

# Climat aux pôles : Apports de la 4<sup>ème</sup> année polaire

Jérôme Chappellaz



LGGE, Grenoble, France



# Les pôles : glaces et climat vont de concert

- **Témoin** : extension ou régression de la cryosphère
- **Acteurs** : amplification (albédo) / circulation océanique / cycle du carbone / niveau des mers
- **Archives** : histoire du climat et de l'atmosphère

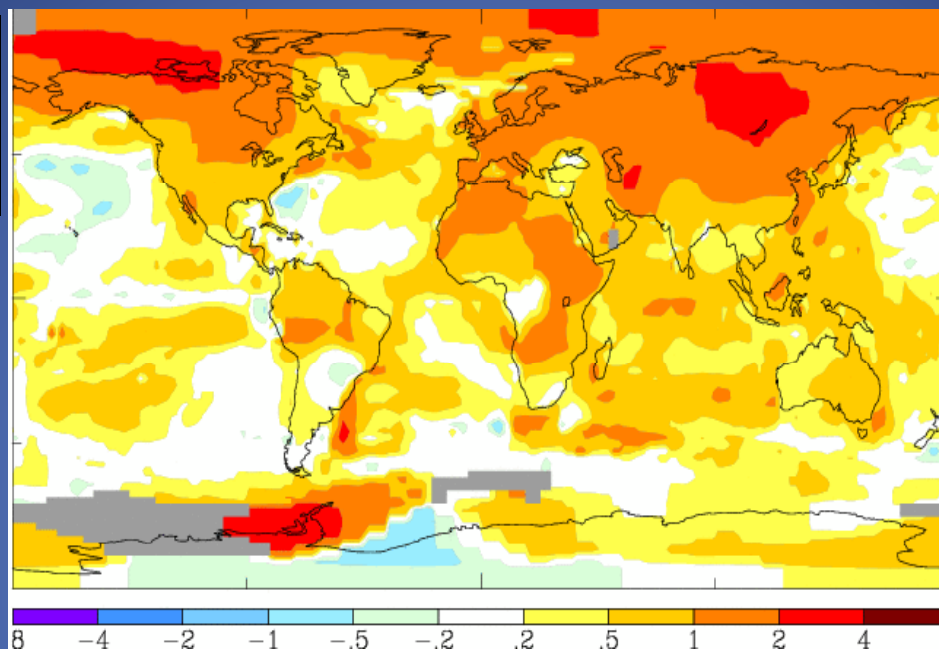


Couvrant des dizaines de millions de km<sup>2</sup>, la planète blanche représente à la fois un témoin et un acteur de l'évolution du climat

Les carottes de glace constituent une mémoire unique du climat et de l'atmosphère

# Climat : passé, présent, futur

Anomalies de la température globale (°C) entre 1957 et 2007 (NASA/GISS)



Modèles climatiques

Rétroactions?  
Forçages naturels  
Modes de variabilité?  
Seuils ?

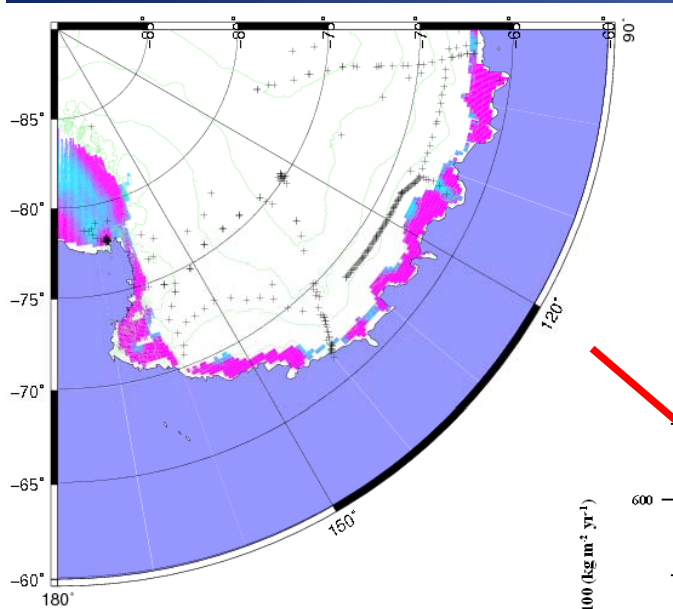
Archives climatiques

- Nécessité d'**observations** multi-processus, multi-échelles
- Nécessité d'une **base de données** climatiques fiable pour valider les **modèles climatiques**
- Nécessité d'étendre **l'histoire du climat** et celle des forçages au delà de la période instrumentale pour comprendre les rétroactions lentes (cryosphère, cycle du carbone,...) et les effets de seuil

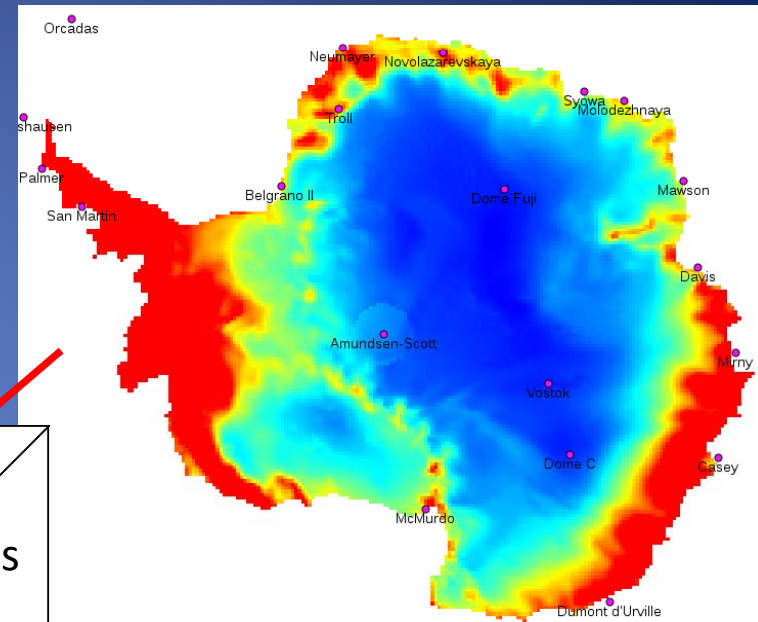
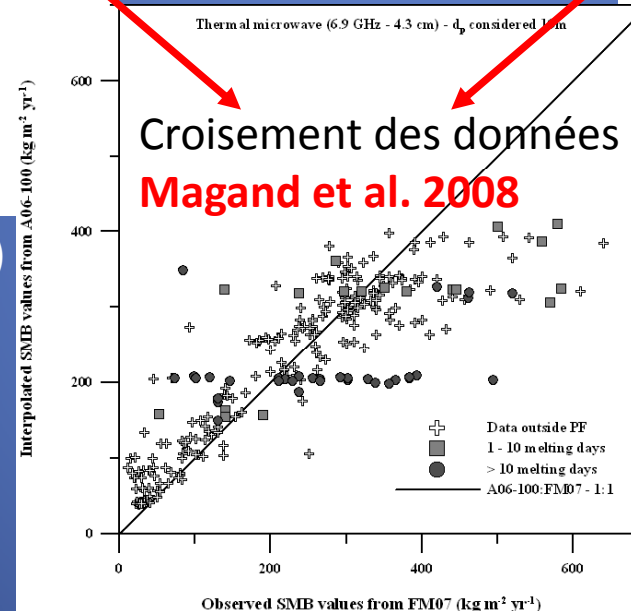
# Implication française « climat » dans la 4<sup>ème</sup> API

