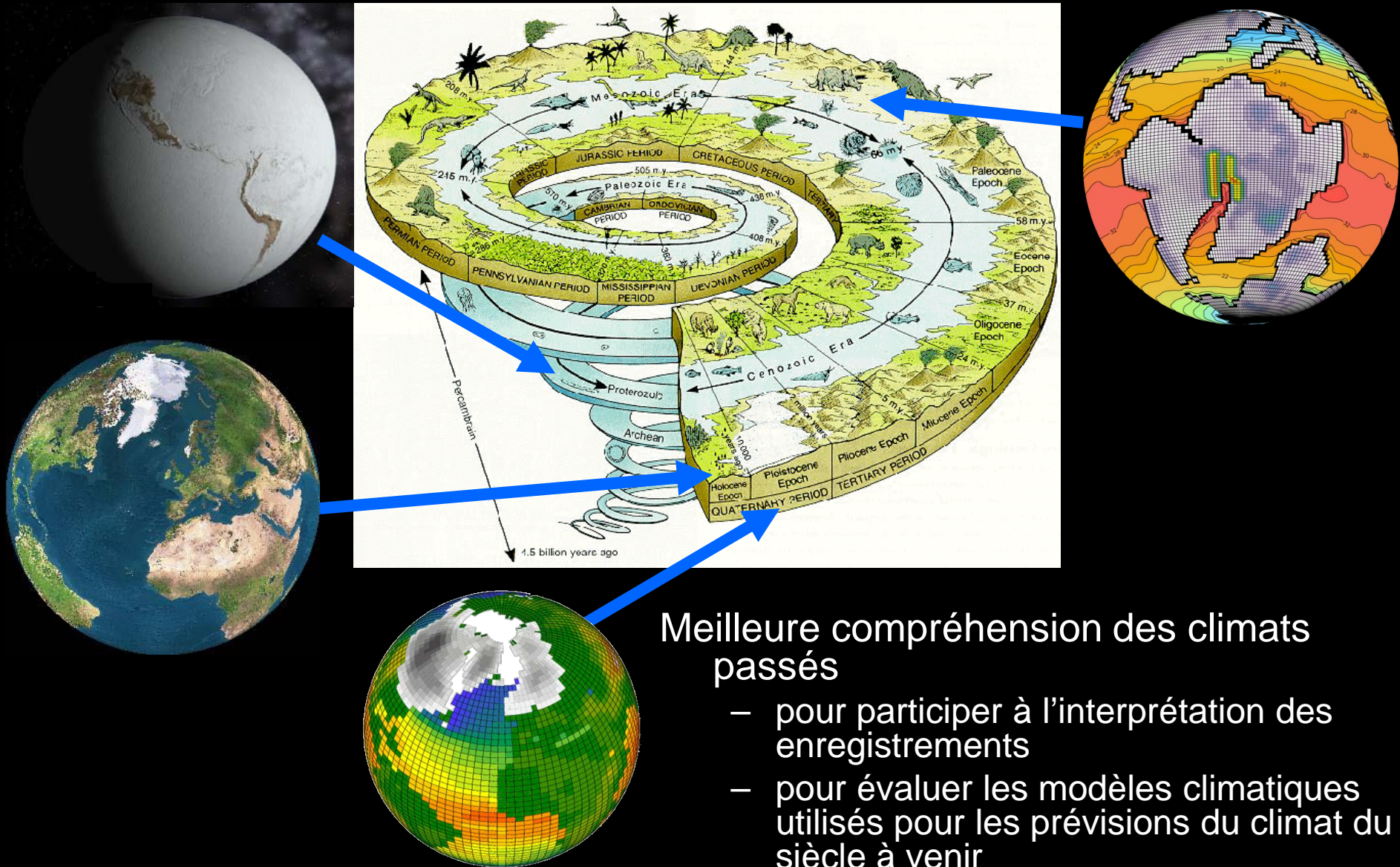

Utilisation de LMDZ pour comprendre les paléoclimats : quelques exemples

Masa Kageyama

Présentation préparée avec l'aide de
Charline Marzin, Pierre Sepulchre, Adriana Sima

Objectifs



Meilleure compréhension des climats passés

- pour participer à l'interprétation des enregistrements
- pour évaluer les modèles climatiques utilisés pour les prévisions du climat du siècle à venir

Approche générale

Modification des conditions aux limites et des forçages

- Climats pré-quaternaires:
 - Position des continents, relief
 - Types de surface : végétation, calottes glaciaires
 - Composition de l'atmosphère
 - Constante solaire, vitesse de rotation de la Terre
- Climats de l'époque Quaternaire:
 - Insolation (paramètres orbitaux)
 - Niveau de la mer → tracé des côtes
 - Calottes glaciaires
 - Tracé des rivières
 - Végétation
 - Composition de l'atmosphère

IPSL_CM4 et LMDZ (présentation d'aujourd'hui)

Climats pré-quaternaires

**Contributions de Pierre Sepulchre, Yannick Donnadiou
Thèses d'Anne-Claire Chaboureau et de Noémie Hamon**

l'Aptien-Albien (pendant le Crétacé)

- Thèse [Anne-Claire Chaboureau](#) (dirigée par Yannick Donnadiou)

- Etude du climat tropical à l'Albien-Aptien
- Présence d'évaporites (et de pétrole???) dans des zones tropicales (~10°N) (Brésil, Golfe de Guinée)

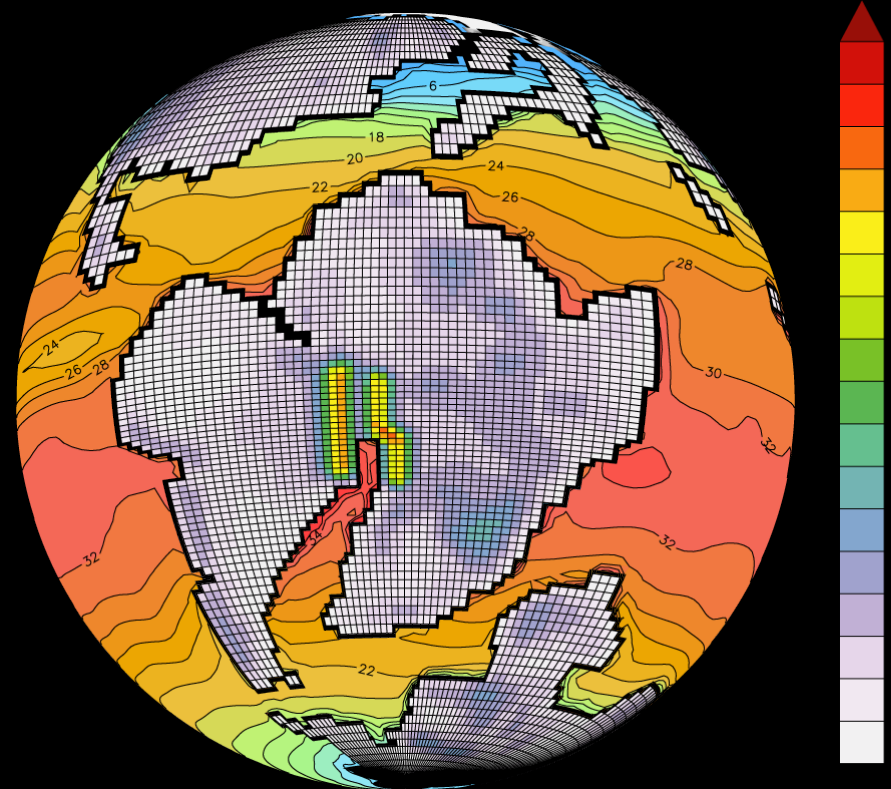
- Peut-on simuler et comprendre ces zones de forte évaporation dans les tropiques ?

