

Couplage Climat-Calottes



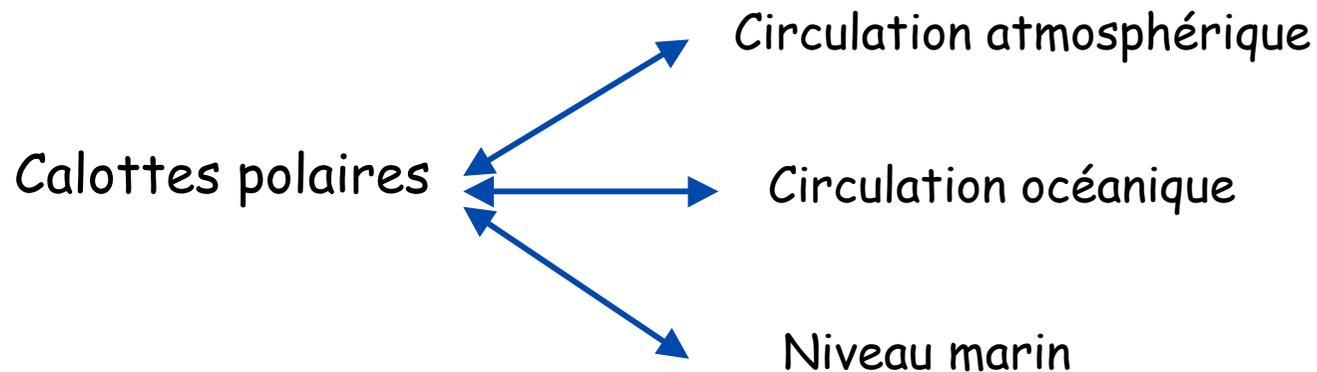
Personnel impliqué :

*Au LSCE : Sylvie Charbit, Masa Kageyama, Christophe Dumas, Gilles Ramstein
Stefano Bonelli, Jorge Alvarez-Solas, Marie-Noëlle Woillez*

Au LGGE : Catherine Ritz, Gerhard Krinner, Christophe Genthon, Hubert Gallée

+ LEGI (MEOM)

Etat de l'art :



Les plus grosses incertitudes sur la remontée du niveau marin au cours du prochain siècle proviennent des incertitudes sur la fonte des calottes.

Plusieurs groupes dans le monde :

Côté GCMs :

MPI : ECHAM3-LSG2-HAMOCC3 + SICOPOLIS

Hadley Center : HADCM3 + GISM

Côté EMICs :

PIK : CLIMBER + SICOPOLIS

Belgique & Pays-Bas : LOVECLIM + GISM

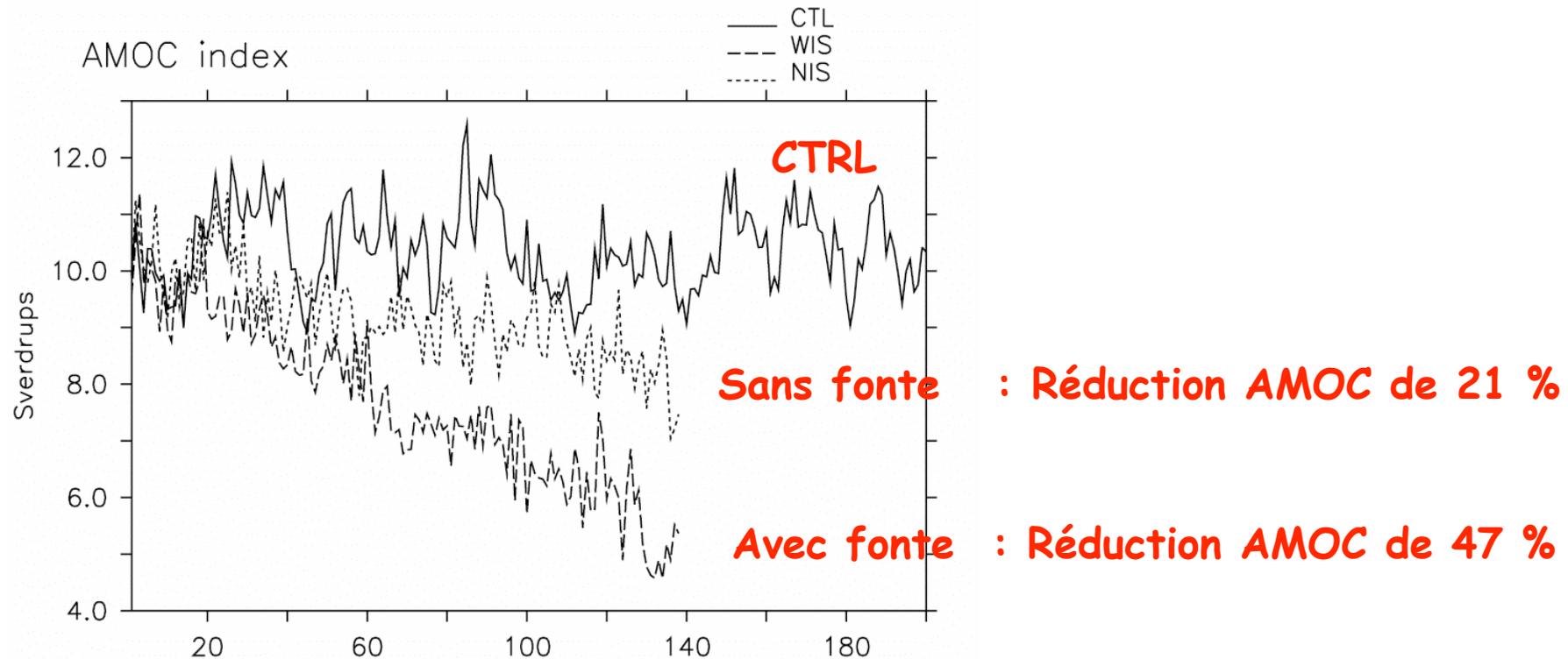
Bristol : FAMOUS + GLIMMER

GENIE + GLIMMER

LSCE : CLIMBER + GREMLINS + GRISLI

Swingedouw et al. (2006):