- Raids scientifiques Antarctique : **TASTE-IDEA** (ANR Vanish, IPEV)
- Validation satellite et dynamique atmosphérique en Antarctique : **THORPEX-IPY** (Projet Concordiasi : CNES, Météo-France, IPEV, INSU)
- **Concordia**-glaciologie (IPEV, INSU)
- Paléoclimat-Paléoenvironnements, carottages dans la glace : **IPICS**
  - NEEM (ANR NEEM, IPEV)
  - Talos Dome (INSU, IPEV)
  - Dome A (ANR Dome A, IPEV)

# Climat polaire : accumulation



Mesures au sol (1958-2008)



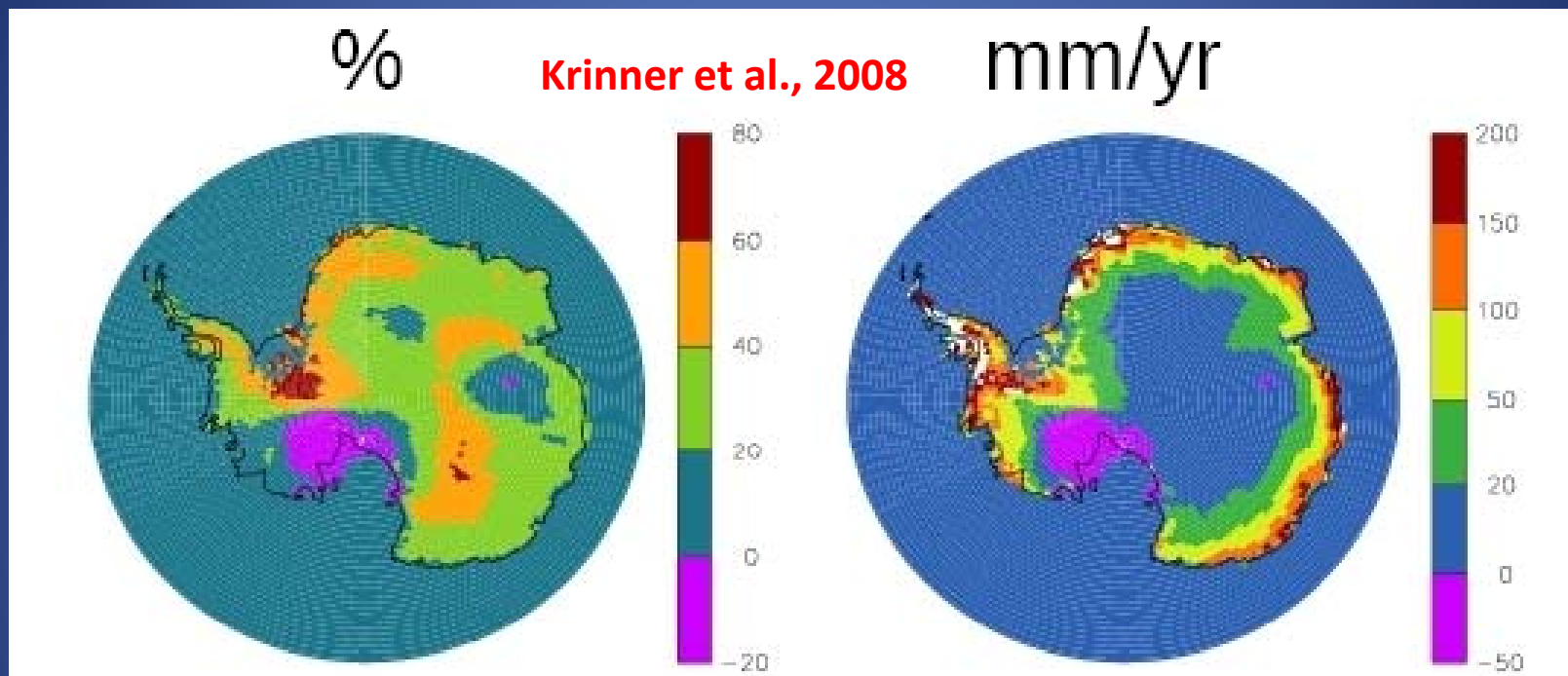
Estimations par satellite

**Observatoire INSU GLACIOCLIM  
ANR Vanish**

- Absence de relation entre l'accumulation mesurée et les données satellites dans les zones avec fonte estivale
- Or elles représentent  $\sim 40\%$  de l'accumulation en Antarctique
- Besoin crucial de données sur les régions côtières

