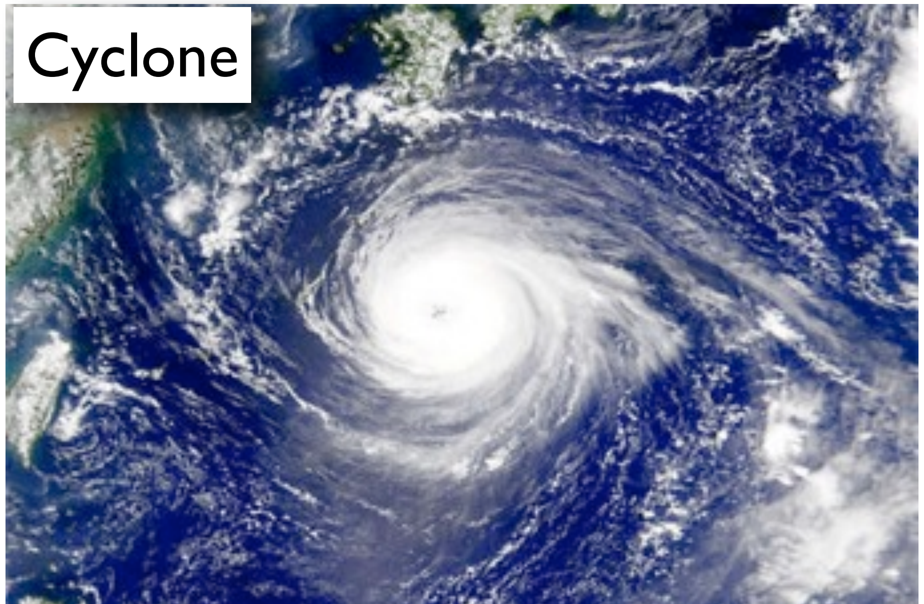
HPC et Climat

S. Masson, S. Denvil, M.A Foujols, Y. Meurdesoif, A. Caubel
pole de modélisation de l'IPSL

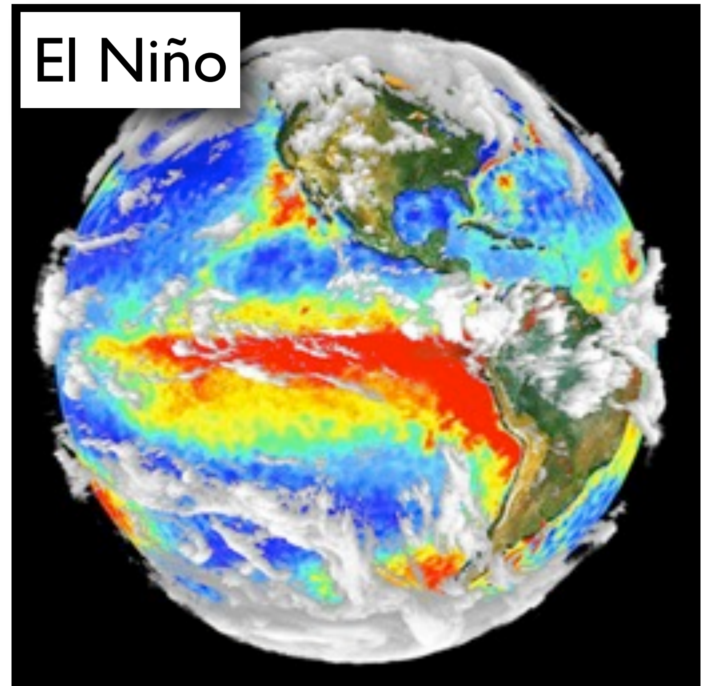
- Pourquoi étudier et modéliser le climat?
- Pourquoi a-t-on besoin de machines toujours plus grosses
- Comment parvenir a nos fins?

Diversité de la recherche sur le Climat

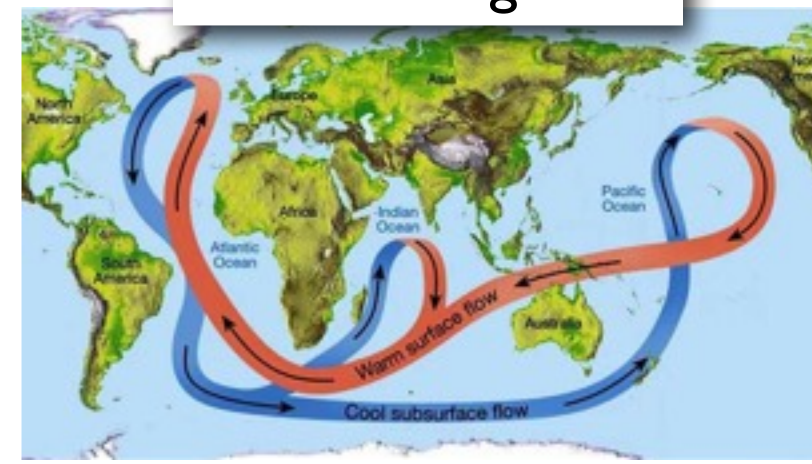
Cyclone



El Niño



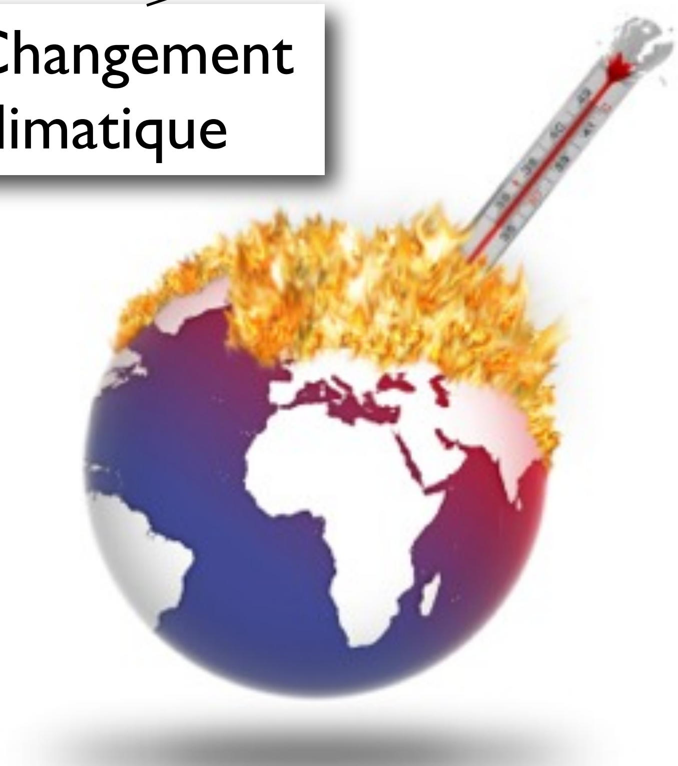
Circulation globale



0.1 an | 1 an | 10 ans | 100 ans | 1000 ans | +

Mousson

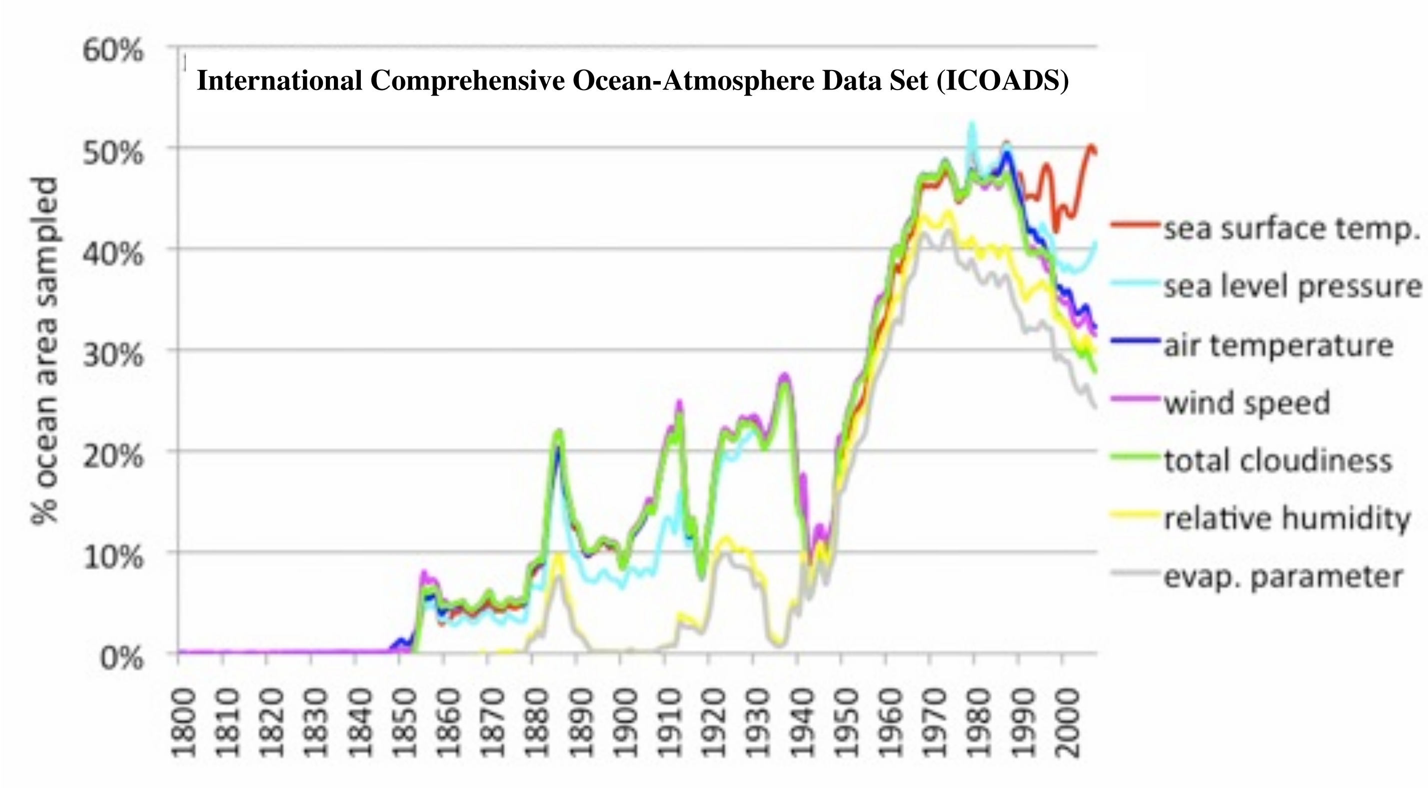
Changement climatique

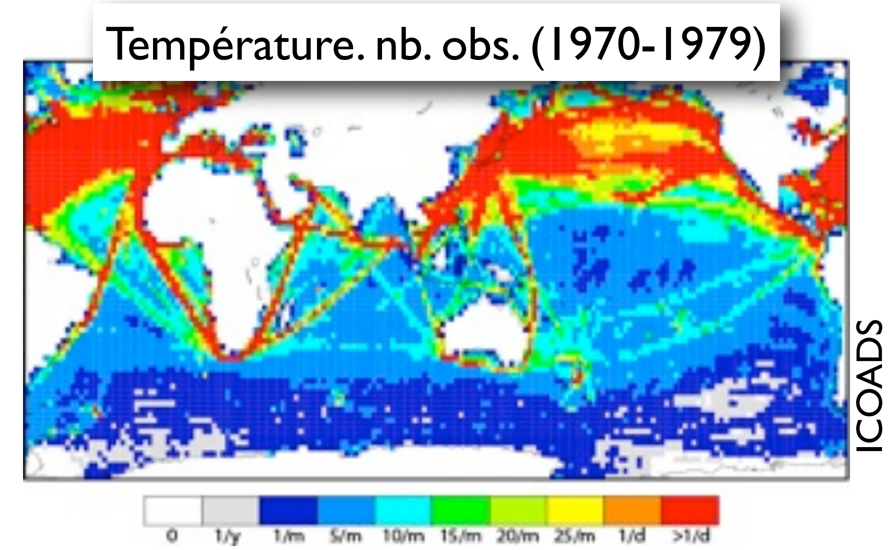


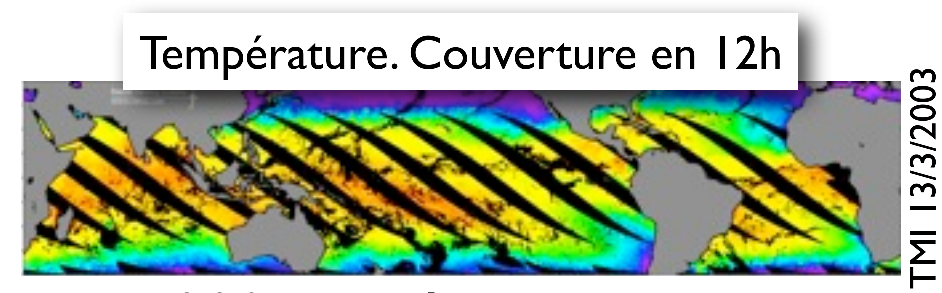
Paléoclimat

Pourquoi modéliser le Climat?

