

Modélisation du climat: réalisations récentes et perspectives

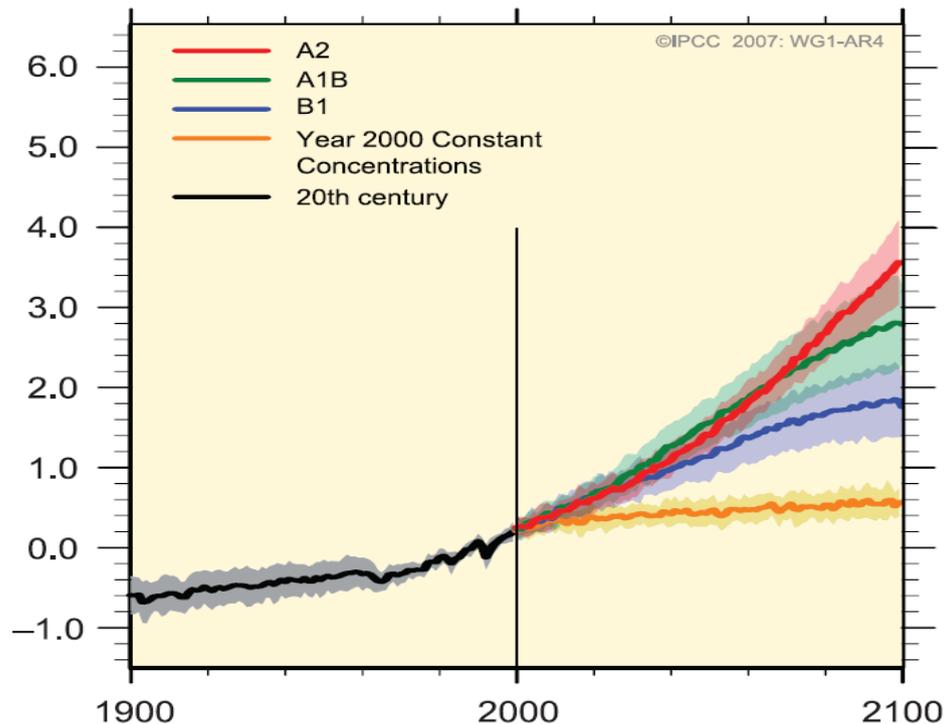
AG-IPSL
30 mars 2011

Modélisation du climat: réalisations récentes et perspectives

- *Modélisation globale*
 - Simulation et analyse des changements climatiques passés, récents et futurs (CMIP5)
 - Simulation à très haute résolution
- *Modélisation régionale*
 - Projet CORDEX

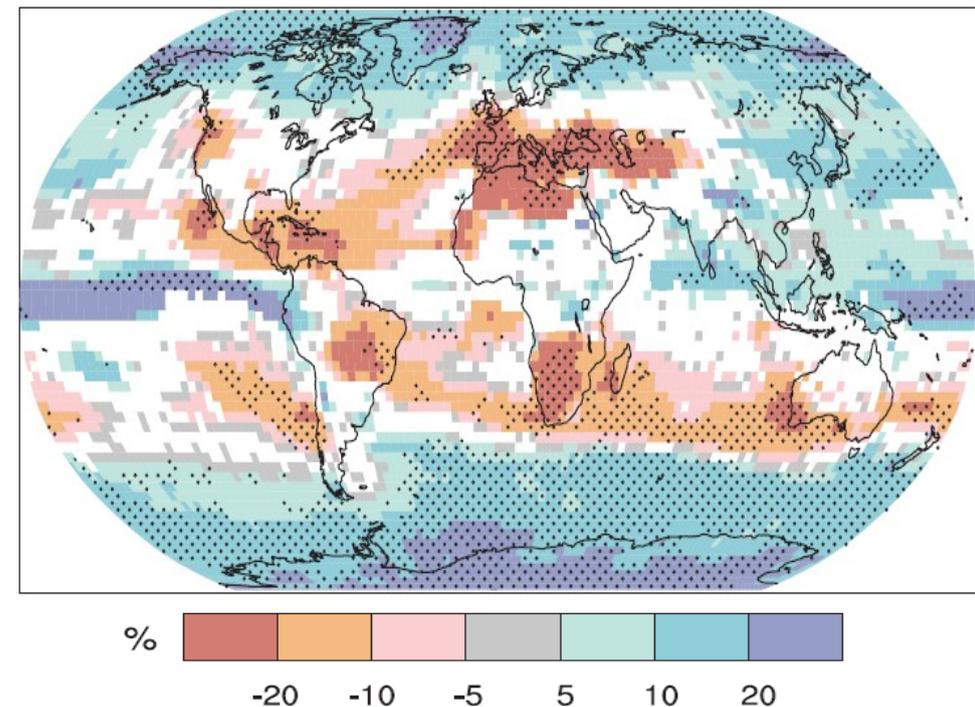
Les simulations de l'évolution du climat: Projets CMIP et rapports du GIEC

Évolution récente et future de la température moyenne



Source: GIEC 2007

Changements des précipitations en 2100 (scénarios SRES-A1B, en %)



D'un projet CMIP à l'autre, d'un rapport du GIEC à l'autre

CMIP3, IPCC-AR4 (2007)

- => Énorme succès de la base de données multi-modèles
- => Changement de paradigme: analyse multi-modèles
- => Utilisation au delà de la communauté des « climatologues »

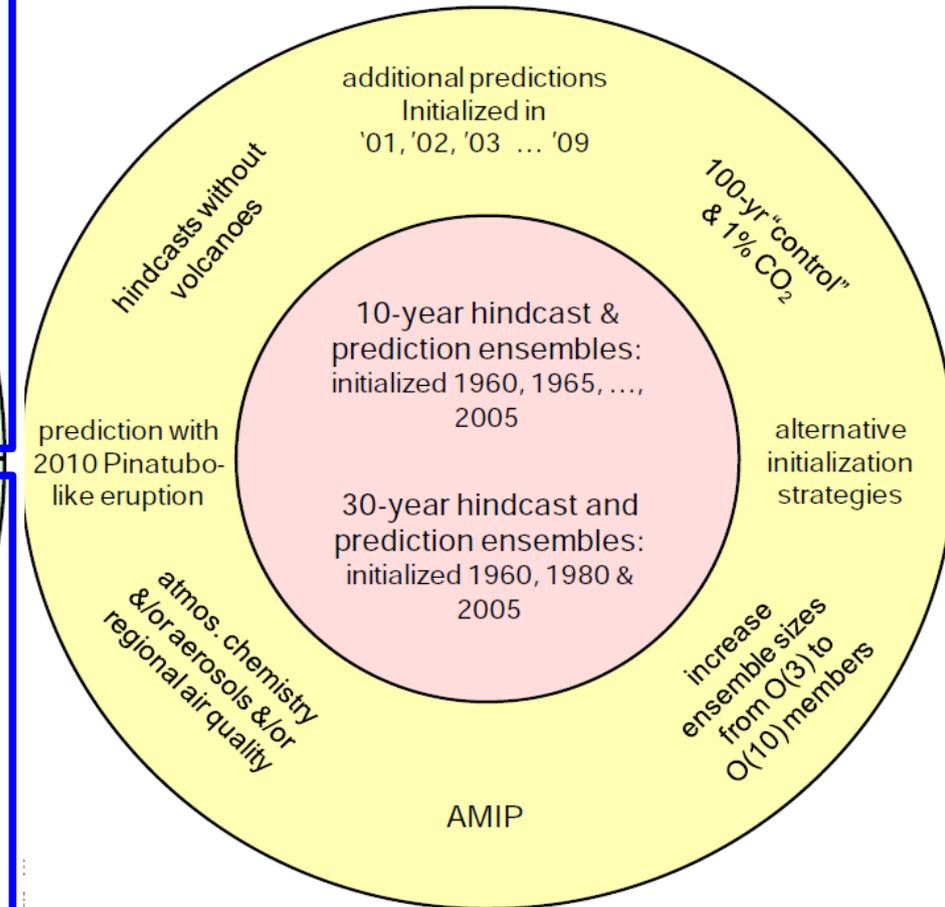
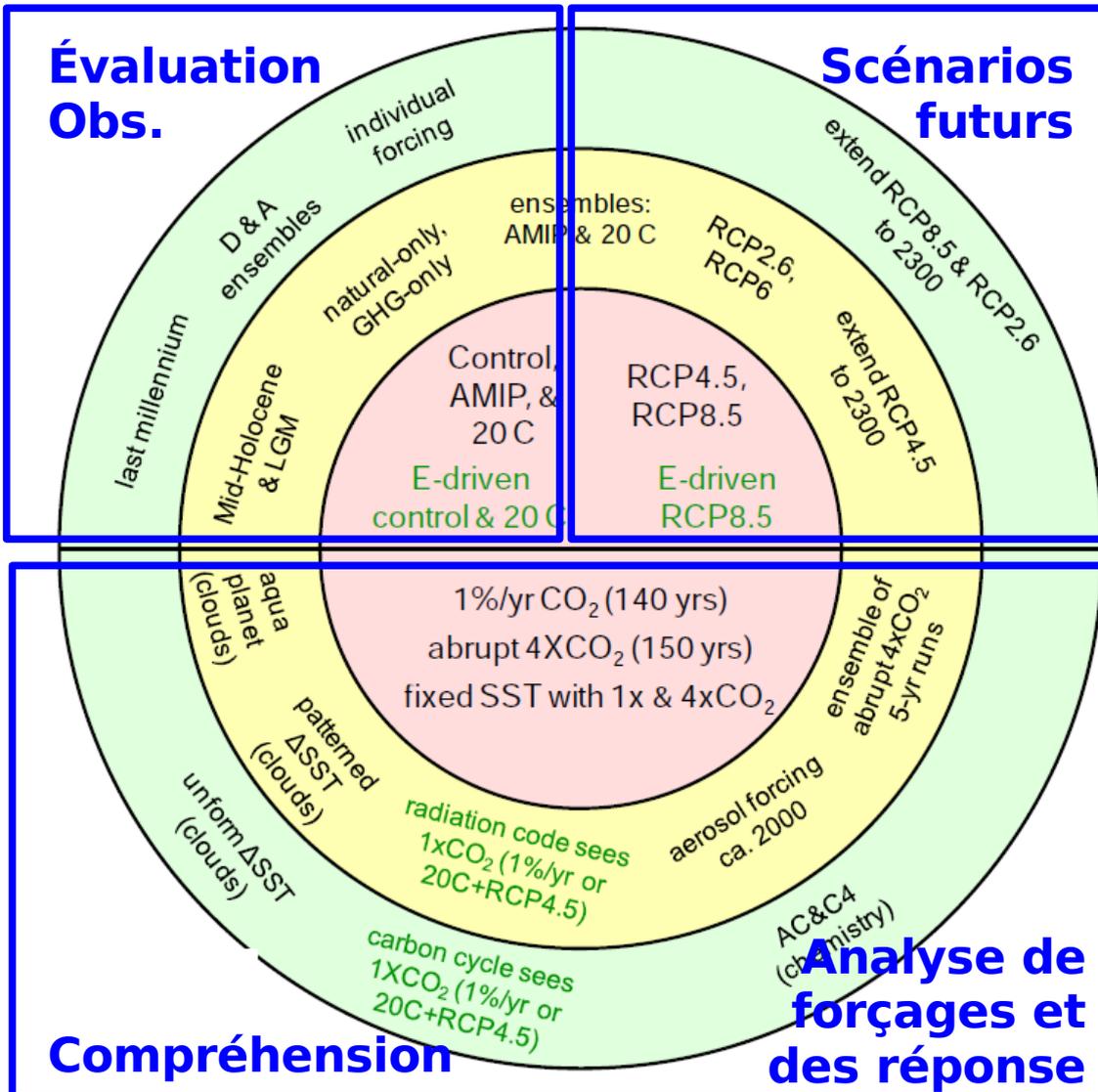
CMIP5, IPCC-AR5 (2013)

- => **Des simulations « centennales » variées**
 - 20 et 21^e siècles (historiques + scénarios futurs)
 - paléo, dernier millénaire...
 - SST forcée (AMIP, Chimie-Climat, très haute résolution...)
- => **Des modèles de complexités différentes:**
 - Modèle climatique “physique” (AOGCM)
 - Modèles avec cycle biogéochimique (modèle système Terre)
 - Configurations idéalisées (aquaplanette, ...)
- => **Des simulations décennales**
- => **Systeme distribué d'accès aux données**

Simulations proposées par CMIP-5 pour la préparation du 5^e rapport du GIEC

Long terme (centennal)

Court terme (décennal)



Simulations centennales proposées par CMIP-5 pour la préparation du 5^e rapport du GIEC

Thématiques d'intérêt pour l'IPSL

Climat-carbone
(C4MIP)

Nuages
(CFMIP)

Paléoclimat
(PMIP)

Aérosols
(AEROCOM)

Emissions
(GEIA)

Ozone
(CCMVal)