# Climat polaire : accumulation

## Sensibilité au changement climatique futur

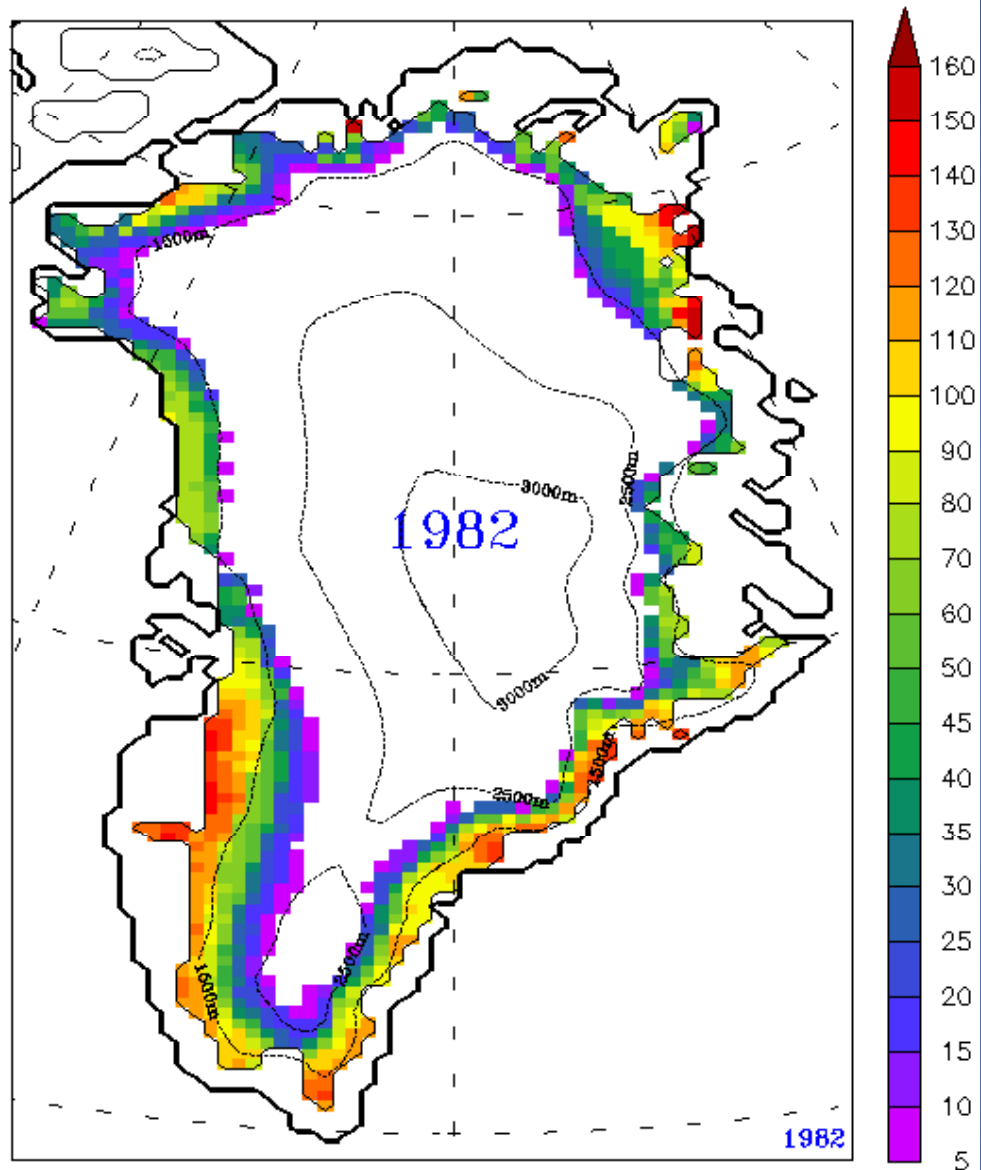


*Différence de Bilan de Masse de Surface simulé par LMDZ4 entre début et fin du 21<sup>ème</sup> siècle*

Augmentation des précipitations 3 fois plus importante sur la région périphérique (< 2250 m) que sur le plateau Antarctique au cours du 21<sup>ème</sup> siècle (prévision multi-modèles)

Impact sur le niveau des mers ?

**Modélisation LGGE-Grenoble**



Nombre de jours de fonte par an