1) Comprendre le climat et ses variations

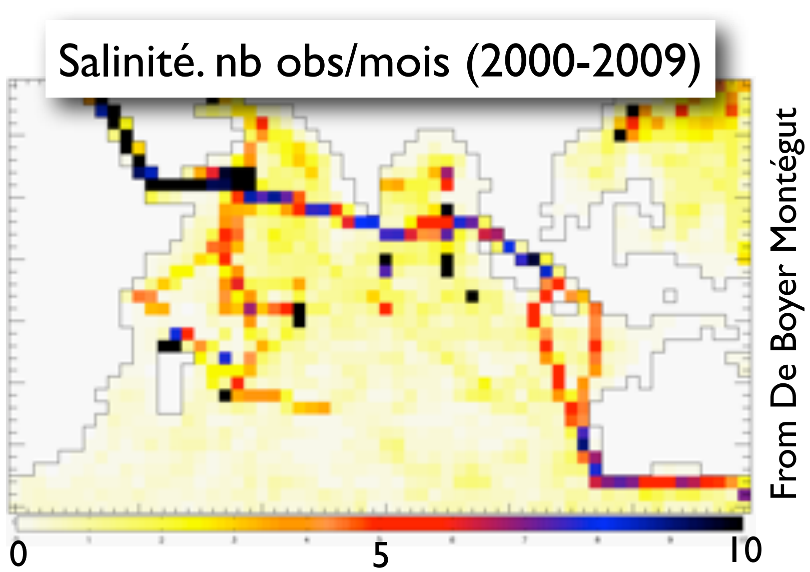


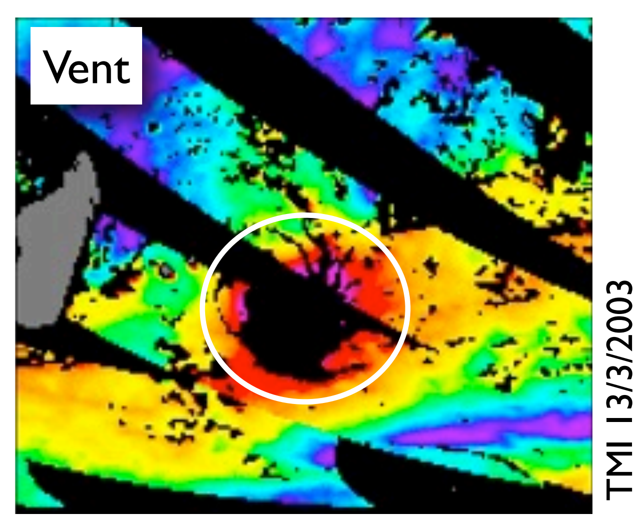


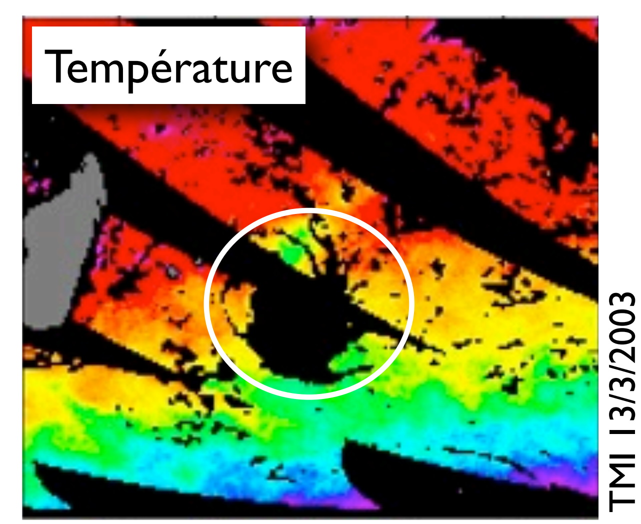


~1980: arrivée des satellites

Mais les satellites: 1) ne voient pas sous la surface
2) ne peuvent pas tout mesurer



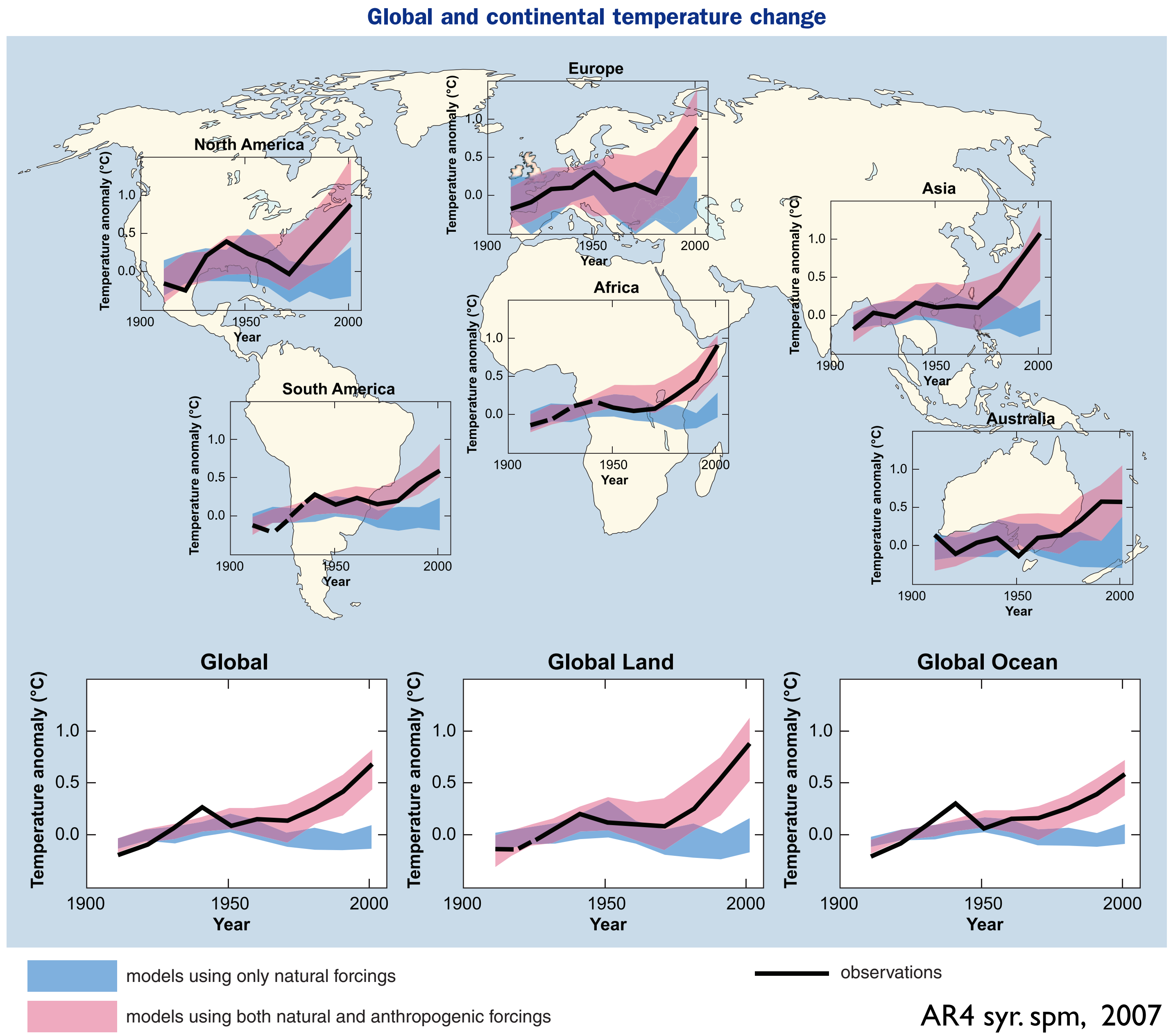




Pourquoi modéliser le Climat?