Évolution du climat au 20^e siècle

Paléo-climats

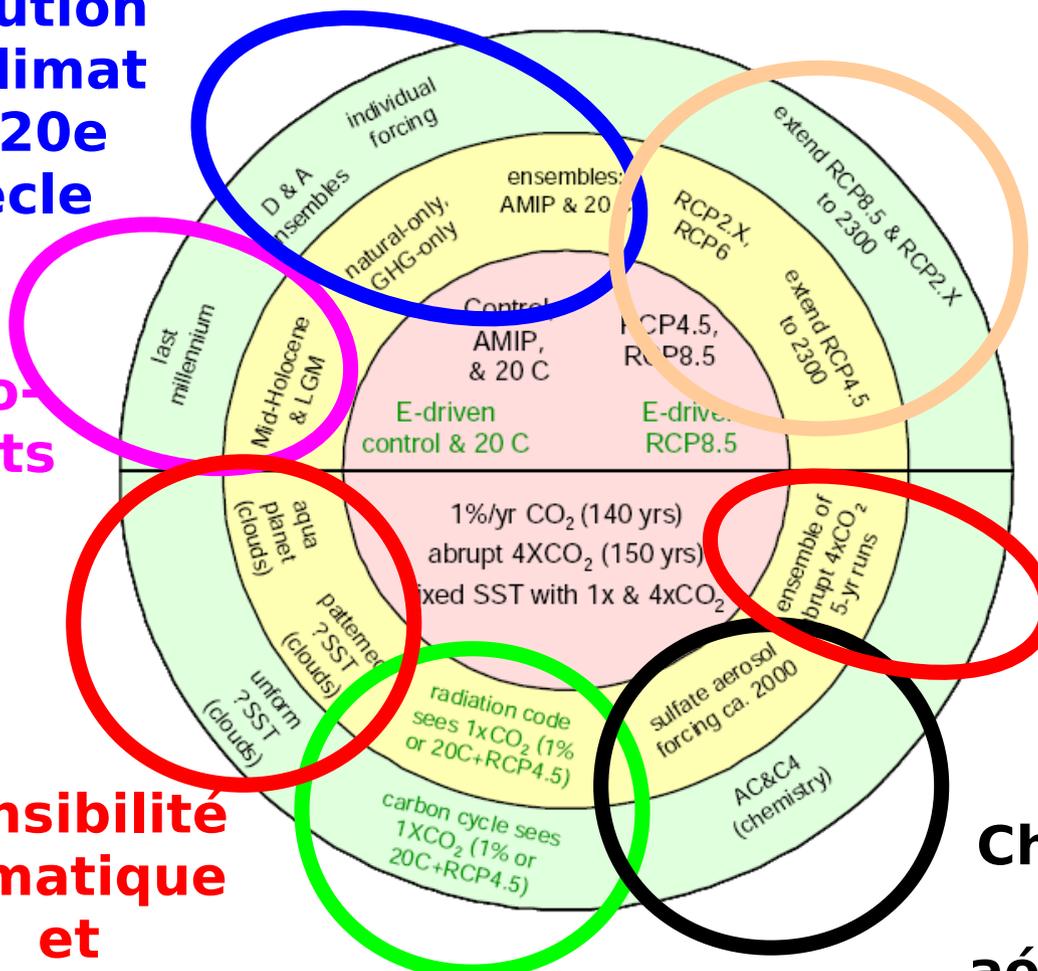
Sensibilité climatique et rétroactions des nuages

Couplage climat-carbone

Évolution du climat au 21^e siècle

Estimation des forçages radiatifs

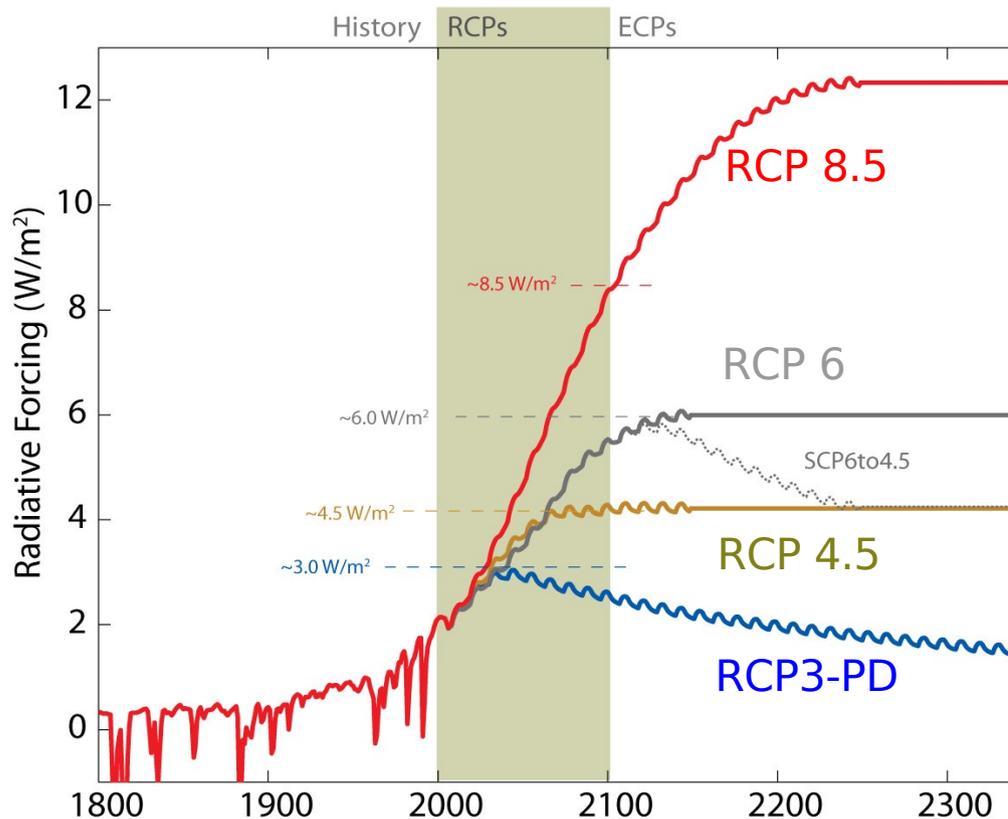
Chimie et aérosols



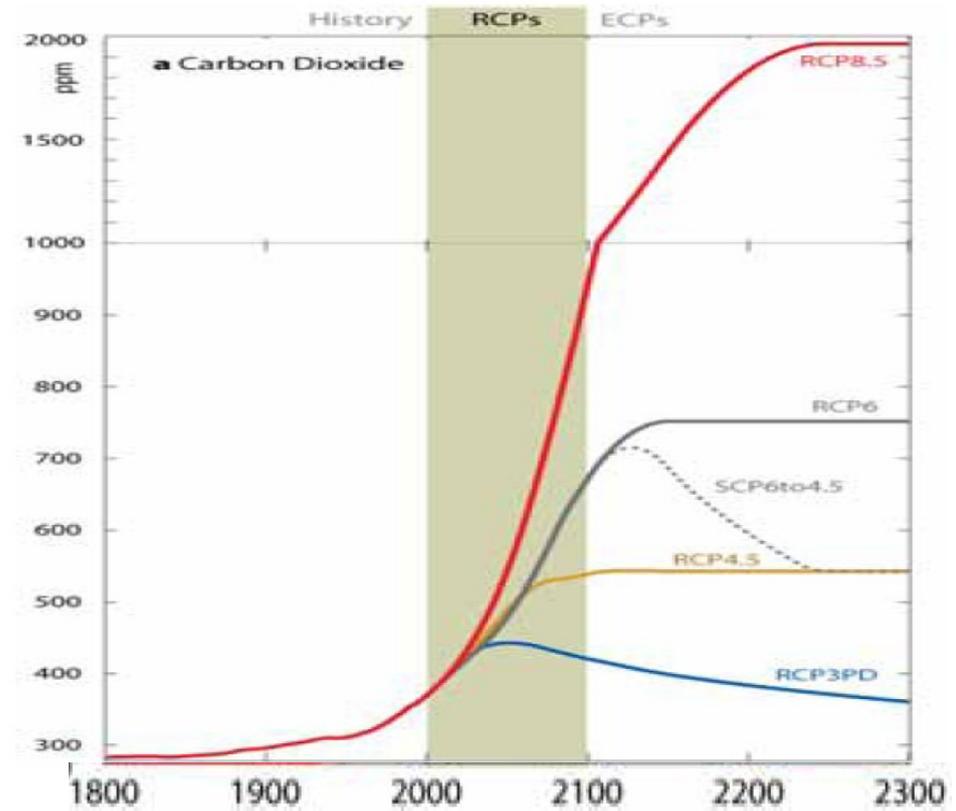
Évolution future du climat: Nouveaux scénarios

- Scénarios définis en termes de forçage radiatif
- Travail en parallèle des communautés « climat » et « socio-économique »
- Scénarios futurs peuvent inclure des politiques de contrôle des perturbations anthropiques
- Un scénarios pour limiter le réchauffement à 2°C environ

