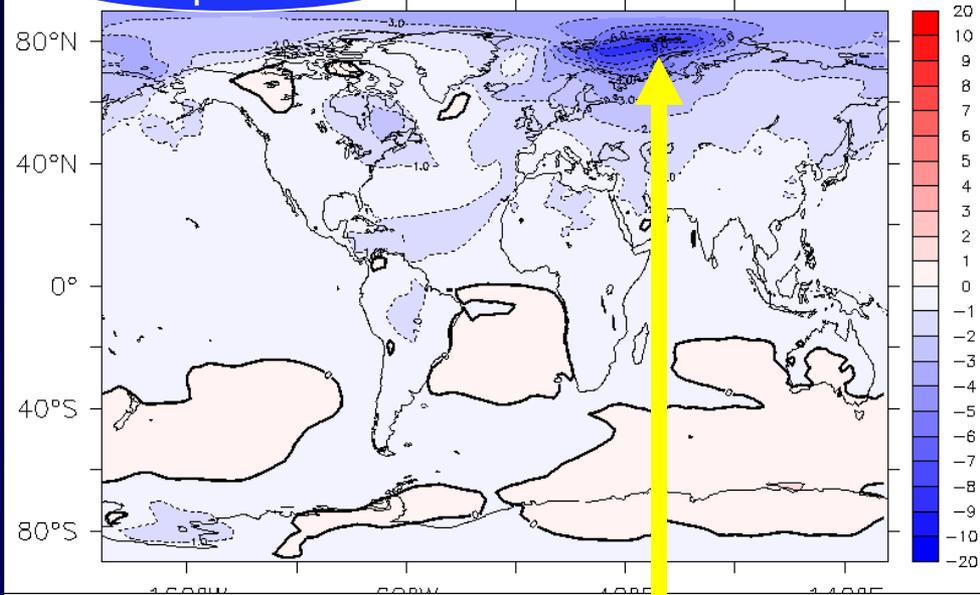
- Différence totale de -0.44 K
- Différence de -0.85 K dans l'hémisphère Nord, de -0.07 K dans le Sud
- La plupart du refroidissement se situe au dessus de la mer de Barents

Influence climatique de la fonte des glaciers : rétroaction en jeu

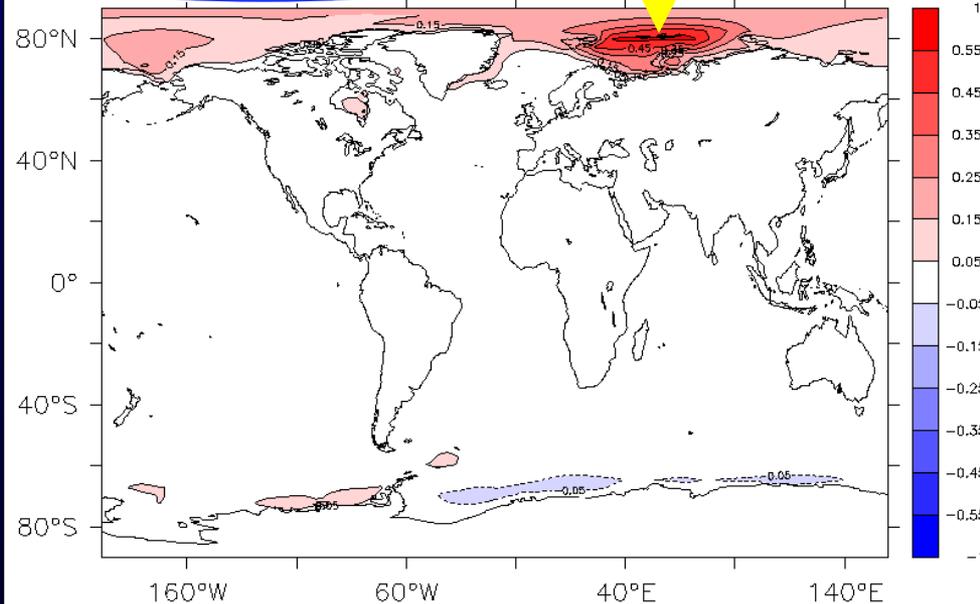
- Entre les 2 scénarios, différence de couverture de glace et température de surface sont corrélés à plus de 95%
- => Rétroaction liée à l'albédo

