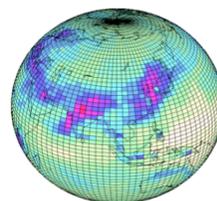
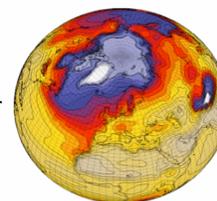
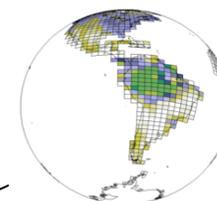
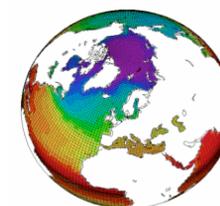
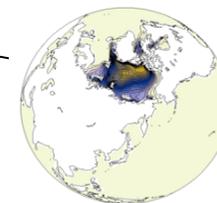


Quelles ressources informatiques sont utilisées en modélisation du climat global à l'IPSL ?

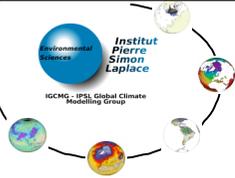


**Institut
Pierre
Simon
Laplace**

**IGCMG - IPSL Global Climate
Modelling Group**

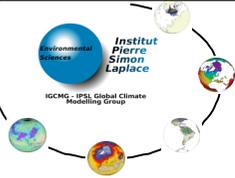


13 février 2008
Marie-Alice Foujols
foujols@ipsl.jussieu.fr



Plan

- Rappel du contexte
- Modélisation du climat
- Perspective historique
- Aujourd'hui
- Demain

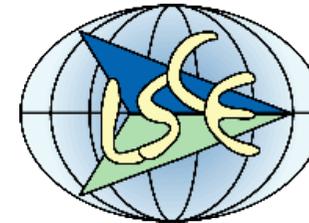


Plan

- Rappel du contexte : IPSL et labos
- Modélisation du climat : qu'est-ce que c'est?
- Perspective historique : évolution des modèles en phase avec les évolutions calcul
- Aujourd'hui, pyramide des moyens utilisés :
 - utilisation de son poste de travail
 - utilisation de l'info de proximité
 - utilisation des centres type mésocentres, nationaux et internationaux
- Demain

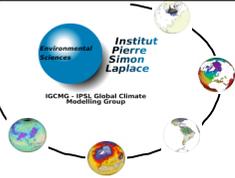


Institut Pierre Simon Laplace des sciences de l'environnement global



UNIVERSITE DE VERSAILLES
SAINT-QUENTIN-EN-YVELINES



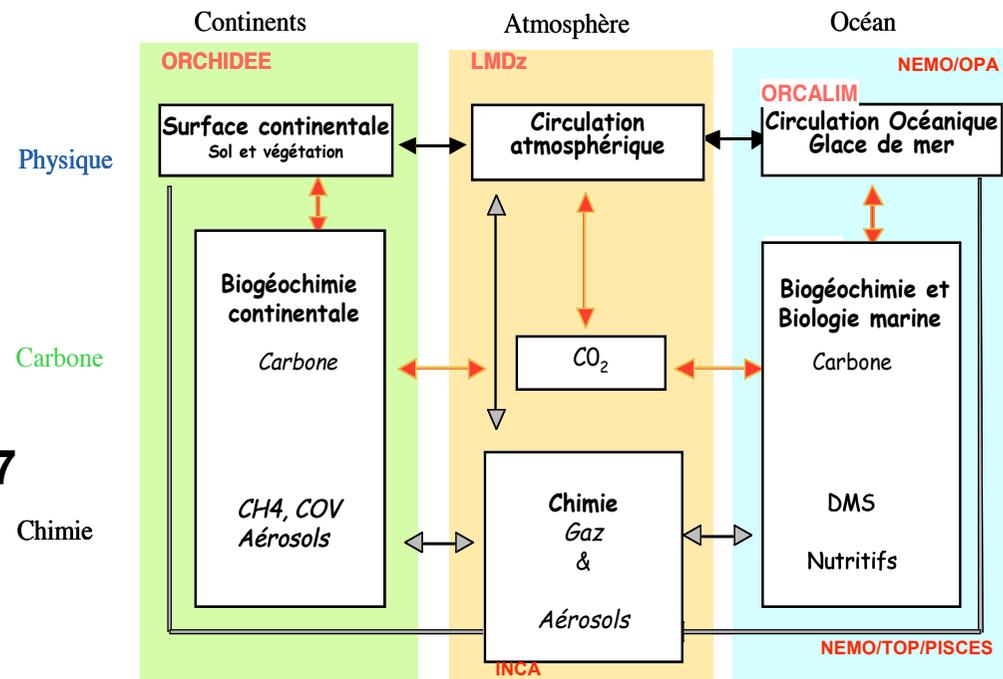


Institut Pierre Simon Laplace

- **Fédération de 5 laboratoires - Observatoire des Sciences de l'Univers :**
 - le Centre d'étude des Environnements Terrestre et Planétaires (**CETP**),
 - le Laboratoire de Météorologie Dynamique (**LMD**)
 - le Laboratoire d'Océanographie et du Climat : Expérimentation et Approches Numériques (**LOCEAN**)
 - le Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (**LSCE**)
 - le Service d'Aéronomie (**SA**)
- **8 tutelles**
 - Centre National de la Recherche Scientifique (**CNRS**),
 - Université Pierre et Marie Curie - Paris 6 (**UPMC**)
 - Université Versailles Saint-Quentin en Yvelines (**UVSQ**)
 - Commissariat à l'Energie Atomique (**CEA**)
 - l'Institut de Recherche et Développement (**IRD**)
 - Ecole Normale Supérieure (**ENS**)
 - Ecole Polytechnique (**X**)
 - Centre National d'Etudes Spatiales (**CNES**).
- **800 personnes**
- **Pôle de modélisation du climat global - 80 personnes -
Pascale Braconnot**

Le pôle de modélisation du climat global

- **Missions :**
 - **Fédérer les études multidisciplinaires** (scientifiques ou techniques) faisant intervenir les composantes du modèle de l'IPSL
 - Identifier et coordonner les **simulations de références**
 - Fédérer et rationaliser les moyens, les **développements techniques**
 - **Animation scientifique**
- **Modèle climat :**
 - Atmosphère
 - Océan et glace de mer
 - Surfaces continentales
 - Cycle du carbone
 - Chimie
- **IPSLCM4_v2**
- **90 000 h NEC SX-8 en 2007**