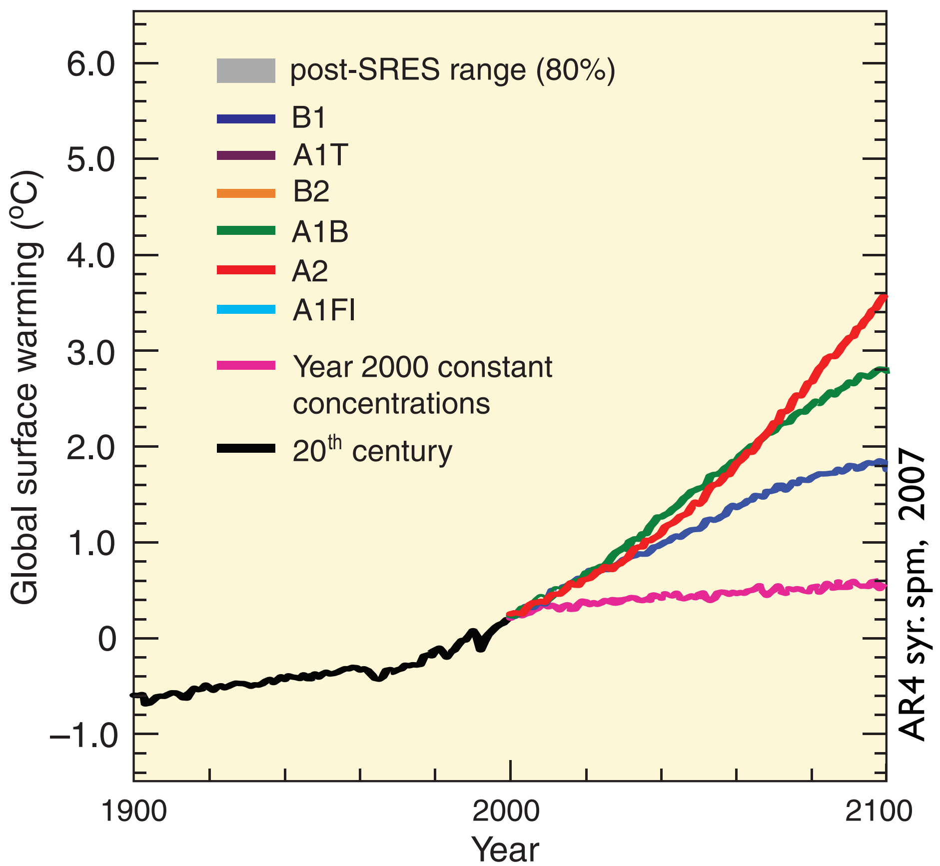
2) Explorer les processus

3)Prévision

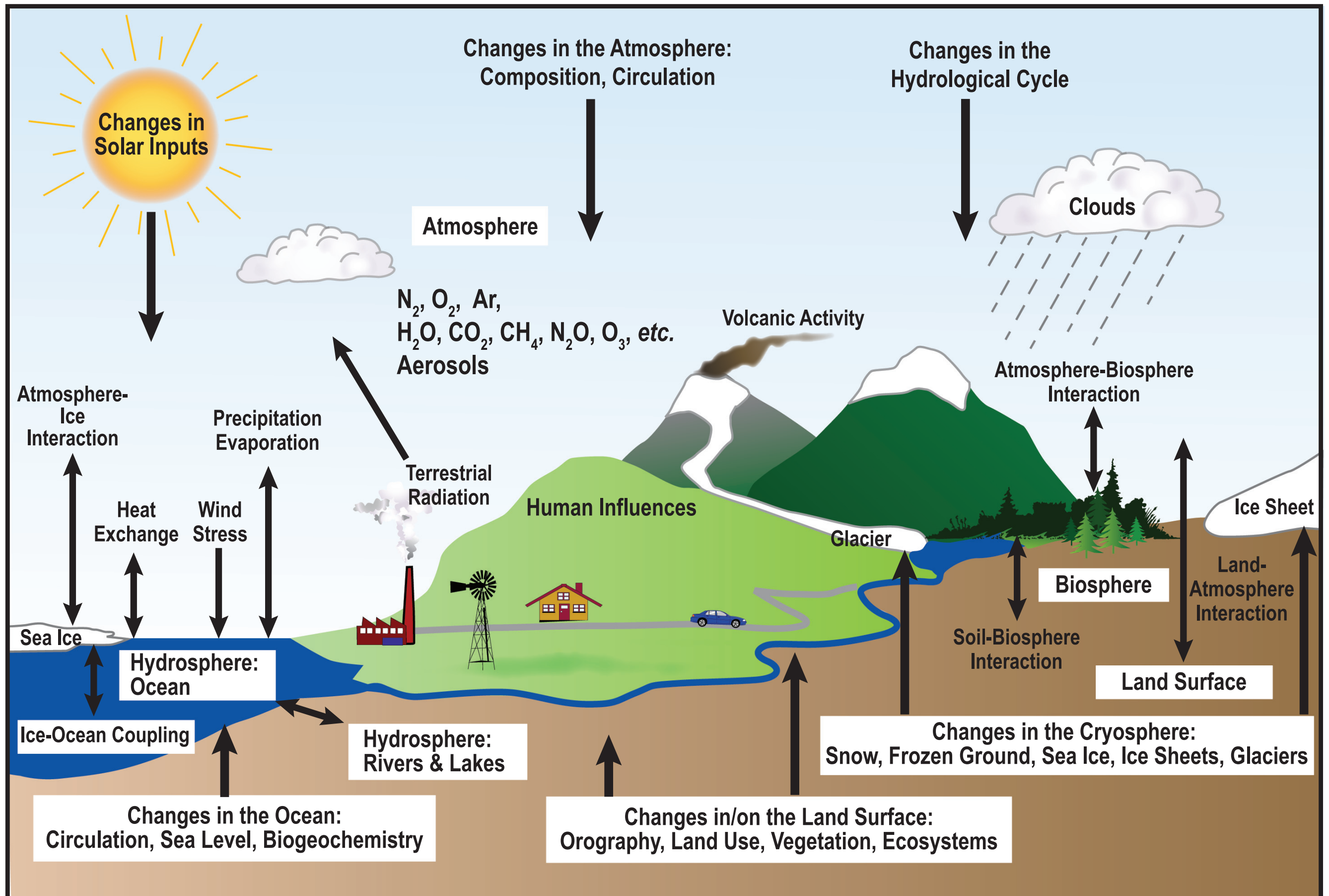


AR4 syr. spm, 2007

prévision a long terme

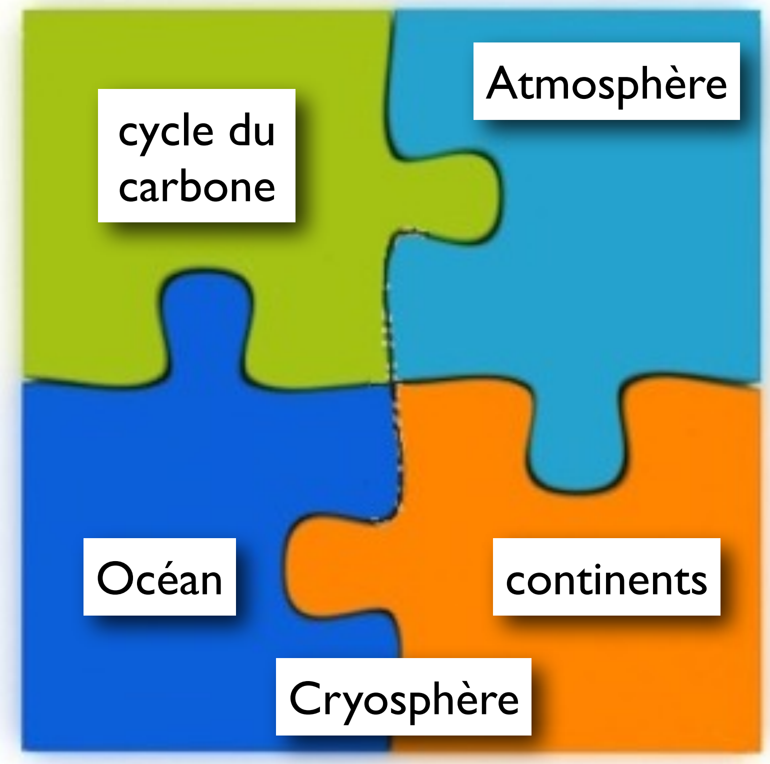


Modélisation du climat

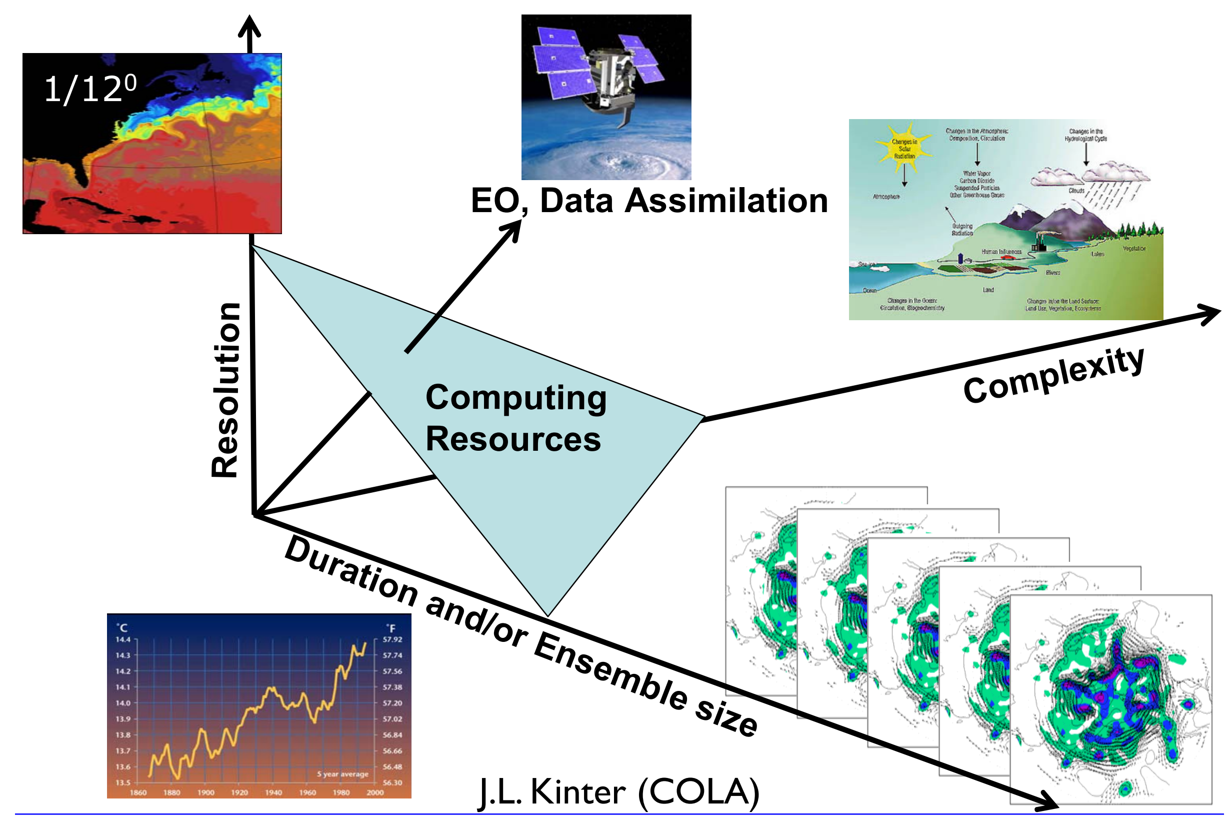


AR4 WG1 Chap1, 2007

dynamique
physique
chimie
biologie
interactions



Compromis: résolution / complexité / durée
Co-existence des différentes approches



Une fusée à plusieurs étages...

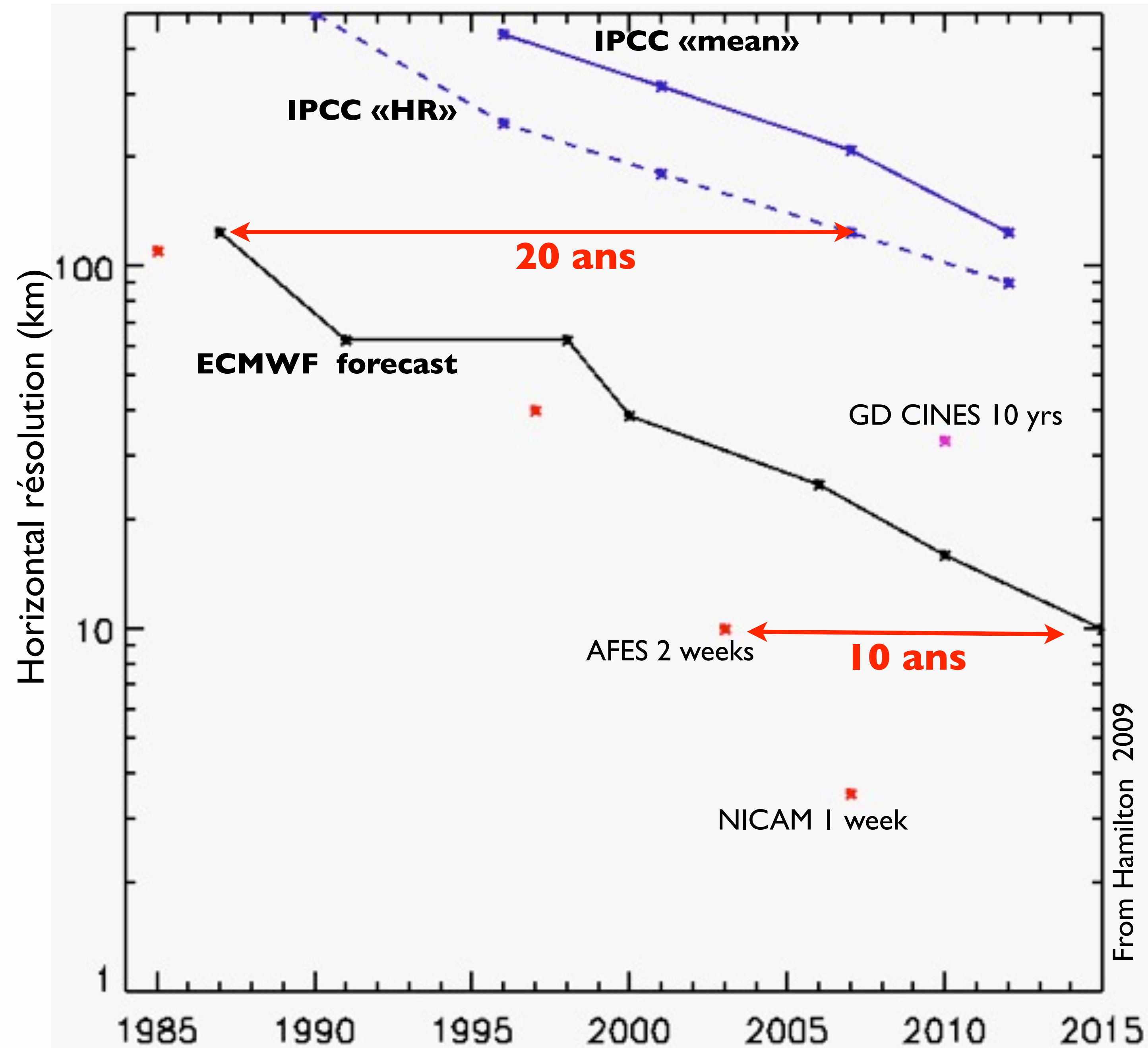
Simulations frontières

20 ans!

validation de la physique

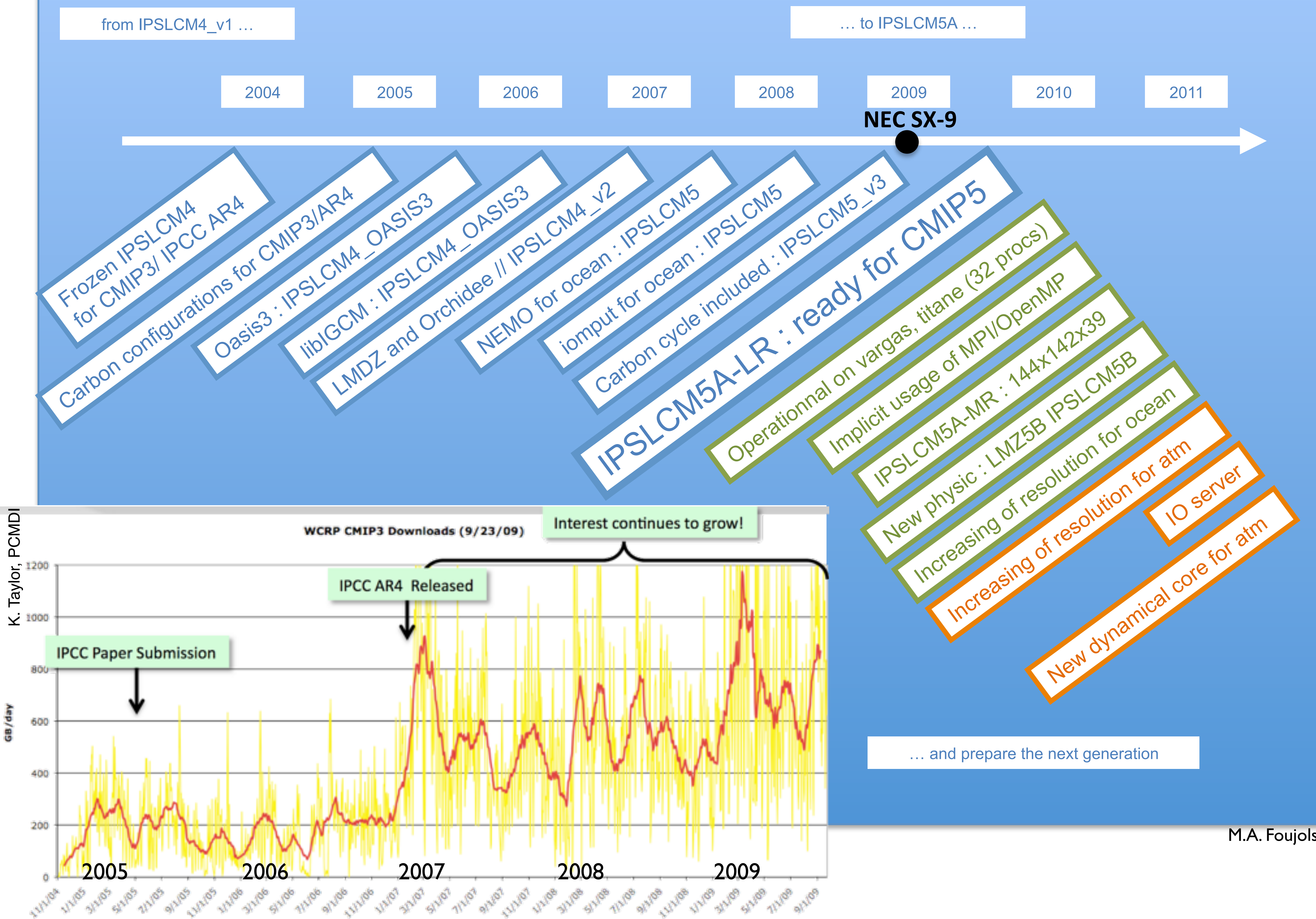
1 à 2 composantes

GIEC Toutes les composantes



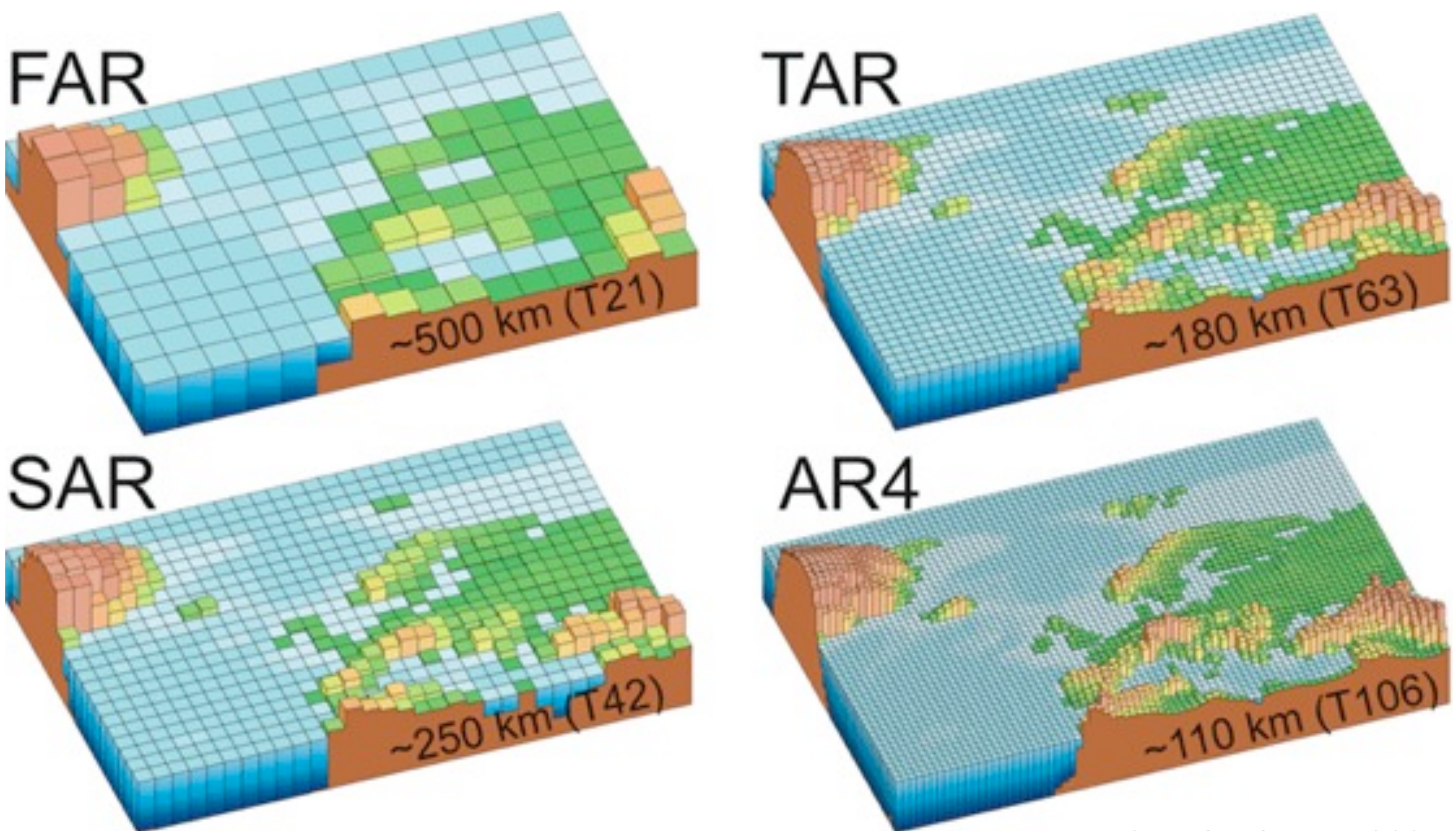
	années simulées	versions de modèle	elapsed time (année)	données crées (To)	données distribuées (To)	base IPCC (To)
AR4 (2004)	3 000	1	1.5	35	1	35
AR5 (2010)	30 000	3	1.5	1 000	300	3 000