Avec-Sans fonte des glaciers

Temperature



Couverture glace



Refroidissement: 2 mécanismes possibles liés à l'océan

1. Diminution local
(Arctique) de la salinité
=>
interaction locale avec la
glace de mer (couche de
mélange, point de
congélation...)
2. Difference d'AMOC
=> Moins de transport
méridien de chaleur vers
l'Arctique

Refroidissement: 2 mécanismes possibles liés à l'océan

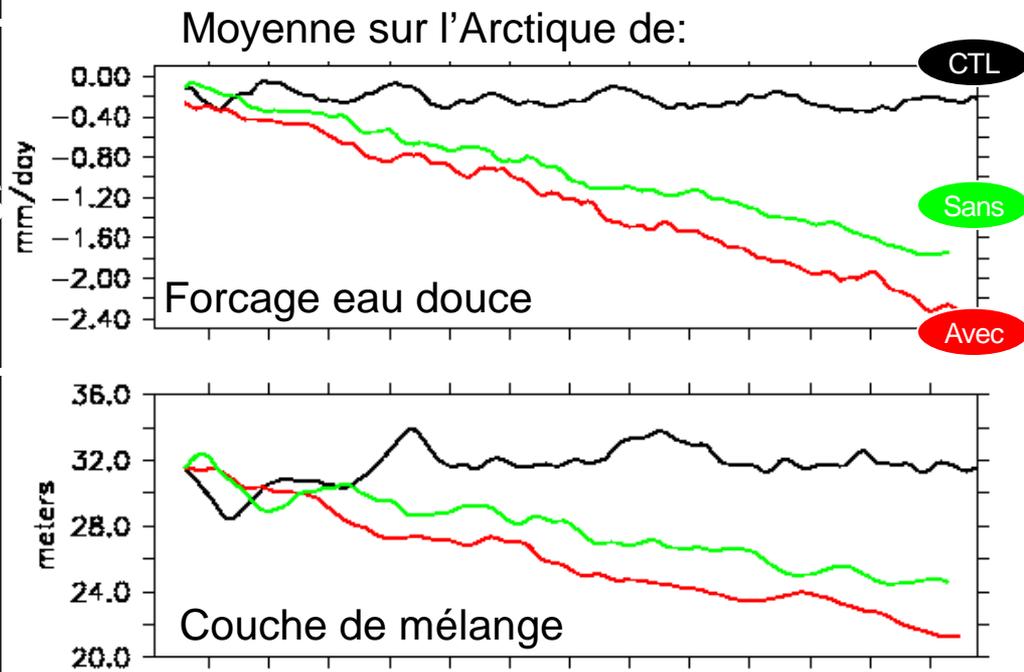
1. Diminution local (Arctique) de la salinité

=>

interaction locale avec la glace de mer (couche de mélange, point de congélation...)