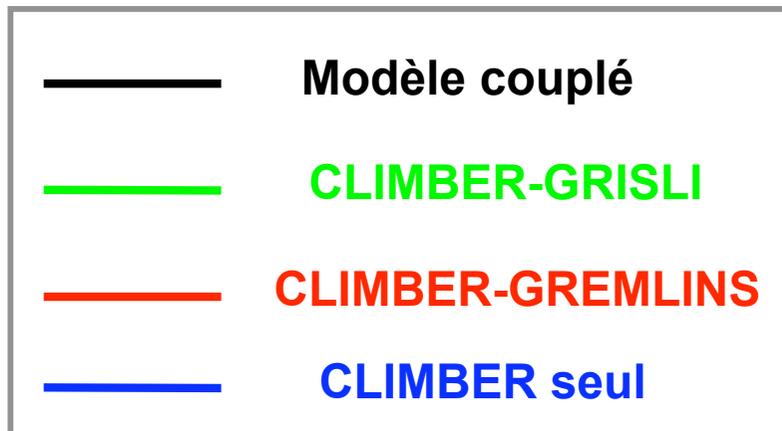
Simulations futures (4xCO₂) **IPSL_CM4** avec et sans paramétrisation de la fonte des glaciers :



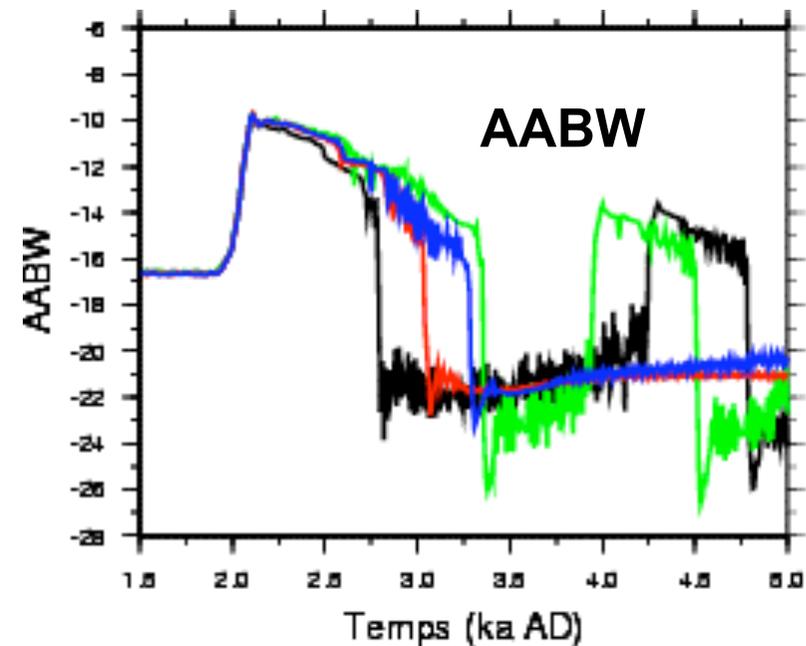
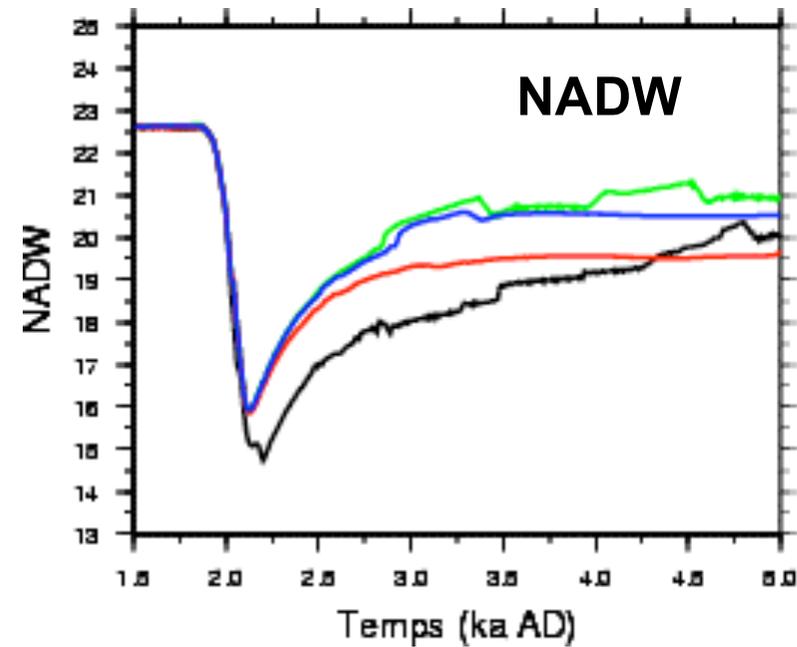
Mais : pas de prise en compte des changements d'altitude et des changements d'albedo → Nécessité d'un couplage avec des modèles de calottes

Mise en évidence des effets du couplage

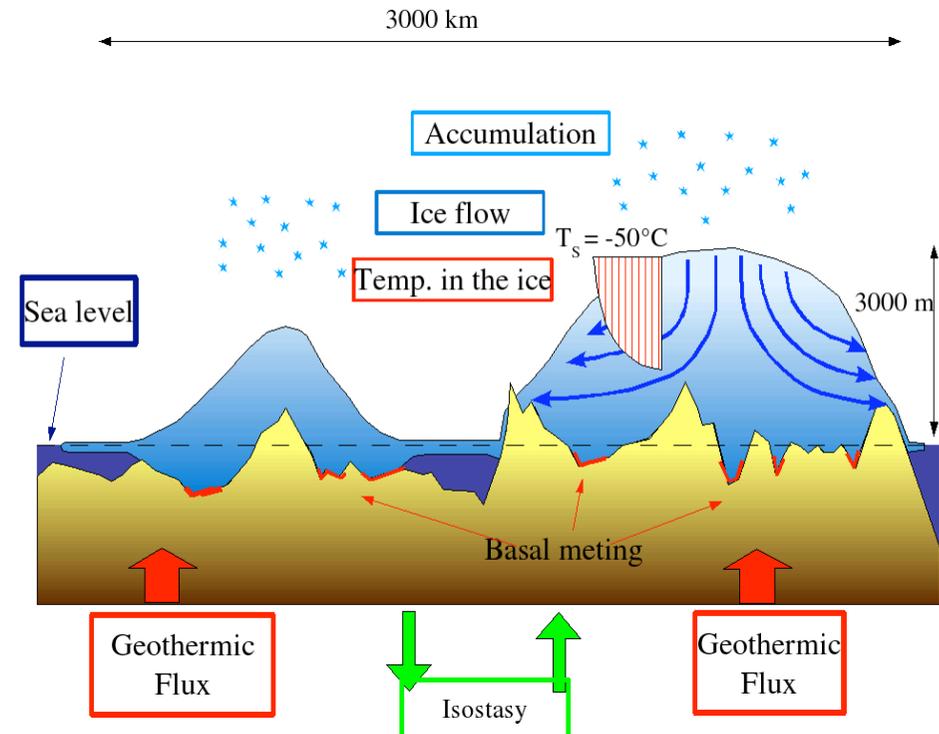
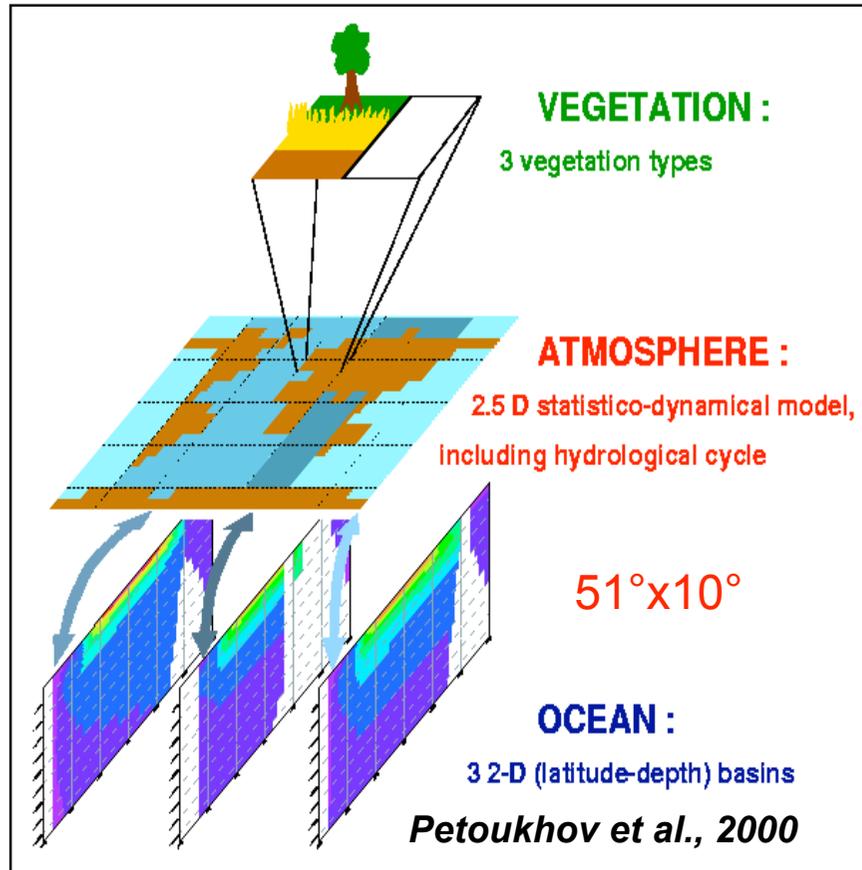
Simulation 4xCO2 stabilisé