History of IPSLCM model since 2004



M.A. Foujols

HPC et résolution des modèles

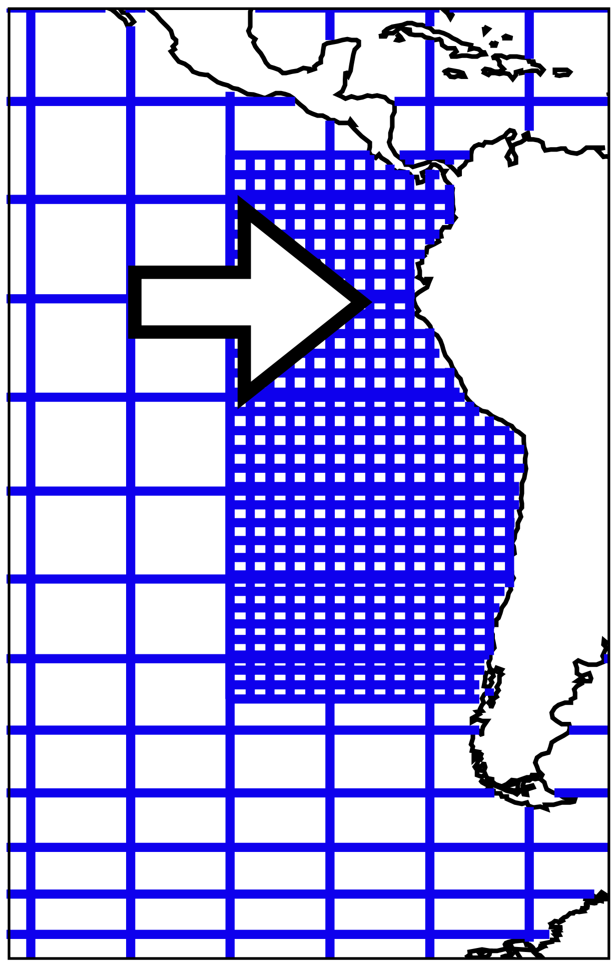


AR4 WGI Chap1, 2007

Grande échelle

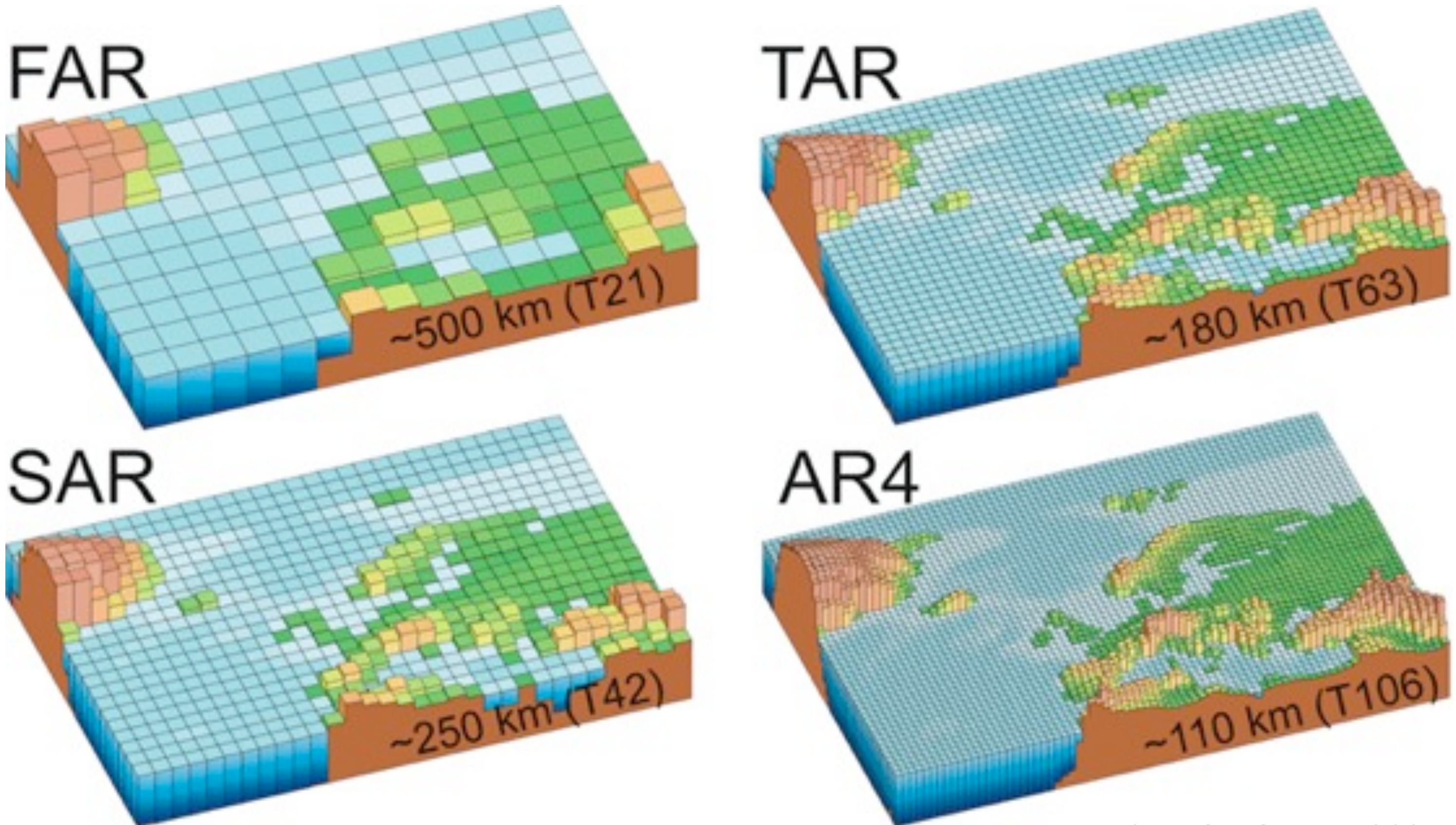
⇩

Régionalisation



- impact régional du changement climatique
- conséquence sur les événements extrêmes (pluies, tempêtes, cyclones)
- impact sur les écosystèmes

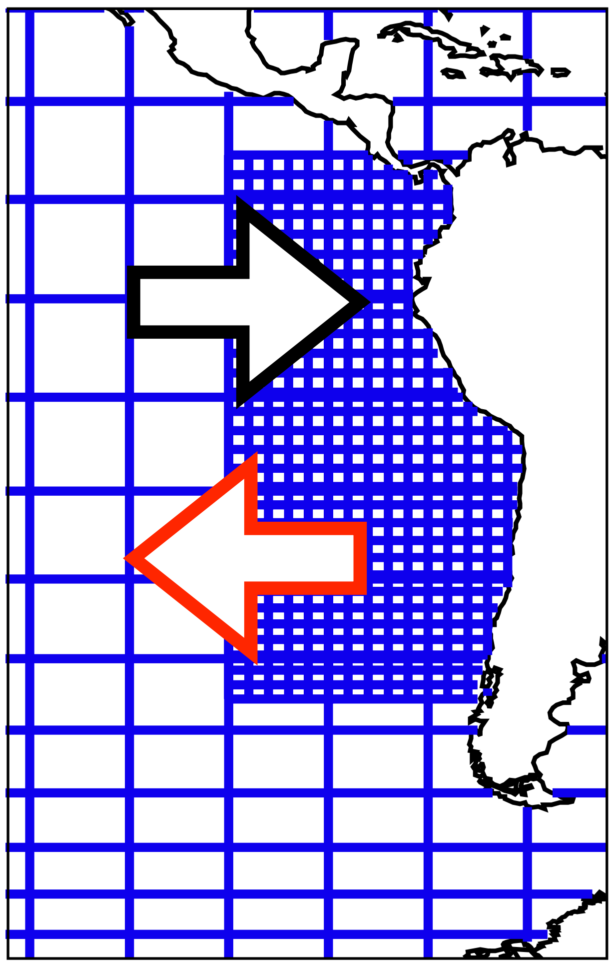
HPC et résolution des modèles



AR4 WG1 Chap1, 2007

Grande échelle

Régionalisation



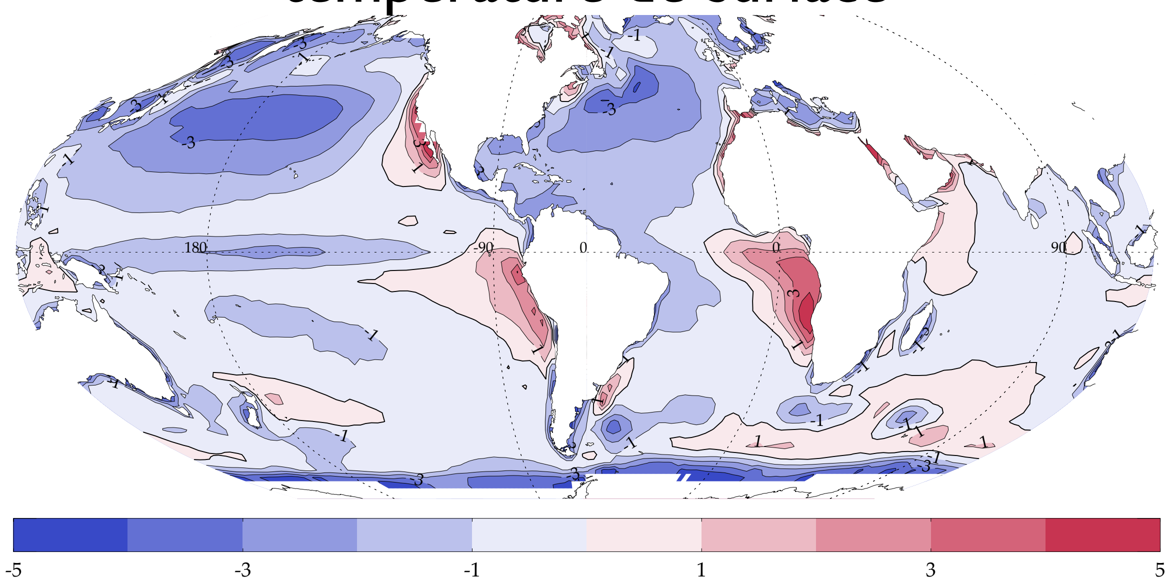
non-linéarités

interactions d'échelles:

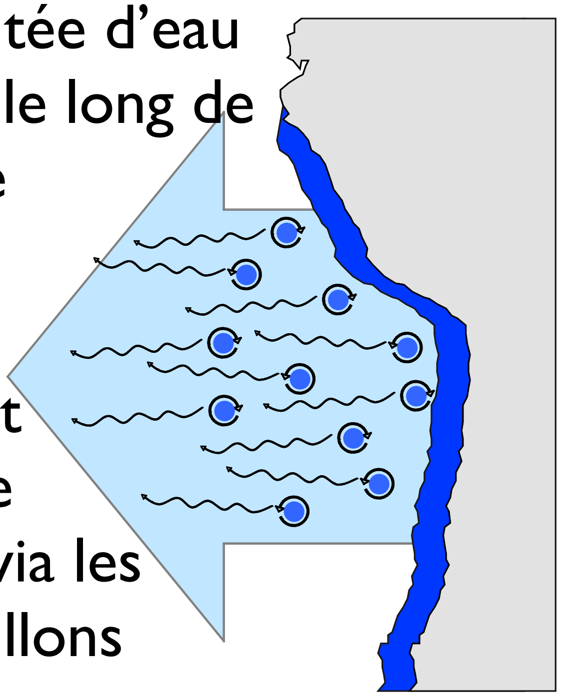
importance de la petite échelle sur la grande échelle

Exemple 1: biais récurrents dans les tropiques

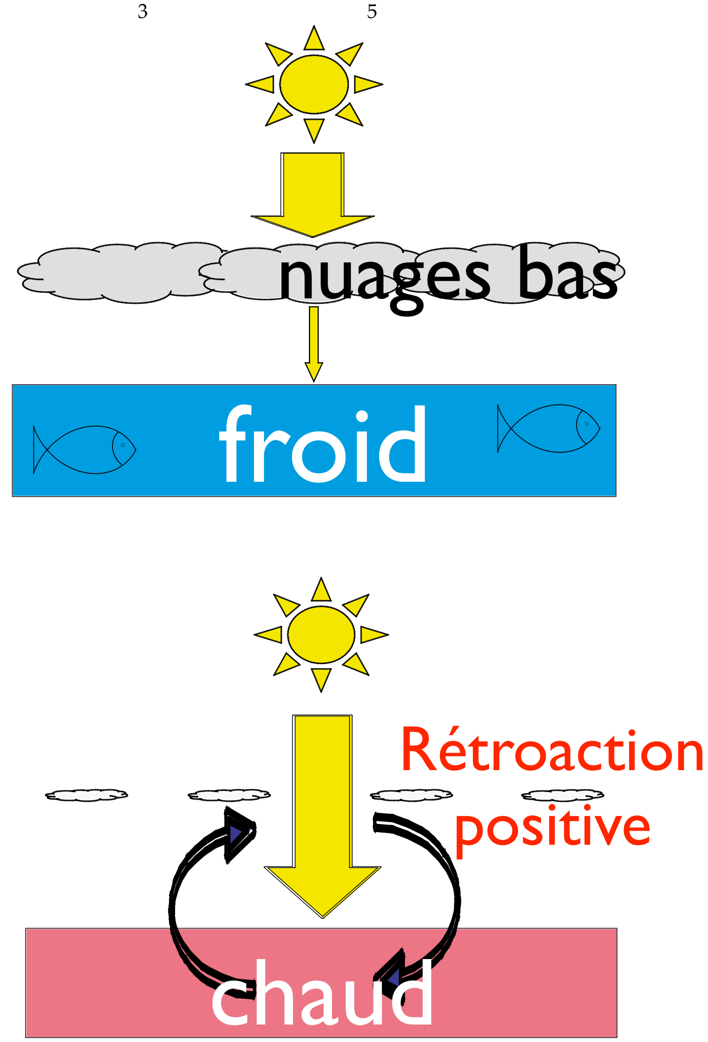
modèles GIEC: biais systématiques, température de surface