- Continents très différents de l'actuel, CO₂ 4x supérieur qu'à l'actuel

- Difficile actuellement de faire tourner le modèle couplé avec une distribution continents-océan très différente de l'actuelle

→ repli sur FOAM (couplé Océan-Atmosphère) pour calculer des SST

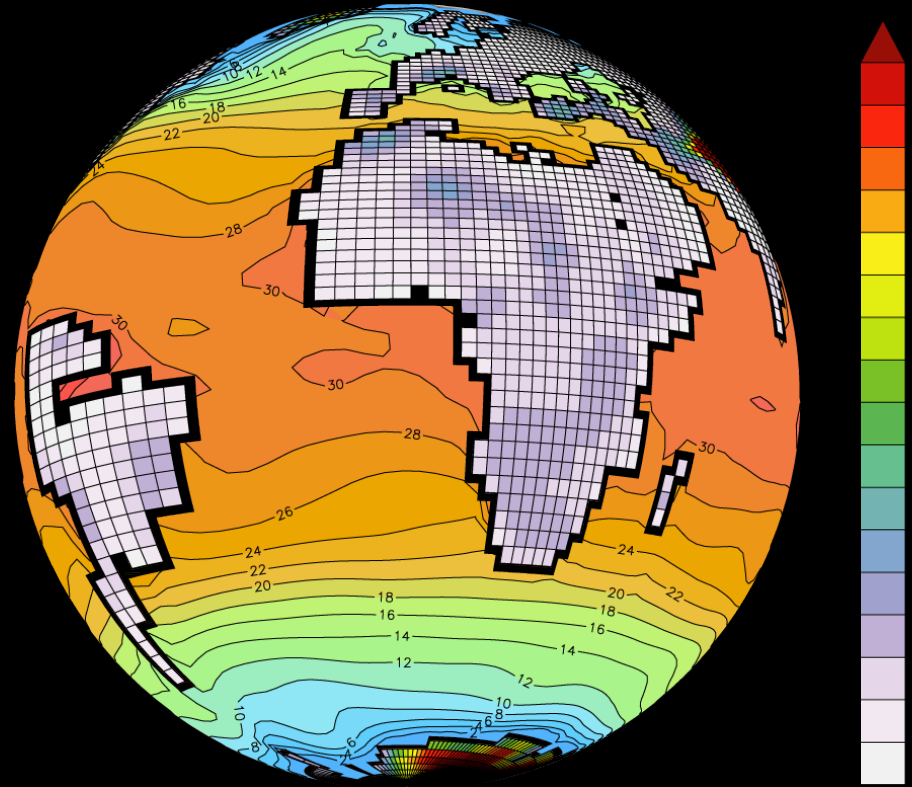
→ LMDZ4 forcé par les SSTs



Optimum Climatique du Miocène Moyen

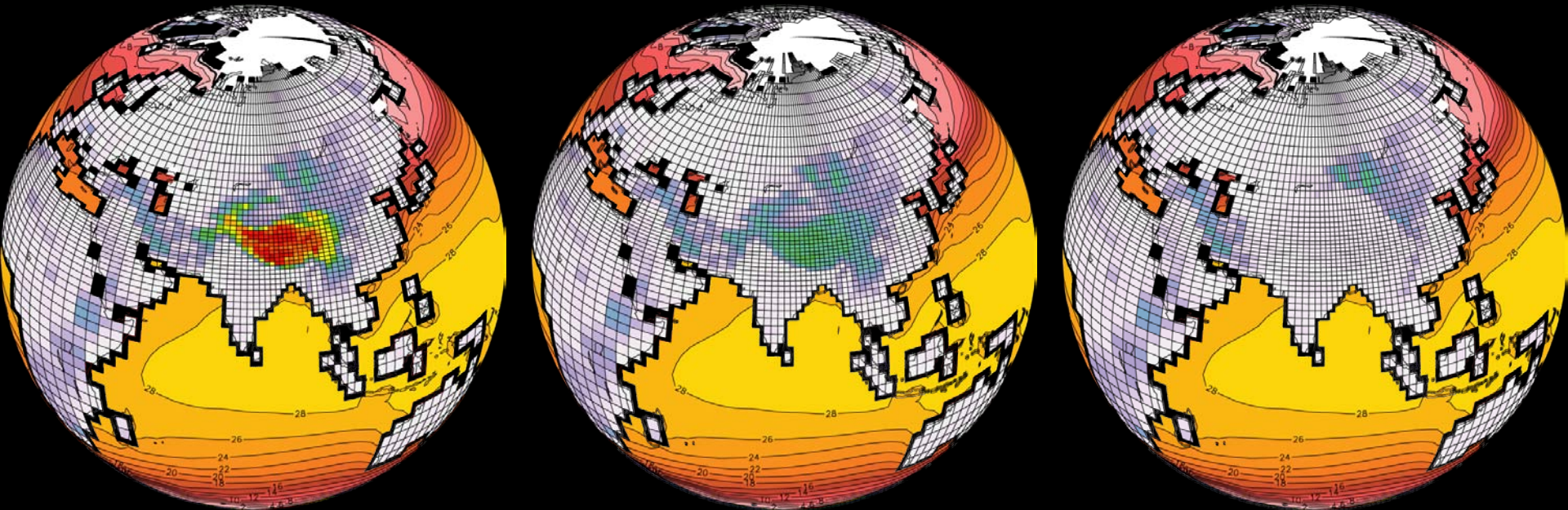
- Thèse [Noémie Hamon](#) (dirigée par G. Ramstein, P. Sepulchre)

- Etude de l'Optimum climatique du Miocène moyen (~15 Ma)
 - Conditions climatiques de la dispersion des hominoïdes (Afrique – Europe)
 - Continents en position différente de l'actuelle + CO₂ à 560 ppm
- Repli sur FOAM (couplé Océan-Atmosphère) pour générer des SSTs
- LMDZ4 forcé par les SSTs



Impact du plateau tibétain sur le climat et le $\delta^{18}\text{O}$

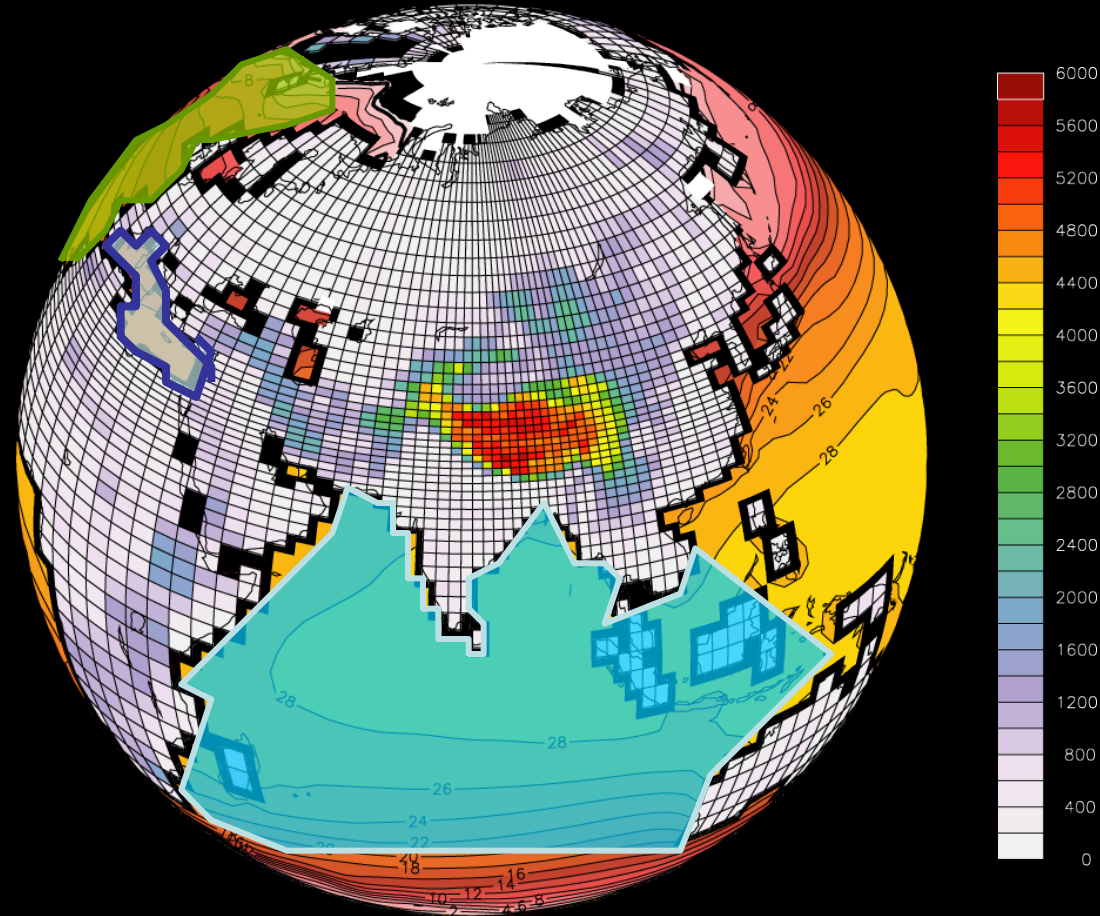
- Travaux de Pierre Sepulchre, collaboration avec Camille Risi
- Impact du plateau tibétain sur les sources de précipitations : sensibilité à la hauteur du plateau
- Impact de la paléotopographie sur les valeurs de $\delta^{18}\text{O}$ enregistrées dans les carbonates → ré-interprétation des enregistrements (habituellement interprétés en termes de température et d'altitude)