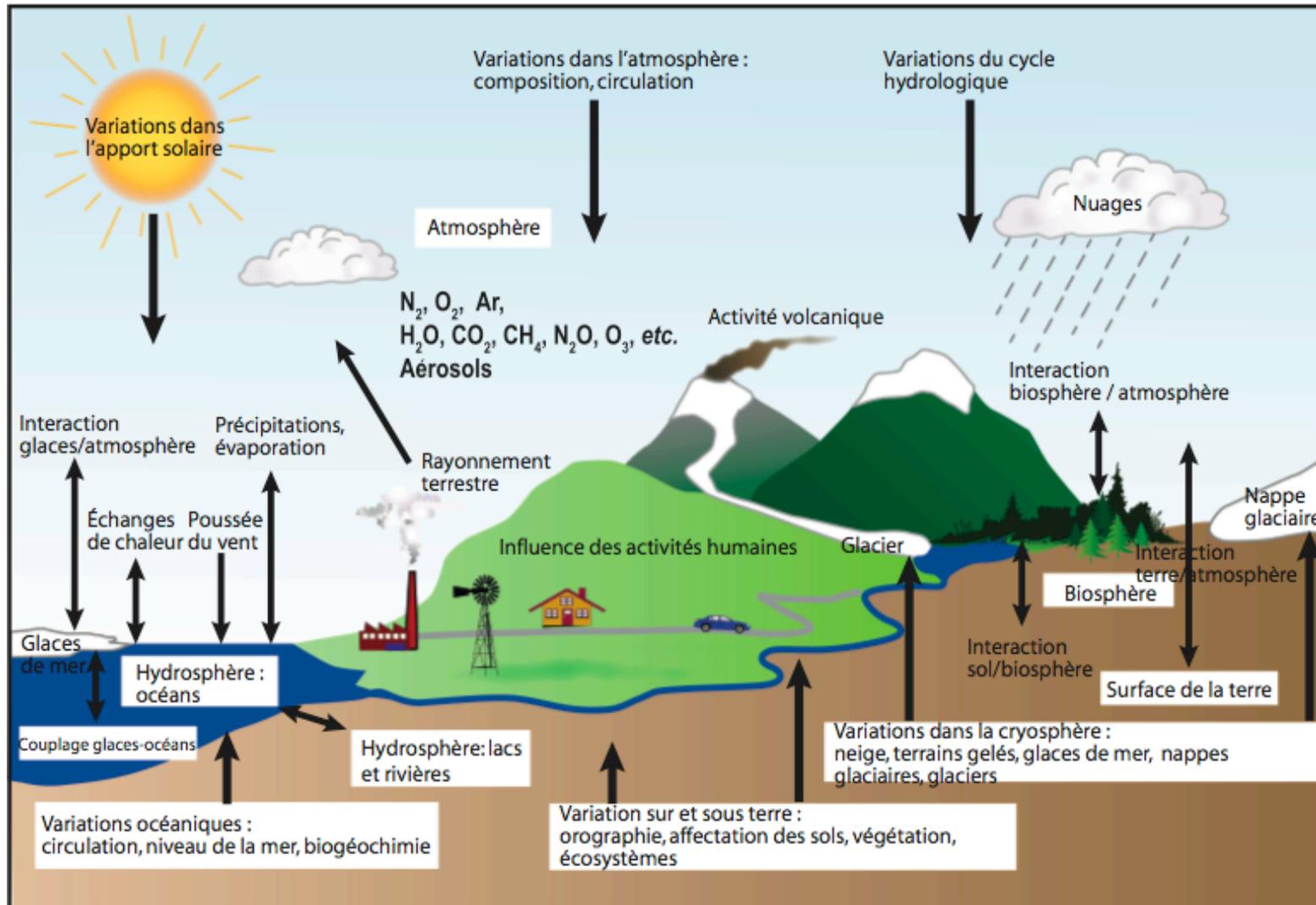




Plan

- Rappel du contexte : IPSL et labos
- **Modélisation du climat : qu'est-ce que c'est?**
- Perspective historique : évolution des modèles en phase avec les évolutions calcul
- Aujourd'hui, pyramide des moyens utilisés :
 - utilisation de son poste de travail
 - utilisation de l'info de proximité
 - utilisation des centres type mésocentres, nationaux et internationaux
- Demain

Le système climatique



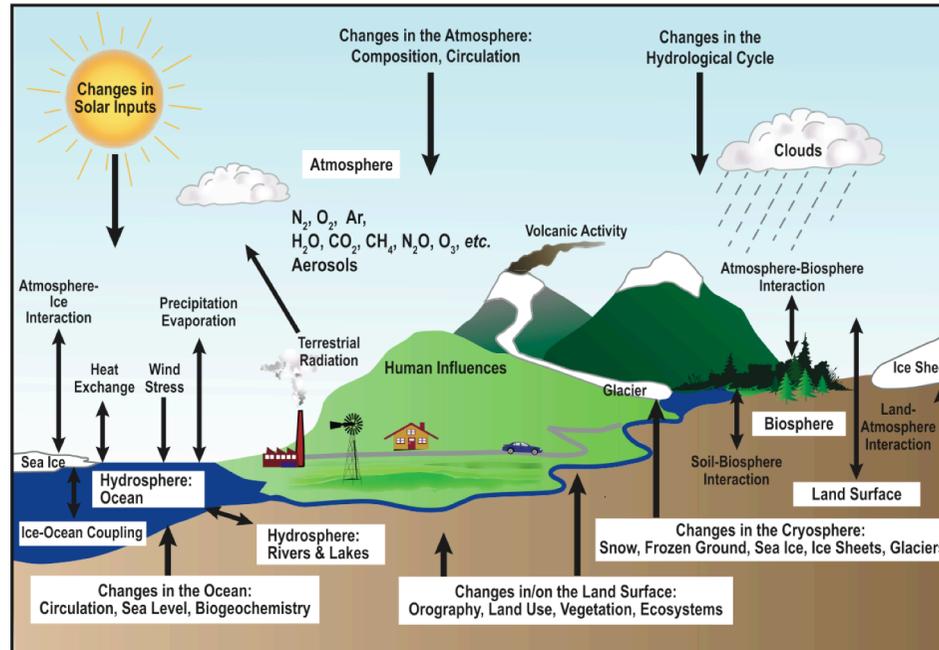
Quels changements ont eu lieu?

Dans quelle mesure comprenons-nous les climat passé et présent?

Quels changements pourront se produire?

Observations :

- Températures
- Précipitations
- Couverture de glace ou de neige
- Niveau des océans
- Circulation
- Extrêmes



FAQ 1.2, Figure 1

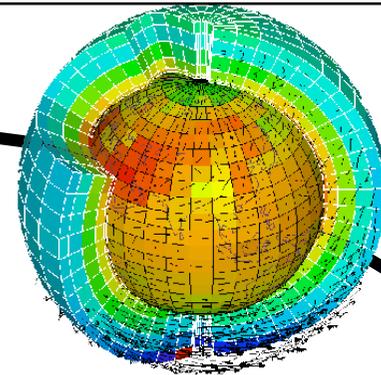
Simulations :

- Variation naturelle
- Forçages
- Climat global
- Climat régional
- Évènements à fort impact
- Stabilisation

Observations versus Simulations



$$\frac{\partial \mathbf{U}}{\partial t} + 2\boldsymbol{\Omega} \times \mathbf{U} = .$$



Les modèles de climat

- Les équations : mécanique des fluides, processus physiques
- Numérisation
- Programmes informatiques
- Calculateurs
- Production de résultats
- Comparaison aux observations
- Projections sur le futur

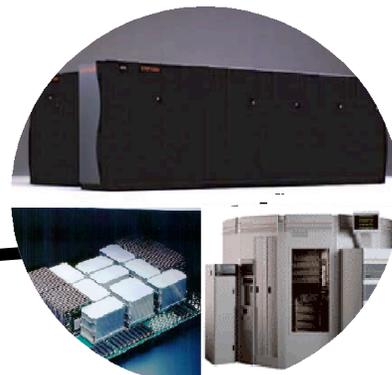
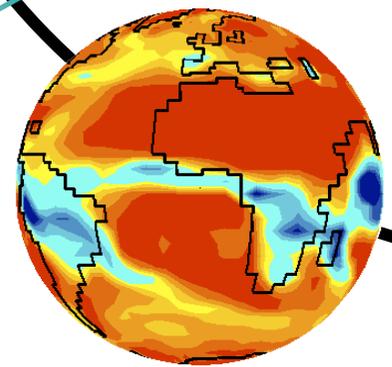


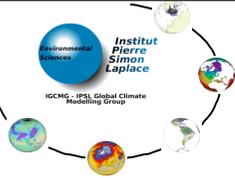
```

...
CHARACTER(*) pfilename
INTEGER, INTENT(IN) :: pim, pjm
REAL, DIMENSION(pim, pjm), INTENT(IN) ::
INTEGER, INTENT(IN) :: par_orix, par_sz
INTEGER, INTENT(IN) :: pitau0
REAL, INTENT(IN) :: pdate0, pdeltat
INTEGER, INTENT(OUT) :: pfileid, phoriid

INCLUDE "netcdf.inc"

INTEGER :: ncid, iret
INTEGER :: leng, lengf, lenga
CHARACTER(LEN=120) :: file, tfile
INTEGER*30 :: timenow
  
```

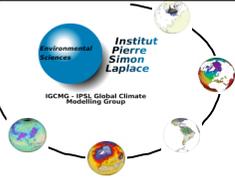




Le modèle IPSLCM4

Composante	Fichiers	Sous-routines	Lignes	% code	% commentaires
IOIPSL	21	136	20617	68	31
OASIS	114	64	19744	53	46
ORCHIDEE	51	187	35418	68	31
NEMO/OPA	214	912	80157	65	35
NEMO/LIM	24	36	6793	70	30
NEMO/TOP	86	110	20253	83	27
LMDZ	359	424	86996	67	32
INCA	134	313	32245	62	37

Protocole d'expérience internationale : GIEC



Le GIEC (IPCC)

- **Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat**
- Mis en place en **1988** par :
 - l'Organisation Météorologique Mondiale
 - le Programme pour l'Environnement des Nations Unies
- **Le rôle du GIEC** est d'évaluer de façon impartiale les informations internationales scientifiques, techniques et socio-économiques sur l'évolution du climat.
- Représentants des gouvernements (1 pays, 1 voix), scientifiques : auteurs, contributeurs, relecteurs
- **Publication de rapports de synthèse (AR) tous les 5-6 ans :**
 - 1990, 1995, 2001, **2007**
 - Groupe 1 : **Les bases scientifiques et physiques** (janvier **2007**, Paris)
 - Groupe 2 : Impacts, adaptation et vulnérabilité (avril **2007**, Bruxelles)
 - Groupe 3 : Atténuation des changements climatiques (mai **2007**, Bangkok)



Les activités humaines ont-elles déjà influencé le climat ?