Fettweis et al., 2007, 2008

## Climat polaire : fonte estivale au Groenland

Augmentation importante de la fonte estivale au Groenland depuis 30 ans

Les simulations climatiques régionales pour la fin du 21<sup>ème</sup> siècle suggèrent un Bilan de Masse de Surface nul

Effet de fonte, seul, insuffisant pour affecter la circulation thermohaline atlantique

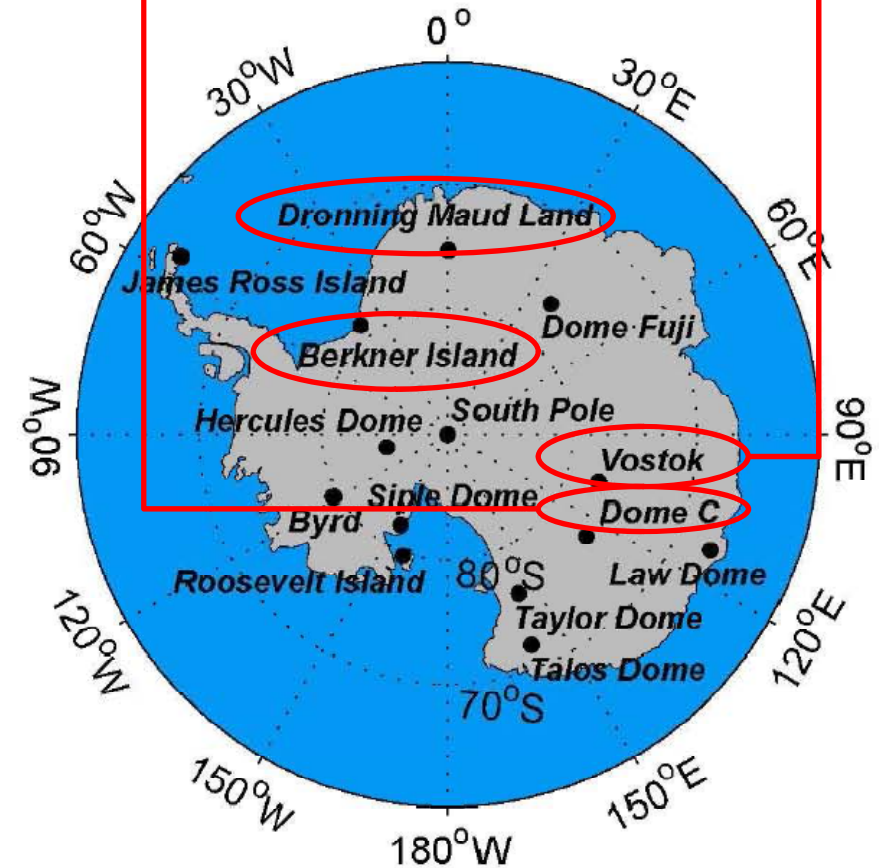
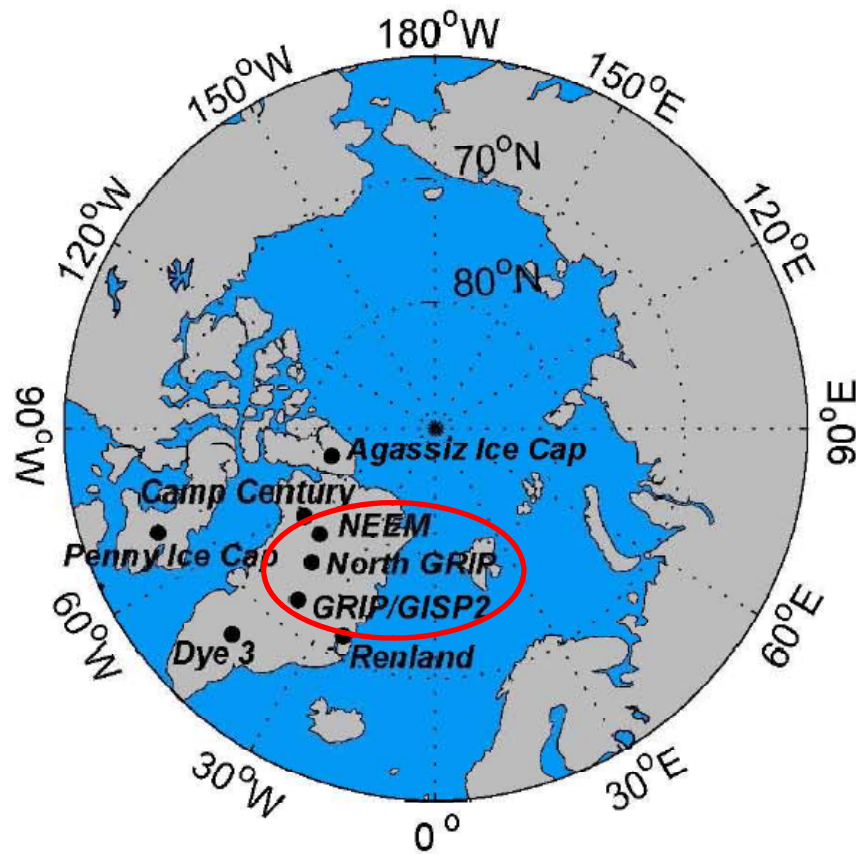
Collaboration France - Belgique