- Water-tagging for **Indian**,
Atlantic, Mediterranean Sea,
and continent

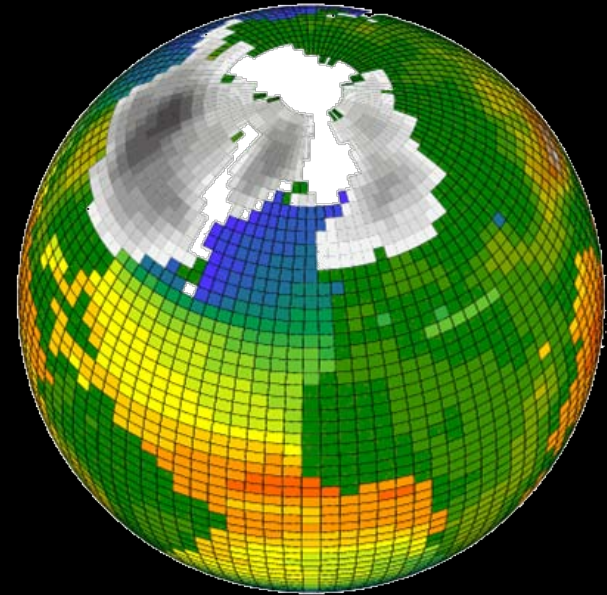
- Fixed SST & sea ice
(seasonal variations)

- $\delta^{18}\text{O}$ in rainfall



Climats du quaternaire

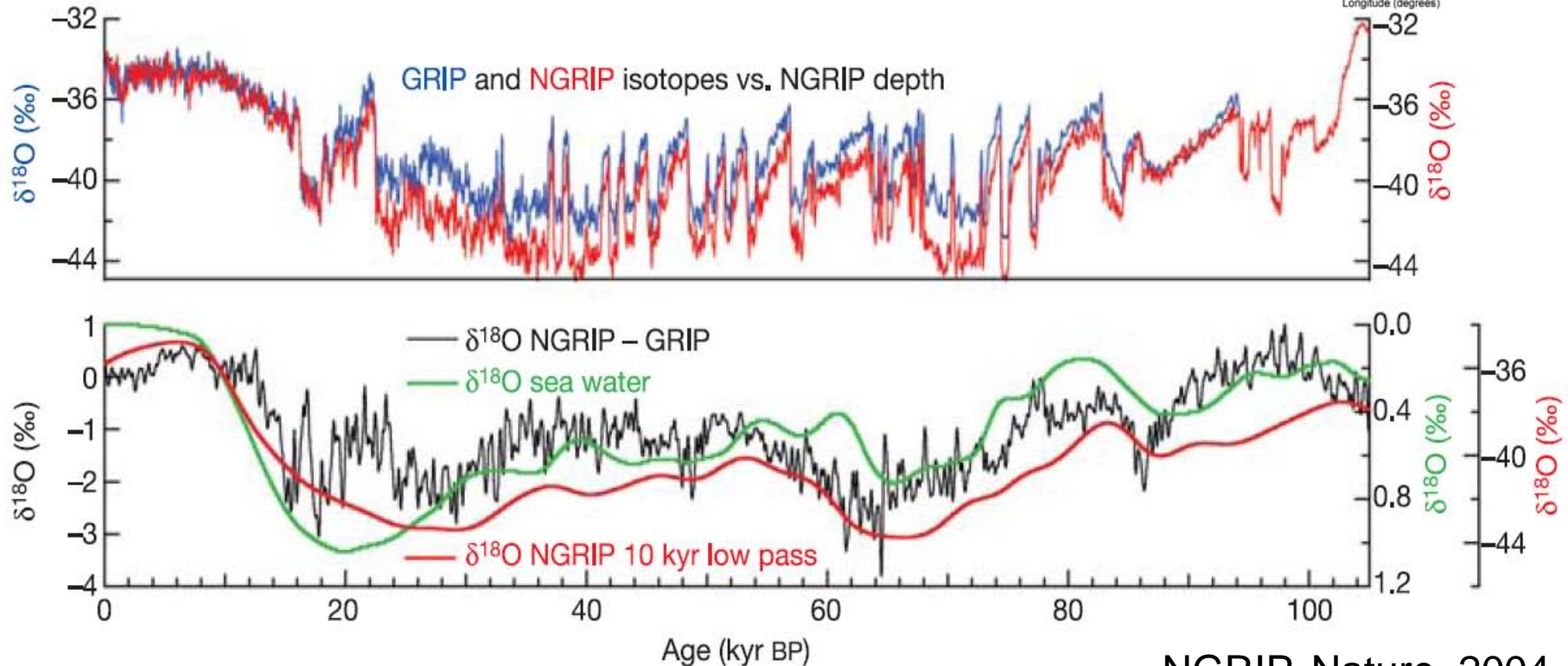
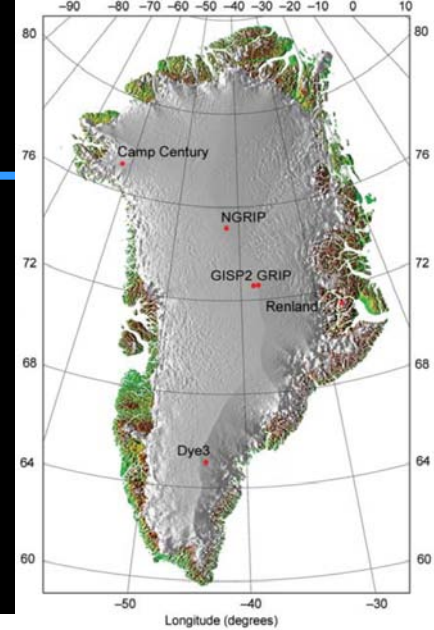
Exemple d'études pour la dernière période glaciaire



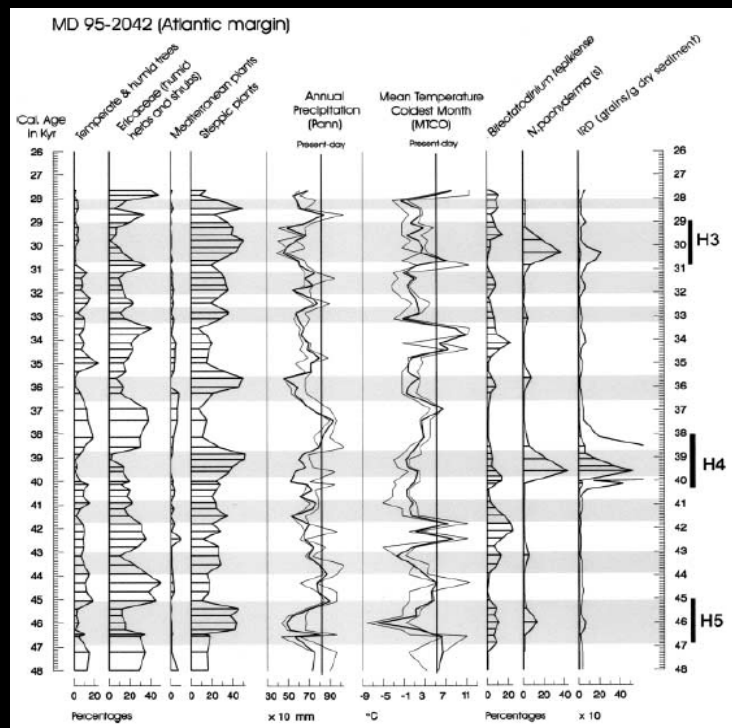
**Contributions de Masa Kageyama, Charline Marzin, Pascale Braconnot
Thèses de Charline Marzin et Marie-Noëlle Woillez**