GIEC 1990 : On ne sait pas

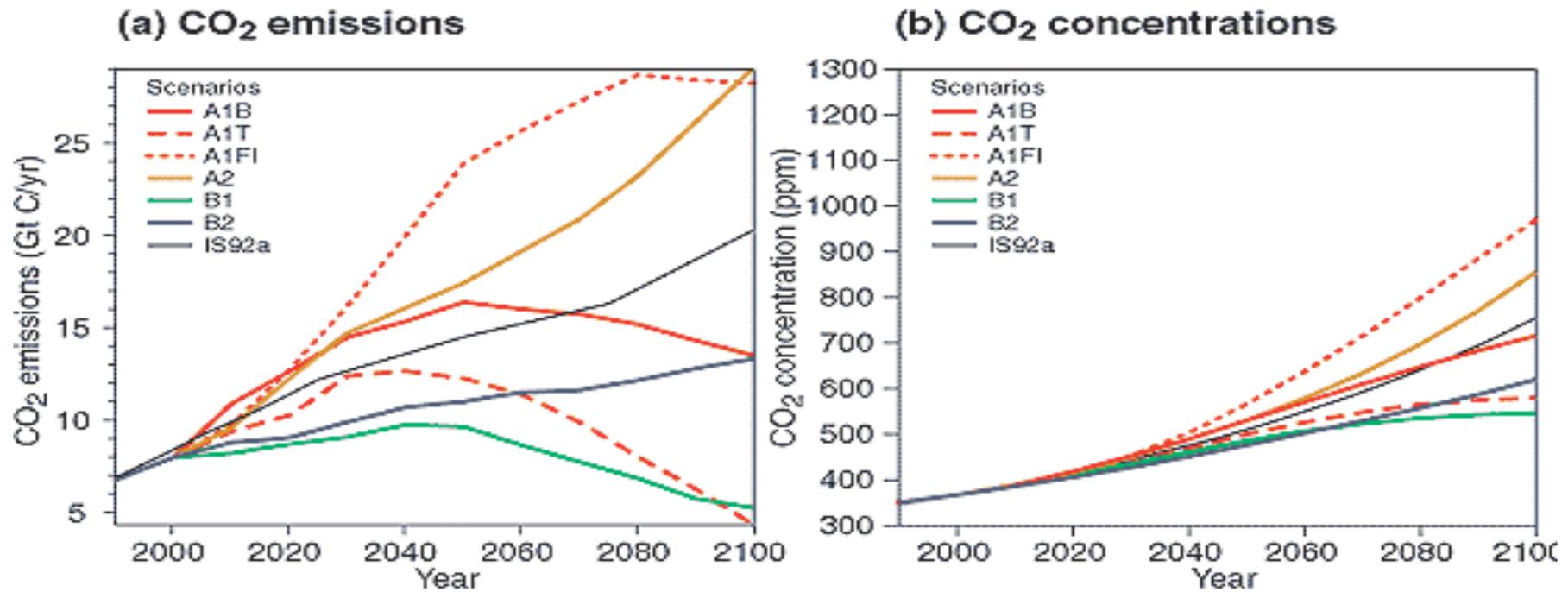
GIEC 1995 : Peut-être

GIEC 2001 : Probablement (+ 2/3)

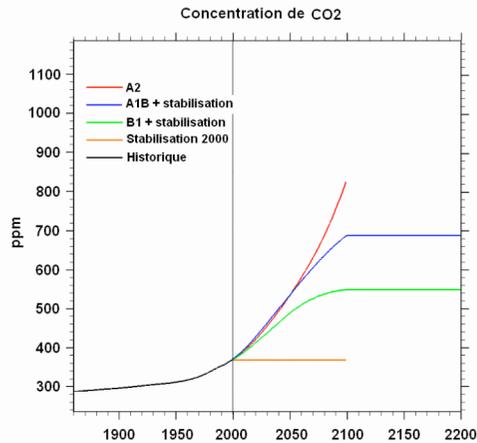
GIEC 2007 : Très probablement (+ 9/10)

L'essentiel de l'accroissement observé sur la température moyenne globale depuis le milieu du 20^e siècle est *très vraisemblablement* dû à l'augmentation observée des gaz à effet de serre anthropiques