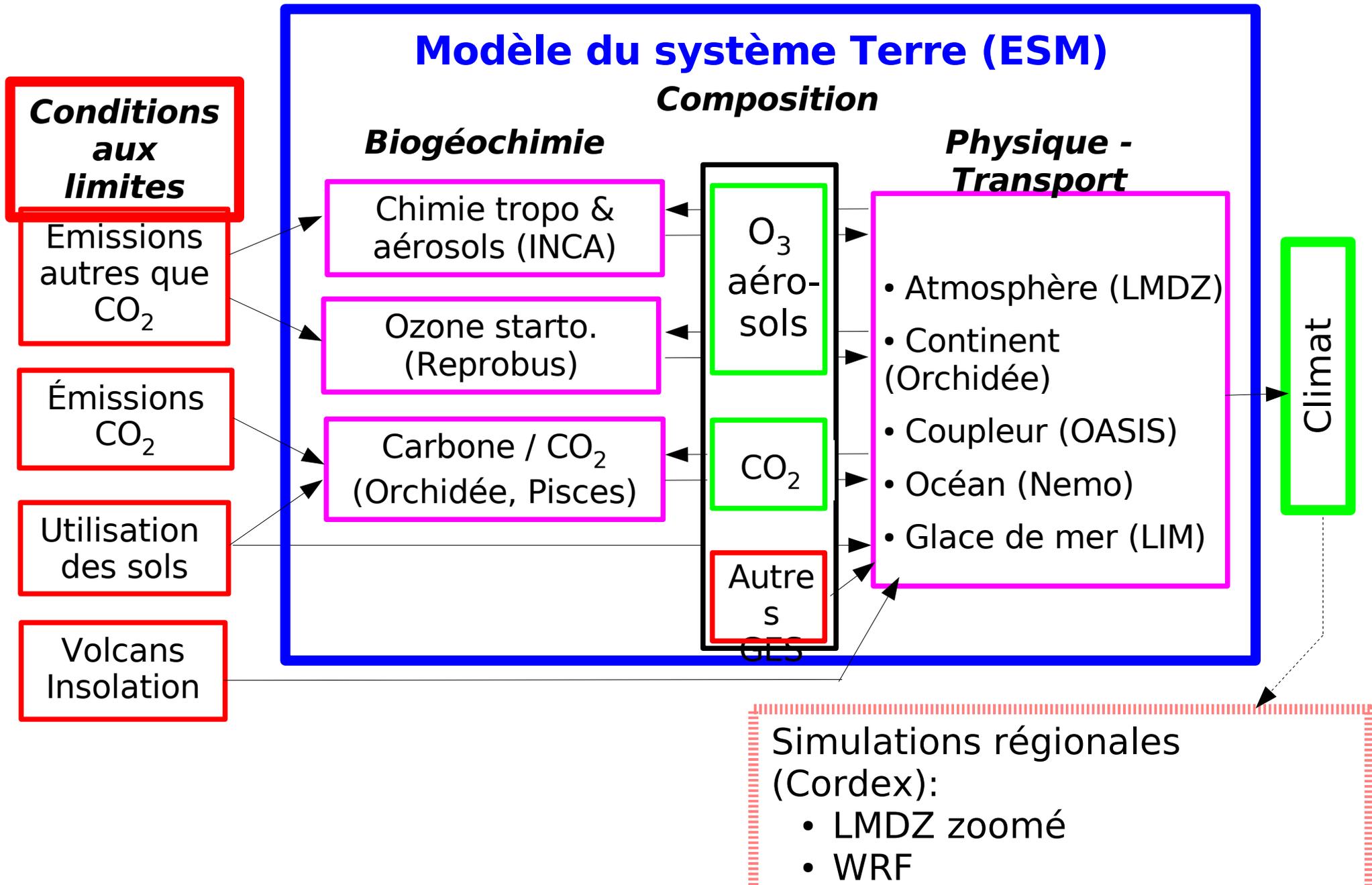
Forçage radiatif



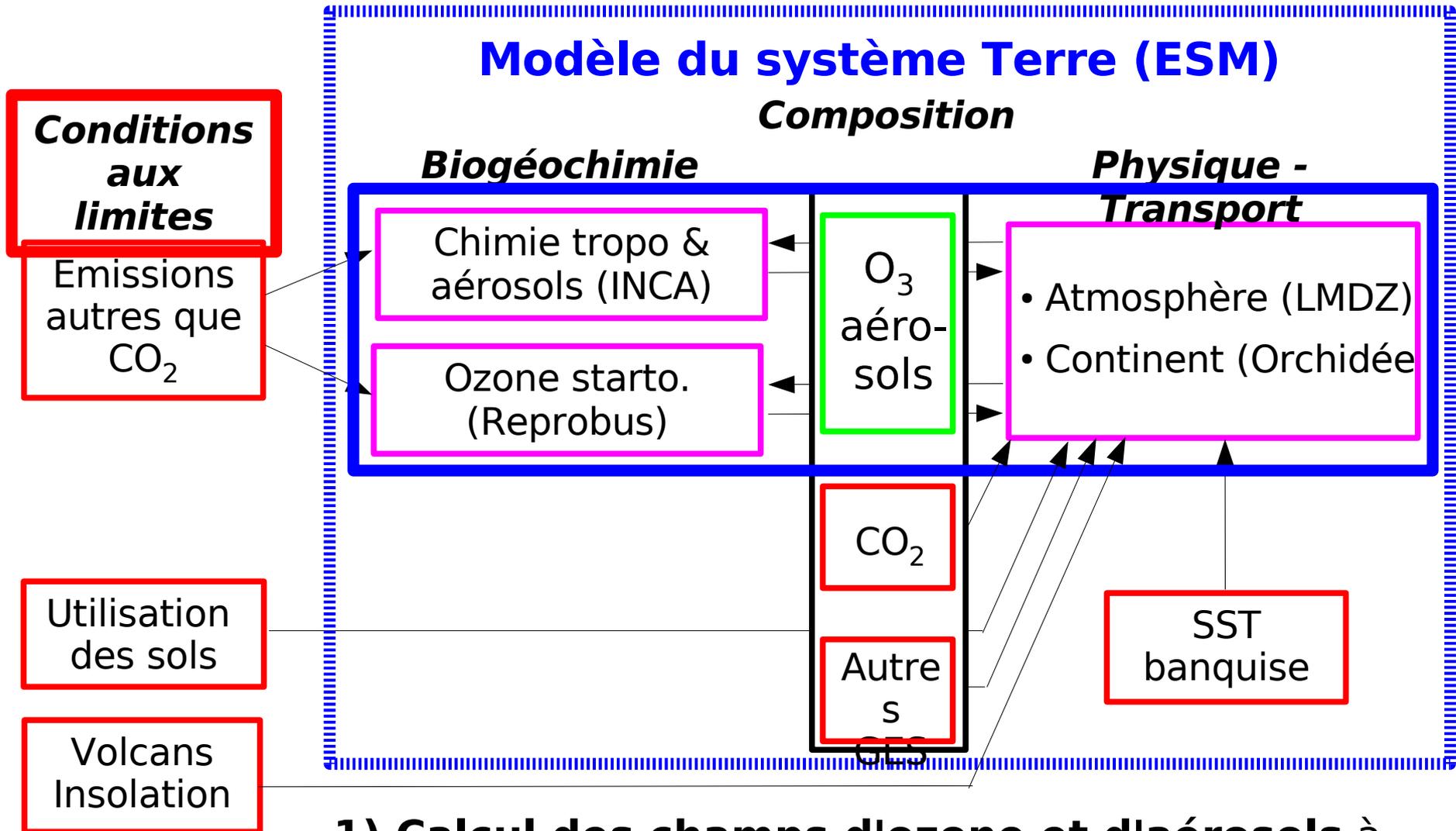
Concentration de CO_2



Modèles de l'IPSL pour CMIP5



Calcul des champs d'ozone et d'aérosols

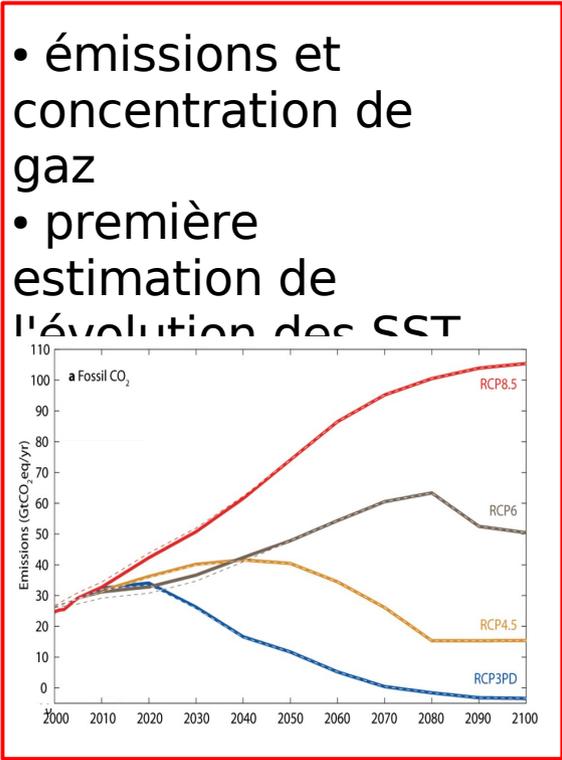


1) Calcul des champs d'ozone et d'aérosols à partir

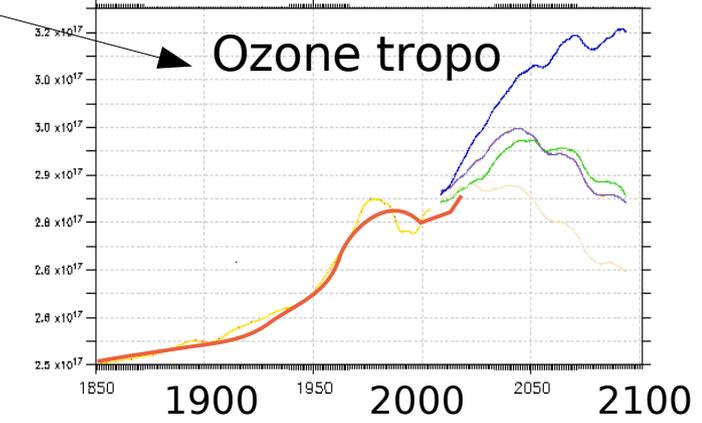
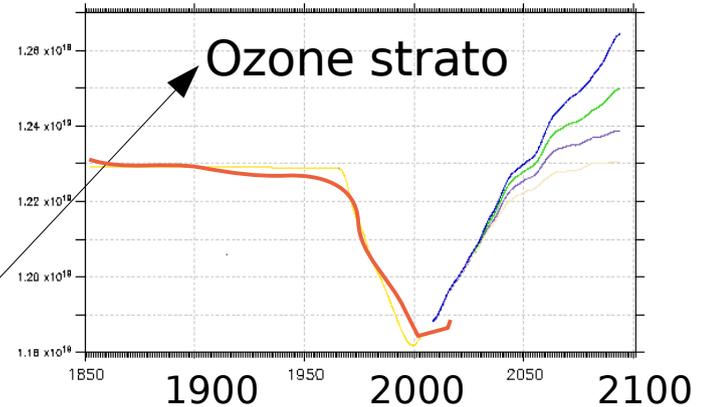
(i) de l'évolution des émissions et des concentration de GES

(ii) d'une première estimation de l'évolution des SST et

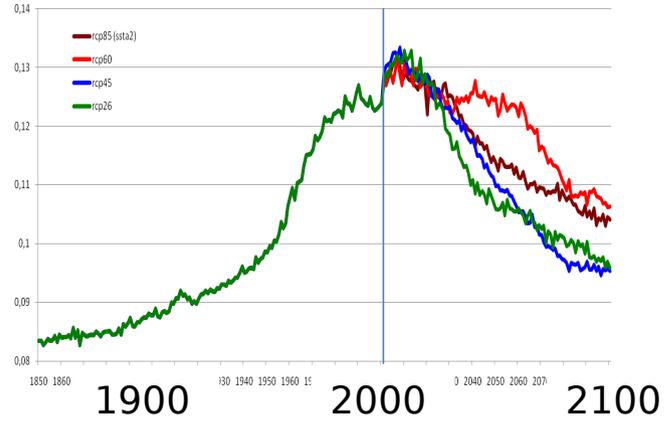
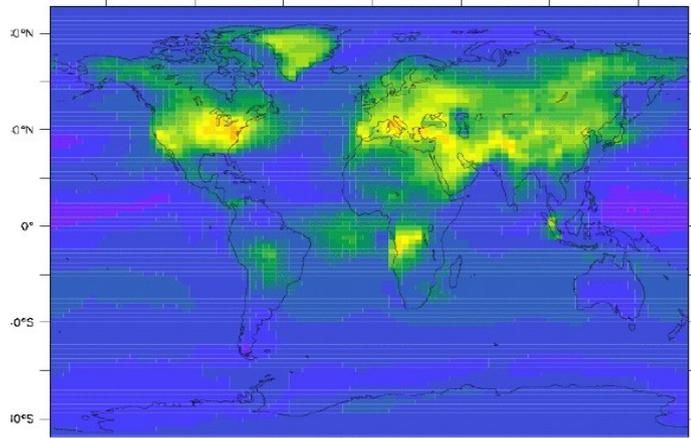
Calcul des champs d'ozone et d'aérosols



LMDZ – Reprobus
LMDZ – INCA



Aérosols (sulfaté, BC, POM...)



Effet d'une diminution de l'ozone stratosphérique

Diminution de l'ozone stratosphérique

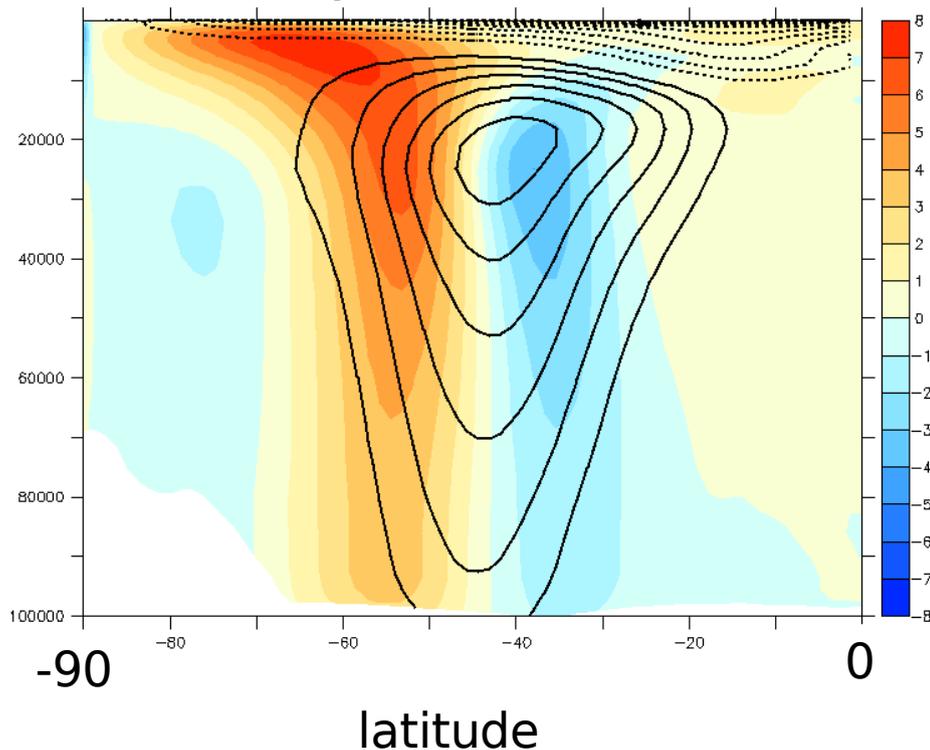


Décale les jets vers le pôle Sud

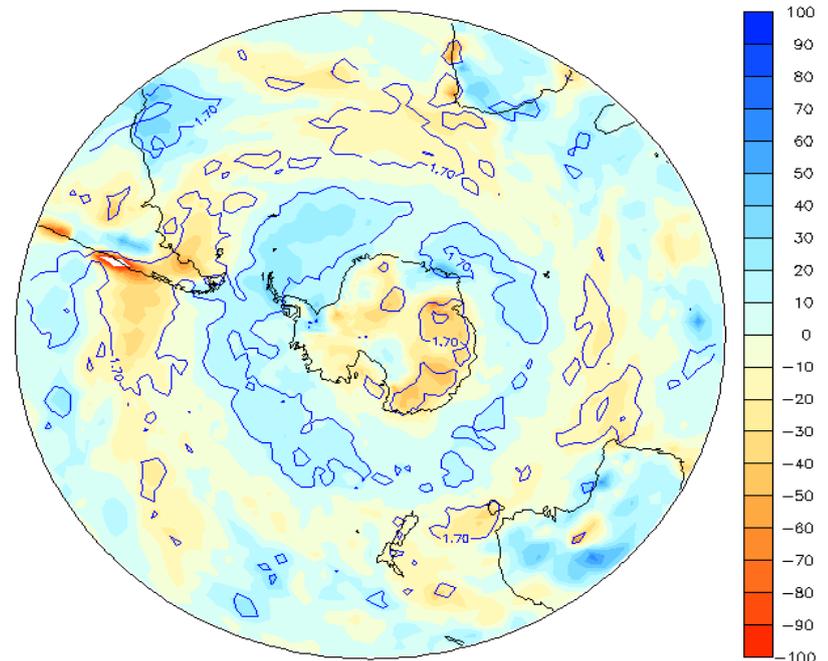
Modifie le cycle du carbone océanique [Lenton et al., GRL, 2009]

Diminue les précipitations sur le continent Antarctique

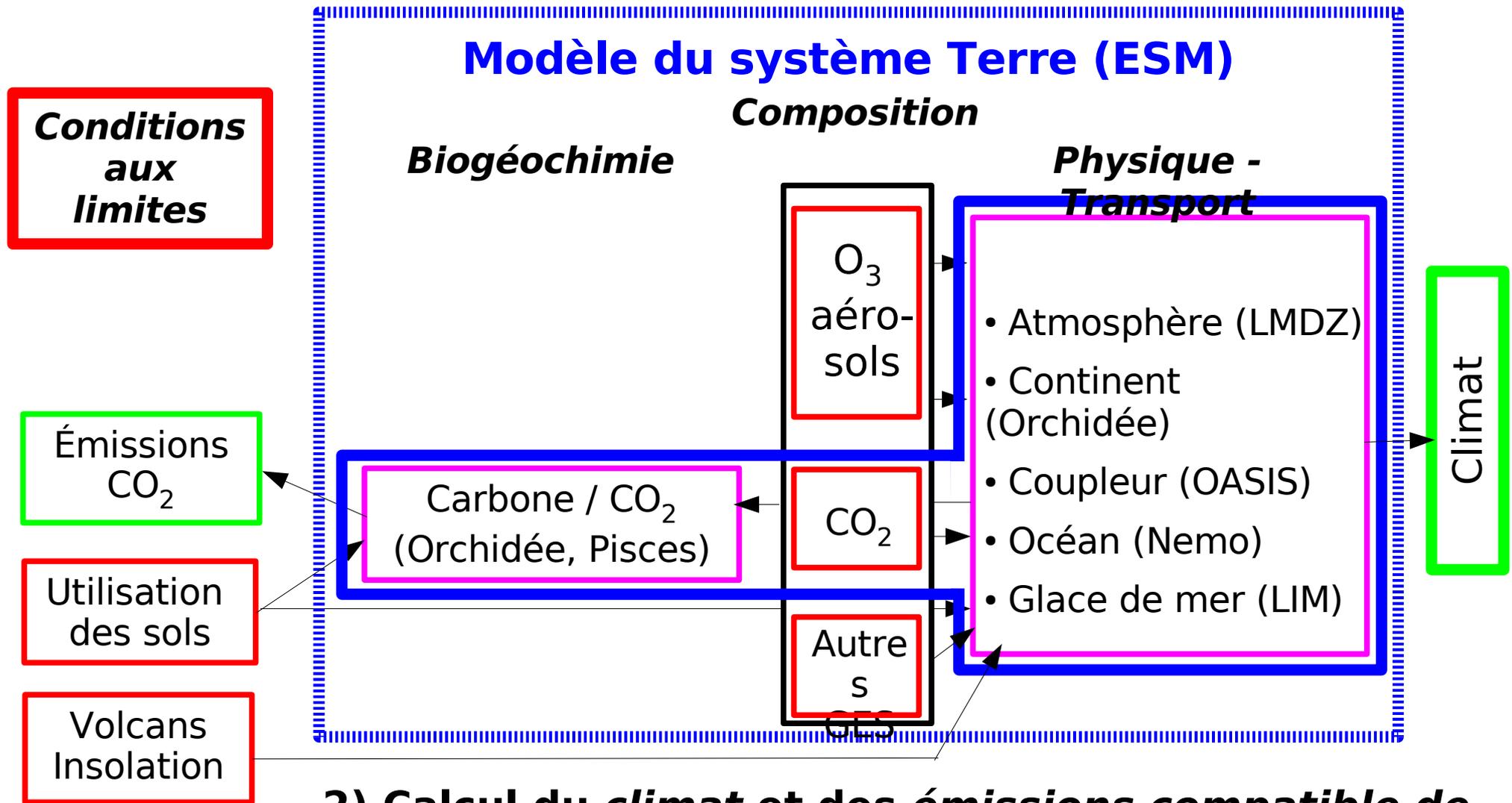
Vent zonal
(contour:moyen; couleur: anomalie)