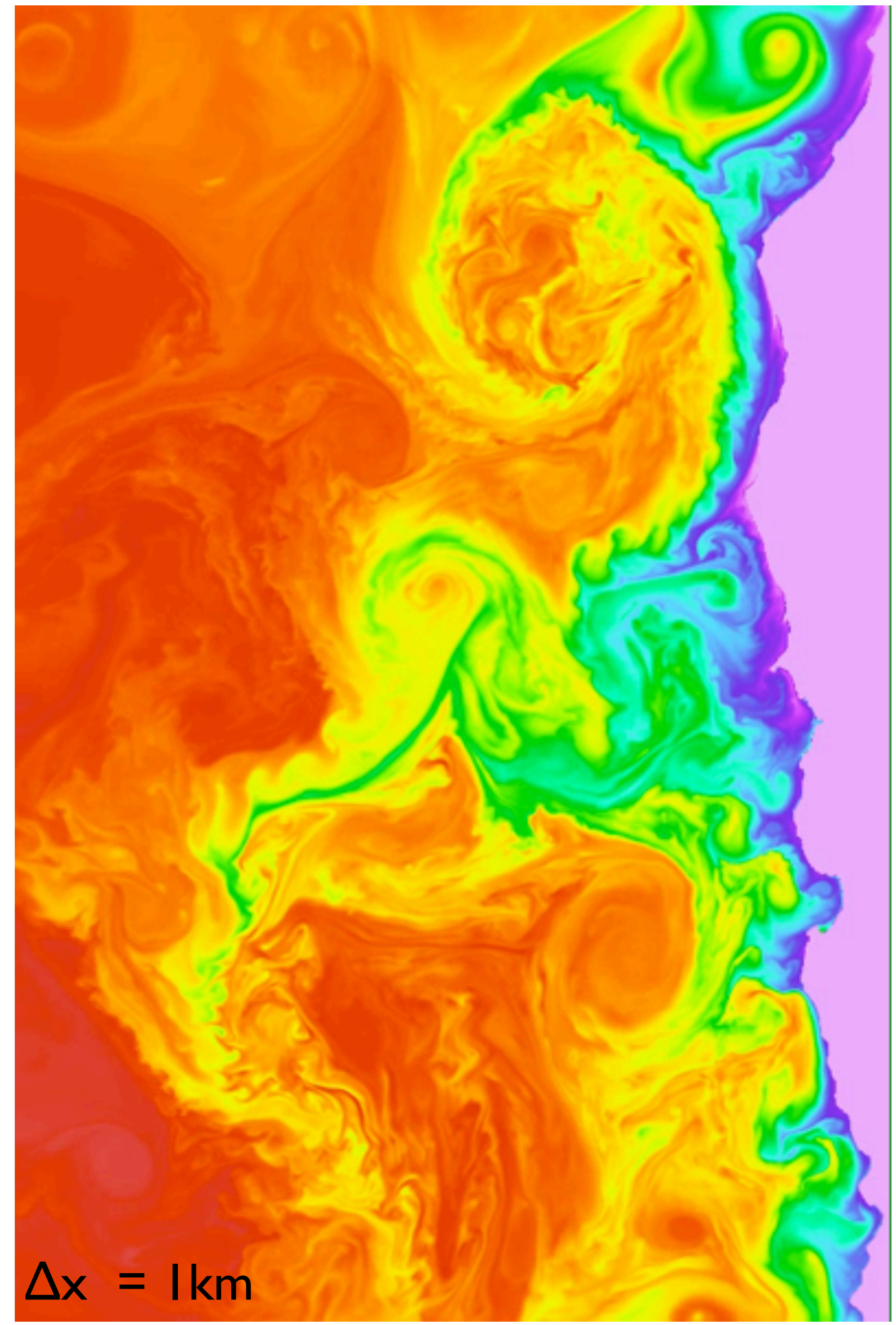


remontée d'eau froide le long de la côte



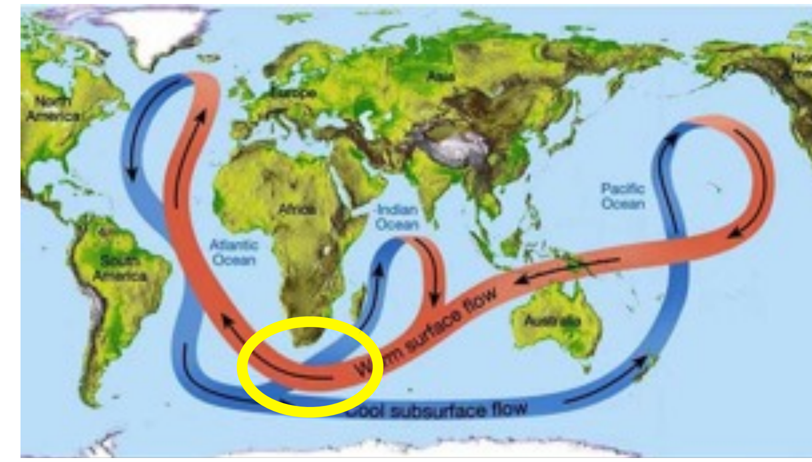
export vers le large via les tourbillons



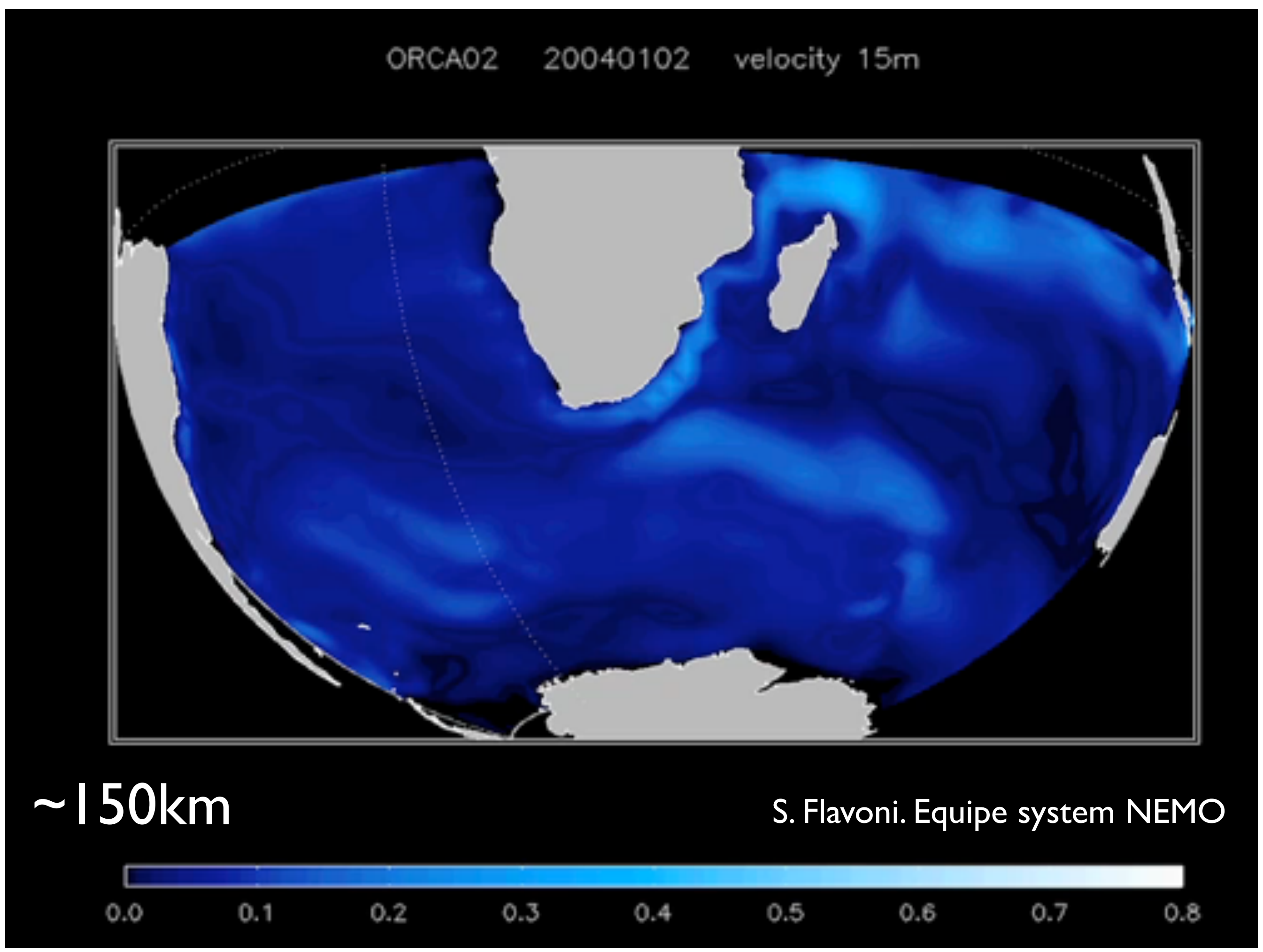


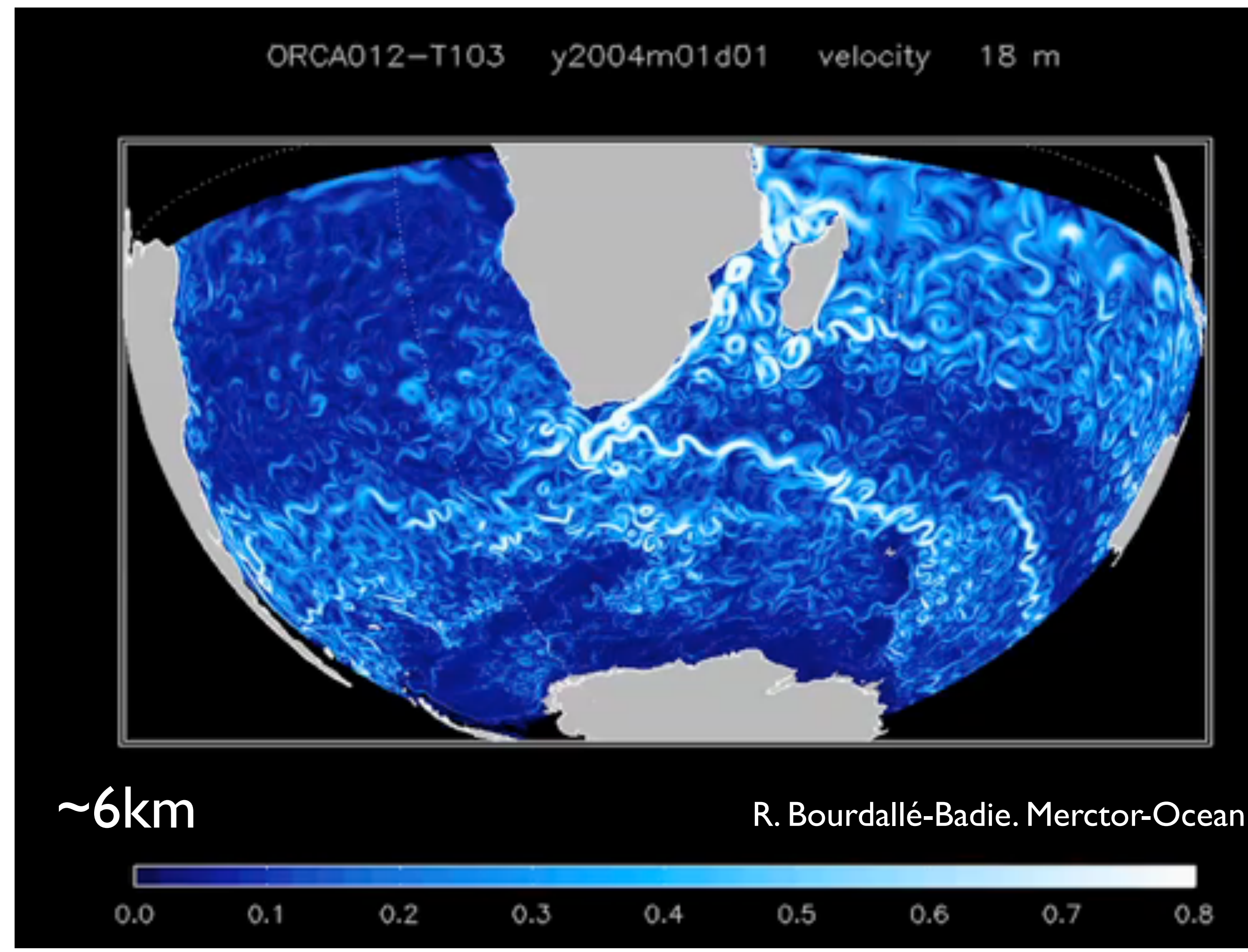
Colas, Molemaker & McWilliams 2010

Exemple 2: hautes latitudes



Océan Global forcé

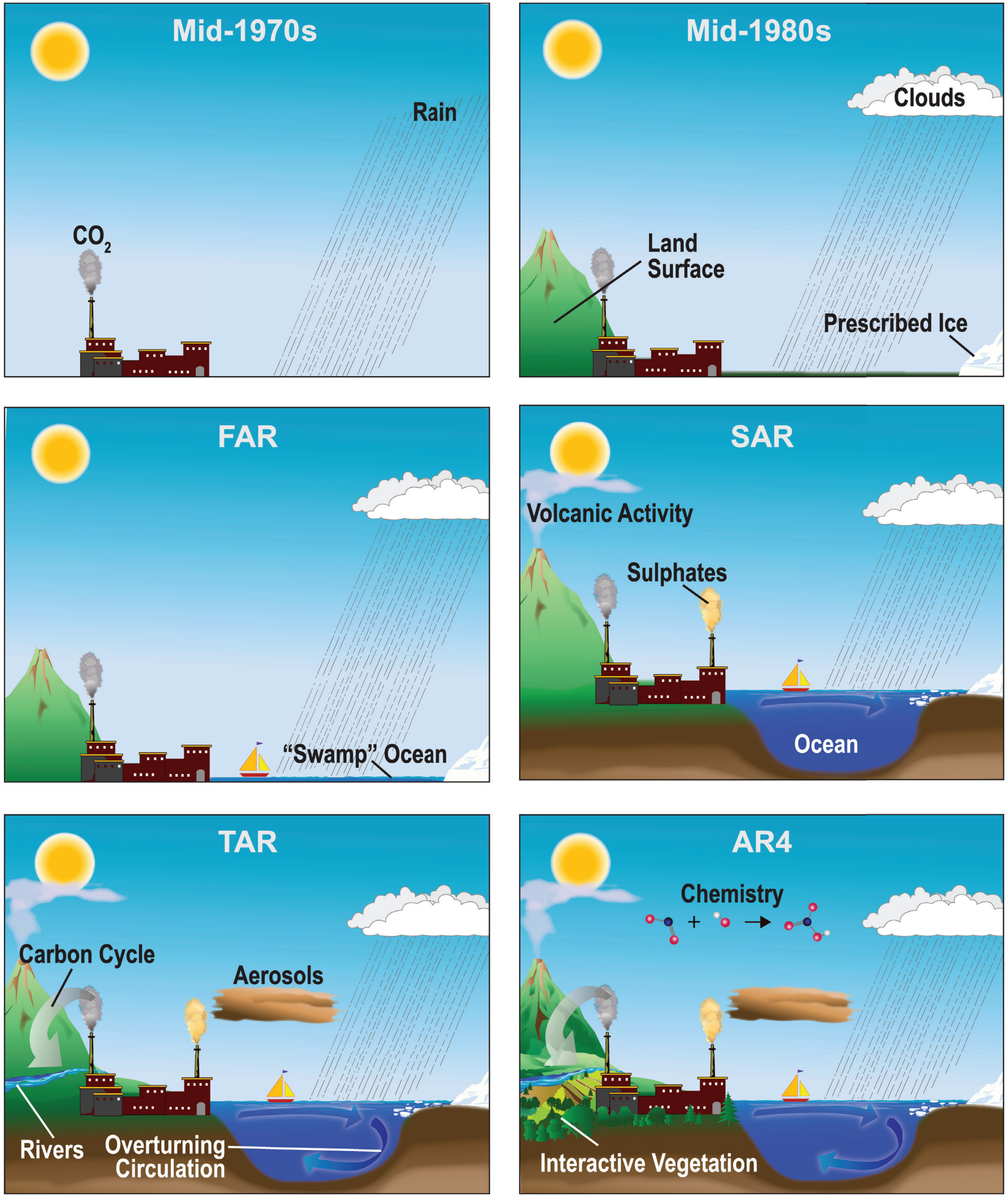




Tourbillons $\overset{?}{\Leftrightarrow}$ Climat grande échelle

Biastoch, el al.. 2008. Nature
Biastoch, el al.. 2009. Nature
Beal, el al.. 2011. Nature