SRES : les Scenarios du GIEC

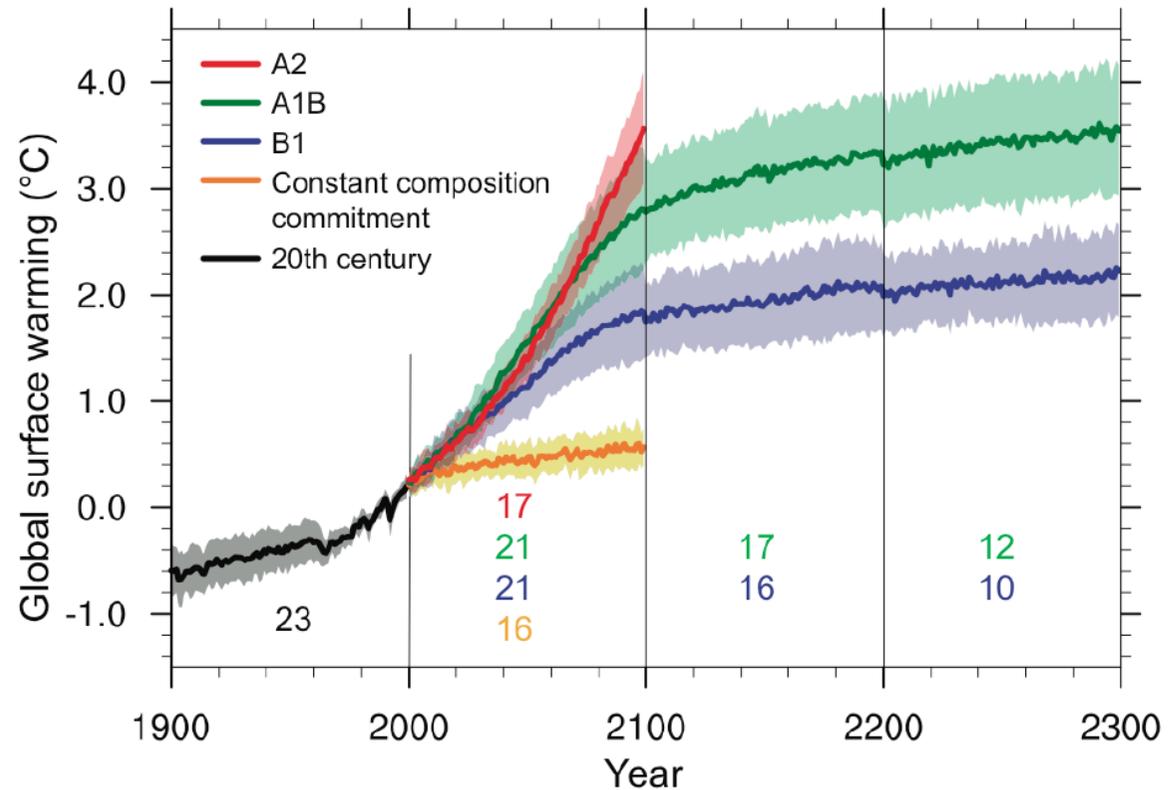


Evolution de la température globale pour les différents scénarios



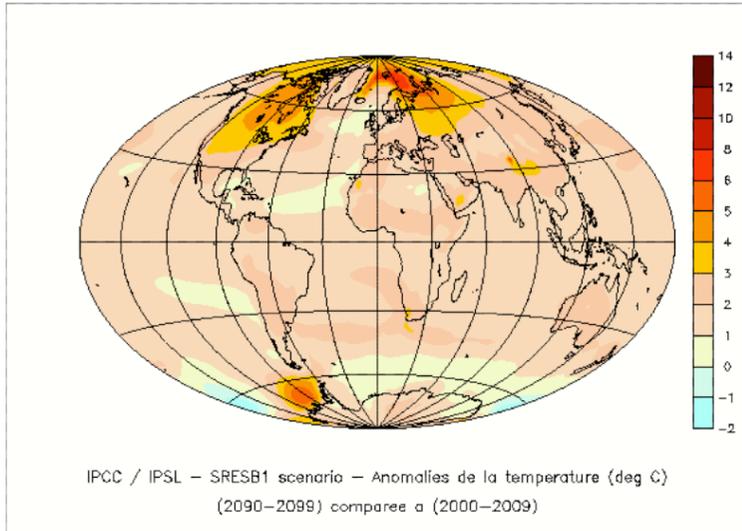
Période de référence
1961-1990

IPSLCM4 :
un des 15 modèles

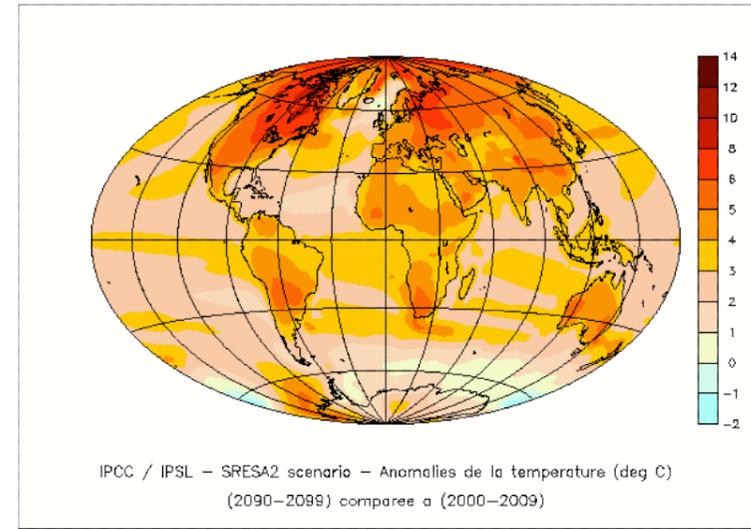


Anomalies de température et de précipitation en moyenne annuelle pour 2 scénarios, modèle IPSL

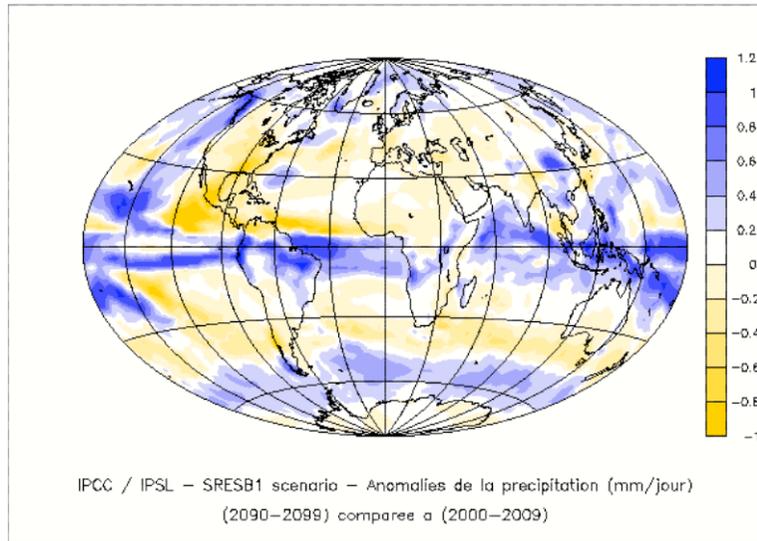
IPCC / IPSL - SRESB1 scénario
Anomalies de la température (deg C)



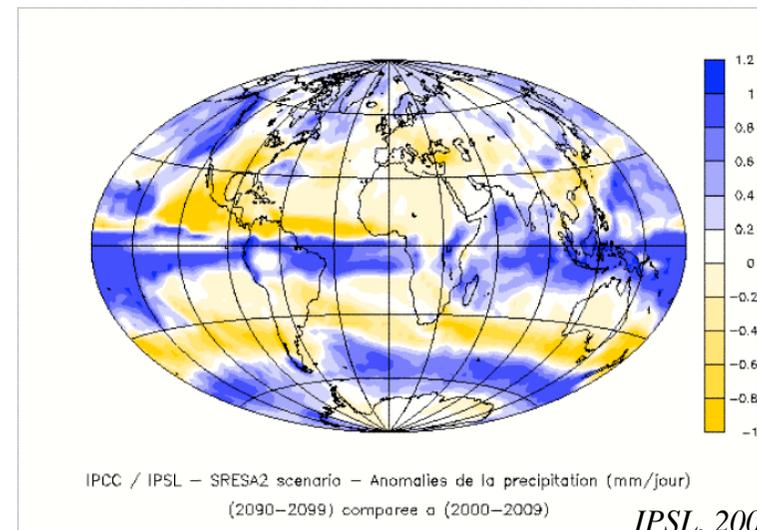
IPCC / IPSL - SRESA2 scénario
Anomalies de la température (deg C)



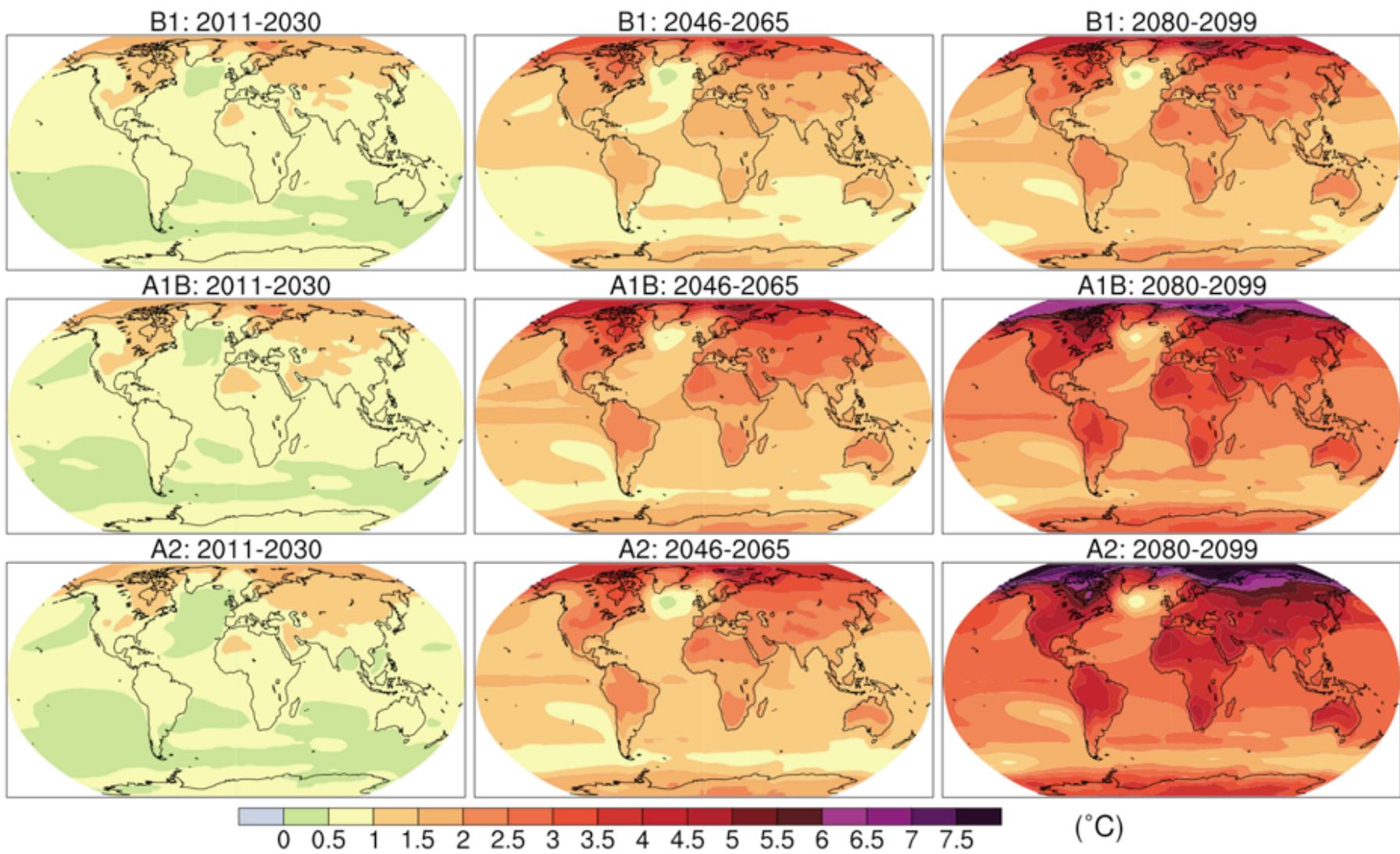
IPCC / IPSL - SRESB1 scénario
Anomalies de la précipitation (mm/jour)