GREMLINS : Modèle Hémisphère Nord
GRISLI : Modèle Antarctique



CLIMBER-GREMLINS-GRISLI



Hémisphère Nord : 45 km x 45 km
GREMLINS : glace posée seulement

Hémisphère Sud : 40 km x 40 km
**GRISLI : glace posée + fleuves de
glace & ice shelves**

Ritz et al., 1997,2001

Procédure de couplage

downscaling

- Température annuelle
- Température d'été
- Accumul. neigeuse



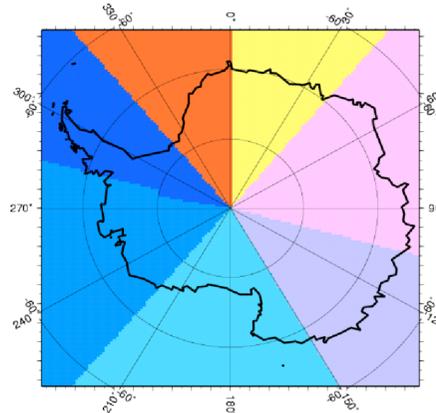
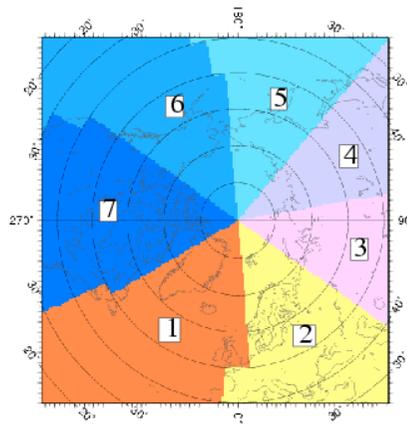
GREMLINS + GRISLI
(bilan de masse en surface)

Temp. océaniques



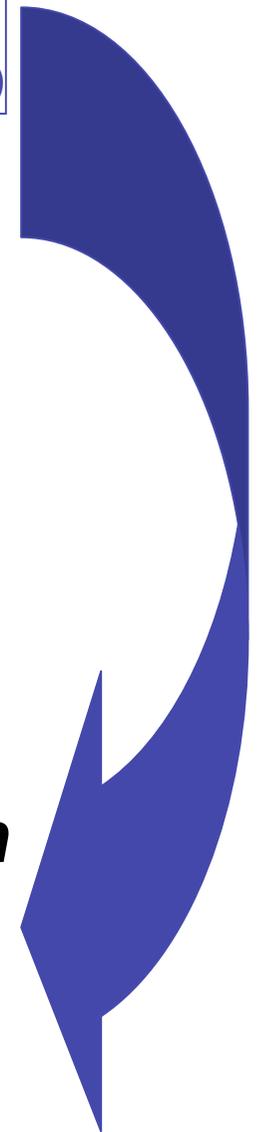
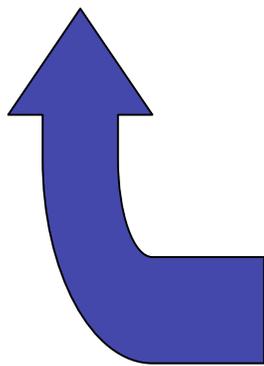
GRISLI
(fusion basale sous les
ice shelves)

CLIMBER
(climat)