# Carottages dans la glace polaire : 40 ans d'efforts internationaux

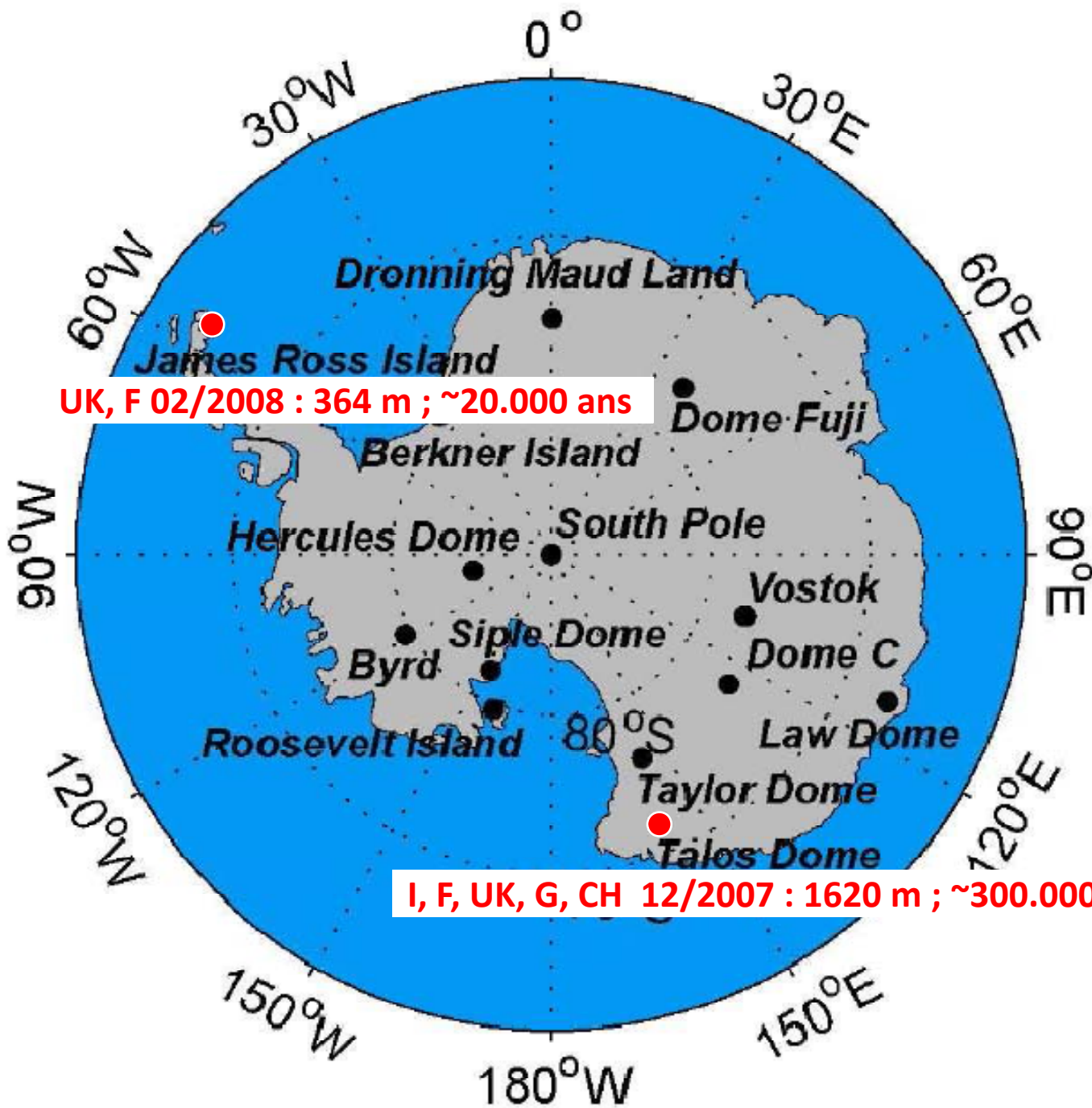
*En rouge : contributions françaises*

Le plus profond : 3667 m

Le plus vieux : 800,000 ans

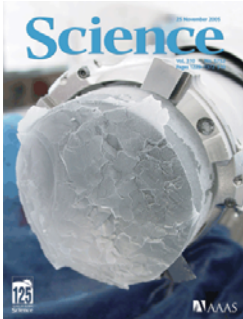




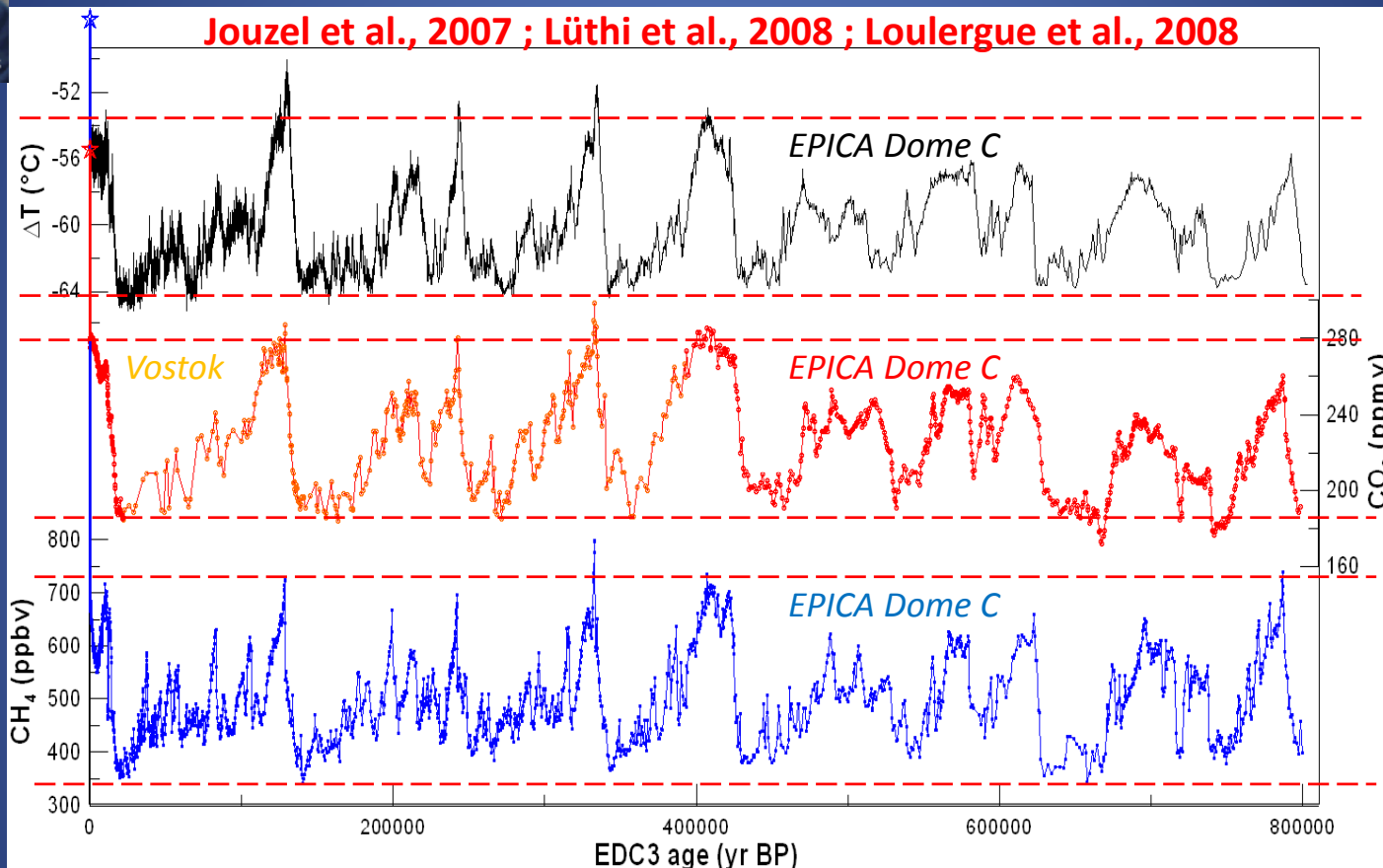


UK, F 02/2008 : 364 m ; ~20.000 ans

I, F, UK, G, CH 12/2007 : 1620 m ; ~300.000 ans



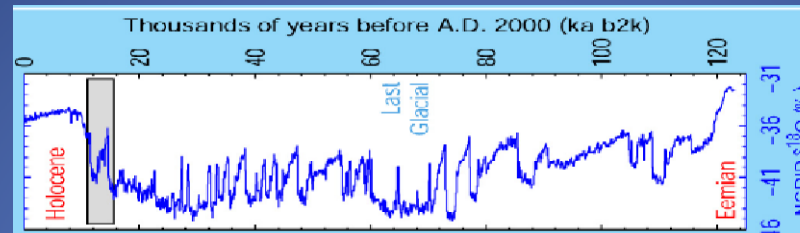
# 800.000 ans de couplage climat / cycle du carbone



EUROPE :  
EPICA  
Collaboration  
France - Suisse  
IPEV  
ANR PICC

- Pas d'analogie des niveaux actuels
- Maxima interglaciaires de  $\text{CO}_2$  et  $\text{CH}_4$  moins élevés avant 400 ka BP
- Sensibilité  $\sim$  constante entre T et  $\text{CO}_2$ , mais modulation long terme de  $\text{CO}_2$  surimposée (érosion continentale ?)