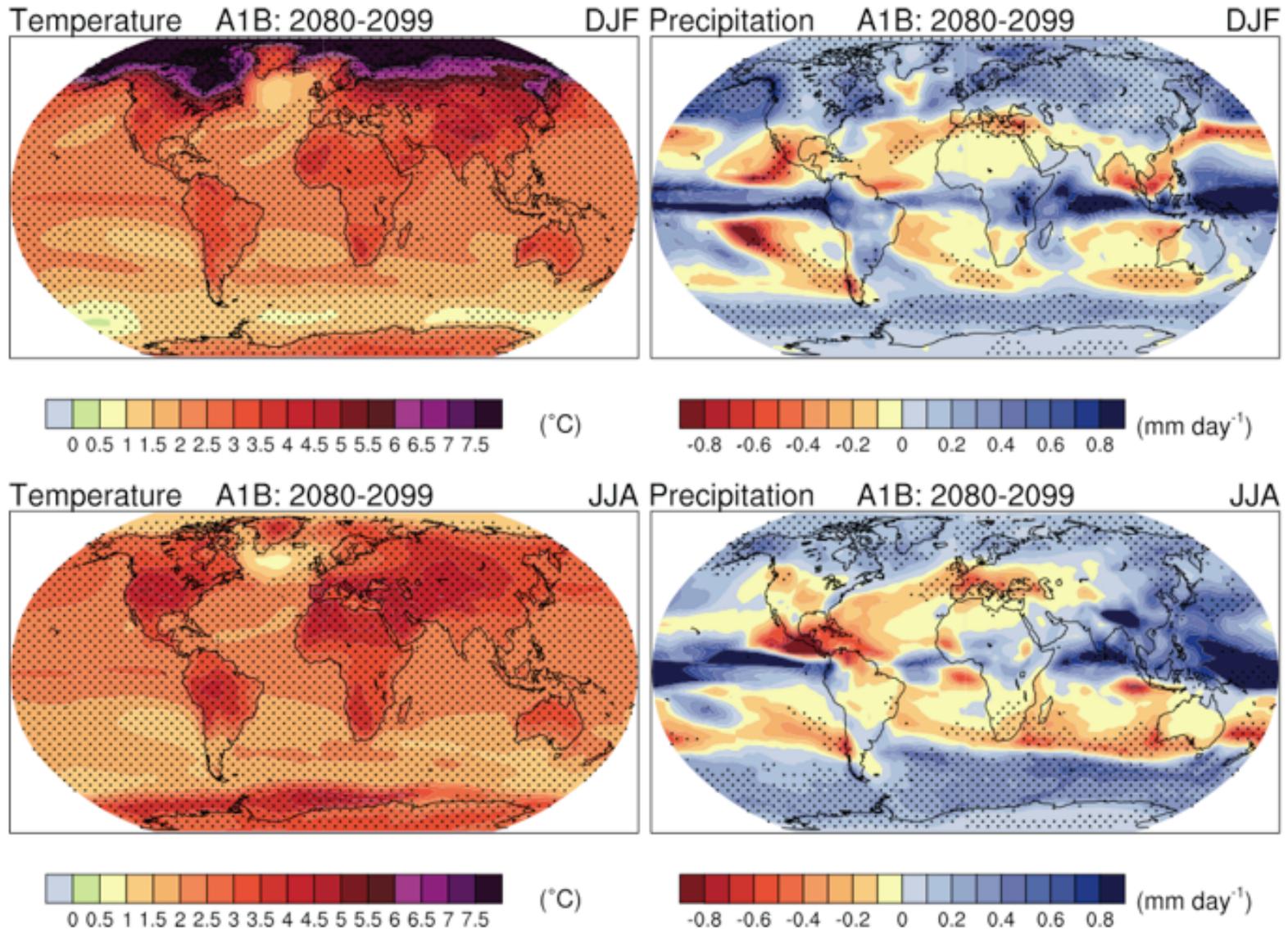
IPCC / IPSL - SRESA2 scénario
Anomalies de la précipitation (mm/jour)

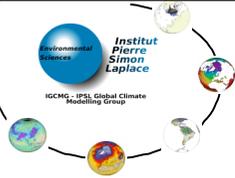


Anomalies de température de surface en moyenne annuelle pour l'ensemble des modèles pour 3 scénarios et 3 périodes de temps



Anomalies de température de surface et de précipitations pour l'ensemble des modèles pour 2 saisons scenario A1B





Plan

- Rappel du contexte : IPSL et labos
- Modélisation du climat : qu'est-ce que c'est?
- **Perspective historique : évolution des modèles en phase avec les évolutions calcul**
- Aujourd'hui, pyramide des moyens utilisés :
 - utilisation de son poste de travail
 - utilisation de l'info de proximité
 - utilisation des centres type mésocentres, nationaux et internationaux
- Demain