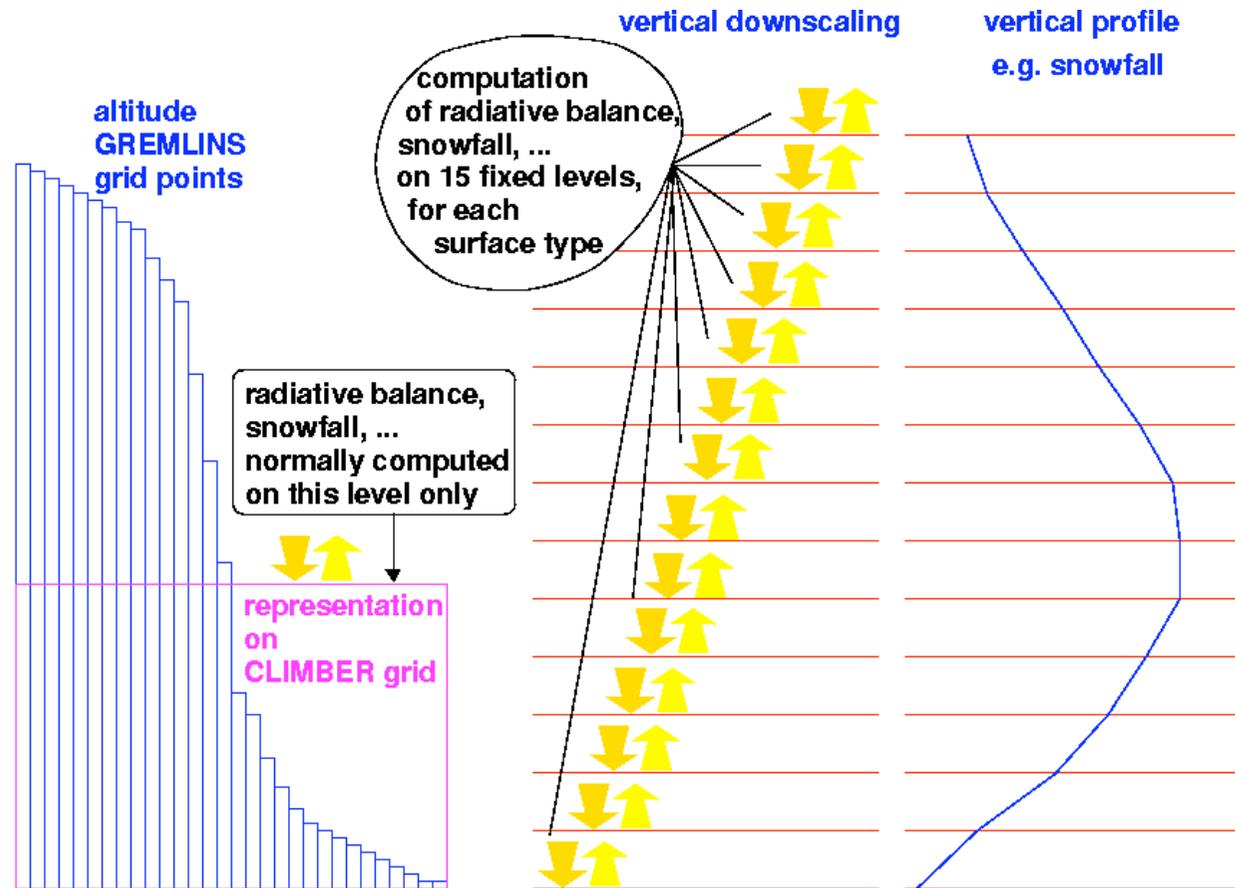


aggregation

- Type de surface : non englacée, océanique ou surface englacée
- Altitude
- Flux d'eau douce issus des calottes



Downscaling



Profil d'humidité calculé en fonction du profil de température → la dépendance des précipitations avec l'altitude est prise en compte via la relation altitude-température.

Mais : Encore beaucoup d'incertitudes !

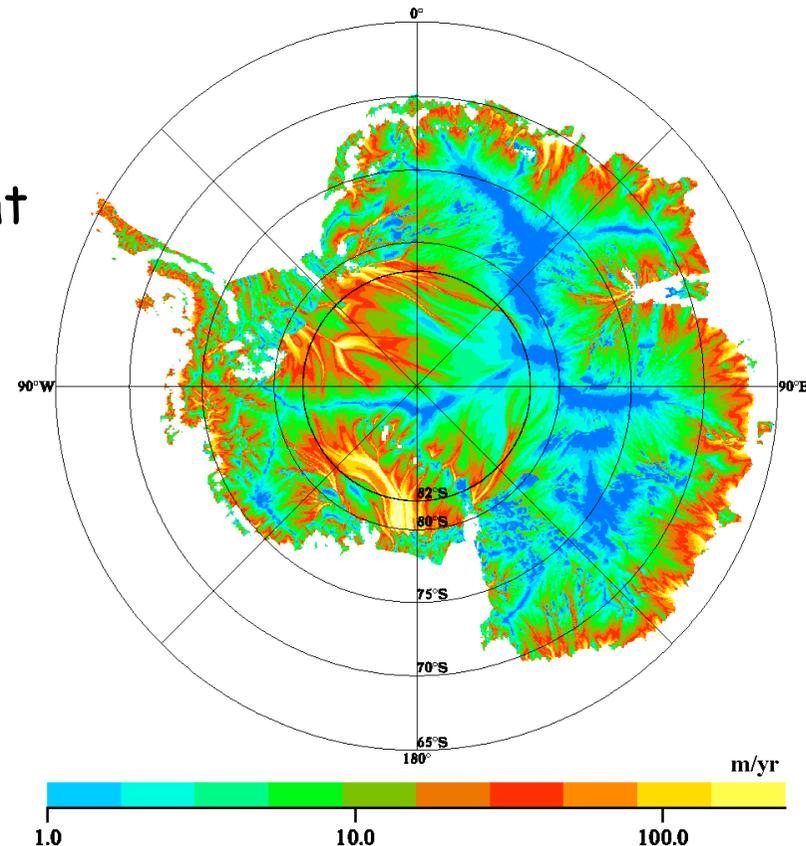
Nécessité d'avoir un forçage climatique le plus réaliste possible pour étudier le prochain siècle

Dynamique de la glace : Prise en compte des processus de petite échelle (fleuves de glace, accélération des glaciers émissaires, lubrification ...)

Vitesses d'écoulement

A la côte, les fleuves de glace représentent 13 % de la circonférence.

Ils contribuent à l'évacuation de près de 90 % de la glace posée en amont .



Limitations liées à la méthode de couplage

Méthode du PDD : calibrée sur qq. Sites du Groenland à l'Actuel

- Coefficients de fonte constants pour neige et glace. Pas de dépendance avec l'albédo, la température etc ... Sous estimés dans les régions du Nord du Groenland
- Cycle saisonnier reconstruit à partir de Tann et Tjja
- Sensibilité plus importante en climat chaud qu'un EBM

Précipitations :

- Utilisation des précipitations annuelles : pas de rétroaction avec l'albédo
- Surestimées en altitude

Lapse rate le long de la pente :

- Sous estimé (d'après comparaison avec le modèle MAR)

Calcul de la fusion basale sous les ice-shelves:

Nécessité de mieux représenter les températures océaniques et la circulation sous les ice shelves (pb d'échelle spatiale : mécanismes de petite échelle très mal pris en compte actuellement)

Perspectives : Projets en cours

Programme CASTOR (LEFE) :

Simulations futures CLIMBER-GREMLINS-GRISLI

Forçage de GREMLINS et GRISLI par les sorties des modèles IPSL_CM4 et CNRM_CM3 (scénarios B1 et A2)