Anomalie de précipitations (%)

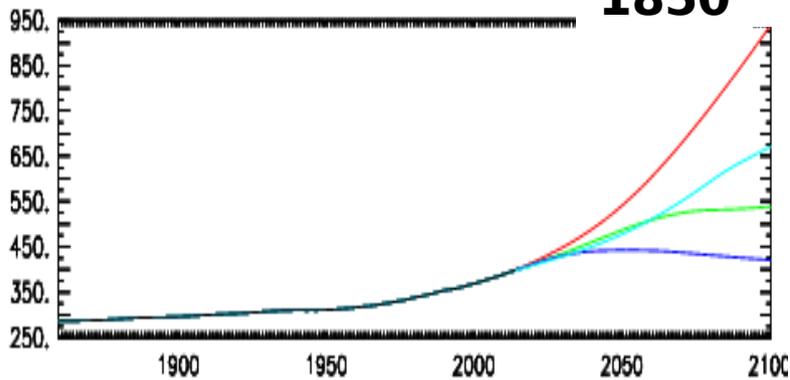
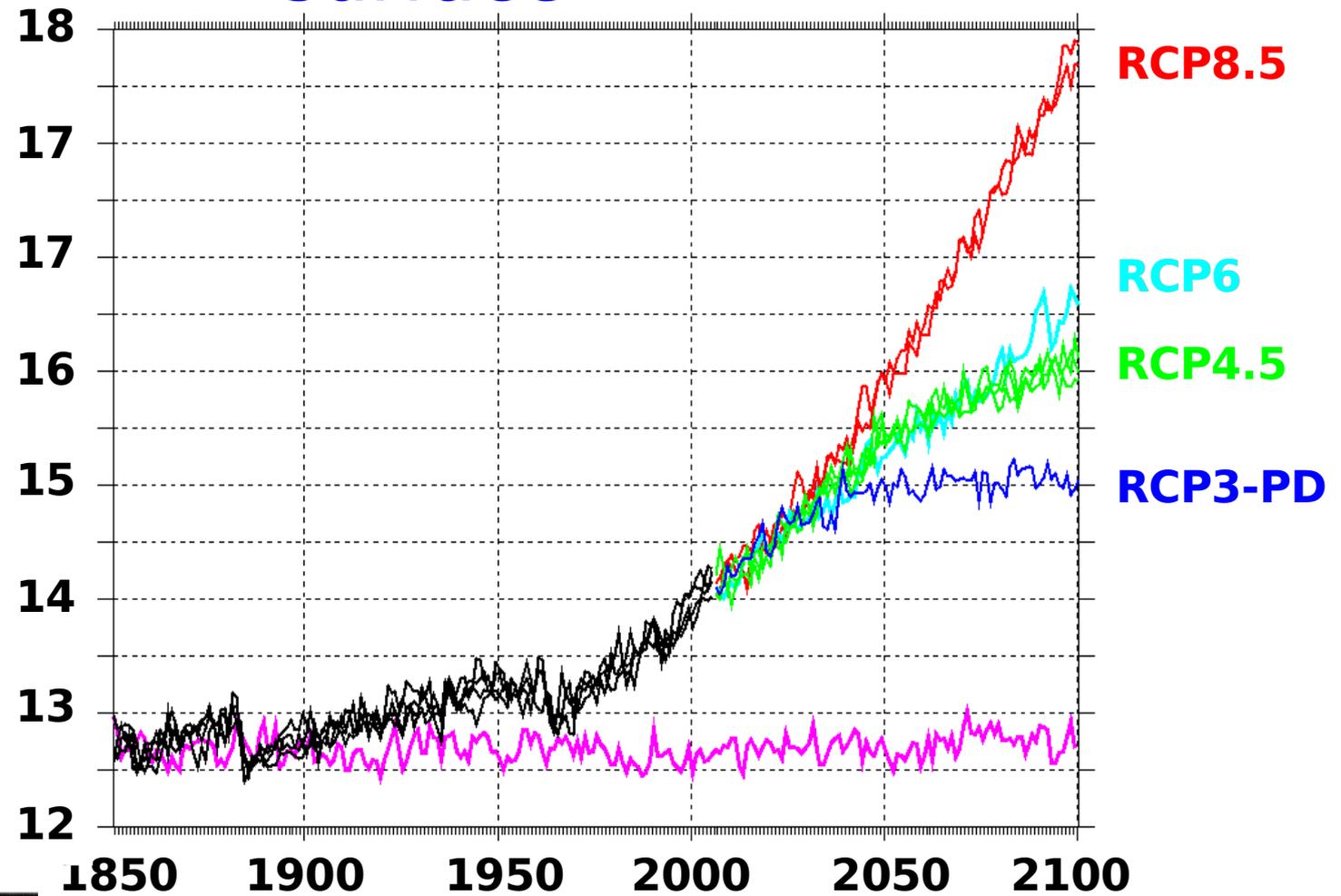


Calcul des *changements climatiques* et des *émissions compatibles de CO₂*



2) Calcul du *climat* et des *émissions compatibles de CO₂*

Évolution de la température moyenne de surface



Évolution de la concentration de CO2

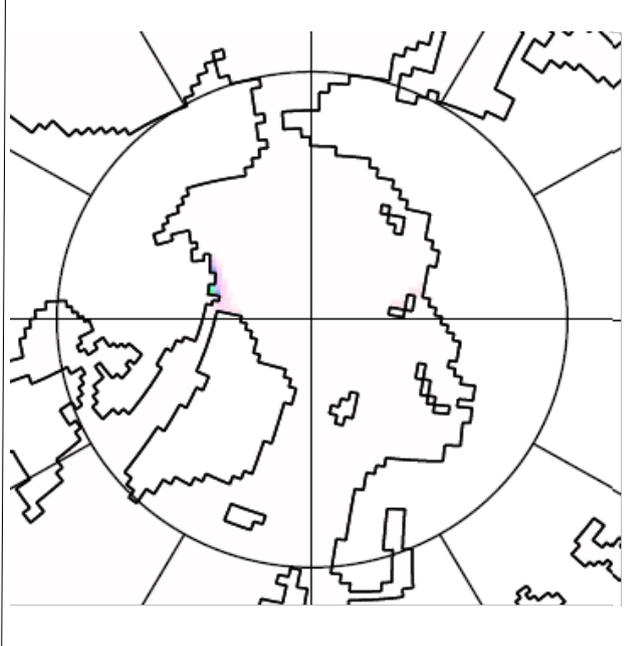
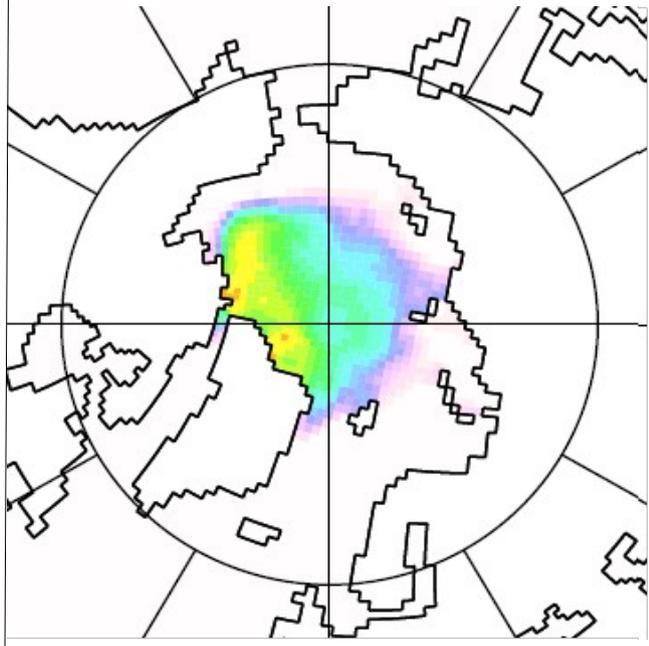
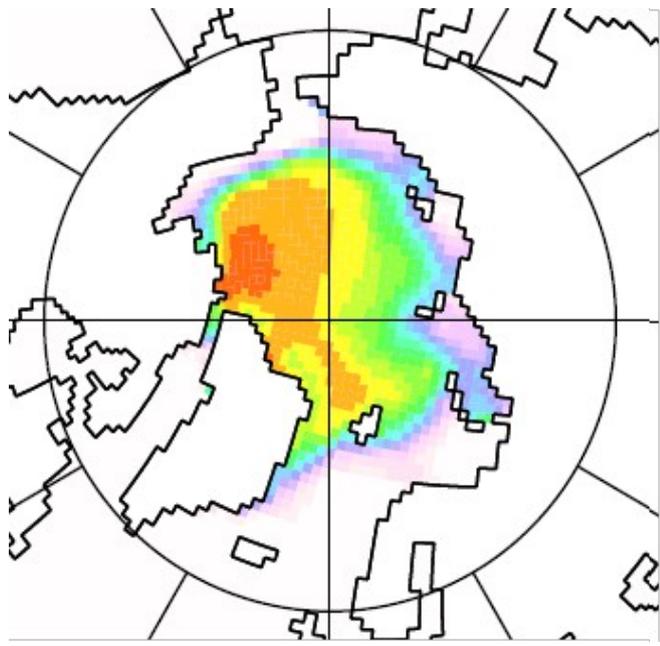
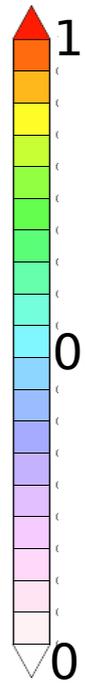
Évolution de l'extension de la glace de mer en arctique, en été

1990

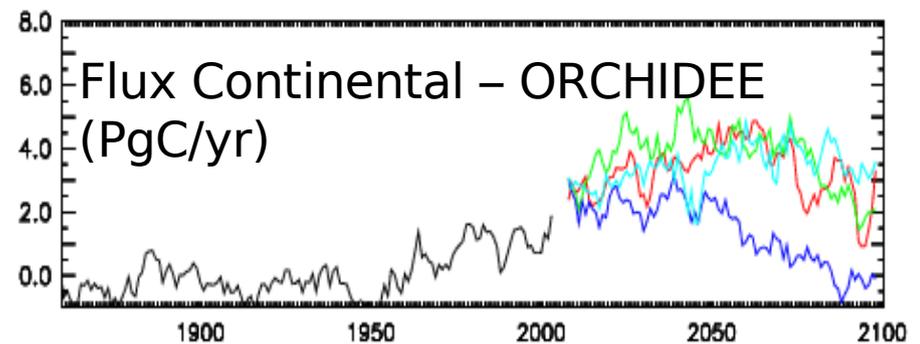
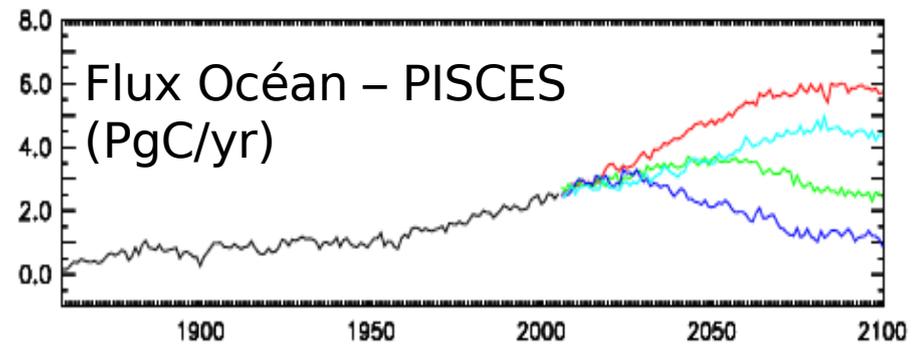
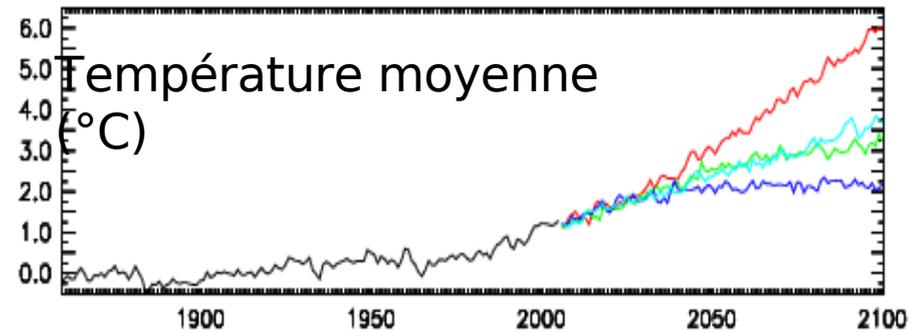
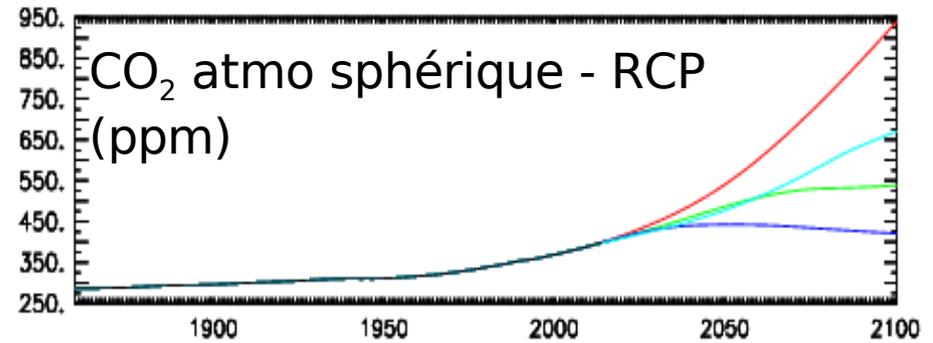
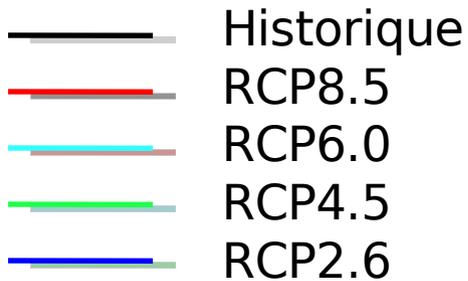
2090