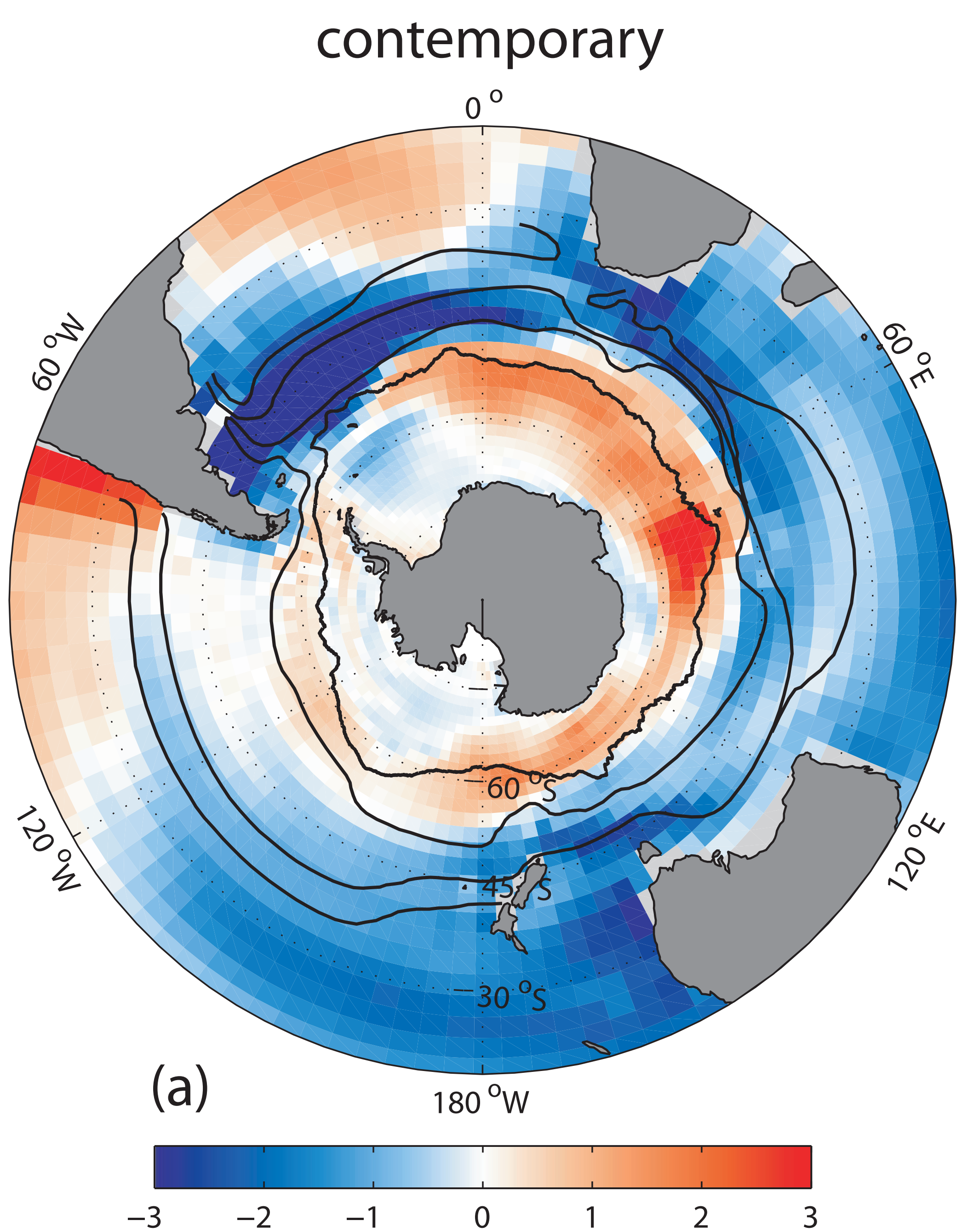
HPC et complexité des modèles



AR4 WG1 Chap1, 2007

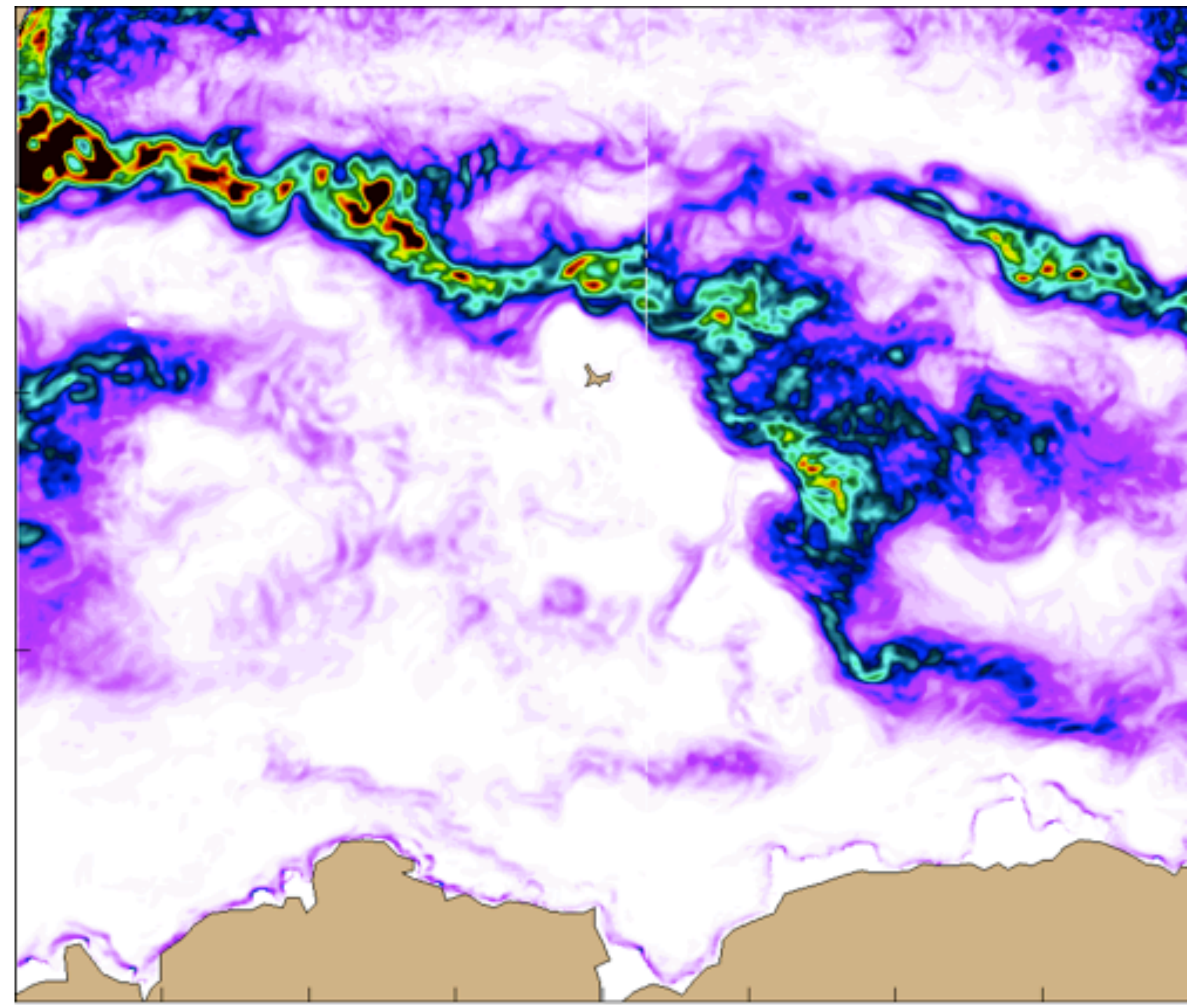
Cycle du carbone
Aérosol, nuages
chimie atmosphérique
Stratosphère
Cryosphère