Instabilités du climat de la dernière période glaciaire

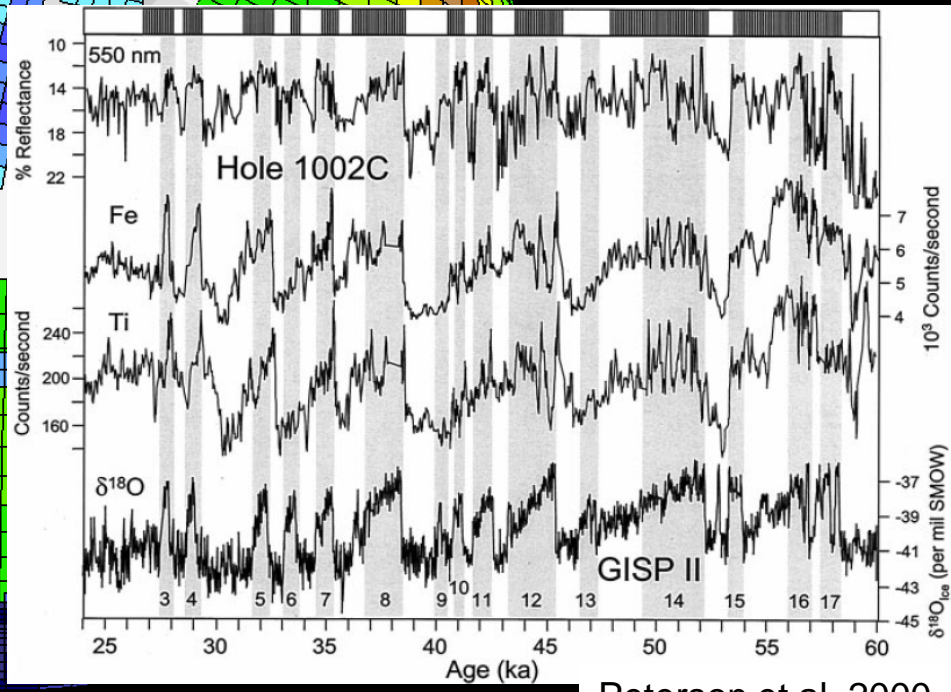
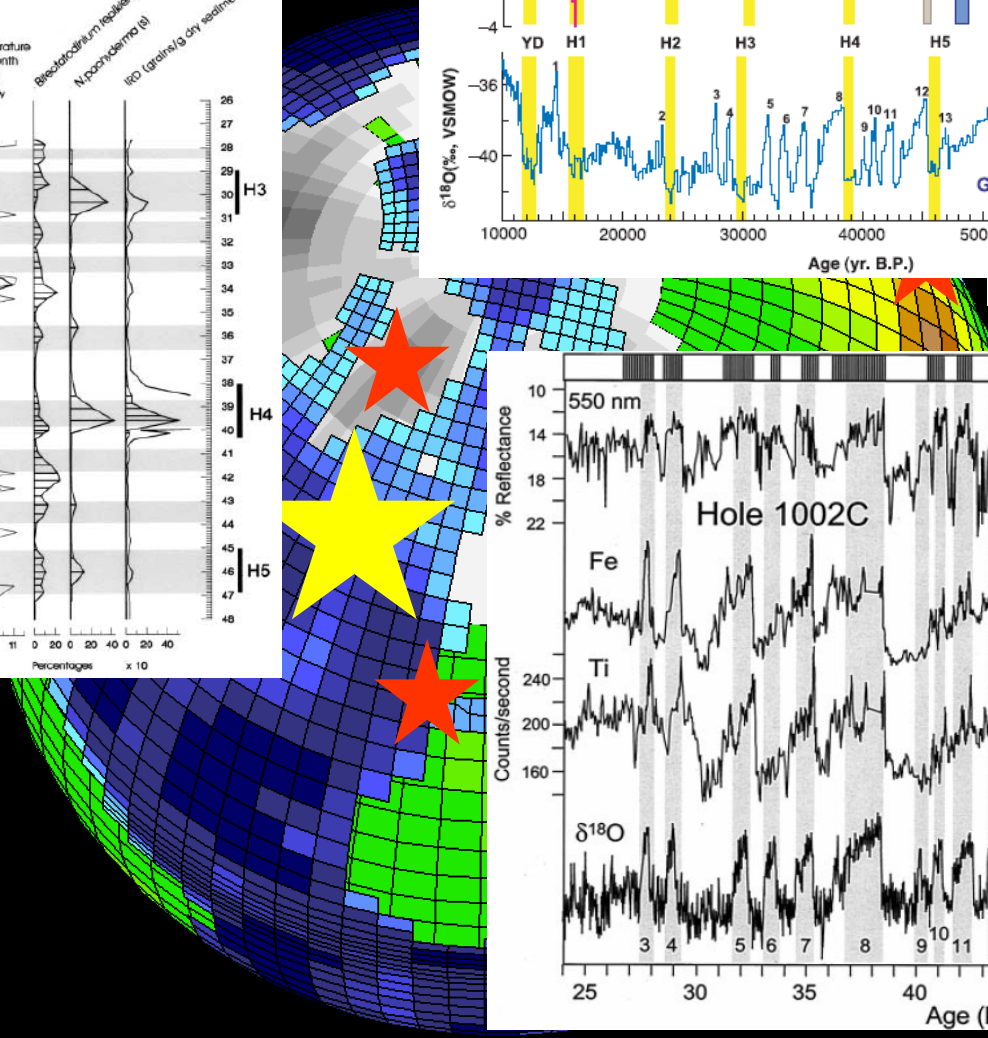
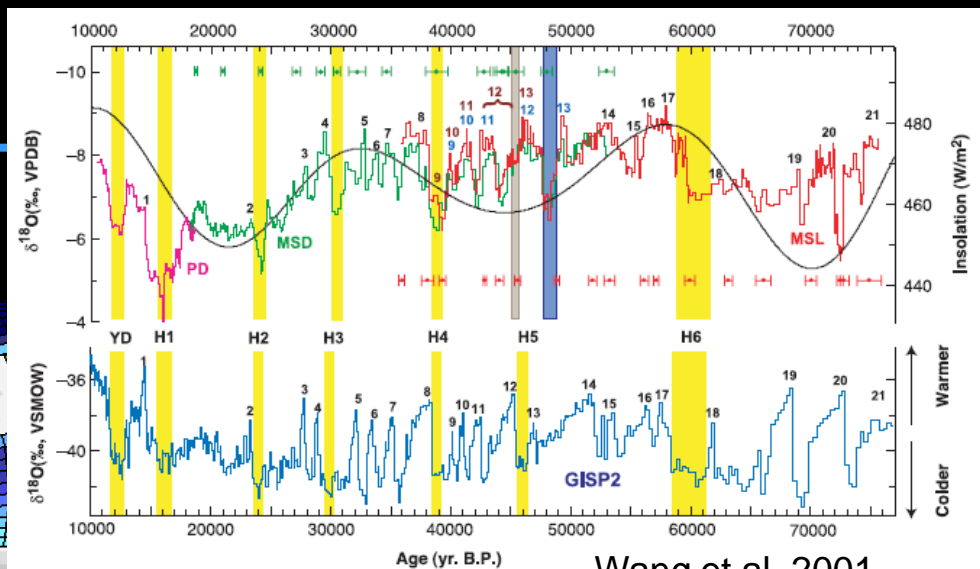
- Evénements de Dansgaard-Oeschger
- Evénements de Heinrich
(décharges massives d'icebergs
provenant de la calotte Nord Américaine)



Signature globale des instabilités glaciaires



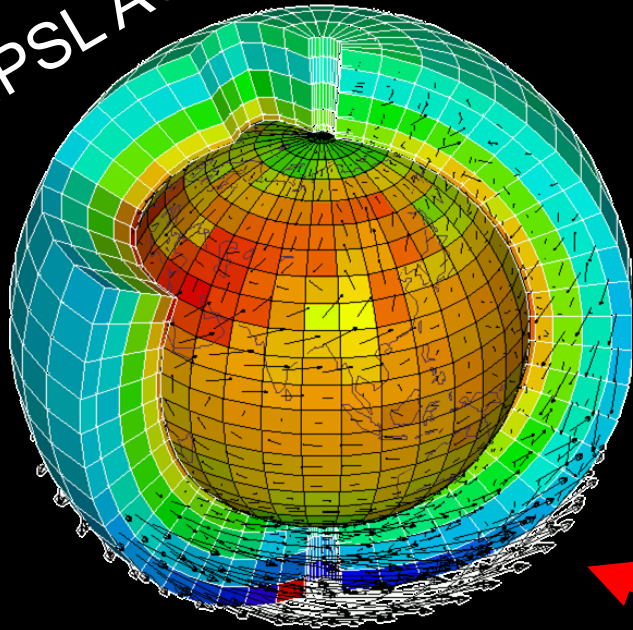
Sanchez-Goni et al, 2002



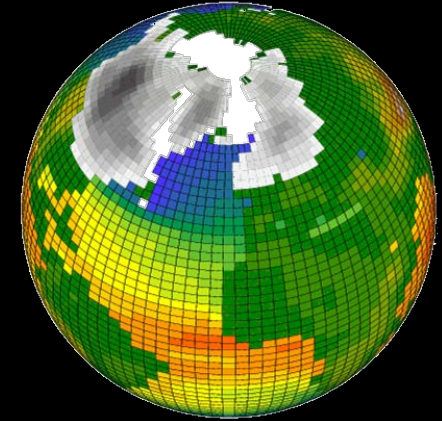
Peterson et al, 2000

1. Simuler le climat glaciaire avec le modèle couplé

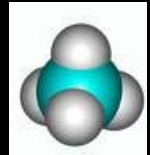
IPSLAOGCM



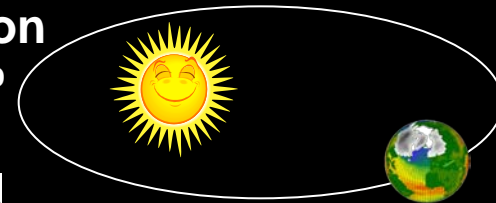
Ice-sheets
Peltier ICE-5G



Greenhouse gases
CO₂: 185 ppm etc...