# Instabilités rapides du climat : Groenland

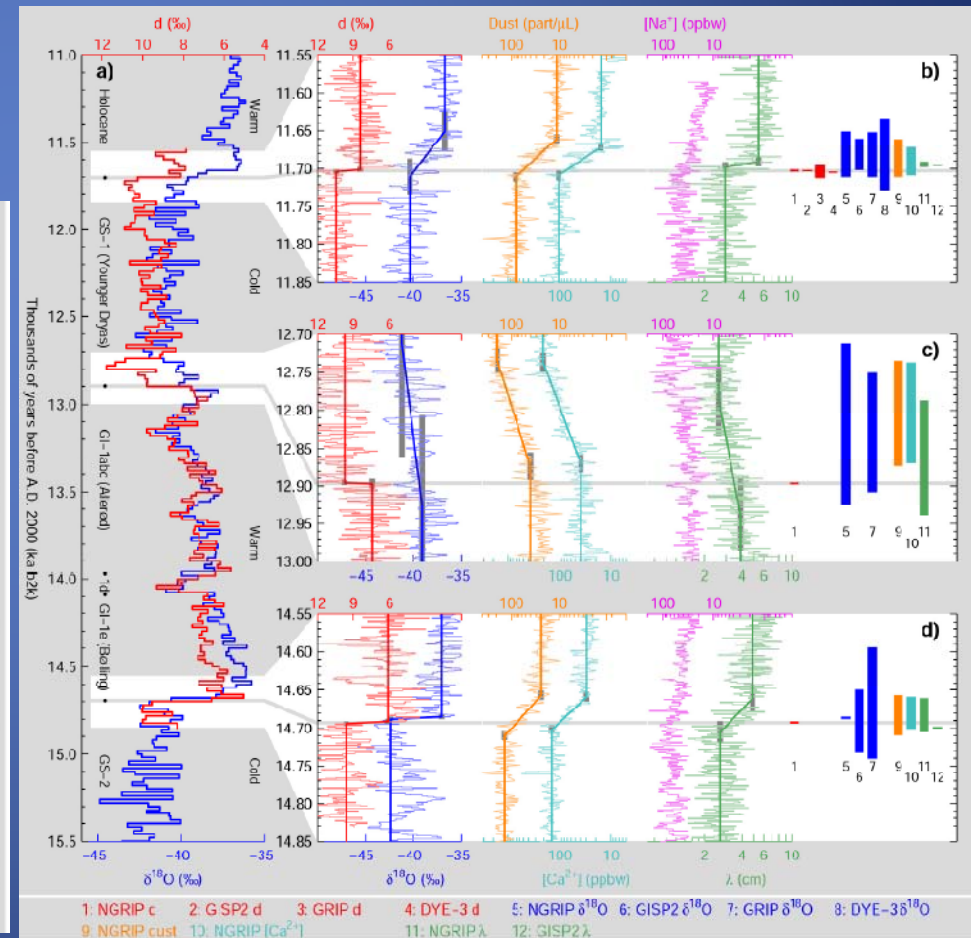
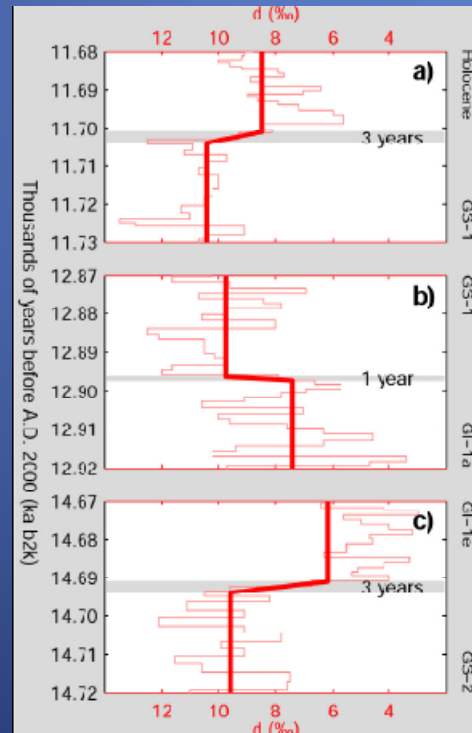


**Projet NorthGRIP  
Danemark, Europe, IPEV**

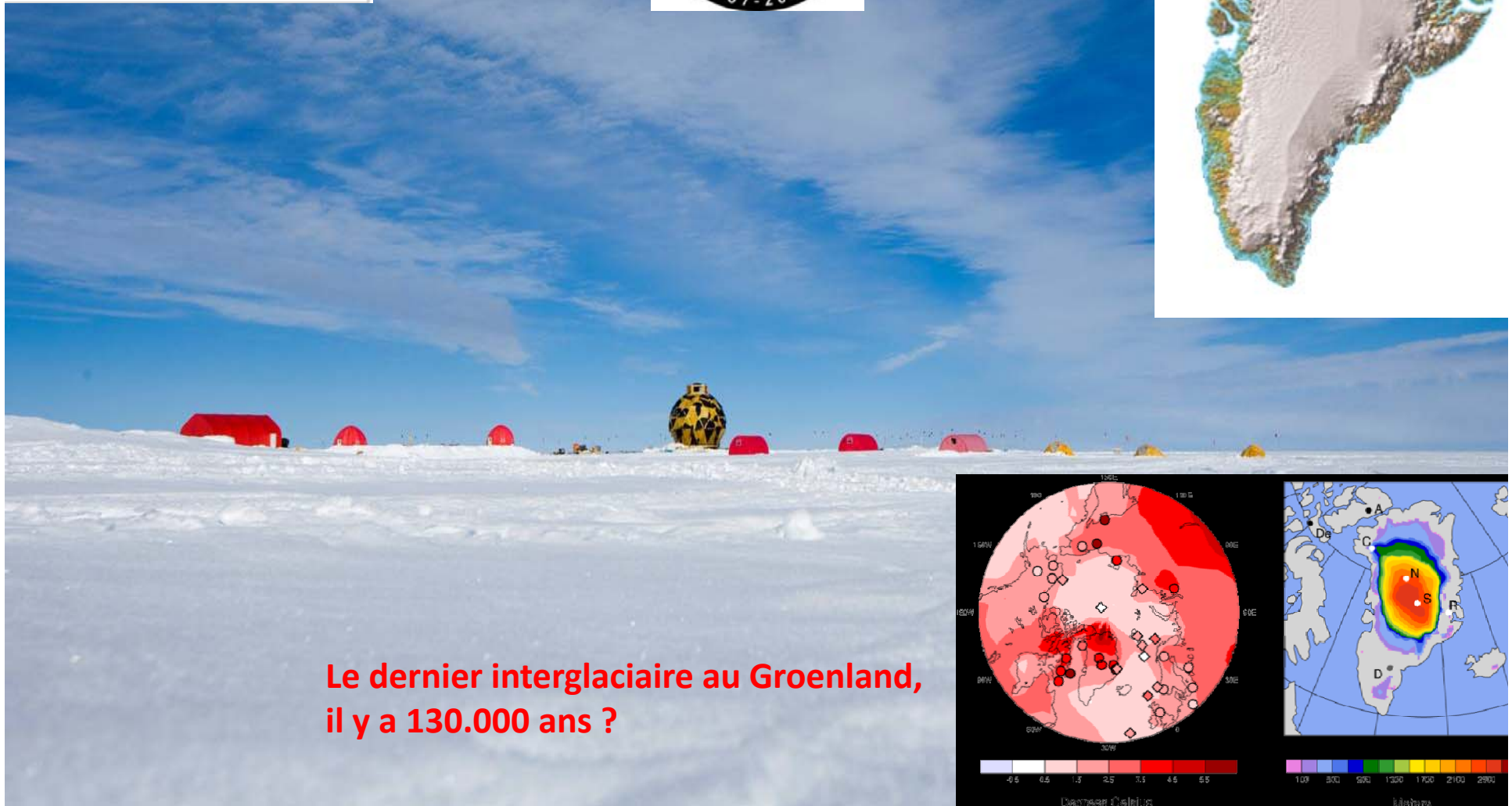
**Steffensen et al, Science 2008**

Changement d'origine  
des précipitations en  
1 à 3 ans seulement !