Exemple 1: Cycle du Carbone, Piégeage du CO2



Lovenduski et al.. 2007

Activité Tourbillonnaire. Ocean Indien Sud

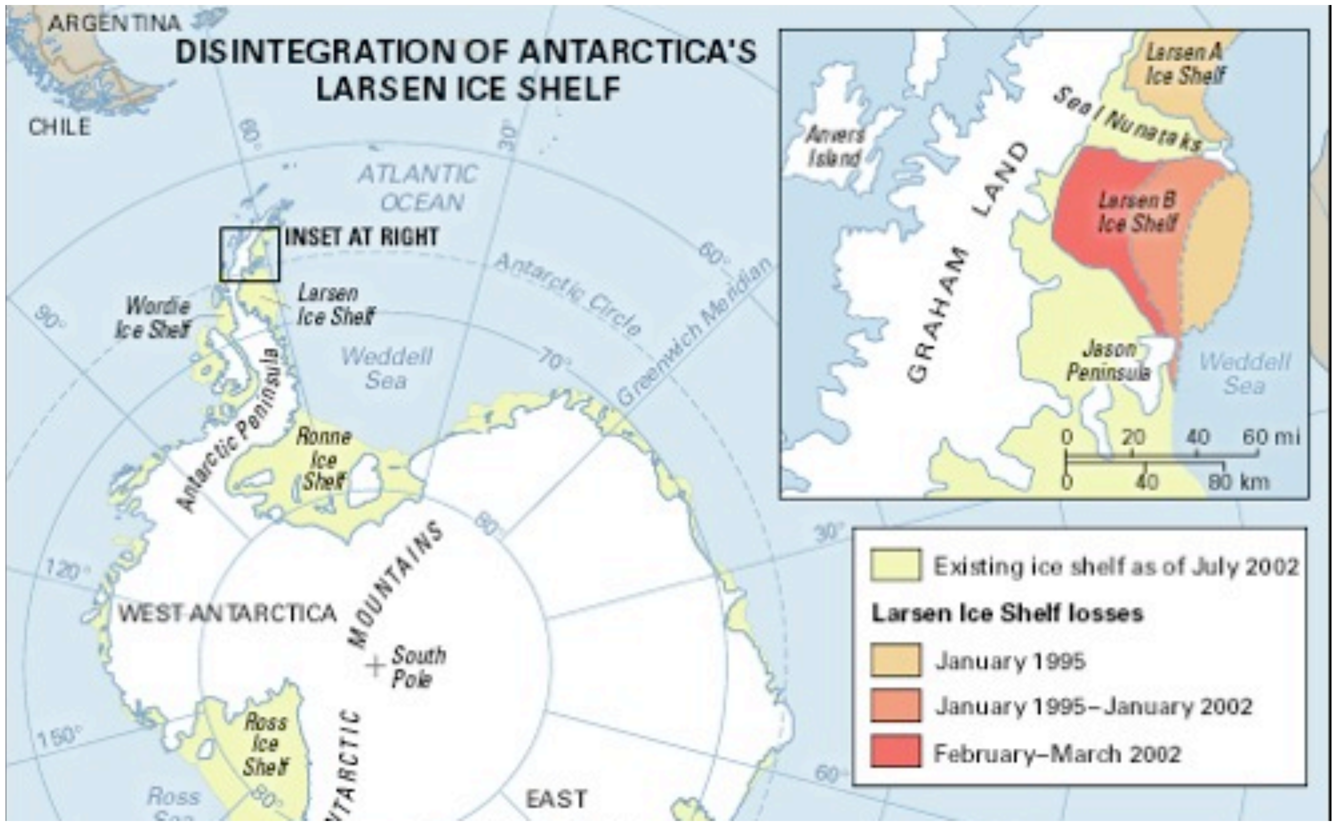


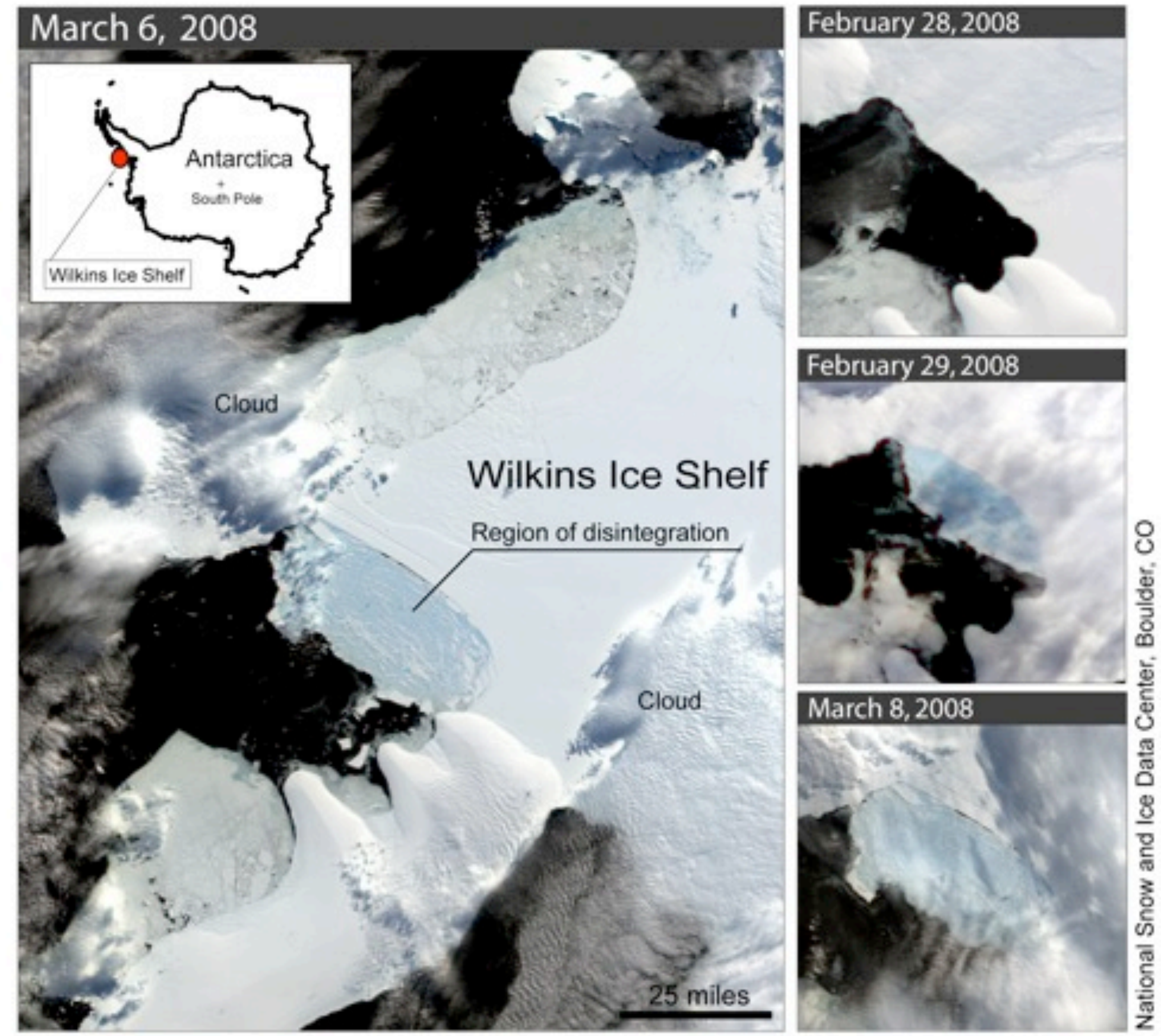
J.J. Molines, A. Lecointre

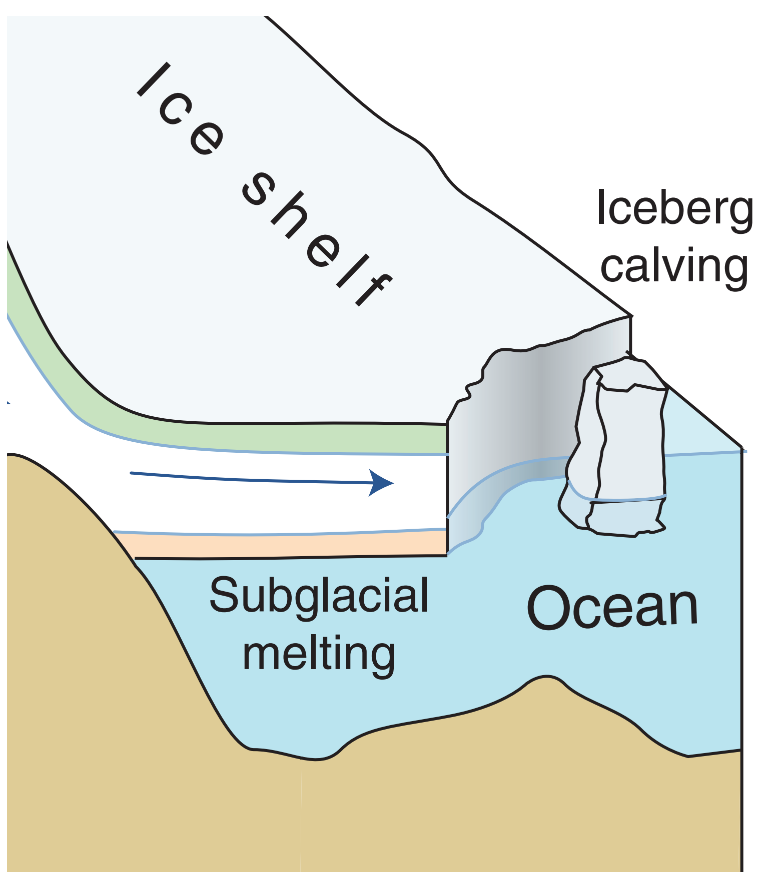
fluide turbulent
biologie complexe = resolution nb traceurs
turbulence = haute resolution

Projet BIOCOSM de Julien Le Sommer/ Marina Levy

Exemple 2: calottes polaires







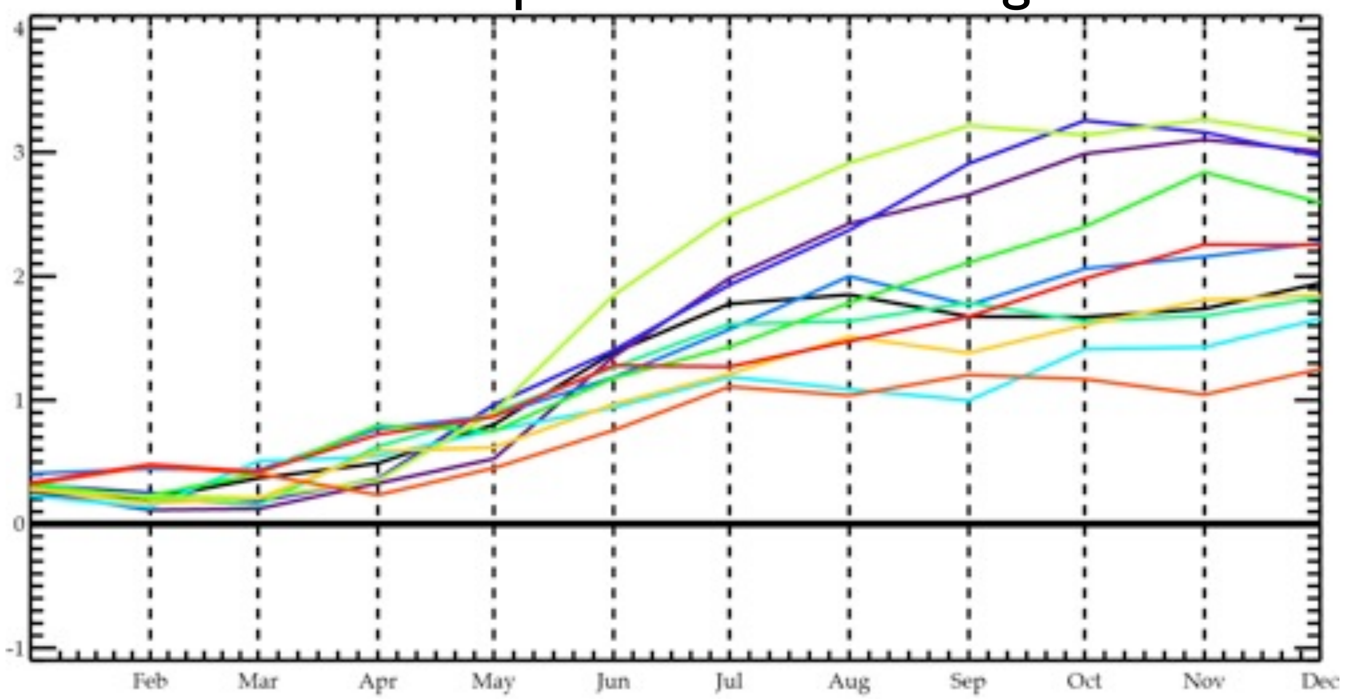
Rapidité de l'évolution de la couverture de glace!

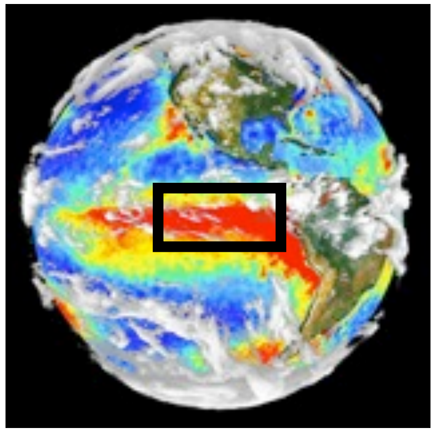
- interactions océan-calotte de glace
- intégration des calottes dans les modèles de climat

HPC et simulations d’ensemble

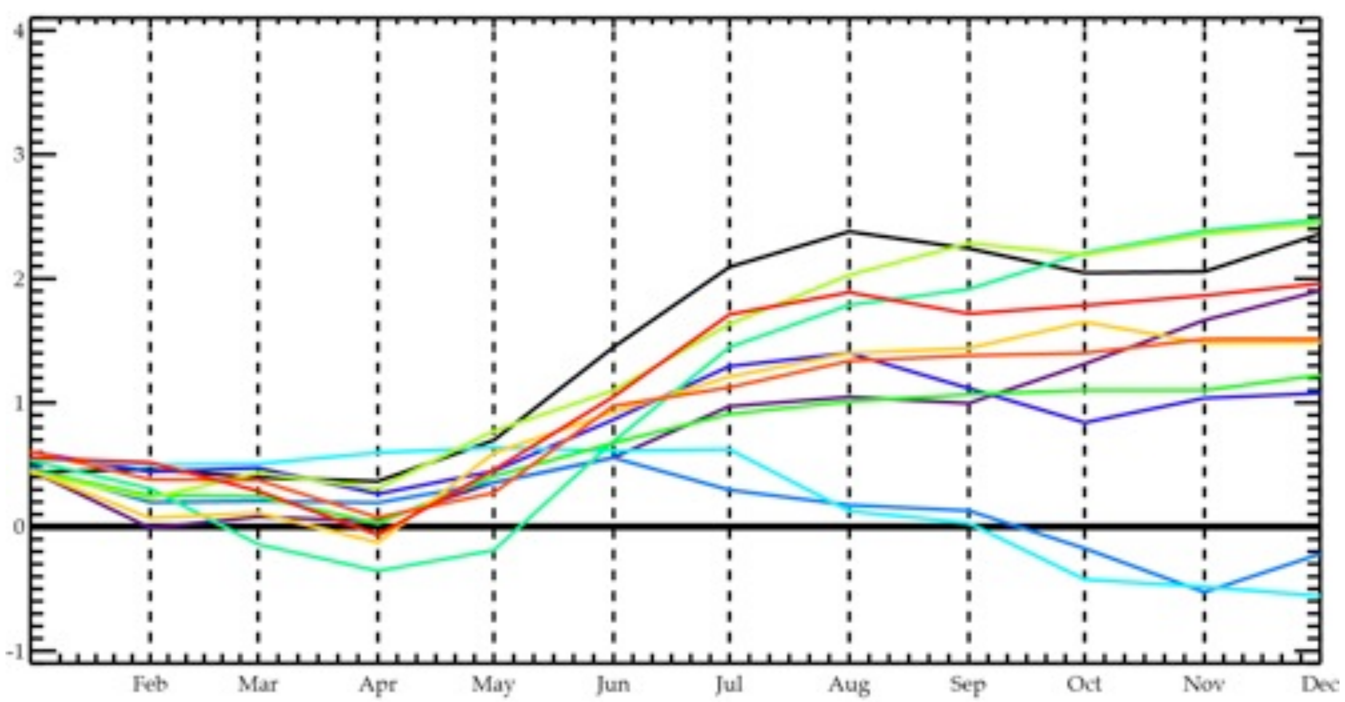
Comprendre et Quantifier les incertitudes...

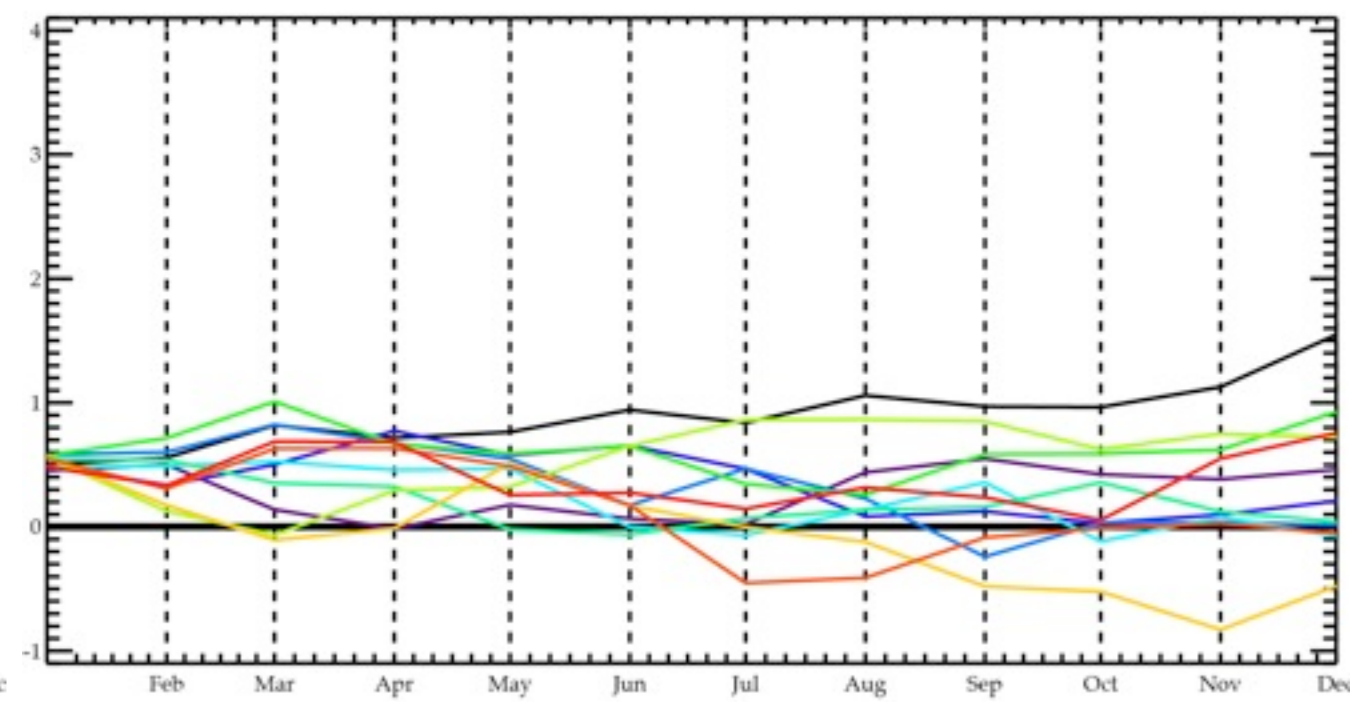
anomalie de température dans la région Nino





Sensibilité aux conditions initiales
Robustesse des phénomènes

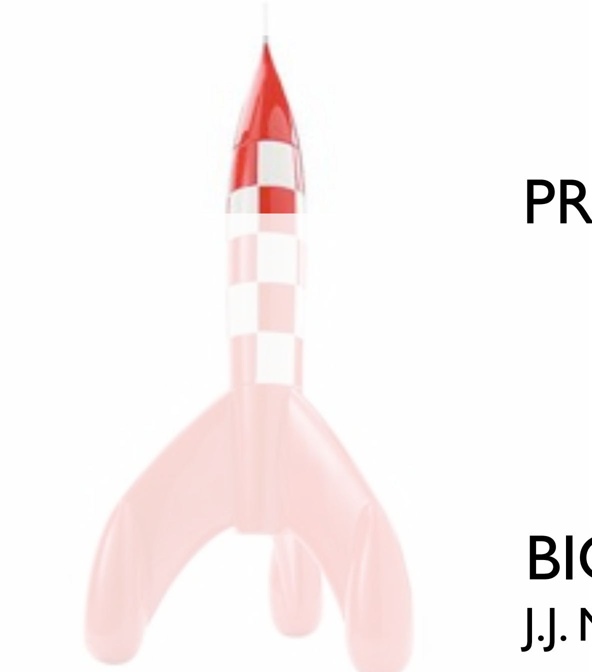




G. Boshat

Se préparer pour le futur proche...