Tester l'impact des flux d'eau douce prescrits par les modèles de glace

→ Vers un couplage asynchrone

Programme NEEM (ANR) :

Comparaison des variables climatiques issues des modèles IPSL, CNRM, ECHAM, CLIMBER au-dessus du Groenland avec celles issues du modèle MAR → mieux contraindre les incertitudes sur le bilan de masse

Tester différentes méthodologies de downscaling et de calcul du bilan de masse (comparaison PDD / EBM)

Perspectives : Projets futurs

Projet Sea-level (FP7) :

Impact des processus de petite échelle sur la grande échelle dans les modèles de glace

Projet COMBINE (FP7) :

Couplage entre IPSL_CM4 et GREMLINS et GRISLI

Nécessité d'améliorer le couplage avec l'atmosphère

Couplage avec l'océan : Nécessité d'avoir une bonne représentation des températures océaniques et de la circulation océanique sous les ice-shelves

Chantier MGVI → vers un couplage MGVI-GREMLINS et/ou MGVI-GRISLI

Quelques Résultats

Forcing GREMLINS

2 AOGCMs climate snapshots : 21 kyr and 0 kyr

+ a climatic index given by the GRIP record : $\Delta X(t) = (1 - \alpha(t)) \times \Delta X_{lgm}$

Climatic fields :

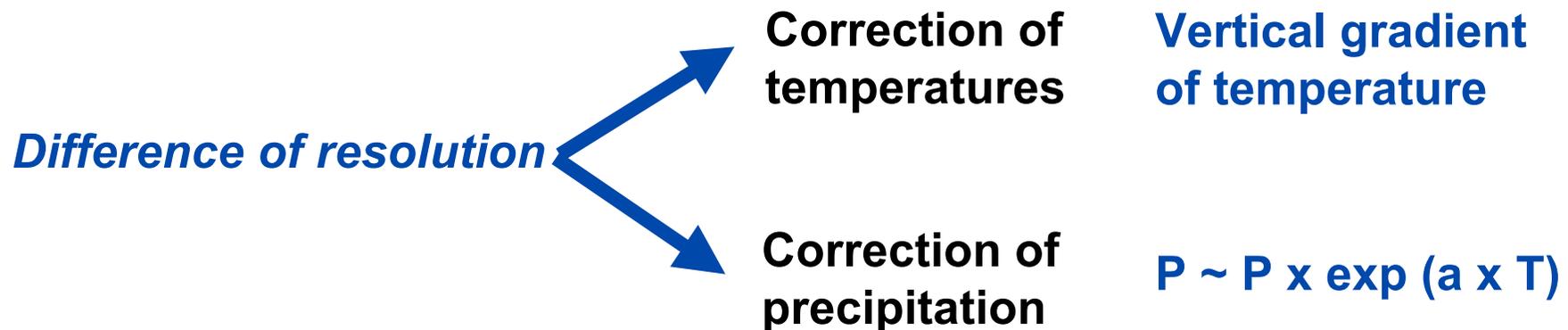
Tann & Tjja → Ablation (PDD method)

$$\Delta T = T_{\text{past}} - T_{\text{ctrl}}$$

Pann & Tann → Snow accumulation

$$\Delta P = P_{\text{past}} / P_{\text{ctrl}}$$

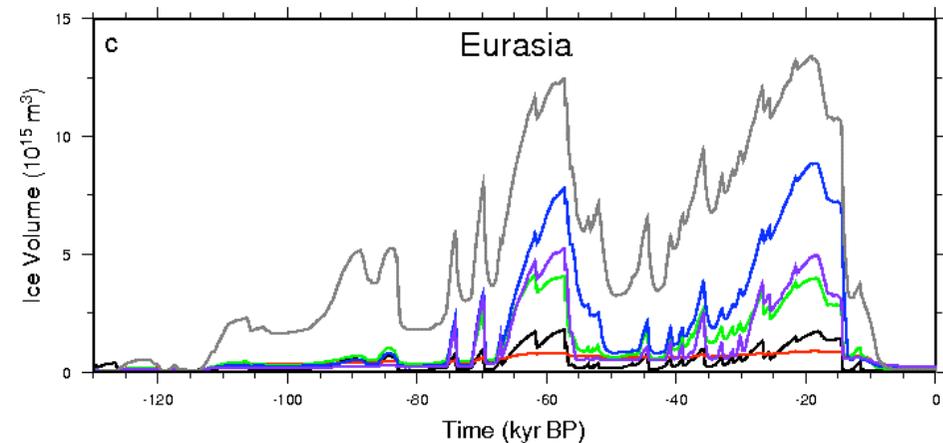
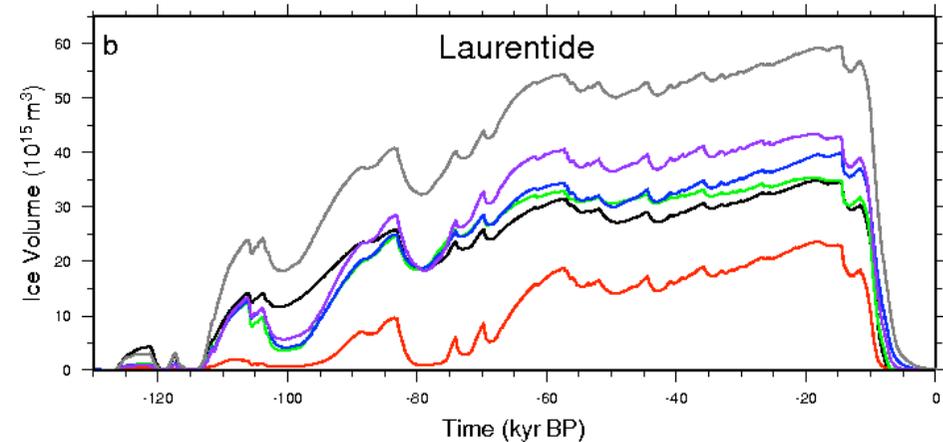
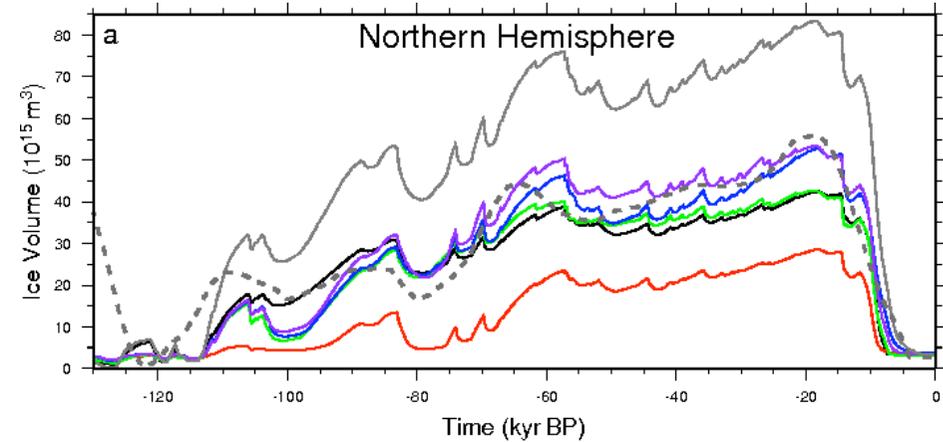
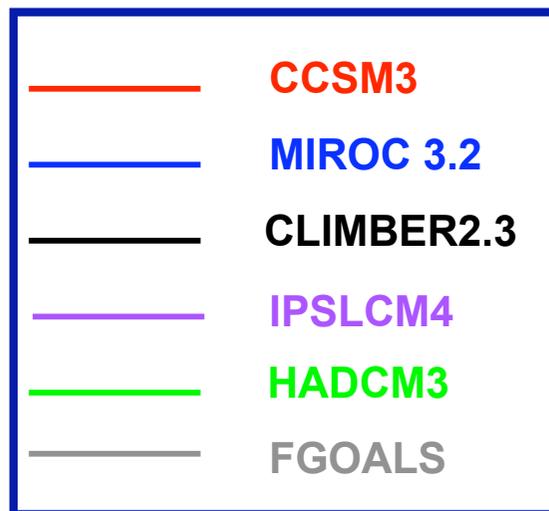
ΔT and ΔP are interpolated on the ISM grid (45 km x 45 km)