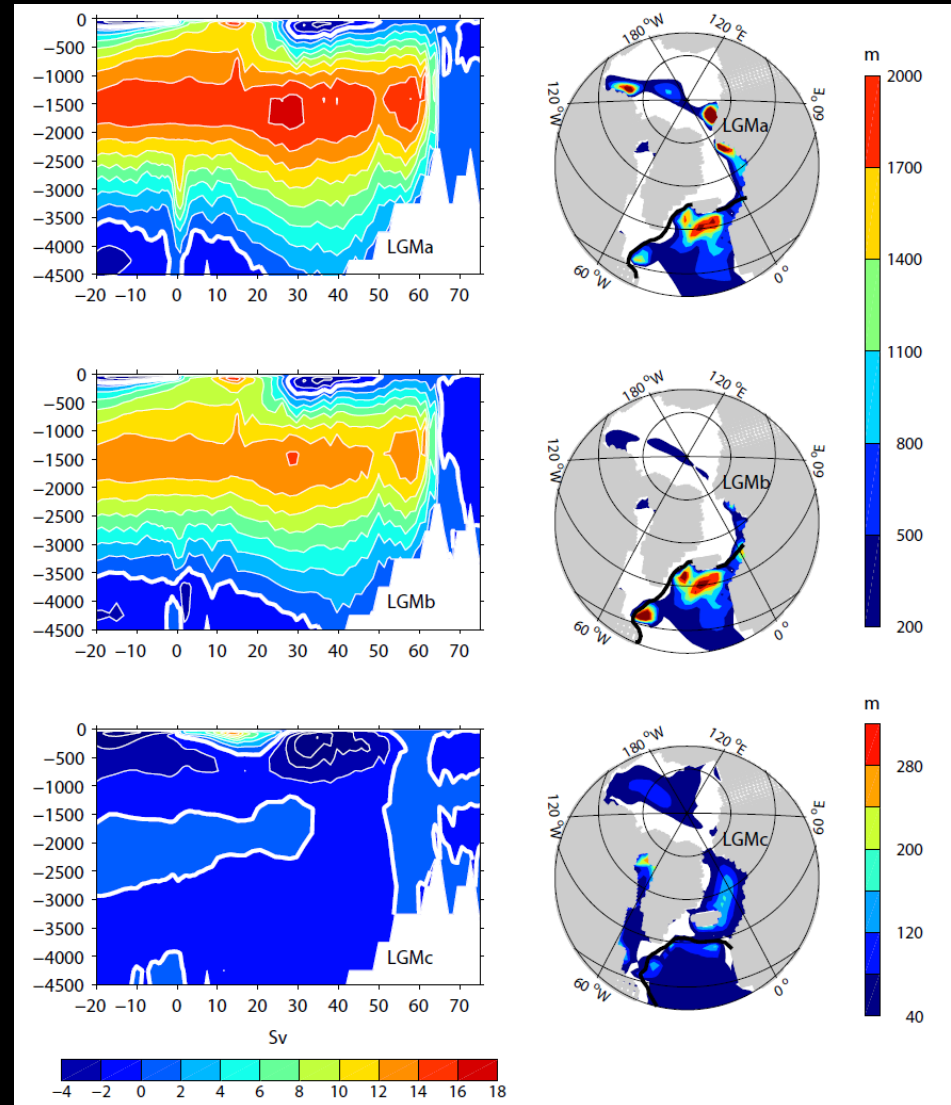
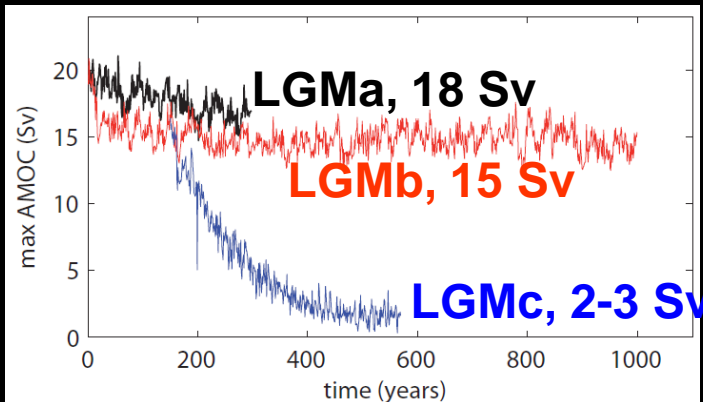
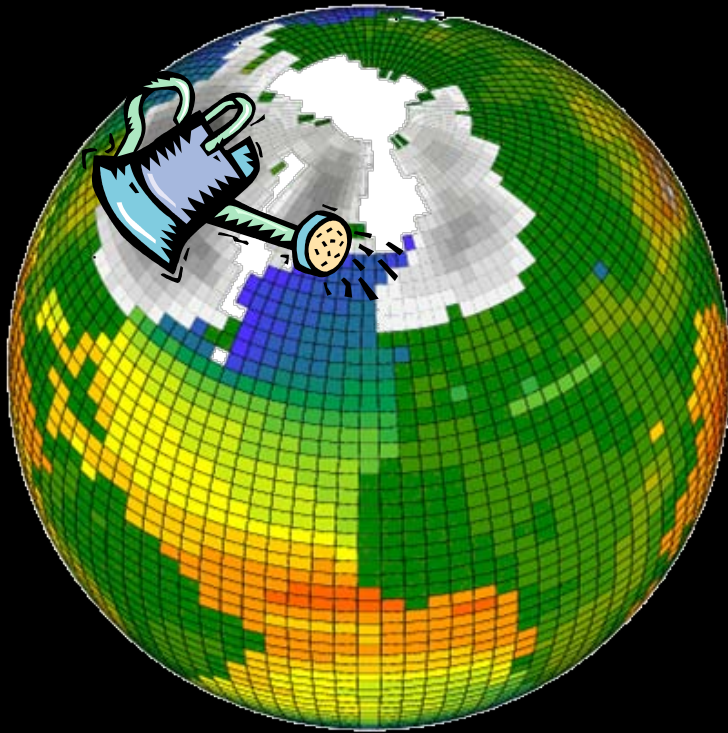
Insolation
21ky BP



cf. <http://pmip2.lsce.ipsl.fr>

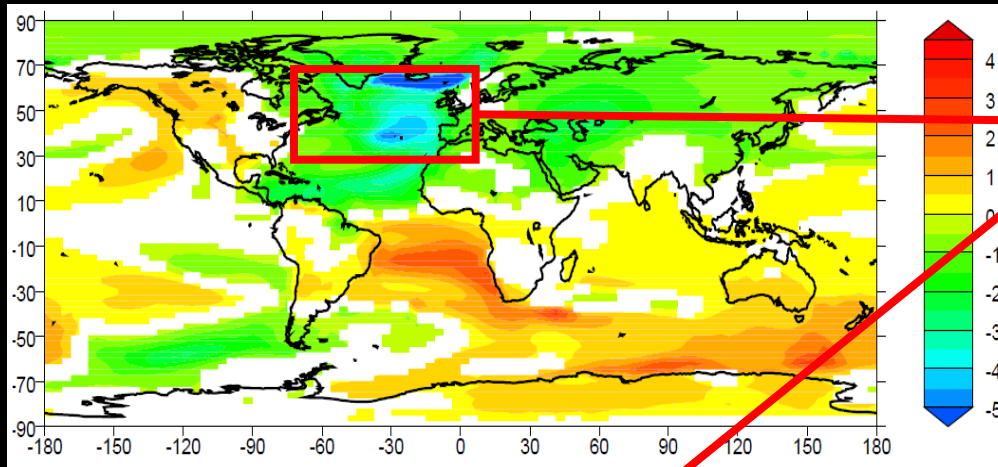


2. Simuler l'impact d'une décharge d'icebergs



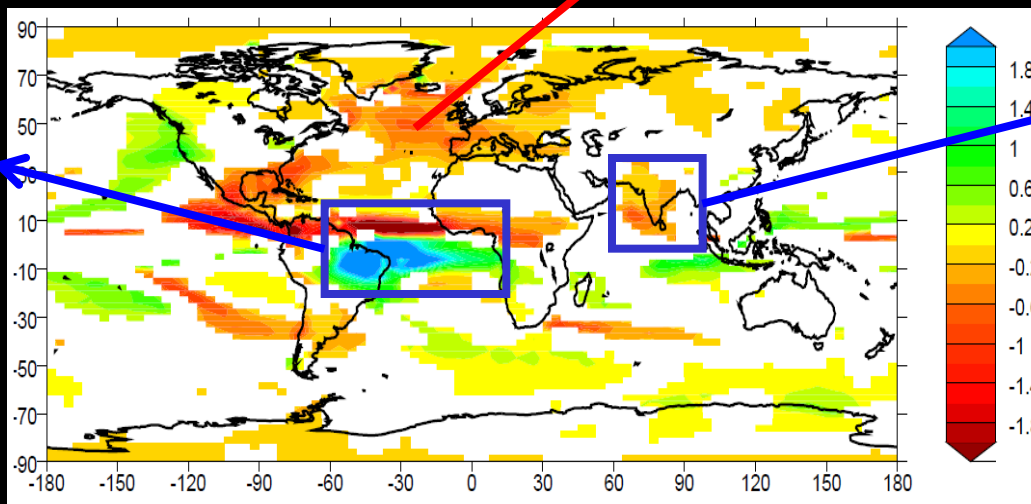
Réponse du climat à l'effondrement de l'AMOC