2. Difference d'AMOC

=> Moins de **transport méridien de chaleur** vers l'Arctique



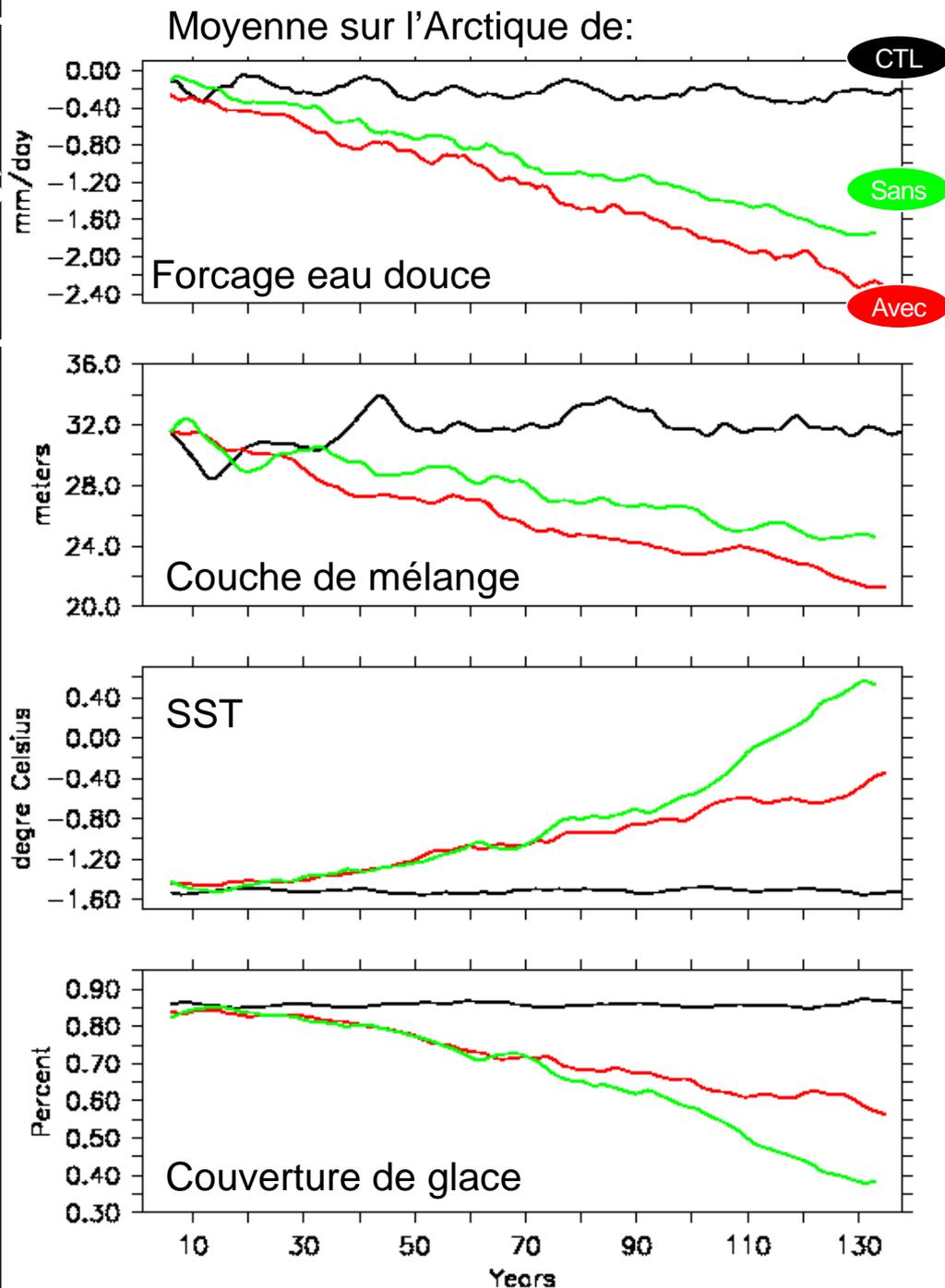
Refroidissement: 2 mécanismes possibles liés à l'océan

1. Diminution local (Arctique) de la salinité

=>

interaction locale avec la glace de mer (couche de mélange, point de congélation...)