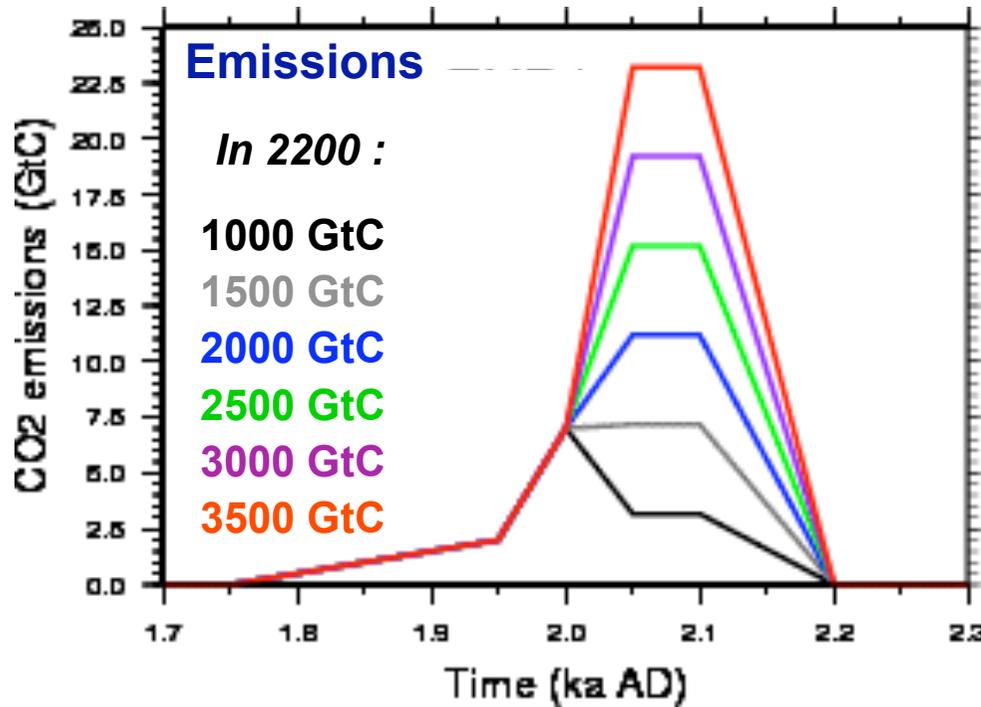


Le dernier cycle climatique

3 « types » de comportements:

- FGOALS
- CCSM
- CCSM
- Les autres modèles : assez bon accord avec le niveau marin

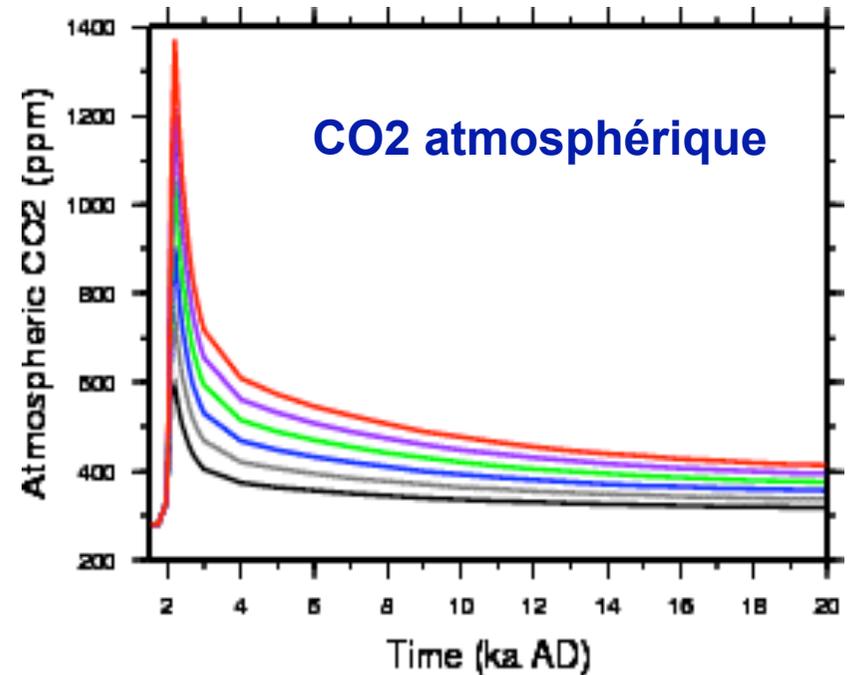




Quel taux de CO2 émis mène à la fonte irréversible du Groenland ?