RCP3-PD

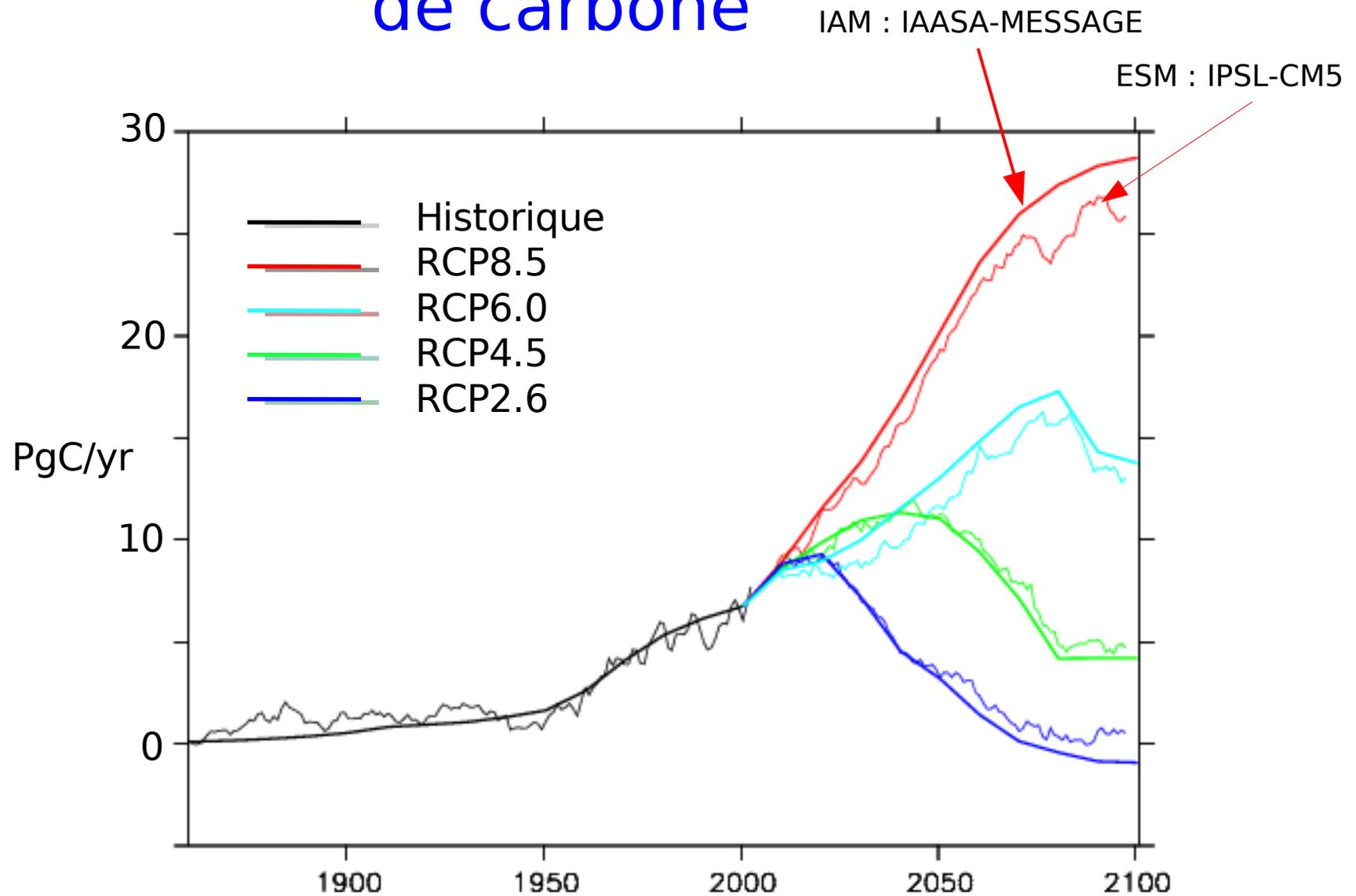
RCP8.5



Évolution des puits de carbone

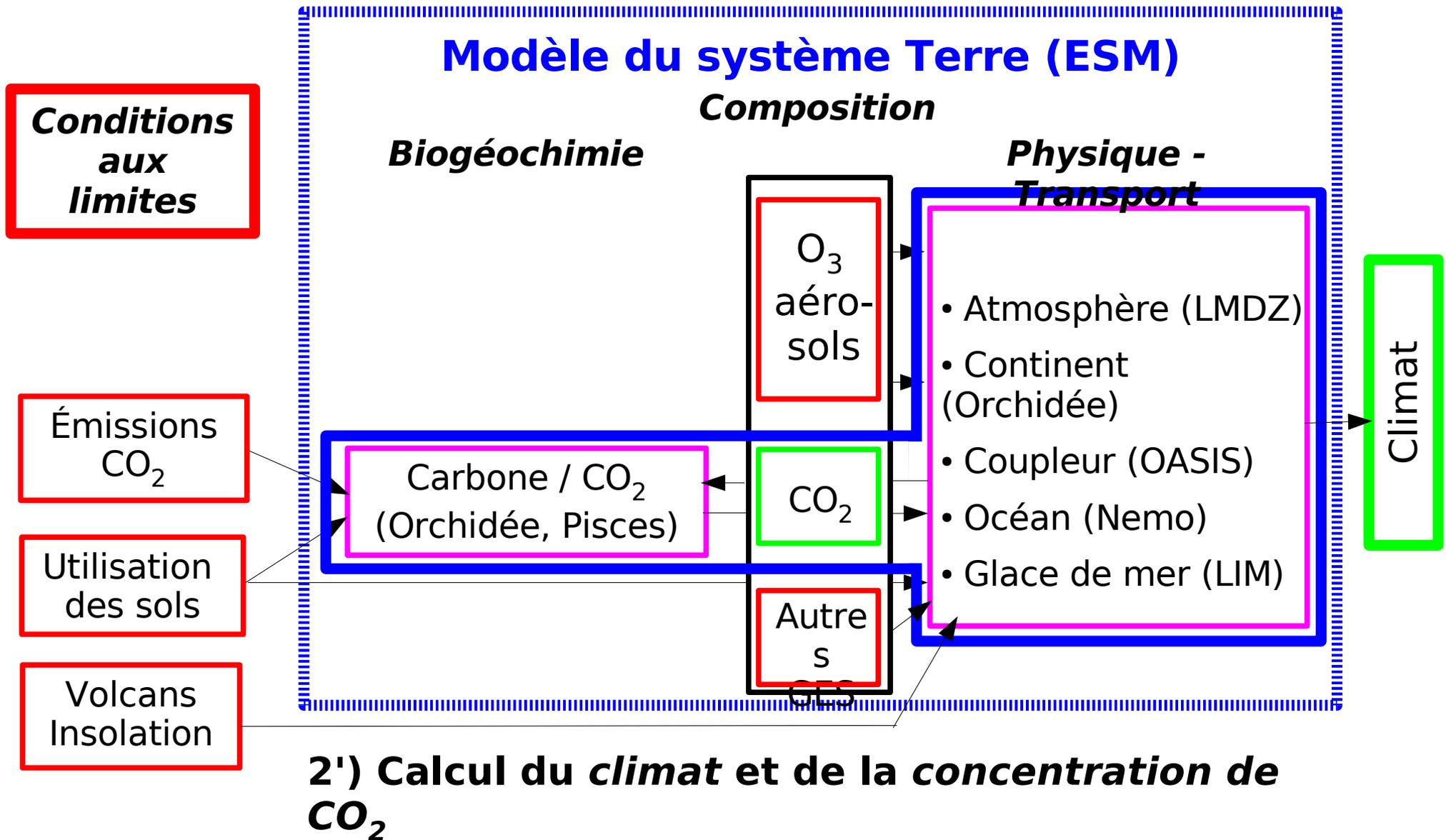


Évolution des « émissions compatibles » de carbone

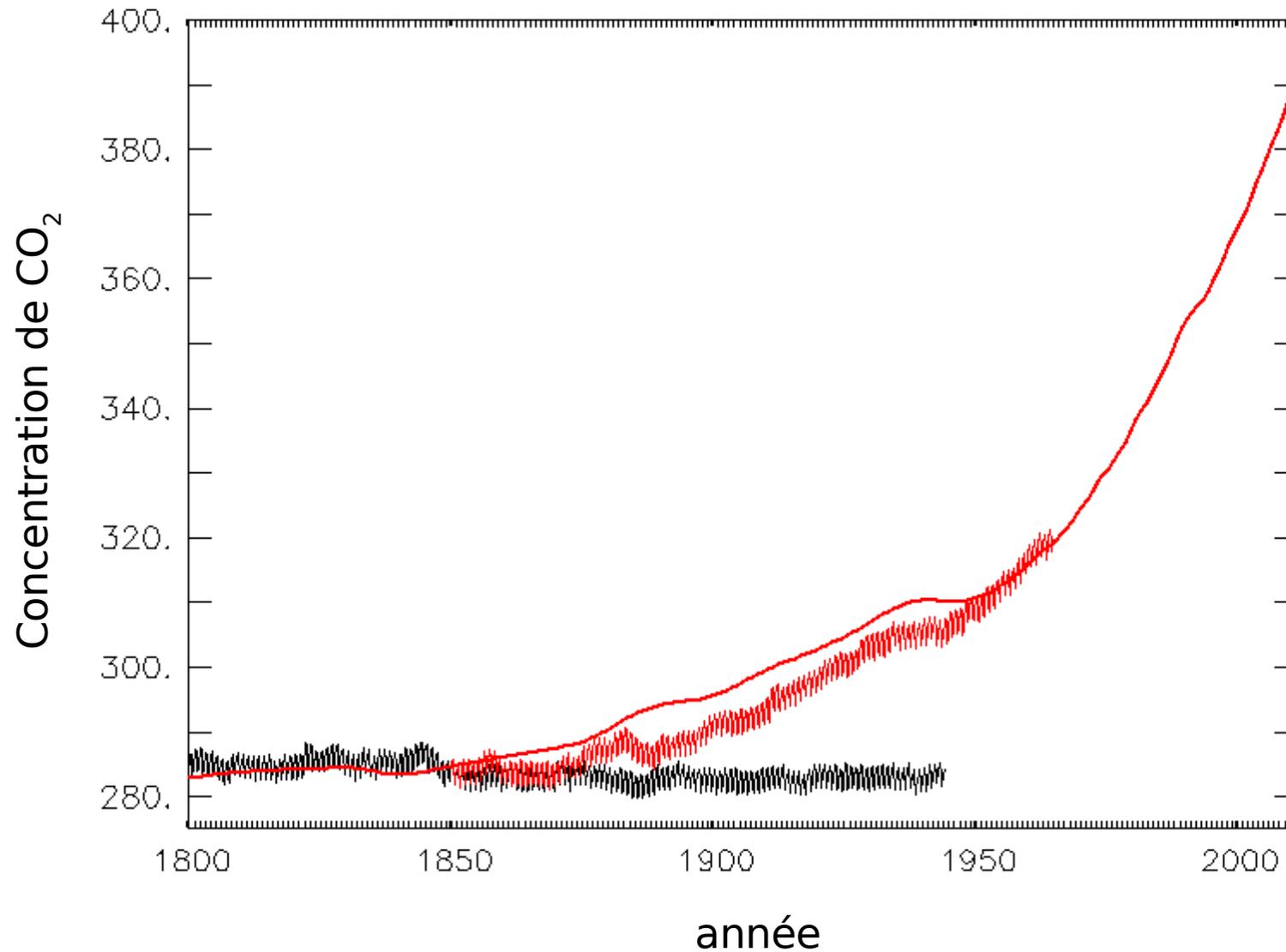


Emissions calculées par IPSL-CM significativement inférieures aux émissions des IAMs pour RCP8.5 et RCP6.0

Modèles de l'IPSL pour CMIP5



Simulations où les **émissions** de CO₂ sont prescrites



Simulations **décennales** proposées par CMIP-5 qui alimenteront le 5^e rapport du GIEC

- Prévisions décennales, rôle de l'état initial de l'océan
- Rôle des volcans dans les prévisions
- Simulations couplées chimie-climat avec SST prescrite
- Simulations atmosphérique à très haute résolution avec SST prescrites