Evolution des modèles de climat

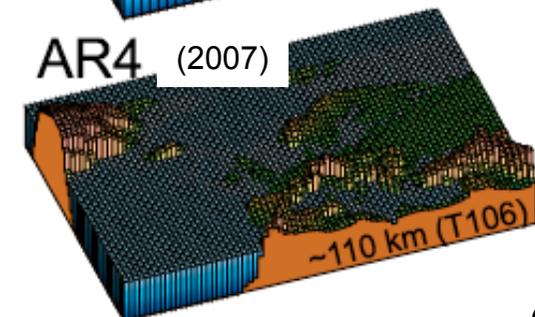
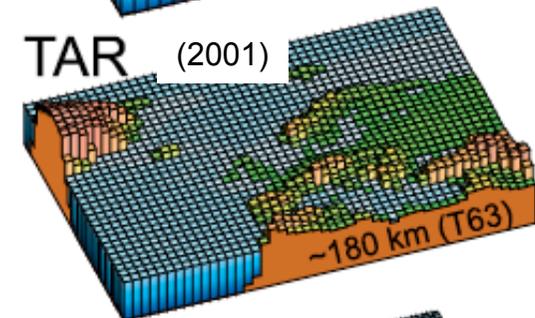
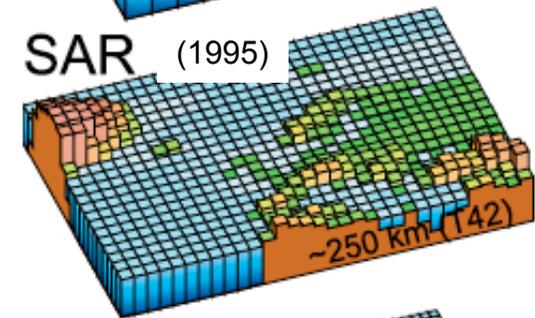
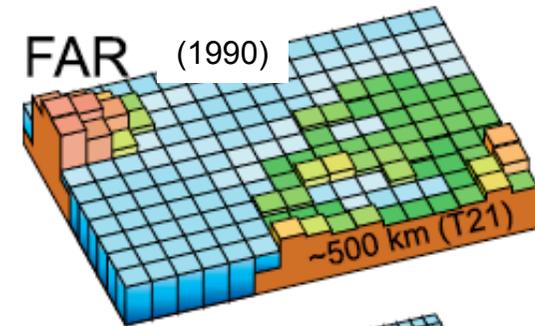
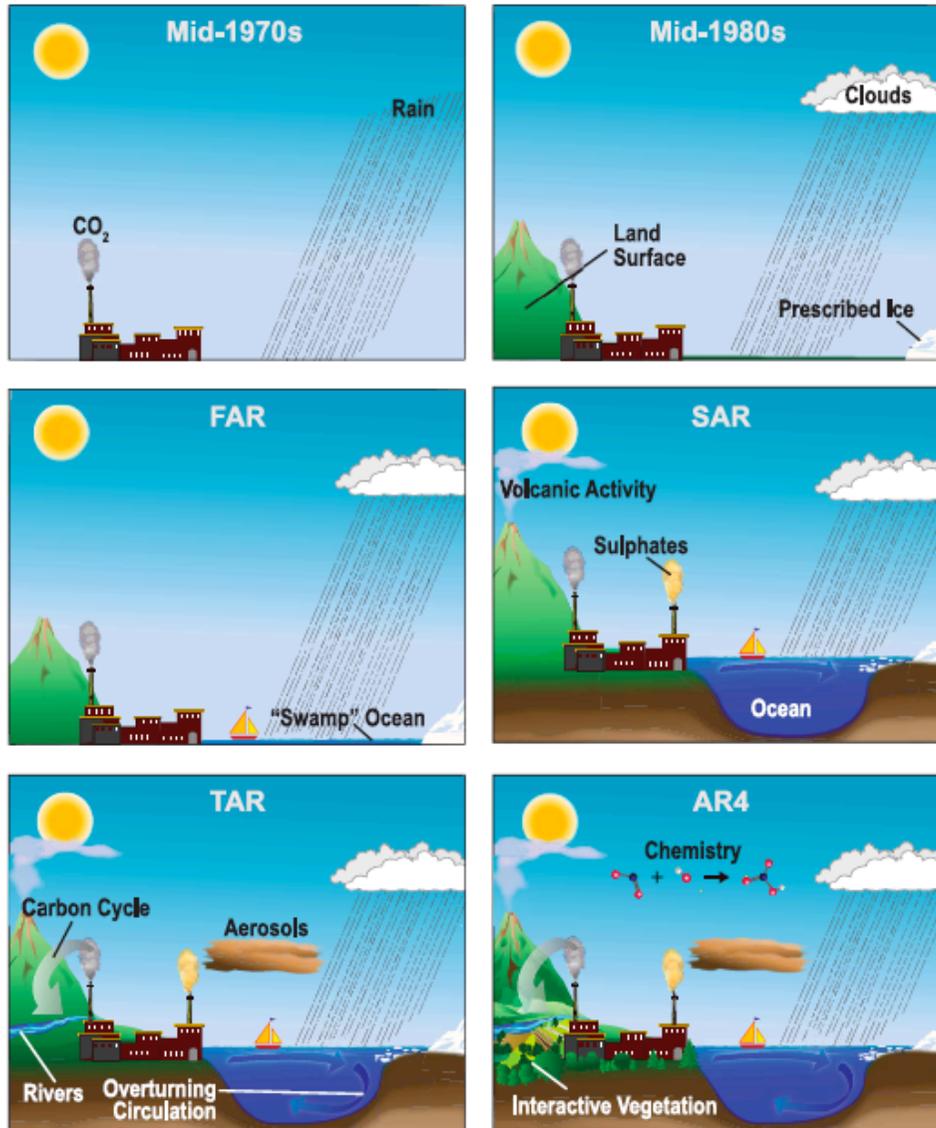
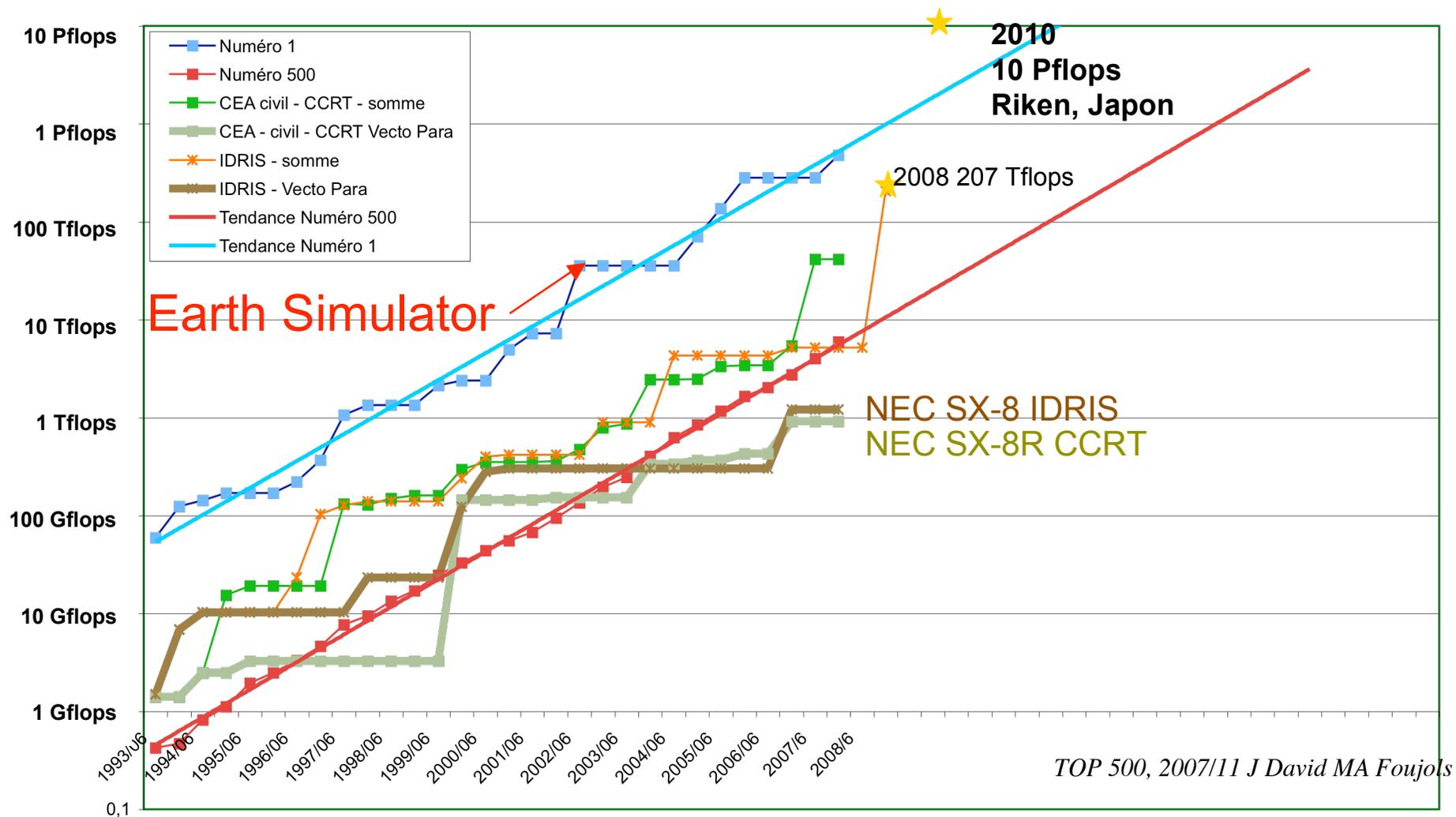


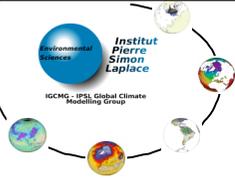
Figure 1.2. The complexity of climate models has increased over the last few decades. The additional physics incorporated in the models are shown pictorially by the different features of the modelled world.