Hypothèses

- En 2000 : 7 GtC/yr
- Variation linéaire du flux entre 2000 et 2050
- flux stabilisé entre 2050 and 2100
- Emissions stoppées après 2200



$$CO_2_{atm} = CO_2_{initial} + C_{tot} [0.75e^{-t/365yr} + 0.135e^{-t/5500yr} + 0.0135e^{-t/8200yr} + 0.08e^{-t/200kyr}]$$



Dissolution dans l'océan

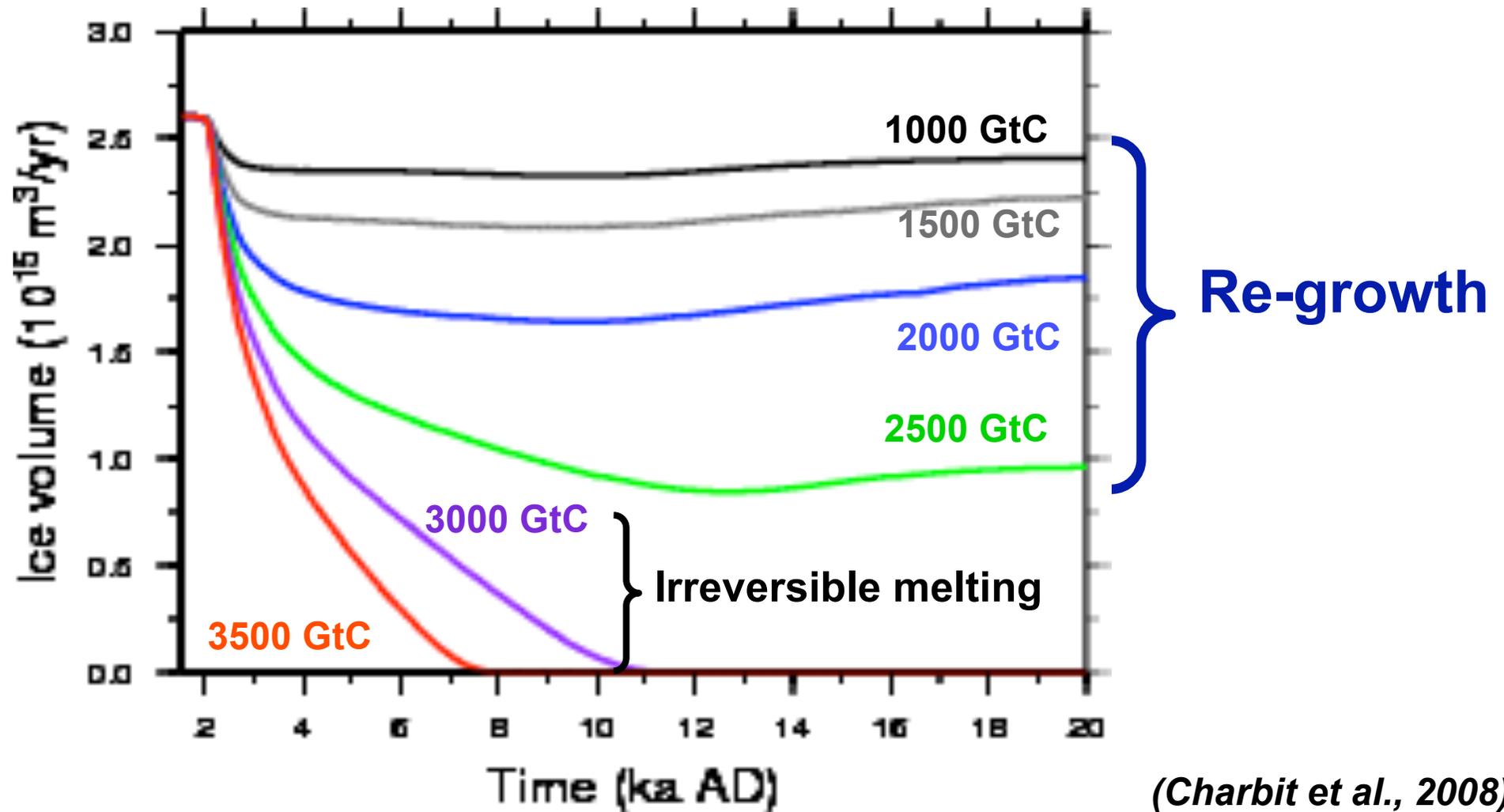


Neutralisation chimique



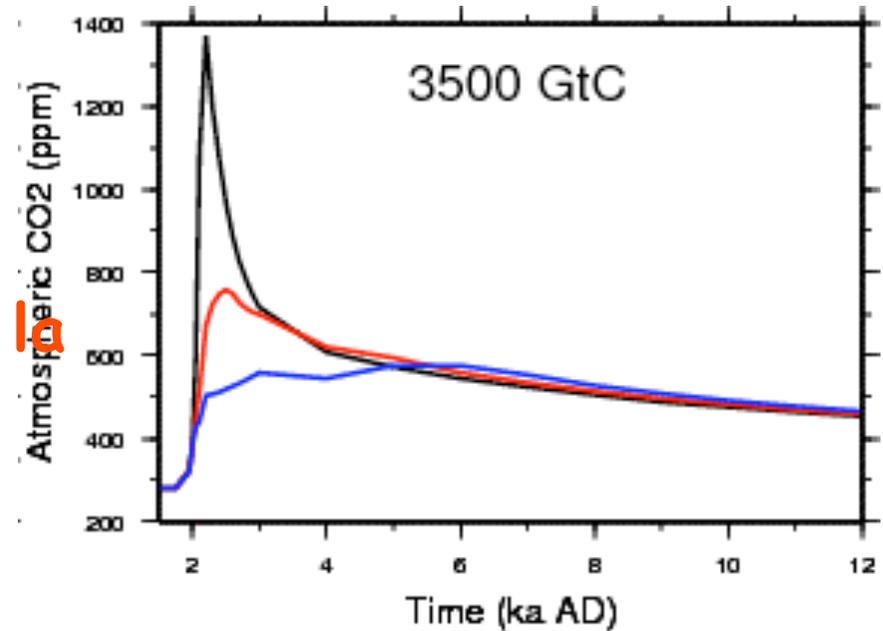
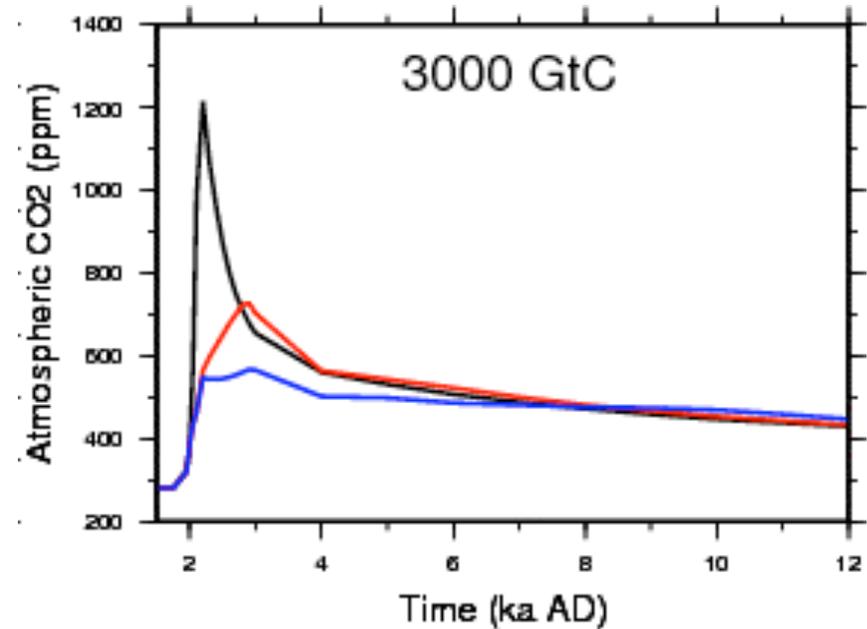
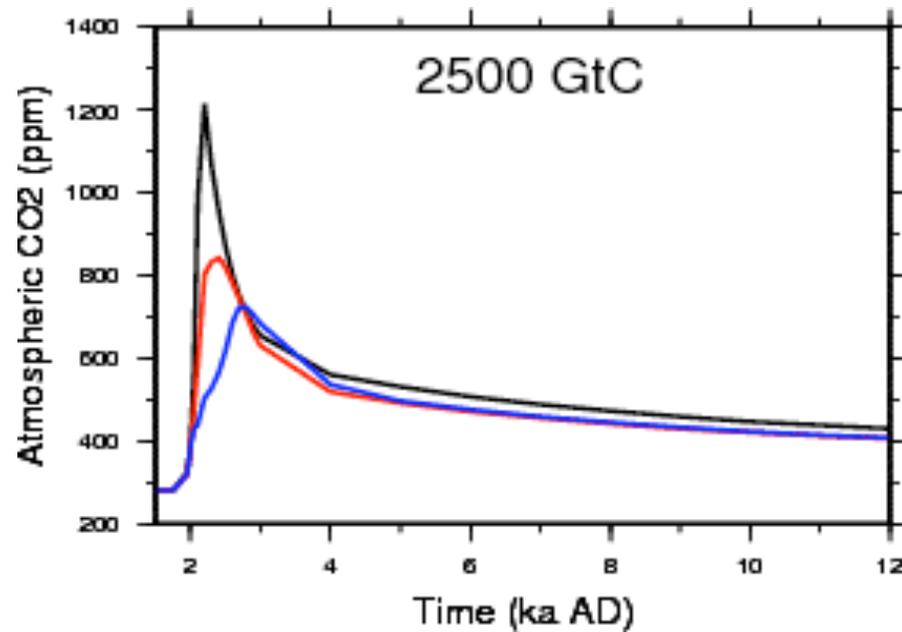
Erosion des silicates