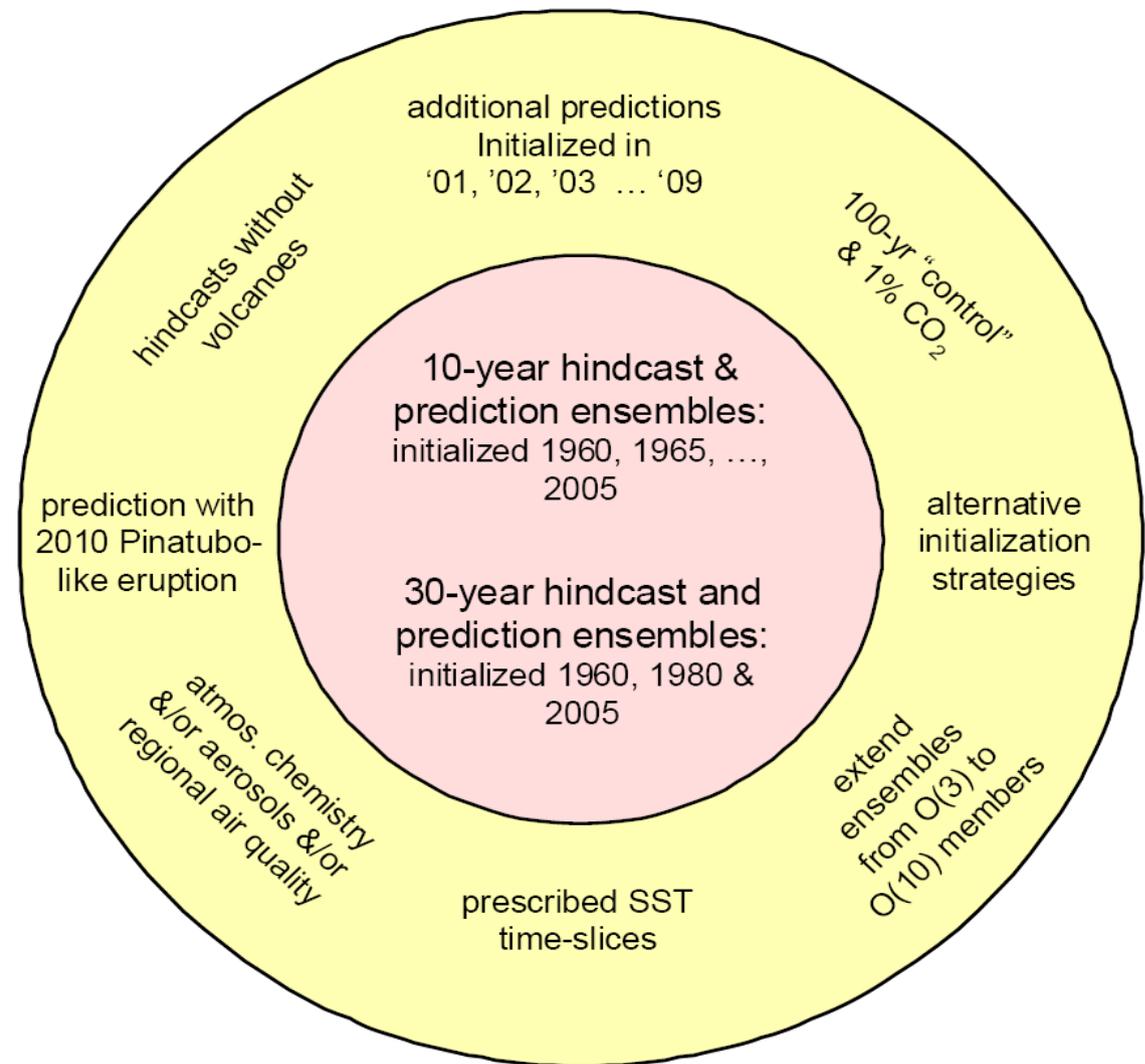
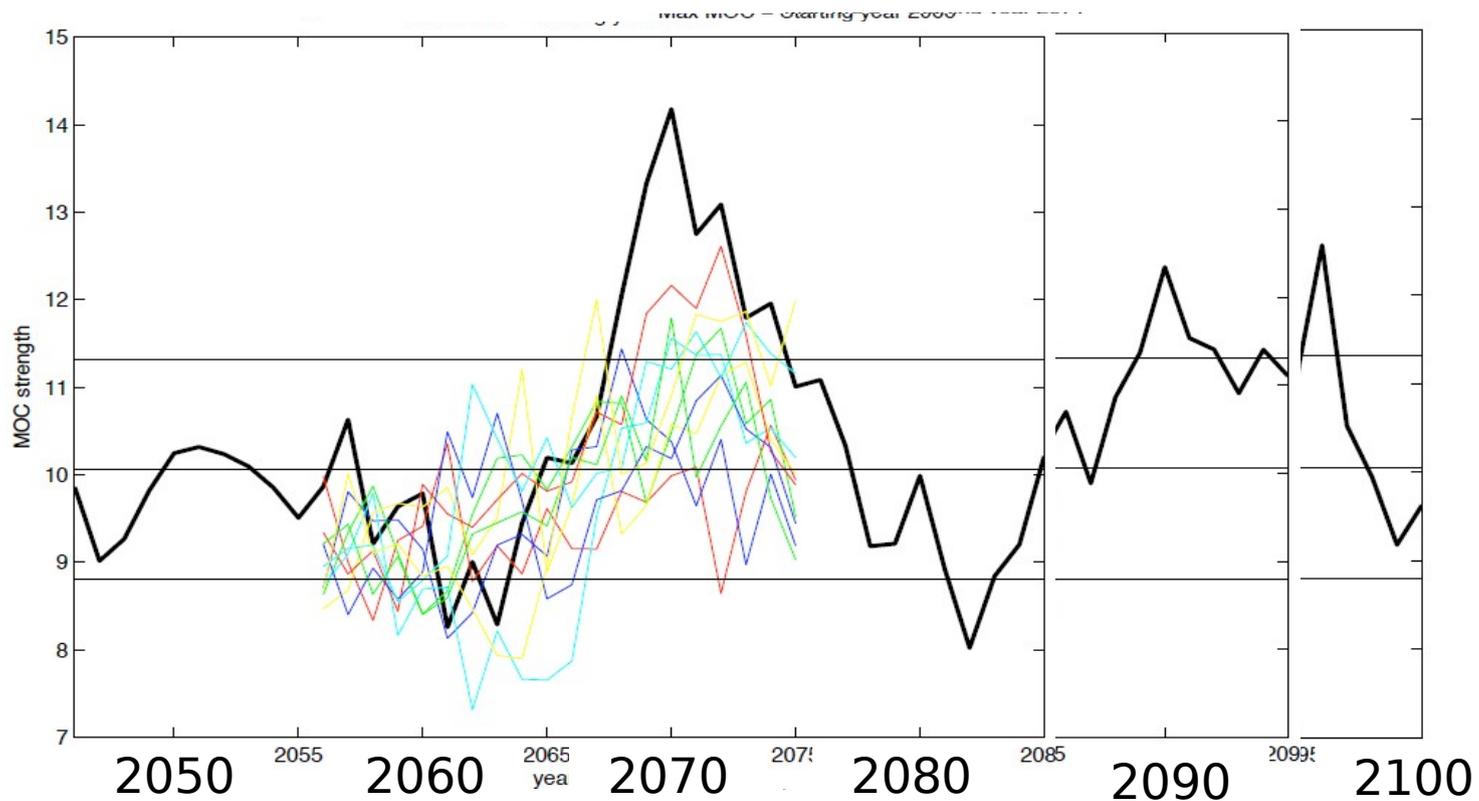


Figure 2. Schematic summary of CMIP5 decadal prediction experiments.

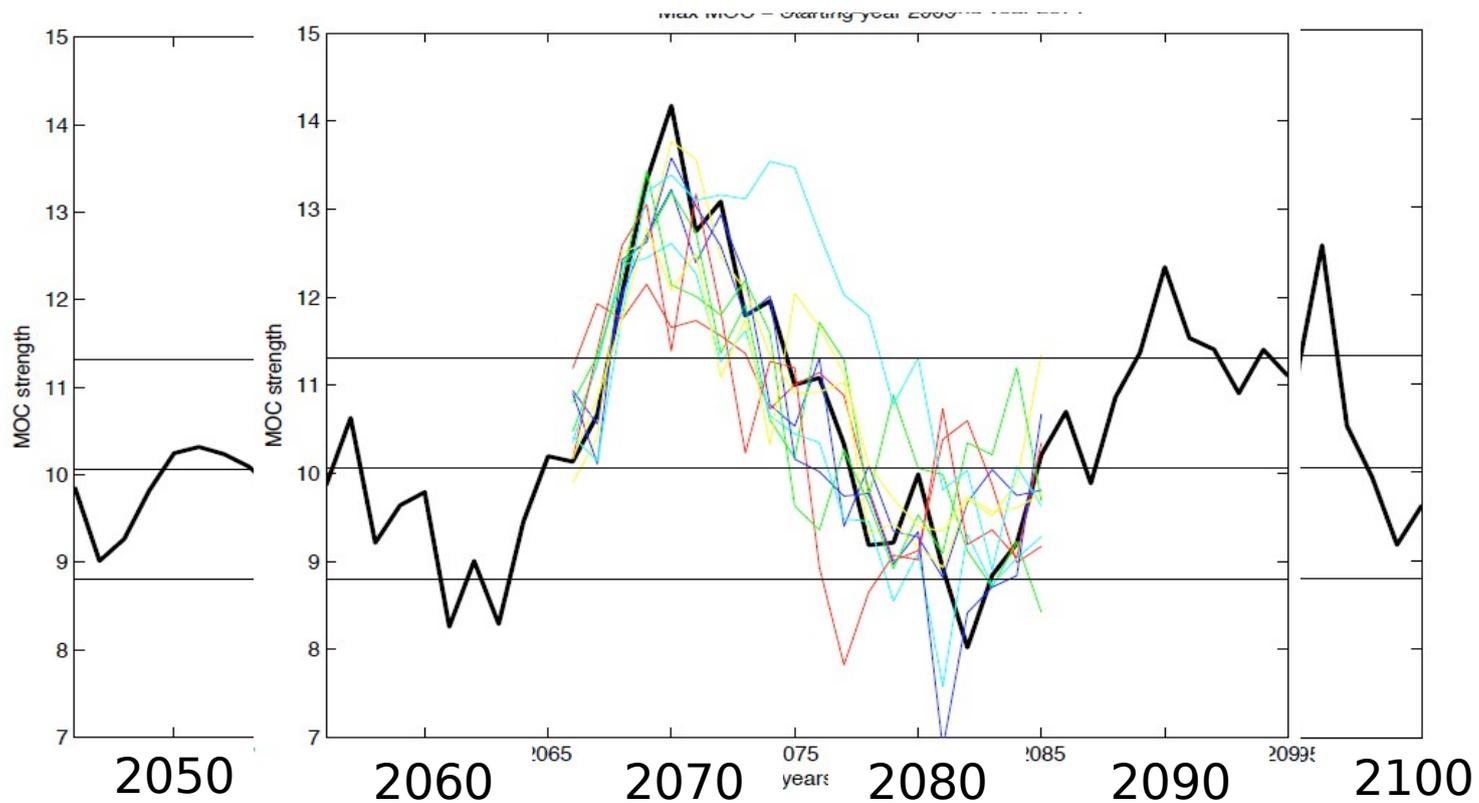
Prévisibilité décennales de l'intensité de la circulation thermohaline (Atl. Nord)

Étude idéalisée. État initial simulation de contrôle légèrement perturbée



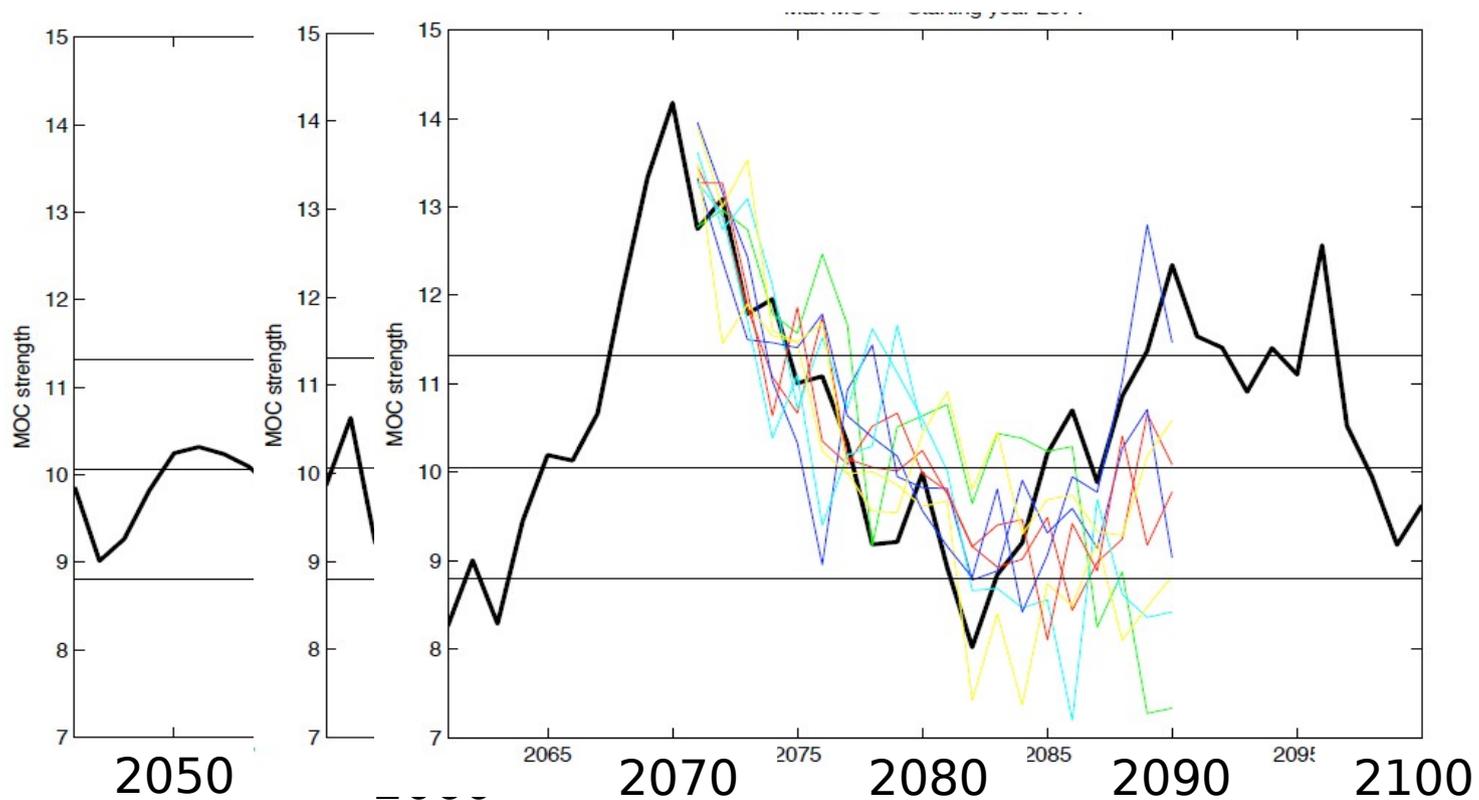
Prévisibilité décennales de l'intensité de la circulation thermohaline (Atl. Nord)

Étude idéalisée. État initial simulation de contrôle légèrement perturbée



Prévisibilité décennales de l'intensité de la circulation thermohaline (Atl. Nord)

Étude idéalisée. État initial simulation de contrôle légèrement perturbée



Modèles de l'IPSL pour CMIP5

LMDZ-ORCHIDEE-ORCA-LIM-PISCES-INCA-REPROBUS-OASIS

Modèle intégré du système Terre (ESM), physique éprouvée: **IPSL-CM5A**

Modèle avec nouvelle physique
IPSL-CM5B

Basse
résolution
IPSL-CM5A-LR
(3.75°x2°L39)
Oce: 2°

Simulations

- demandées (toutes)
- de sensibilité
- avec ≠ niveaux d'intégration

Moyenne
résolution
IPSL-CM5A-MR
(2.5°x1.25°L39)
Oce: 2°

Simulations

- demandées (principales)
- guidage mod. régionaux
- de sensibilité

Moyenne
résolution
IPSL-CM5B-MR
(2.5°x1.25°L39)
Oce: 2°

Simulations

- demandées (principales)

Haute
résolution
(2°x1°L39)
Oce: 0.5°

Analyse des simulations CMIP-5

- Groupe de travail spécifique du pôle de modélisation
- Préparation d'un numéro spécial pour un journal (Clim. Dynamics): proposition d'environ 15 articles IPSL + 5 article CNRM
- Mise en place d'un environnement pour faciliter l'analyse des simulations (portail Prodiguer, Ciclad, liens avec Climserv et les obs.) en lien avec le projet ESPRI

Portail Prodiguer

CCRT

CMIP5

IPSL

IDRIS

Reanalyses

CMIP5 ?