LGMc – LGMb mean annual temperature



Refroidissement
et aridification en
Atlantique Nord

LGMc – LGMb mean annual precipitation



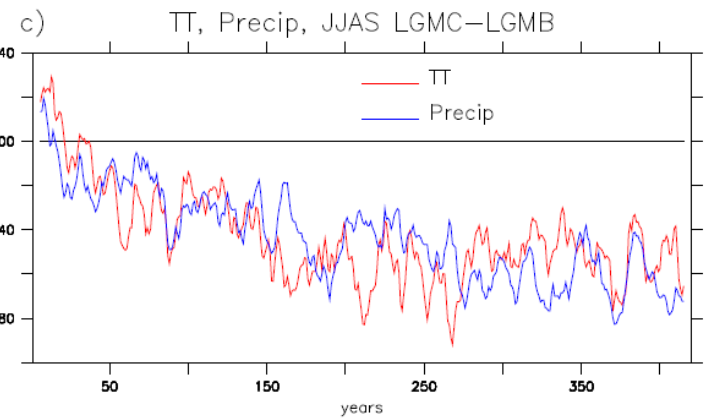
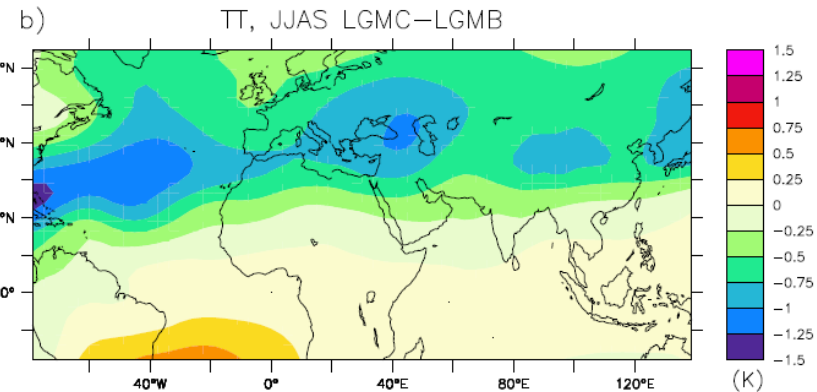
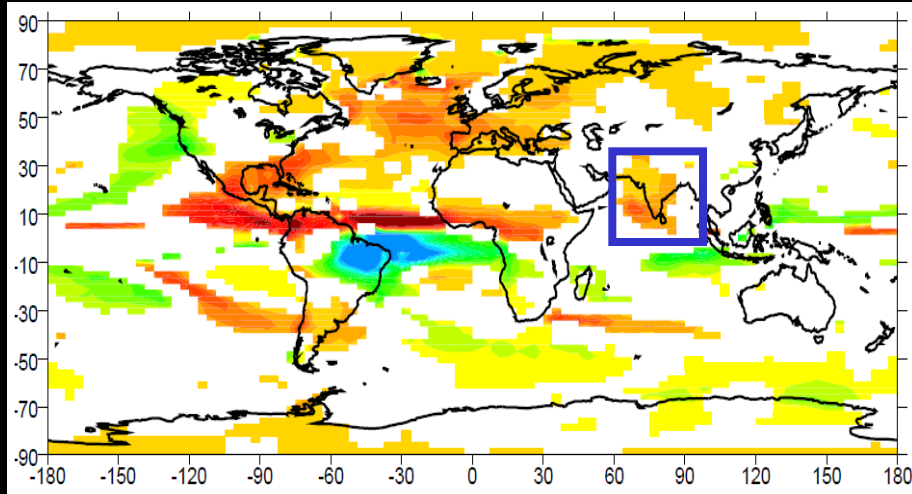
Décalage
de l'ITCZ
vers le
Sud

Affaiblissement
de la mousson
indienne

Par quel
mécanisme ?

Indian monsoon

LGMc – LGMb mean annual precipitation



1st hypothesis:
(in Kageyama et al, CP, 2009)

North Atlantic cooling
→ Siberian cooling
→ Indian monsoon decrease

Test with AGCM

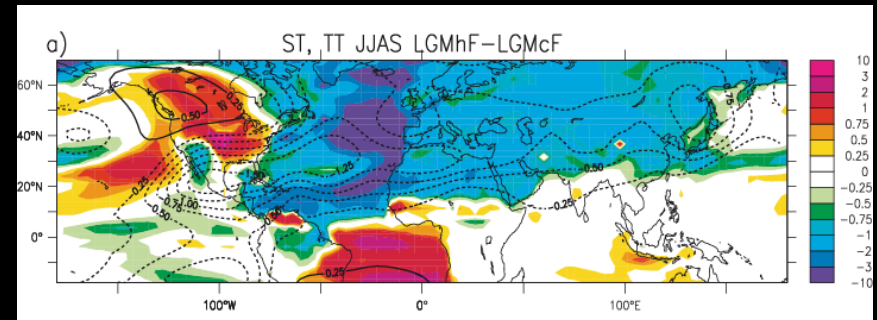
Impact of SST changes in different regions

- **LGMcF**: forced by SSTs from LGMc
- **LGMhF**: forced by SSTs from LGMh

- **LGMhNA**: forced by SSTs from LGMh over the North Atlantic only:
 - Impact of **North Atlantic cooling**

- **LGMhTA**: forced by SSTs from LGMh over the **tropical Atlantic** only:
 - Impact of **SST dipole anomaly**
- **LGMhNTAC**: Complementary of the 2 experiments above:
 - Impact of Indian and Pacific Ocean SST changes