PRACE Preparatory Access



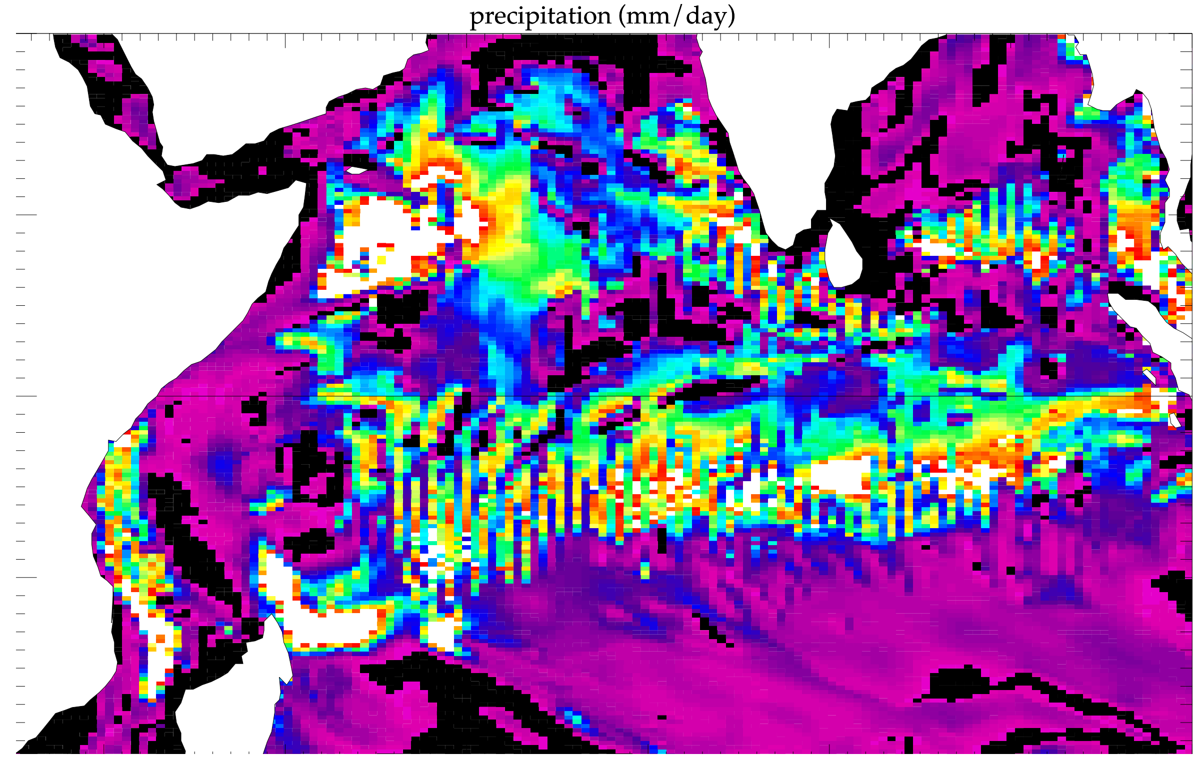
PRACE Support & Organisation of WP 7.2E (G. Erbacci & J. Donners)
- ➡ NEMO (Ocean)
- ➡ EC-EARTH (Ocean-atmosphère)

BIOCOSM: NEMO (Ocean) + Biogéochimie (PISCES) à très haute résolution
J.J. Molines, A. Lecointre, M. Lévy, J. Le Sommer

COUAC (Climate, Organized and Unorganized Atmospheric Convection)

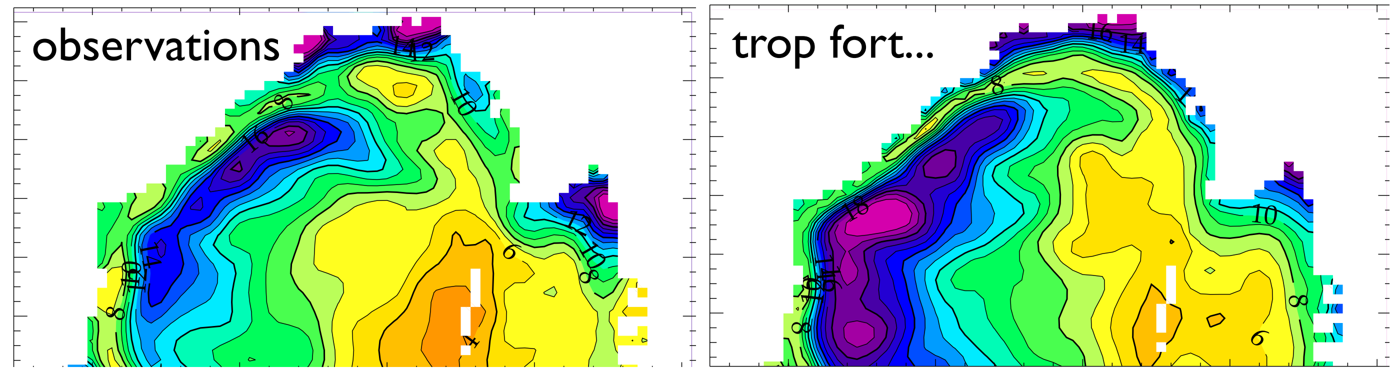
Suite du Grand Challenge CINES 2010
NEMO (Ocean) + LMDz (Atmosphère)
33km, 10 and, **2191** cpu.

Y. Meurdesoif, A. Caubel, O. Marti

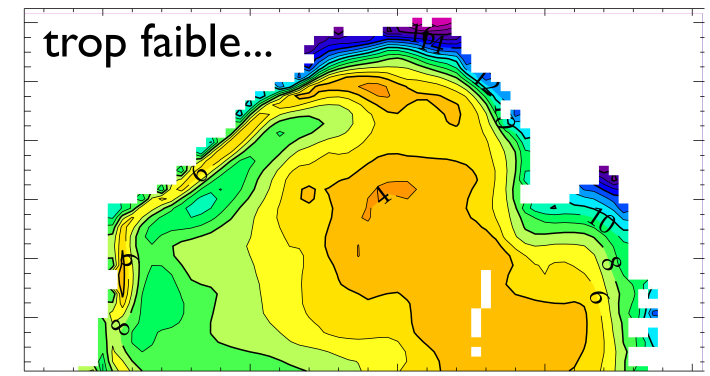


Activité tourbillonnaire dans la Baie du Bengale

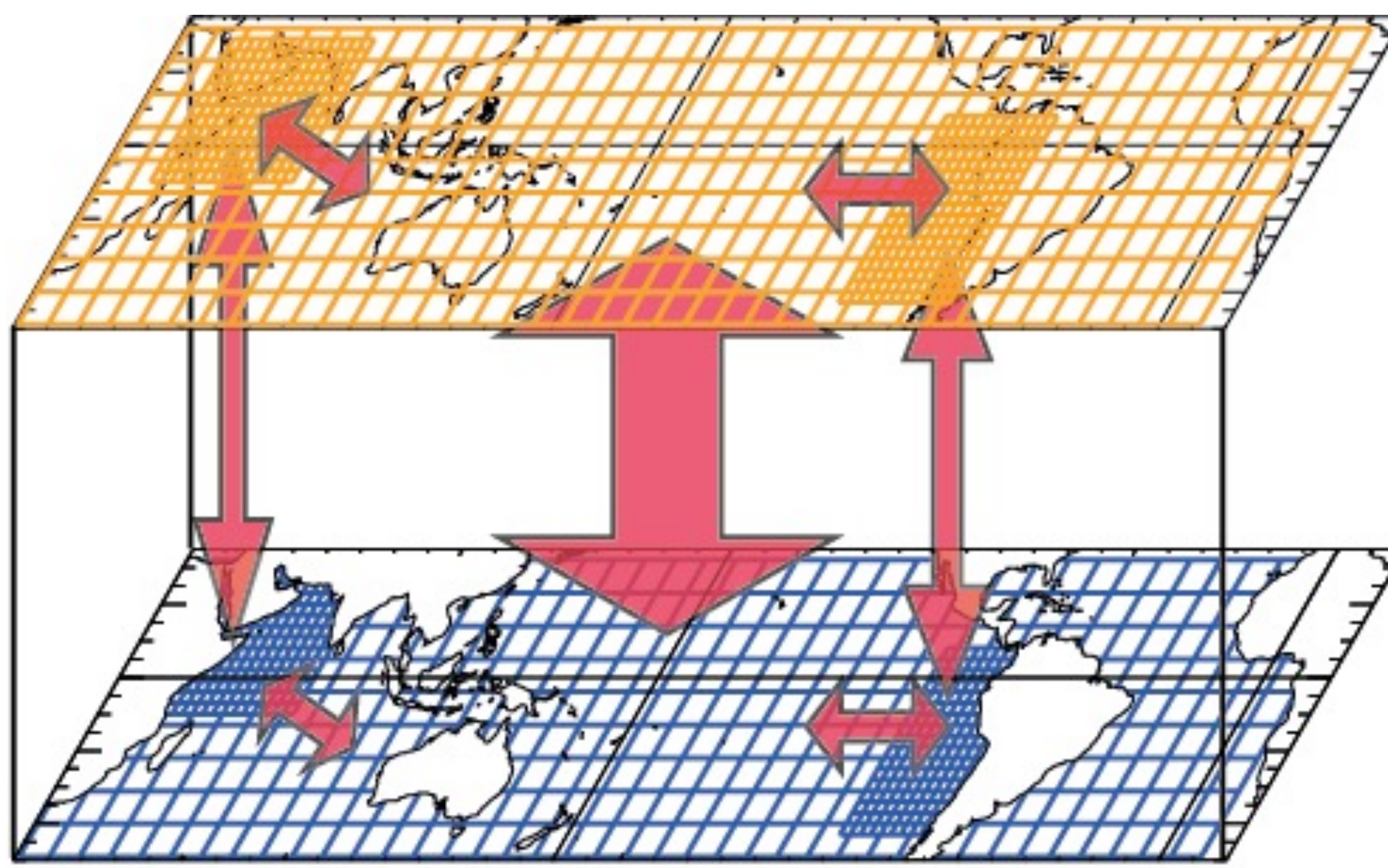
Sensibilité aux paramétrisations accrue avec la résolution



Configuration identique mais différents choix de paramétrisation...



Explorer et quantifier la sensibilité du climat aux processus de petite échelle

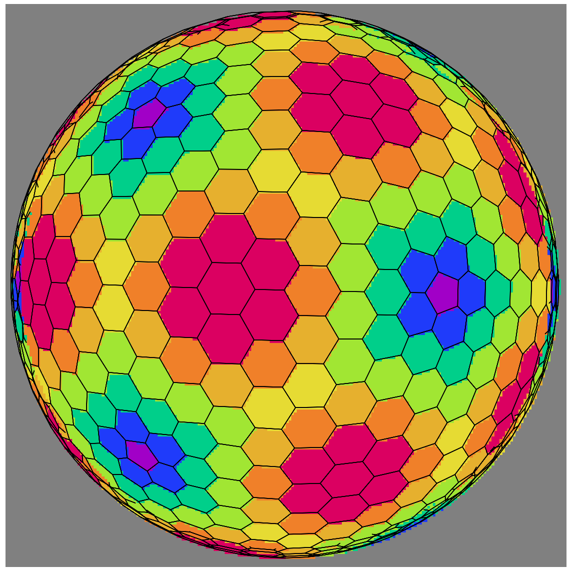


Modèle couplé Océan-Atmosphère Multi-échelle
Projet Pusation (S. Masson et al.)

Se préparer pour le futur plus lointain...

"G8 de la recherche" : calcul exascale pour l'environnement

ICOMEX: Icosahedral-grid Models for Exascale Earth System Simulations
T. Dubos, Y. Meurdesoif



ECS: Enabling Climate Simulation at Extreme Scale
F. Capello

- tolérance aux pannes
- utilisation optimale des accélérateurs
- atteindre 1 milliard (!) de threads
- former au HPC la nouvelle génération d'ingénieurs/chercheurs

ExArch: Climate analytics on distributed exascale data archives

AR5	AR6	AR7
2012	2017	2022
5 Po	120-150 Po	950-3800 Po
0.013 Po/j	0.3-0.4 Po/j	2.6-10 Po/j

Serveur d'IO, IO Parallèles,
compression, réduction, analyses «on-line»
centre de calcul ➡ centre de production de données

Distribution, analyse des simulations...

un grand défit technique et scientifique!

maintenir un développement cohérent et pérenne

Le numérique

coeur dynamique, coupleur, entrés/sorties...

La physique

paramétrisations, complexité, incertitudes...

Les données

Volume, accessibilité, analyse

➡ Cohérence au niveau des codes mais aussi au niveau des centre de calcul/production/analyse de données