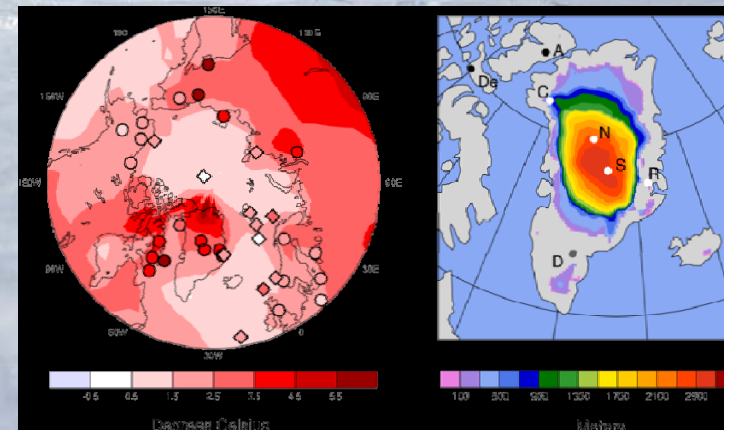
Notions de surprise  
climatique et d'effet  
de seuil...



# Forage NEEM 2007-2011



**Le dernier interglaciaire au Groenland, il y a 130.000 ans ?**



# NEEM : premiers résultats sur la période récente

Enregistrement récent des isotopes de l'eau au site de NEEM, comparé aux enregistrements de température au sud-ouest du Groenland

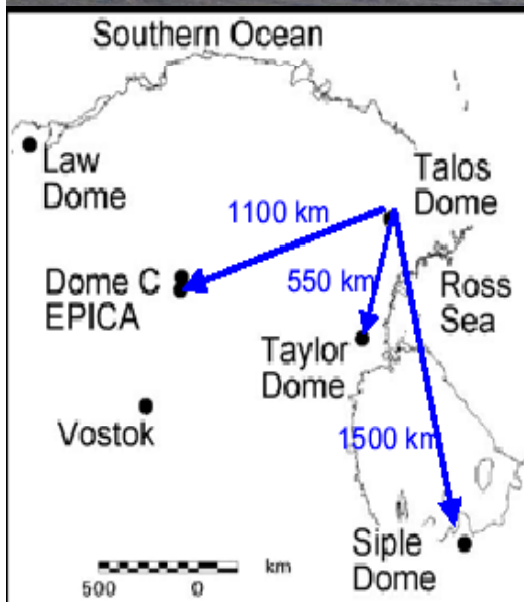
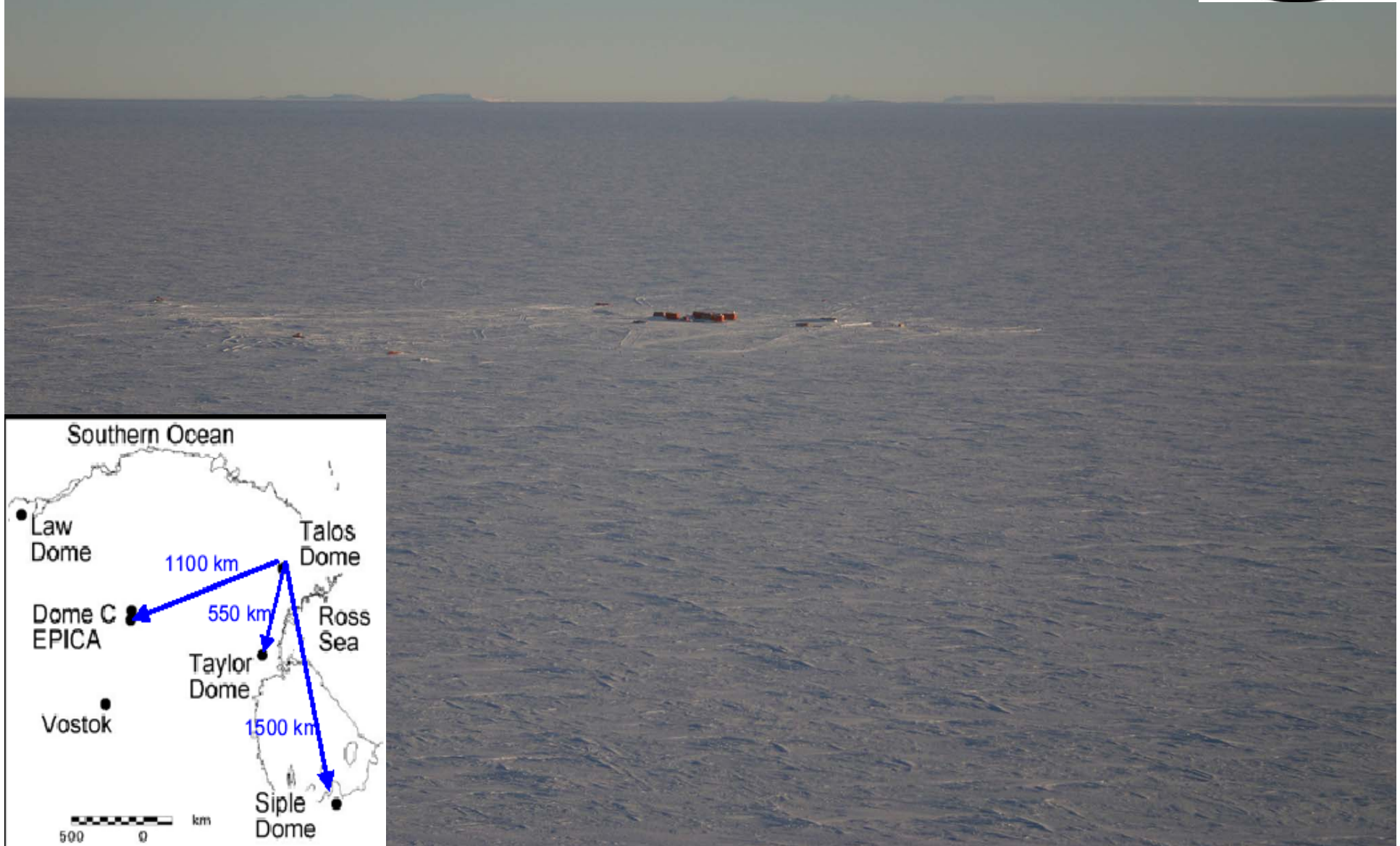
Données non encore publiées et non diffusables