IPSL

CICLAD

PMIP3

CMIP5

IPSL

OBS

CMIP3

Climserv

OBS

Reanalyses

CMIP5 à l'IPSL

L'analyse des simulations CMIP5

- Prochaines réunions: vendredi 7 janvier, 13h30, Amphi 45B, Jussieu ⇒ [s'inscrire](#)
- Accès au résultats de simulations: Le mode d'accès privilégié est le cluster ⇒ [ciclad](#), qui dispose de tous les outils d'analyse nécessaires. Pour l'instant seules les données de l'IPSL sont accessibles, l'idée est de faire grandir cette base avec les résultats des autres groupes. ⇒ [Demande d'ouverture de compte sur ciclad](#)
- Voir quelques atlas et intermonitoring clés : [wiki:IPSLCMIP5/Analyses](#)

Les documents CMIP5 de référence

- Le site officiel CMIP5 : ⇒ <http://cmip-pcmdi.llnl.gov/cmip5/news.html>
- La description des simulations CMIP5 ⇒ [K. Taylor, dec 2009](#)
- Le Data Reference Syntax (DRS) ⇒ [\(Avril 2010\)](#). **Texte à lire**, qui définit beaucoup de vocabulaire utile
- La description des variables de sorties ⇒ [avril 2010](#)
- ⇒ [Répertoires](#) contenant ces documents, et d'autres

Les simulations centennales CMIP5 de l'IPSL

- Avec le modèle IPSLCM5A
 - version basse résolution, IPSLCM5A standard (atm: 2°x3.75°, oce: 2°) : [IPSLCMIP5/Centennal](#)
 - version moyenne résolution, IPSLCM5A-MR (atm: 1.25°x2.5°, oce: 2°) : [IPSLCMIP5/Centennal/IPSLCM5A-MR](#)
- Avec le modèle IPSLCM5B
 - les premiers tests: [IPSLCMIP5B](#)

Les simulations décennales CMIP5 de l'IPSL

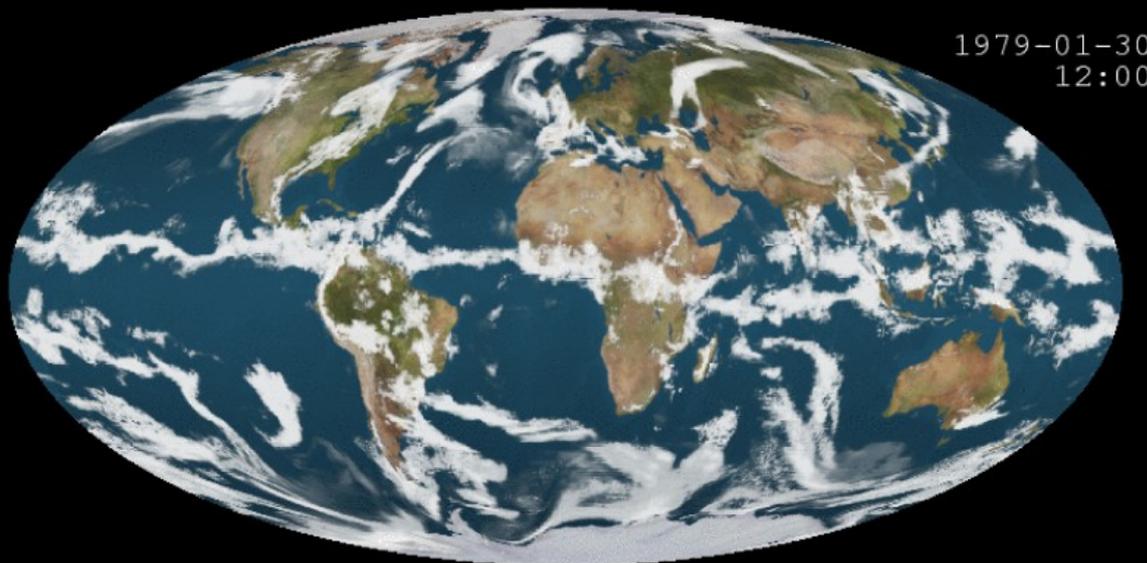
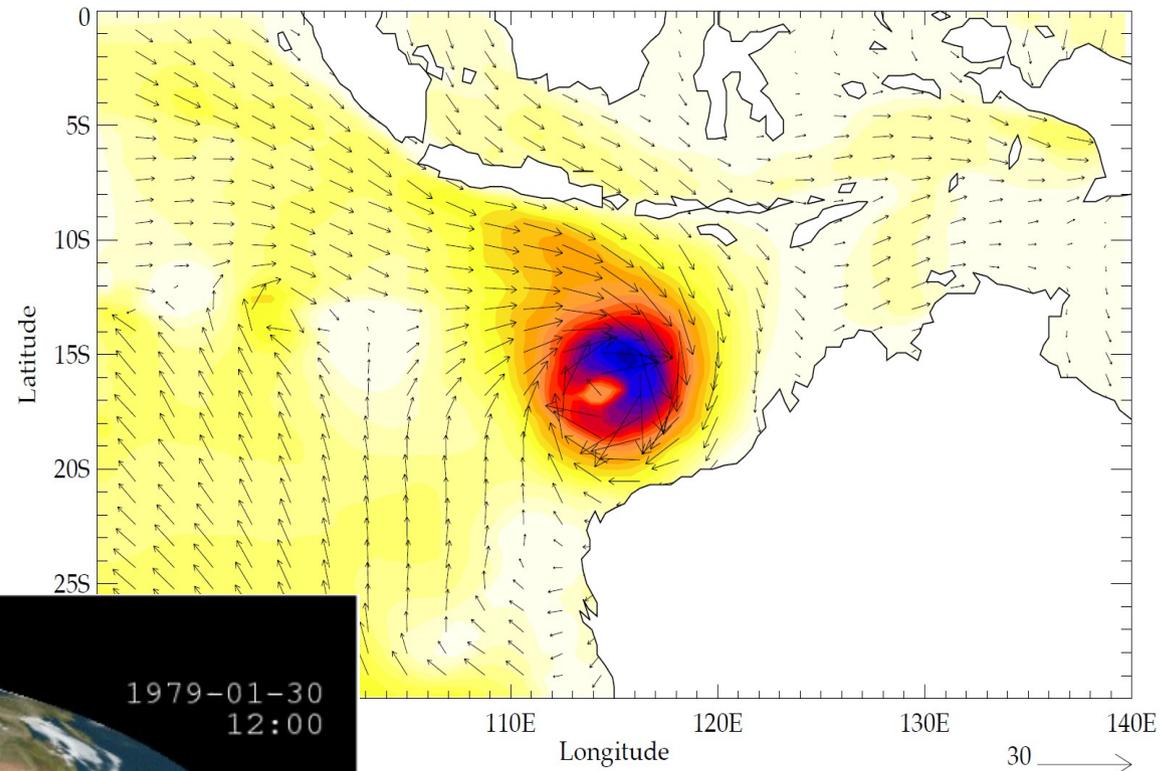
- [Avec le modèle IPSLCM5A](#)

Le modèle IPSLCM5A

CMIP5 à l'IPSL

- [L'analyse des simulations CMIP5](#)
- [Les documents CMIP5 de référence](#)
- [Les simulations centennales CMIP5 de l'IPSL](#)
- [Les simulations décennales CMIP5 de l'IPSL](#)
- [Le modèle IPSLCM5A](#)
- [Les forçages](#)
- [La distribution des résultats](#)
- [Le calculateur](#)
- [Réunions de travail](#)
- [Liste de diffusion](#)
- [Les archives](#)
 - [Les dernières simulations de mise au point](#)
 - [Les simulations de mise au point du modèle](#)

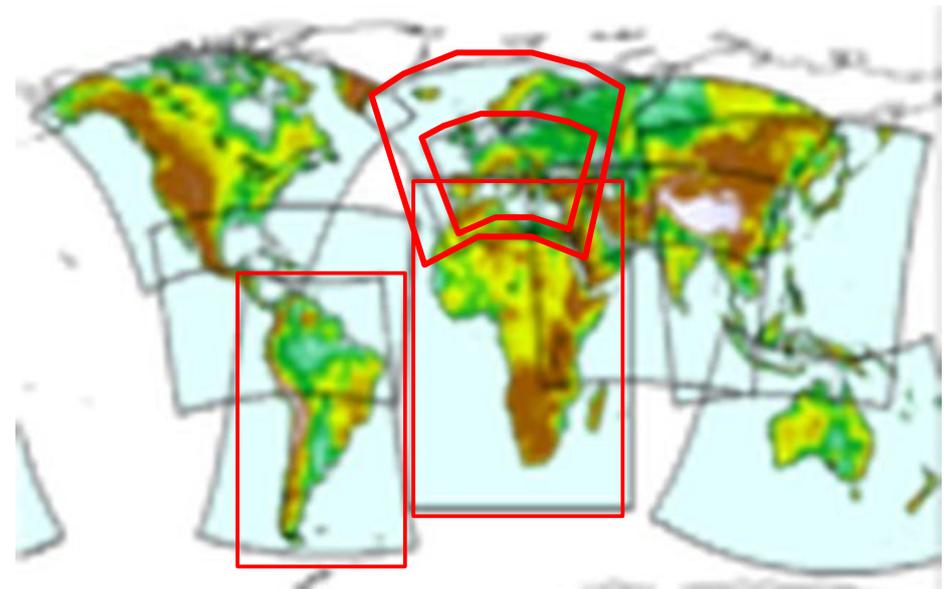
Simulations avec une version très haute résolution ($\approx 30\text{km}$) du modèle couplé de l'IPSL



CORDEX: COordinated Regional climate Downscaling EXperiment

CORDEX est un programme international conduit sous l'autorité du programme mondial de recherche sur le climat (WCRP). Les objectifs principaux de CORDEX sont:

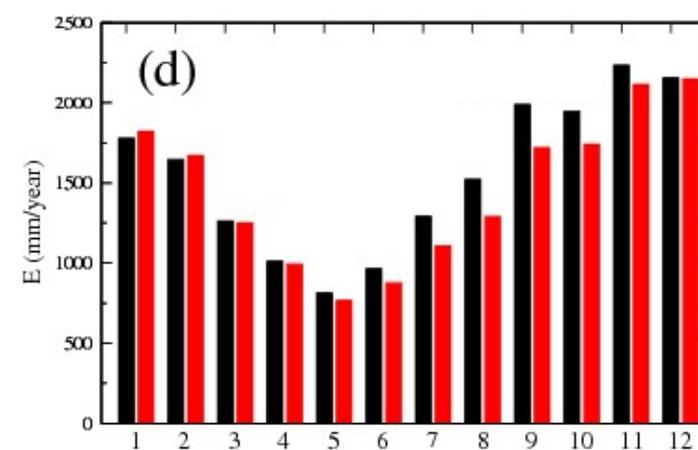
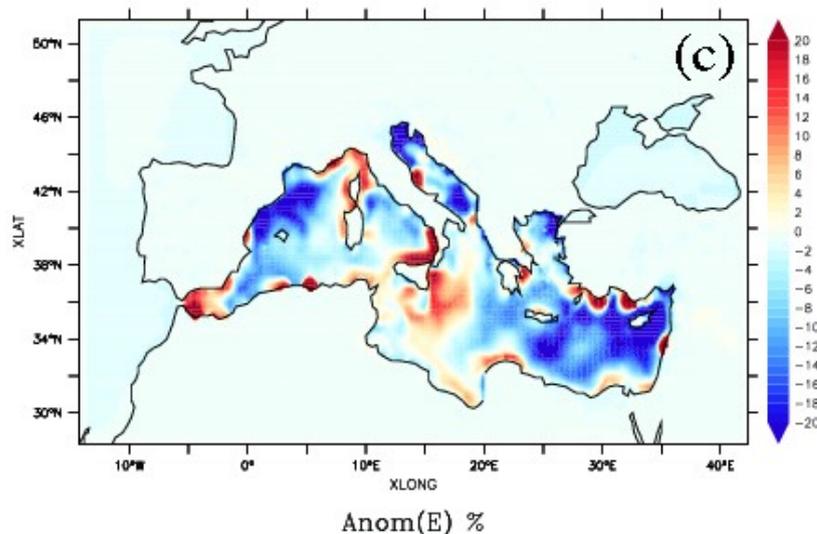
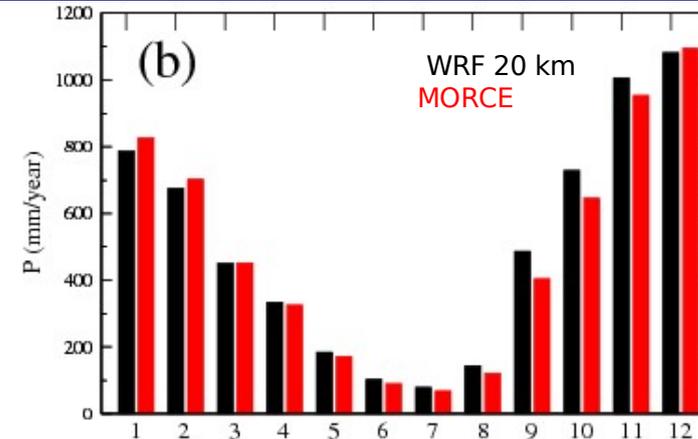
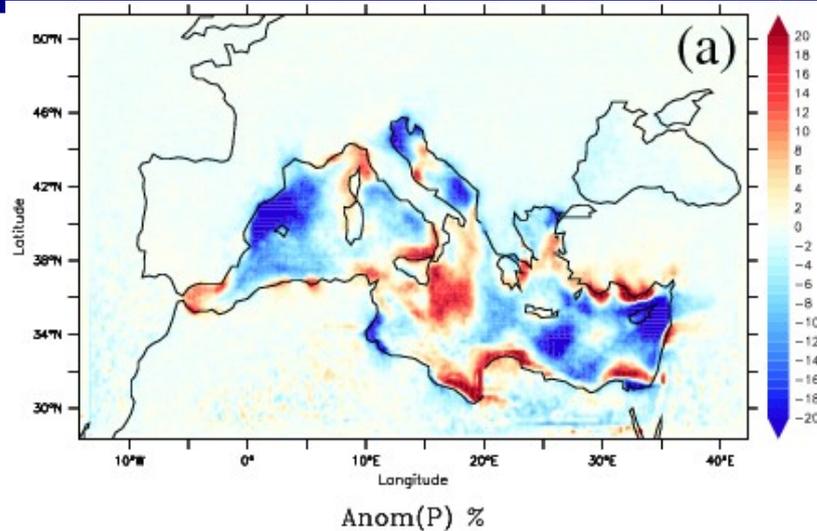
- fournir des **données climatiques désagrégées à l'échelle régionale** pour le **passé récent** (période ERA-interim et runs historiques CMIP5) et les **projections pour le 21^{ème} siècle** (projections CMIP5), sur la majorité des **régions peuplées** du globe
- **mettre à disposition les informations climatiques pertinentes** et **fournir une expertise** aux groupes conduisant des **études d'impact et d'adaptation**