2. Difference d'AMOC
=> Moins de transport méridien de chaleur vers l'Arctique



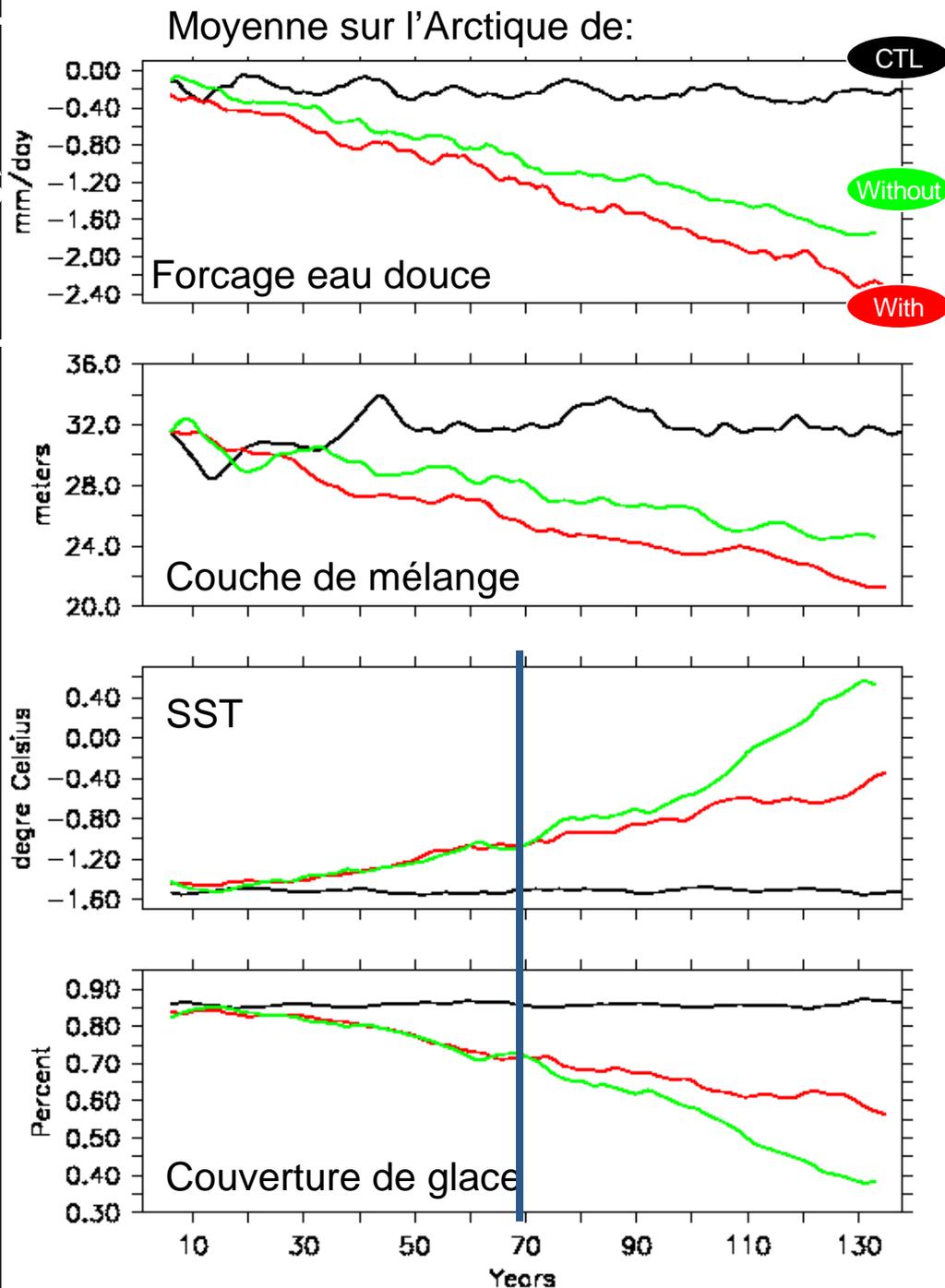
Refroidissement: 2 mécanismes possibles liés à l'océan

1. Diminution local (Arctique) de la salinité => interaction locale avec la glace de mer (couche de mélange, point de congélation...)
2. Difference d'AMOC => Moins de transport méridien de chaleur vers l'Arctique

L'évolution temporelle est en faveur de 2, associé à une variation du transport de chaleur méridien l'année 70 de

+0.17 PW à 20°N

+0.05 PW à 50°N



Conclusions

- **La fonte des glaciers** entraîne une forte diminution de l'AMOC dans le modèle couplé IPSL-CM4, et doit être prise en compte dans les nouvelles générations de modèles couplés
- Les changements d'AMOC entre les scénarios apparaissent après 60 ans d'intégration de la fonte des glaciers, et **déclenchent une rétroaction climatique positive rapide** par le biais de la couverture de glace de mer
- Afin de valider pleinement ce processus, il semble nécessaire d'utiliser un modèle de glacier complet au moins pour le Groenland (en progrès)



Merci