**IPY-IPICS  
Danemark**

**ANR NEEM (V.  
Masson-  
Delmotte)  
IPEV**

- Réchauffement récent enregistré par les isotopes de l'eau
- Valeurs supérieures aux niveaux des années 30
- Précipitation surtout en été, affectée par les anomalies d'étendue de glace de mer en Baie de Baffin

# Talos Dome



# Dernière déglaciation : relation de phase bipolaire

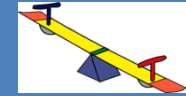
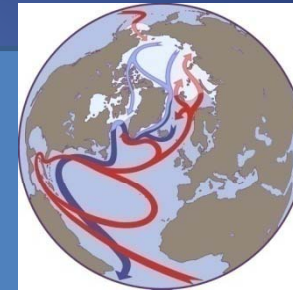


Figure montrant l'enregistrement isotopique de Talos Dome et le comparant aux pendants du plateau Antarctique de l'Est et du Groenland

Données non encore publiées et non diffusables

**IPY-IPICS**

**INSU  
IPEV**

La bascule bipolaire concerne aussi le secteur de la mer de Ross

# 4<sup>ème</sup> année polaire : ébauche d'un bilan

- Progrès significatif des connaissances sur les signaux climatiques à différentes échelles de temps et sur les processus sous-jacents
- Événement s'inscrivant dans la durée du mûrissement scientifique: dynamique scientifique entamée en 1958, et ne devant pas s'éteindre en 2009
- Renforcement des coopérations internationales (notamment « Europe de la recherche »)
- Forte sensibilisation des citoyens, notamment des jeunes générations (envers l'environnement, mais aussi les sciences)



# Après la 4<sup>ème</sup> année polaire

- Demeurent des questionnements scientifiques majeurs : rétroactions climat / carbone aux pôles, couplages océan / glace de mer / atmosphère, dynamique des calottes, impact du carbone suie (trafic maritime),...
- Lancer des chantiers spécifiques sur les nombreux processus encore mal compris au sein de la machinerie climatique (*les impacts, oui, mais suite à quoi ?*)
- Un impératif : maintenir et développer les réseaux d'observation (au sol comme en spatial)
- Poursuivre l'étude des enregistrements glaciologiques (nouveaux traceurs, extension temporelle, régionalisation, variabilité)
- Encourager la mise en réseau des infrastructures logistiques (ex. de problèmes : finances Italie, coopération Chine,...)
- Soutenir les points forts scientifiques et technologiques nationaux (ex. : Centre de Carottage et Forage National, labellisé INSU)

# Pacemaker astronomique et évolution du CO<sub>2</sub> à long terme



## Le challenge IPICS « Oldest ice »

Séquence climatique continue entre 800.000 et 1.500.000 ans

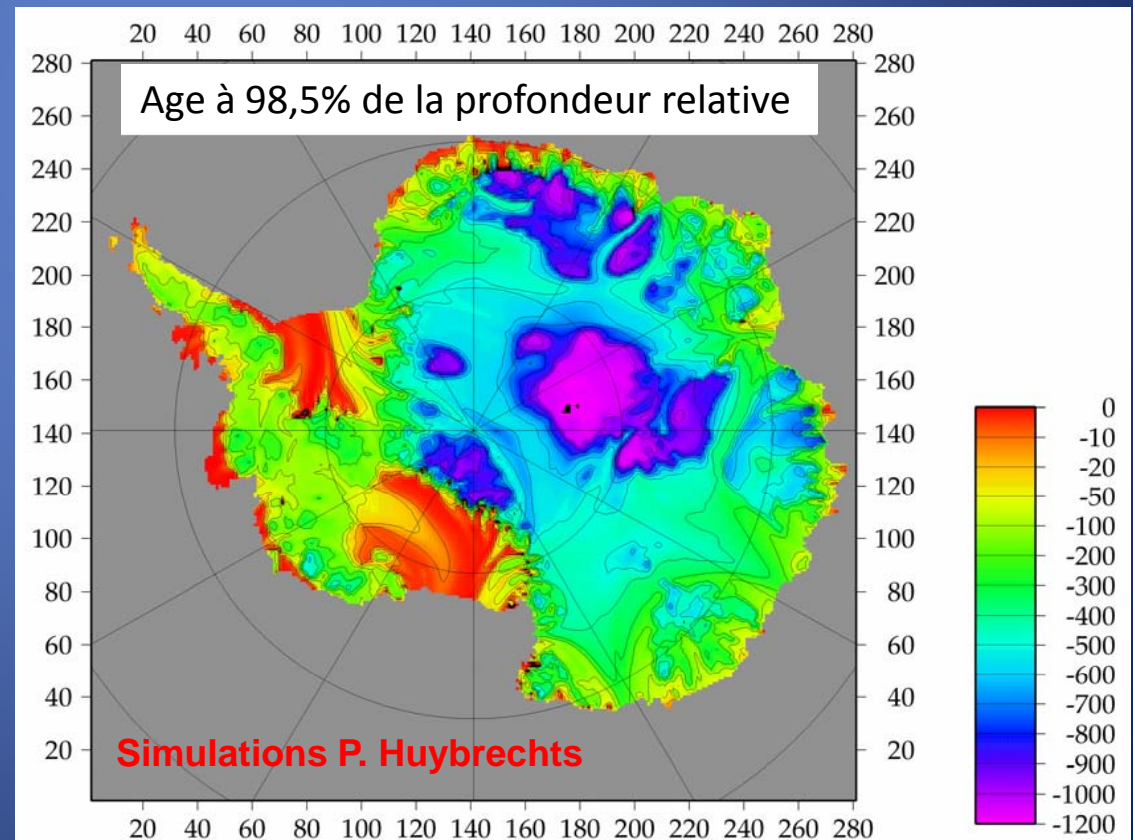
IPY-IPICS

ERC ?

Très Grand  
Equipement ?  
Mécénat ?

Graphique montrant le concept d'une sonde analytique mesurant in-situ les signaux climatiques et les gaz à effet de serre, au sein même de la calotte de glace

Projet en cours d'évaluation  
Dessin du prototype non diffusable au grand public



**Merci pour votre attention**