A l'IPSL deux configurations:

- WRF
- LMDZ

Bilan d'eau de la Mer Méditerranée E-P-R: effet du couplage



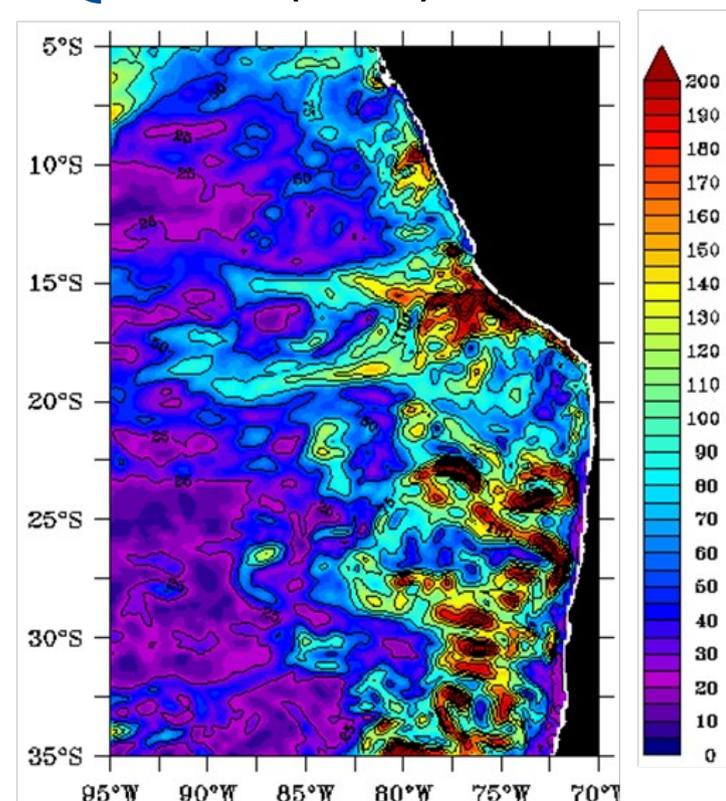
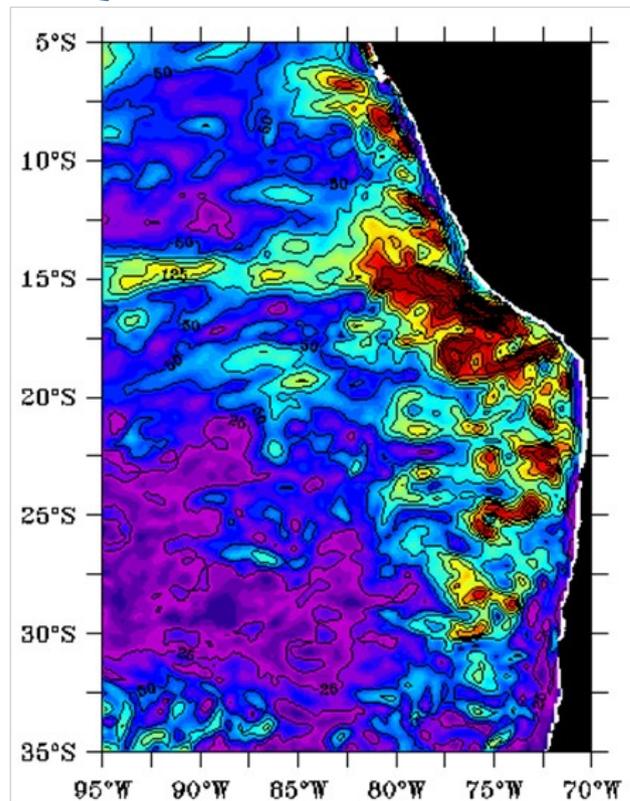
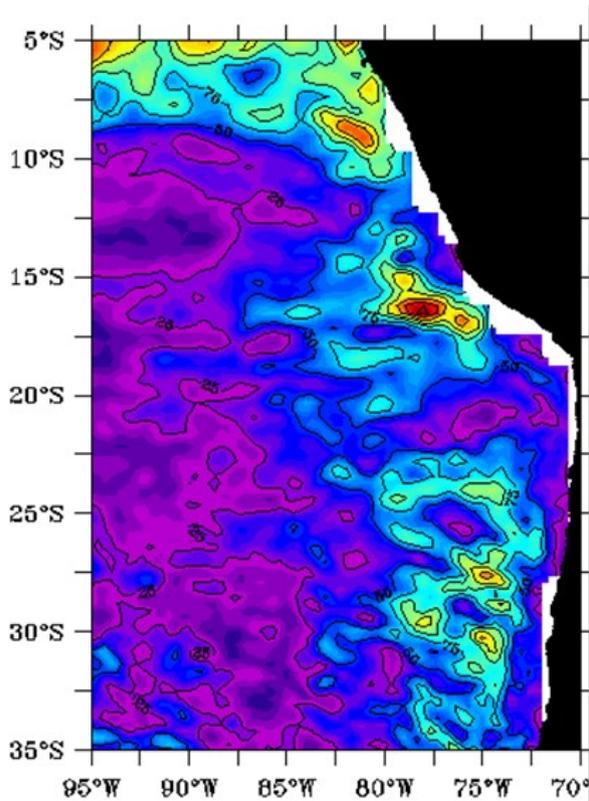
- Sensibilité au couplage de E et P varie avec la saison (mais très faiblement E-P-R) et s'accompagne d'une **redistribution de l'« eau » à méso-échelle**

Sensibilité de ROMS au forçage : ERA-interim vs CORDEX

Mean EKE (total)
from **TPJ**
2007

ERA-INTERIM
{ *heat fluxes, $\tau_x \tau_y$*
(bulk)

CORDEX
{ *heat fluxes, $\tau_x \tau_y$*
(bulk)

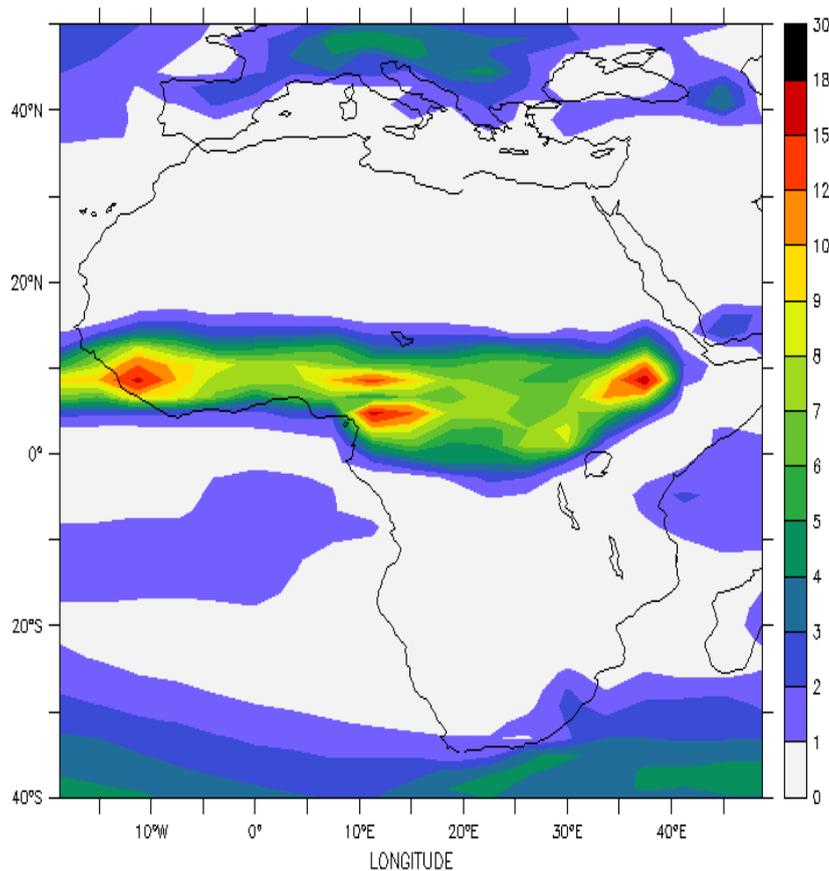


CORDEX, domaine Afrique

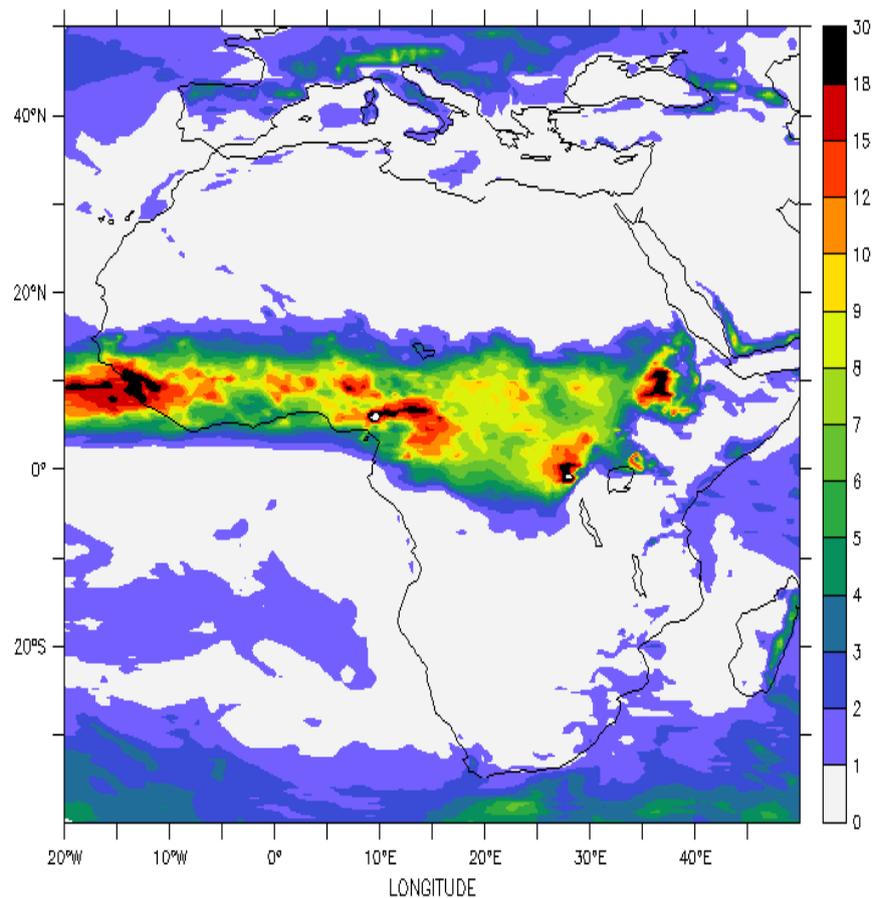
Pluie moyenne en juin, juillet et août

LMDZ basse résolution
(96x95)

LMDZ zoomé
(50km)



rainfall clim JJAS (config 96x95 / SSTs 75-85)



rainfall clim JJAS (CORDEX config)

Bilan actuel

CMIP5:

- ***Les principaux objectifs initiaux devraient être atteints:***
 - Modélisation complète, des émissions aux chgt climatique
 - Jeu complet de simulations avec la version basse résolution
 - Jeu partiel de simulations avec
 - version moyenne résolution
 - version « nouvelle physique » pour préparer l'avenir
- ***Grande complexité*** dans la mise en œuvre des simulations, avec différentes configuration de modèles, et un ***volume de données importants*** (≈ 1000 To)
- ***Très gros engagement des personnes impliquées.***

CORDEX:

- Les ***configurations sont en place et testées***
- ***Simulations*** forcées par les sorties de modèle globaux testées, à réaliser ***pour les climats futurs***

Simulations CMIP-5: bilan provisoire

- Les principaux objectifs initiaux devraient être atteints:
 - Modélisation complète, des émissions aux chgt climatique
 - Jeux complet de simulations avec la version basse résolution
 - Jeux partiels de simulations avec
 - La version moyenne résolution
 - Une version avec nouvelle physique pour préparer l'avenir
- Grande complexité dans la mise en oeuvre des simulations, avec différentes configuration de modèles, et un volume de données importants (≈ 1000 To)
-
- Très gros engagement des personnes impliquées.