Strongest reduction of TT for LGMhTA —



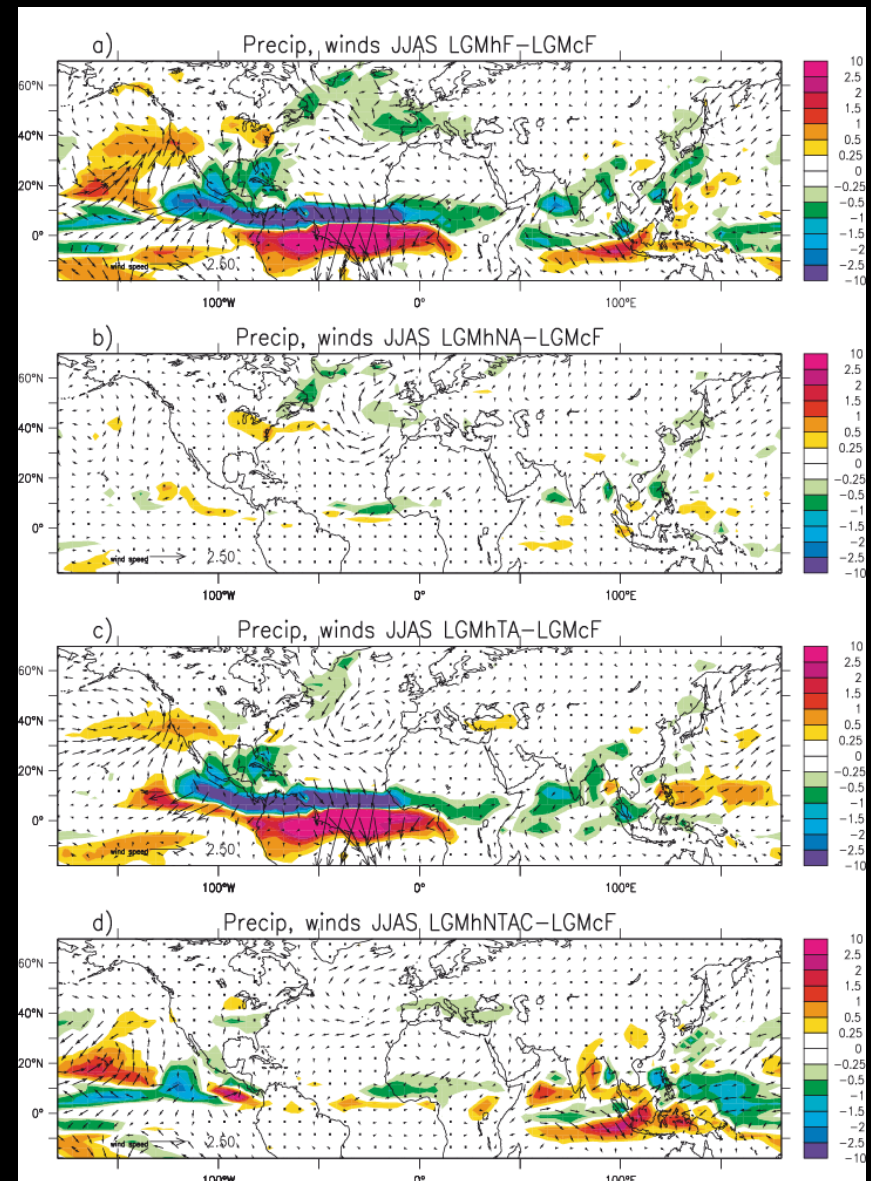
Impact on winds and precipitation

Global anomaly

North Atlantic only

Tropical Atlantic only

Everywhere except
North and tropical
Atlantic

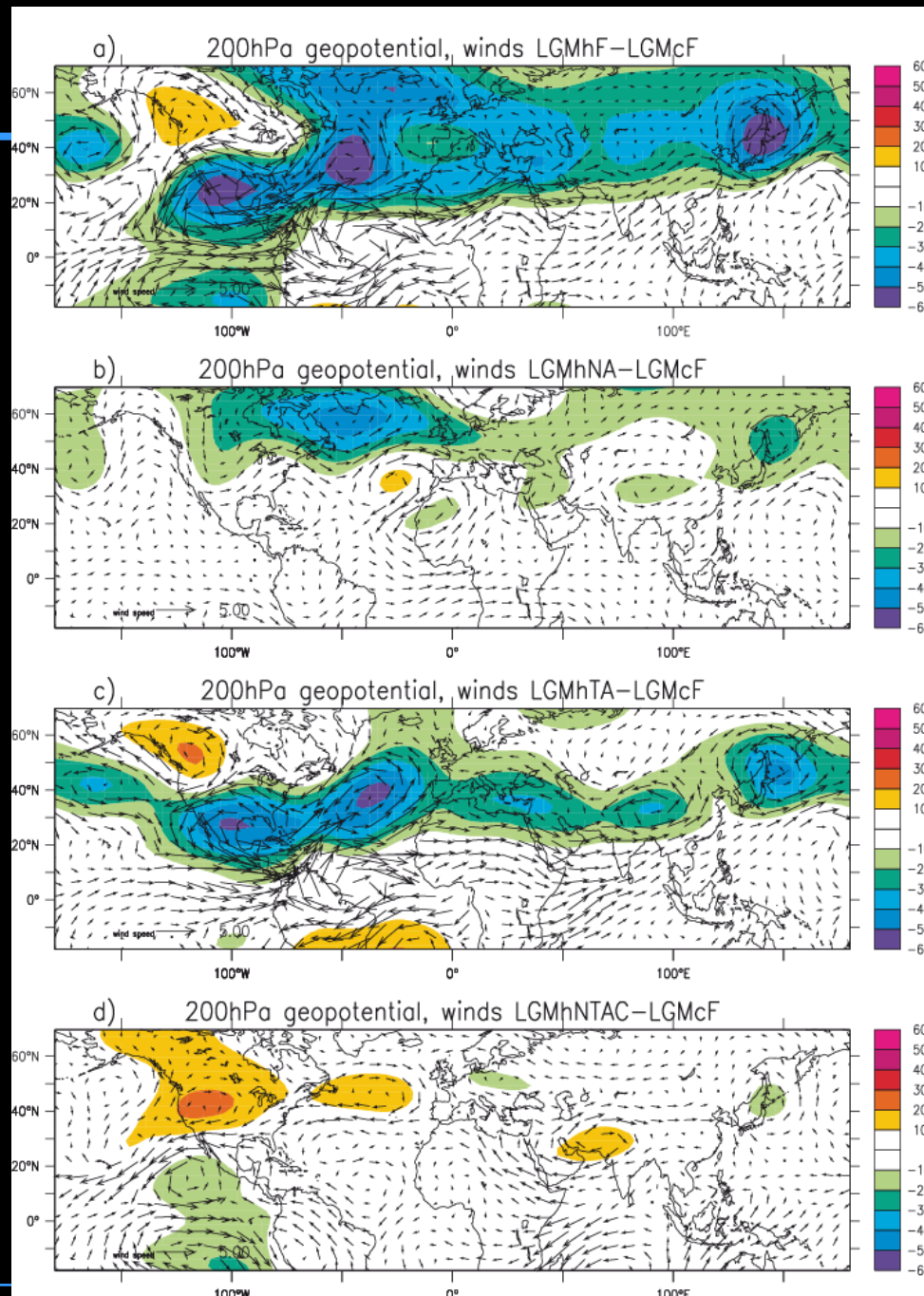


Pathway?

North Atlantic only

Tropical Atlantic only

Everywhere except
North and tropical
Atlantic



Strong
southward shift
of the jet stream

En résumé

- Les paléoclimats sont des tests intéressants pour les modèles. Ceux-ci permettant de compléter l'interprétation des indicateurs paléoclimatiques
 - Modéliser les paléoclimats avec des modèles tels que LMDZ se révèle relativement simple... merci aux développeurs!
 - Nous devons garder à l'esprit les limites des paramétrisations, surtout pour des climats extrêmes
 - Modifications de la végétation : peut-être la plus complexe des modifications à effectuer à partir de données paléo exprimées en termes de biomes / végétation dynamique pas encore tout à fait satisfaisante → tests à venir
 - Complémentarité LMDZ/couplé très importante pour les allers-retours entre les 2 modèles
 - Zoom: très attractif pour d'autres communautés (archéologues, biologistes...). Ce serait peut-être bien de disposer de versions zoomées communes (et testées)
-

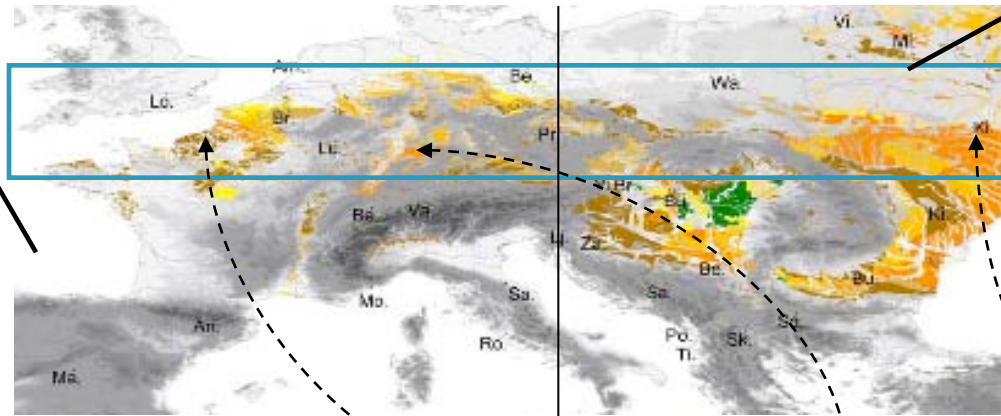
Modélisation des paléo - poussières

LMD: Adriana SIMA – postdoc ANR BLANC "ACTES"
(PI: D.D. Rousseau, **LMD**)

LSCE: M. Kageyama, G. Ramstein, Y. Balkanski, M. Schulz, F. Dulac

LISA: G. Bergametti, B. Marticorena, B. Laurent
et les autres membres du projet ANR ACTES

Paléo - archive: dépôts de loess (sédiment éolien) (période principale de sédimentation: 40-17 kyr BP)



Haase et al. (2001)

Europe (48 -53 N)
alternance

faible sédimentation
=> formation de sols
**climat relativement
chaud et humide**

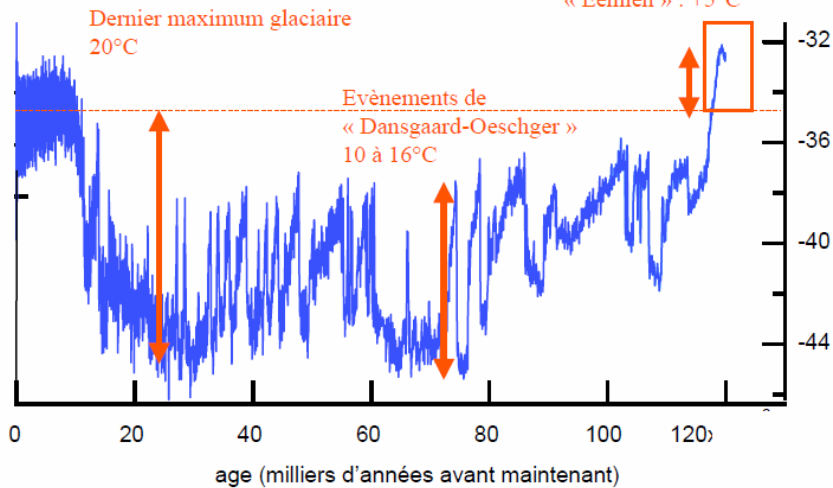
forte sédimentation
=> dépôt de loess
climat froid, sec