Volume de glace du Groenland

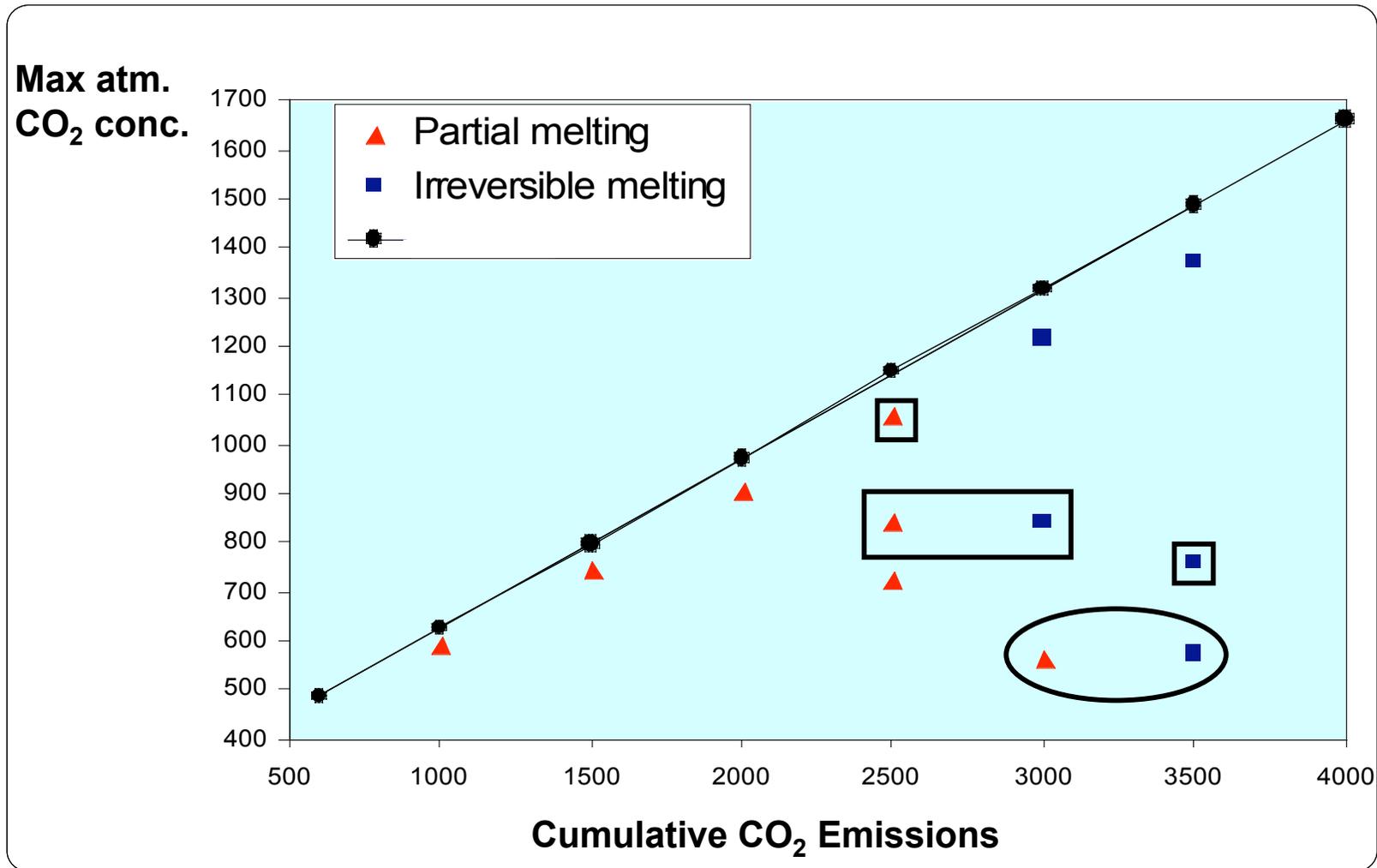


(Charbit et al., 2008)

Impact de la vitesse d'émission du CO₂ ?



Permet de tester l'impact de la durée et de l'amplitude du réchauffement



Le comportement du Groenland dépend essentiellement de la quantité totale de CO₂ émise