Evolution des moyens de calcul : Top 500 France : CNRS-IDRIS et CEA-CCRT

Evolution des performances





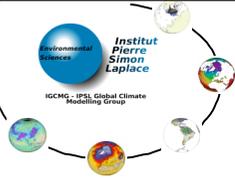
Plan

- Rappel du contexte : IPSL et labos
- Modélisation du climat : qu'est-ce que c'est?
- Perspective historique : évolution des modèles en phase avec les évolutions calcul
- **Aujourd'hui, pyramide des moyens utilisés :**
 - utilisation de son poste de travail
 - utilisation de l'info de proximité
 - utilisation des centres type mésocentres, nationaux et internationaux
- Demain

Pyramide des moyens

- Utilisation de son poste de travail
- Utilisation de l'informatique de proximité
- Utilisation des centres type mésocentres,
- Utilisation des centres nationaux
- Utilisation des centres internationaux
- Distribution des résultats, bruts ou non



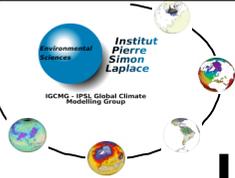


Poste de travail d'aujourd'hui

Outil de base :

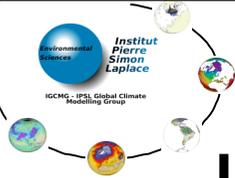
PC Linux ou Mac OS-X connecté à haut débit

- **Préparation des simulations :**
 - Fortran, shell, fichiers, NetCDF
- **Suivi des simulations :**
 - Accès aux centres, aux résultats, OpenDAP (ex DODS)
- **Analyses des résultats :**
 - Statistiques, comparaisons, visualisation,
 - Systématiques **sur les centres et en local** après rapatriement
 - **Visualisation de cartes** : énormément
 - Animation : un peu



Les moyens locaux : salle machine commune IPSL à Jussieu (1/2)

- **Réseau** : collectif
- **LMD** - V Fabart - 50 postes de travail :
 - 6 nœuds bi-xeon
 - 6 nœuds bi-opteron
 - Batch : Torque + Maui
 - 11 To, 20 To prochainement
- **LOCEAN** - P Brochard - 150 postes de travail :
 - 3 octoprocesseurs,
 - 10 To, 20 To prochainement
- **SA** - Ph Weill - 80 postes de travail Linux :
 - 2 clusters, 16 cœurs bi-xeon et bi-opteron, 20 To
- **Centre de données IPSL** - C Boone, S Cloché, K Ramage, N Poulet



Les moyens locaux : salle machine commune IPSL à Jussieu (2/2)

Services communs - F Corsini :

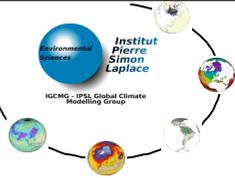
- Stockage local :
 - Autres espaces (baies SCSI + NAS) :
 - 10,5 To utiles
- 21 serveurs Linux + 4 serveurs Windows
- Stockage sur le SAN du CCRE, avec accès direct :
 - Espace SAN (EMC CX-700 et CX3-80) :
 - 51,5 To utiles

Serveurs sécurité - F Bongat : logs, sécurité

Serveur projets - O Thauvin : forge.ipsl.jussieu.fr - SVN/CVS, Trac, ...

Et bientôt : **DYNSERV** - F Bongat et Ph Weill -

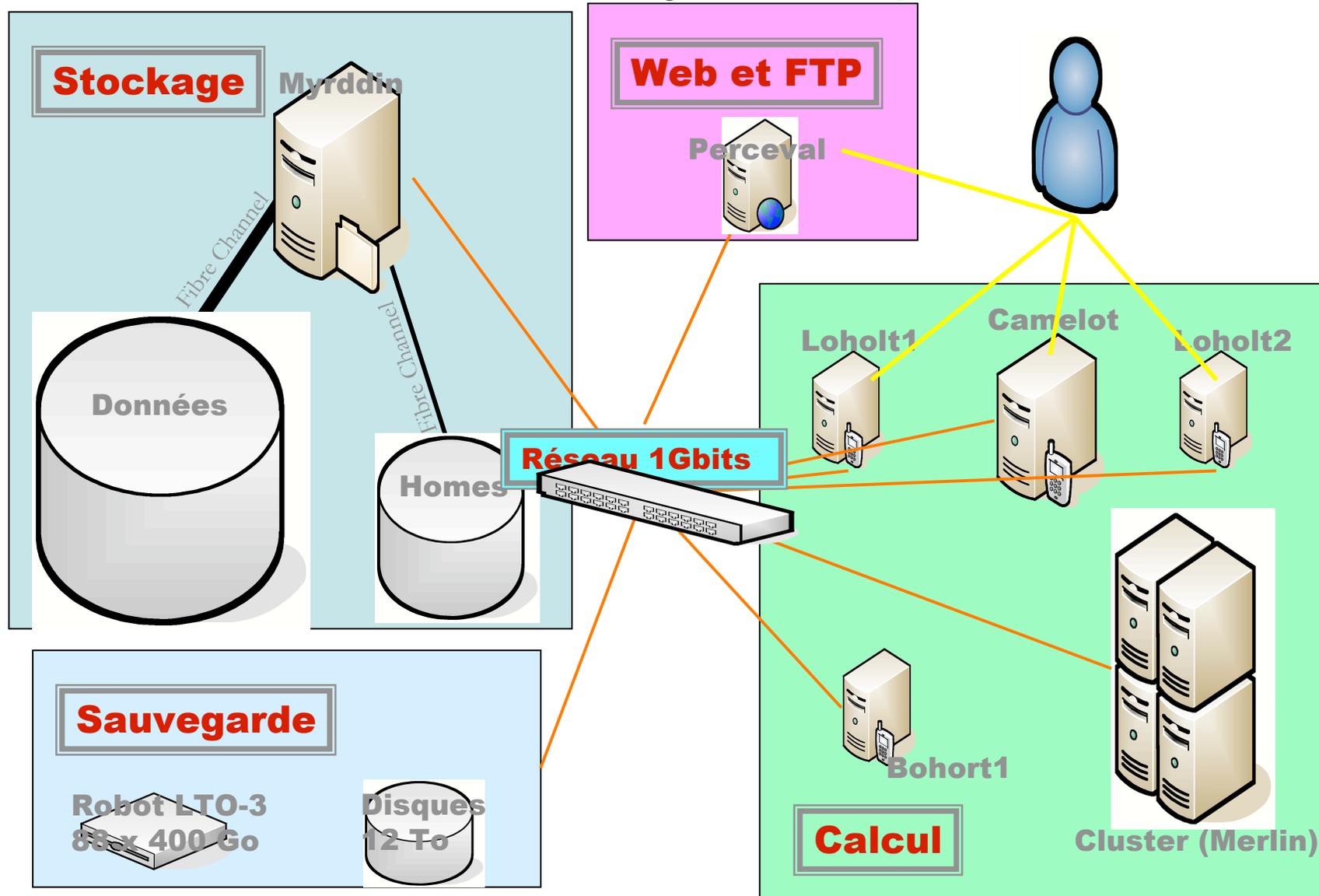
- Maquette en cours :
 - 4 machines de calcul (I/O) - 24 processeurs disponibles
 - 2 baies Raid 24x500 Go : 18 To utiles avec système de fichiers cluster (Lustre)
- 2008 : 64 cœurs, 100 To

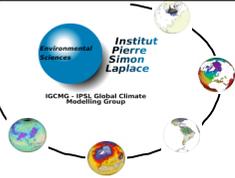


Les moyens locaux : Climserv à Polytechnique

- Actuellement :
 - 2 serveurs de fichiers (NFS) pour 61 To utiles sur 9 baies SATA/FC.
 - 4 serveurs interactifs Linux bi-processeurs (3 monocores, 1 dualcore)
 - un cluster de 23 processeurs mono-core
 - 1 serveur WEB/FTP hébergeant des sites d'informations et des serveurs LAS et OpenDAP
 - 1 robot de sauvegarde de 80 emplacements LTO-3 + 12 TO sur disques IDE/SCSI
- A venir :
 - changement de l'architecture de stockage : 4 serveurs de fichiers pour piloter 100 To de disques (LUSTRE)
 - ajout de 20 coeurs de calcul pour le cluster.