Atlantique Nord:
alternance

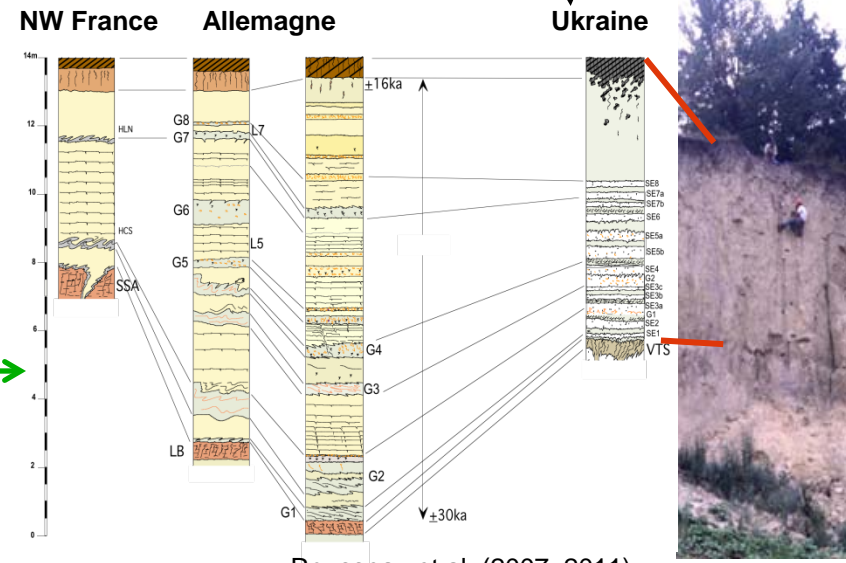
réchauffement rapide =
évts. "Dansgaard-
Oeschger" =>
états interstadias (DOI)

refroidissement graduel
=> états stadias (ST)

NGRIP members (2004)



CORRELATION !



Rousseau et al. (2007, 2011)

Objectif: étudier la relation entre le signal climatique de l'Atlantique Nord et les variations d'intensité du cycle de la poussière (émission, transport, dépôt) en Europe

FAIT : simulations LMDZ-SECHIBA (zoom W Europe) pour états ST et DOI + développement d'un set de calculs diagnostiques d'émission de poussière

Utilisation :

1) Région d'étude: Europe de l'Ouest

Résultats principaux :

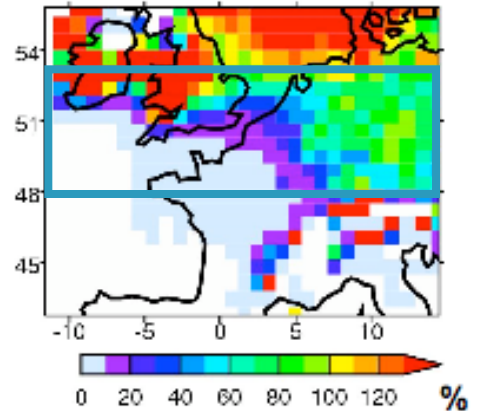
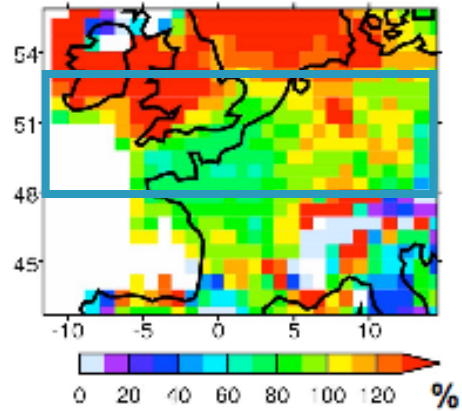
-> les changements climatiques abrupts dans l'Atlantique Nord ont été la cause des variations d'émission de poussière à l'échelle millénaire en Europe occidentale

-> le mécanisme le plus important: les variations de la végétation, qui protège le sol contre l'érosion (LAI modulé par t2m)

Rapport des flux d'émission de poussière DOI/ST (%)

effet du vent et des précipitations

effet du vent, des précipitations ET DE LA VEGETATION



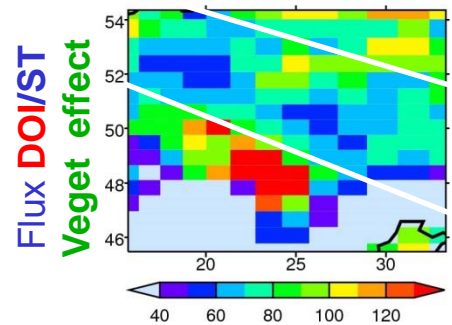
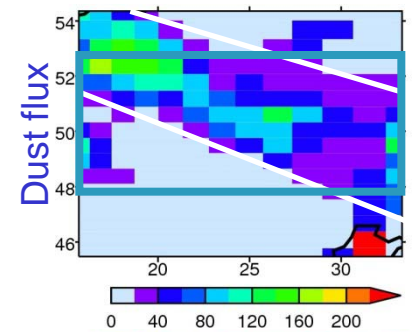
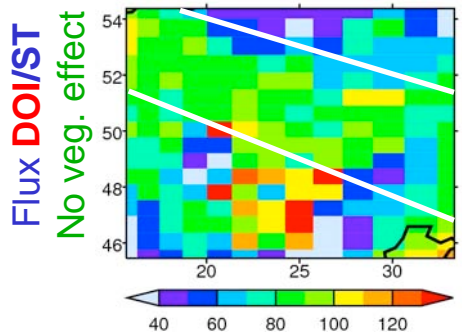
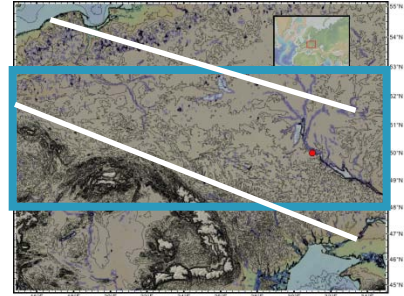
Sima et al., QSR (2009)

2) Région d'étude: Europe de l'Est

Résultats principaux :

-> identification des zones source : elles coïncident en grande partie avec les zones de dépôt de loess, donc re-mobilisation importante!

-> confirmation du rôle important de la végétation pour les variations d'émission entre les états stadiaire (ST) et interstadiaire (DOI)



Sima et al. (in prep)

Utilisation prévue : Régions d'étude : Europe, grands déserts

Questions scientifiques : Changements climatiques abrupts, impact sur la poussière, rétroactions, bilan radiatif

Limitations:

Données: la connaissance des conditions limites dans le passé (calottes de glace, SSTs, végétation...)

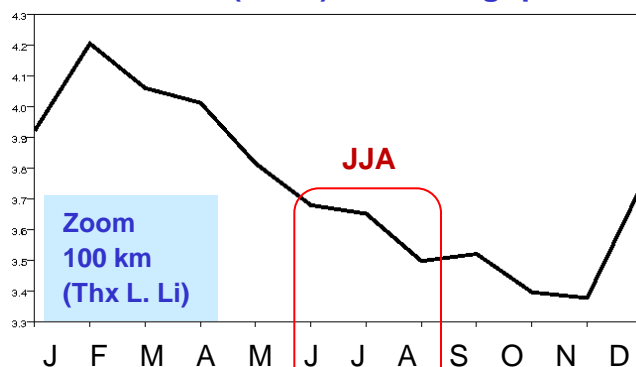
Modèle: il fonctionne mieux pour certaines variables et régions que pour d'autres (même pour le présent)

Exemple: Sahara (moitié West): **observations** : un max. d'émission lié à un max. du vent à 10m en JJA

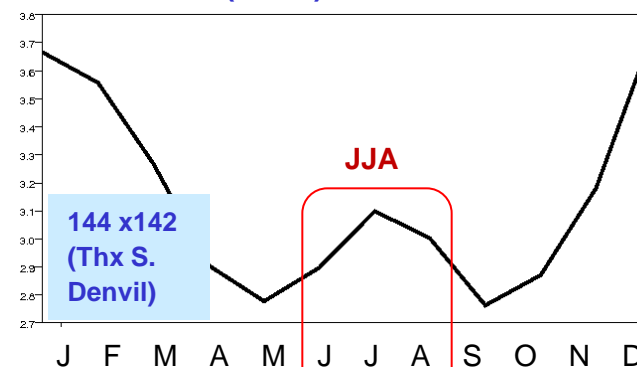
simulations : le cycle annuel du vent à 10m :

SSTs (AMIP) climatologiques

Haute
résolution



SSTs (AMIP) interannuelles



Résolution
plus basse