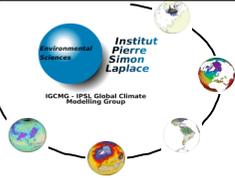
Les moyens locaux : ClimServ IPSL à Polytechnique





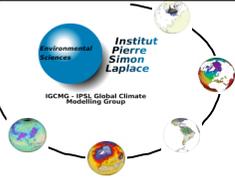
Mésocentre : le CCR/E DSI UPMC

- Calcul :
 - Janvier 2008 : un serveur IBM, JS21 constitué de 268 processeurs reliés par un réseau rapide, correspondant à une puissance théorique de 2,68 Teraflops.
 - Etudes de sensibilité, développements, ...
- Stockage
 - SAN



Centres nationaux

- **Exécution typique** quotidienne :
 - 10 ans de simulation climat (1-10)
 - Résultats, atlas, séries temporelles, suivi en ligne
- **Nec SX-8R au CCRT** (depuis 2007) et **SX-8 à l'IDRIS** (depuis 2006)
 - Production parallèle en cours
 - Atm 96x71x19 - Oce 182x149x31 : Atm sur 3 CPUs, Oce 1 CPU
 - **10 ans /22h**, 53h de temps CPU
 - 100 ans en moins de 10 jours
 - Atm 144x96x19 - Oce 182x149x31 : Atm 5 CPUs, Oce 1 CPU
 - **10 ans /46h**, 150h de temps CPU
 - 100 ans en 20 jours
 - Atm 144x142x19 - Oce 182x149x31 : Atm 5 CPUs, Oce 1 CPU
 - CCRT seulement
 - **10 ans / 66 h** de temps réel , 185h de temps CPU
 - 100 ans en 1 mois
- **Chaîne de traitement** à répartir sur les machines de calcul, frontale, serveur de fichiers, serveurs de post-traitement.
- Serveurs **distribution de résultats** : OpenDap (ex dods)

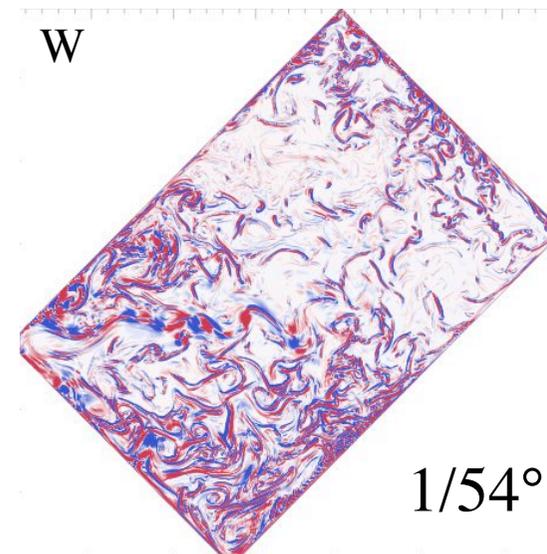
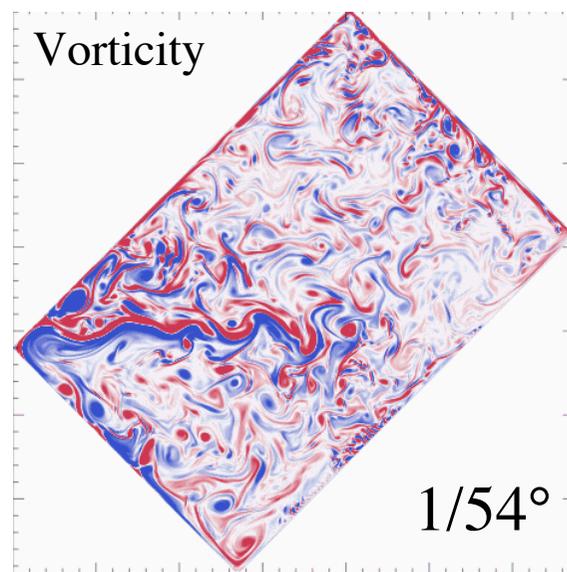
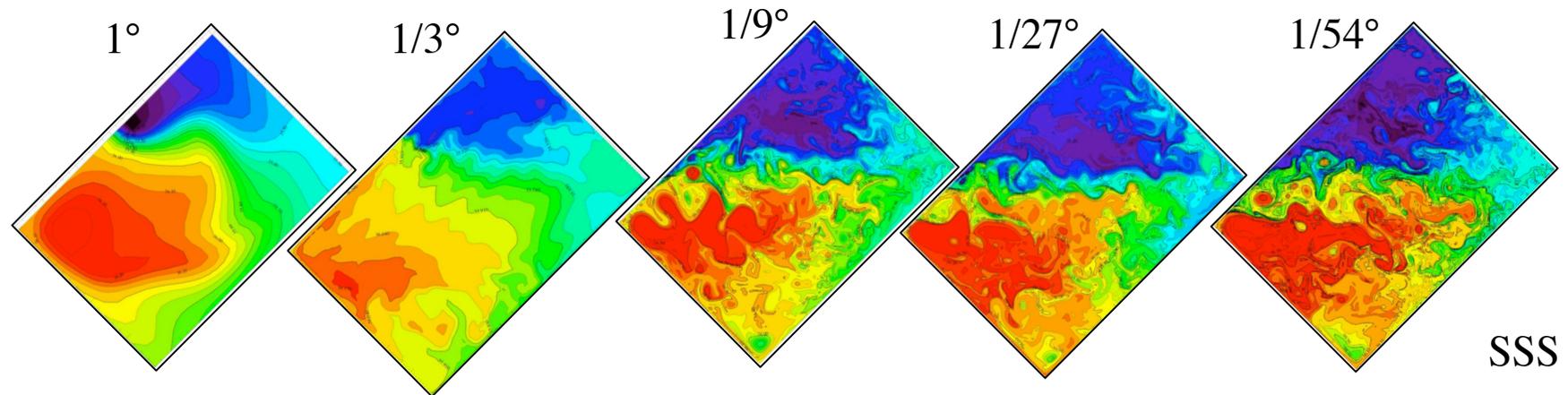


Centres internationaux

- **Earth Simulator Center, Japon**
 - Coopération depuis 2002
 - Soutenu par l'ANR depuis 2006
 - **GYRE** : 27 nœuds, 216 processeurs, consommation 15 000 hn pour l'expérience B54
 - **Couplé océan-atmosphère** : 22 nœuds, 128 processeurs océan, 6 coupleur oasis, 40 atmosphère
- **Oakridge, USA**
- **ECMWF, Europe**



Increasing the resolution activates sub-mesoscale dynamics





Distribution des résultats - serveurs de résultats bruts : mc2.ipsl.jussieu.fr

[MC2 HOMEPAGE](#)
[SCENARIOS IPCC](#)
[CLIMAT CARBONE](#)
[EXTREMES](#)
[SOFTWARE](#)
[ANIMATIONS](#)
[TEXTES](#)
[LIENS](#)

[SCENARI](#)
[VARIABLES](#)
[LES DONNEES](#)

MONITORING, FILES AND ATLAS ACCESS :
[\[2L18 \]](#)
[\[2L20 \]](#)
[\[2L22 \]](#)
[\[2L23 \]](#)
[\[2L23B \]](#)
[\[2L23D \]](#)
[\[2L24 \]](#)
[\[2L25 \]](#)
[\[2L26 \]](#)
[\[2L27 \]](#)
[\[2L28 \]](#)
[\[2L29 \]](#)
[\[2L30 \]](#)
[\[2L31 \]](#)
[\[2L33 \]](#)
[\[2L36 \]](#)

Monitoring, files and atlas access : simulation 2L20 (1840 ---> 2409)

Simulation with IPSLCM4_v1 model , mid resolution (ORCA 2 × LMD 96×71×19) realized at IPSL.

- **Monitoring** ([1D and 2D plots](#))
- **Time series**

Time series	Components			
1xYearly	Atmosphere	Surface	Ocean	Ice
1xMonthly	Atmosphere	Surface	Ocean	Ice
1xDaily	Atmosphere	Surface	Ocean	Ice
4xDaily	Atmosphere	Surface	Ocean	Ice

- **Seasonal cycle**

Seasonal cycle	Components			
MO2SE	Atmosphere	Surface	Ocean	Ice
MO2YE	Atmosphere	Surface	Ocean	Ice
MO2SN	Atmosphere	Surface	Ocean	Ice

- **Atlas**



Distribution des résultats - serveurs de bases de données GIEC : www-pcmdi.llnl.gov/ipcc/about_ipcc.php

ABOUT
WCRP CMIP3
PROJECTS
SOFTWARE
PUBLICATIONS
LINKS

Norway
Australia
Germany

Russia
France
Canada
China
Japan
Denmark
USA
Italy
Korea
United Kingdom

1:44:31 - 2/12/2008

WHAT'S NEW?

- ▶ PCMDI/WGNE Systematic Errors Workshop Presentations
- ▶ Orientation for New Users to PCMDI
- ▶ Site Map

WCRP CMIP3

- ▶ About CMIP3 Model Output
- ▶ Data Portal
- ▶ Diagnostic Subprojects
- ▶ Subproject Publications
- ▶ Data Access Survey
MS Word | Plain Text

CCPP Overview

PCMDI > WCRP CMIP3 Model Output > Diagnostic Subprojects
Printer Friendly Version

Diagnostic Subprojects

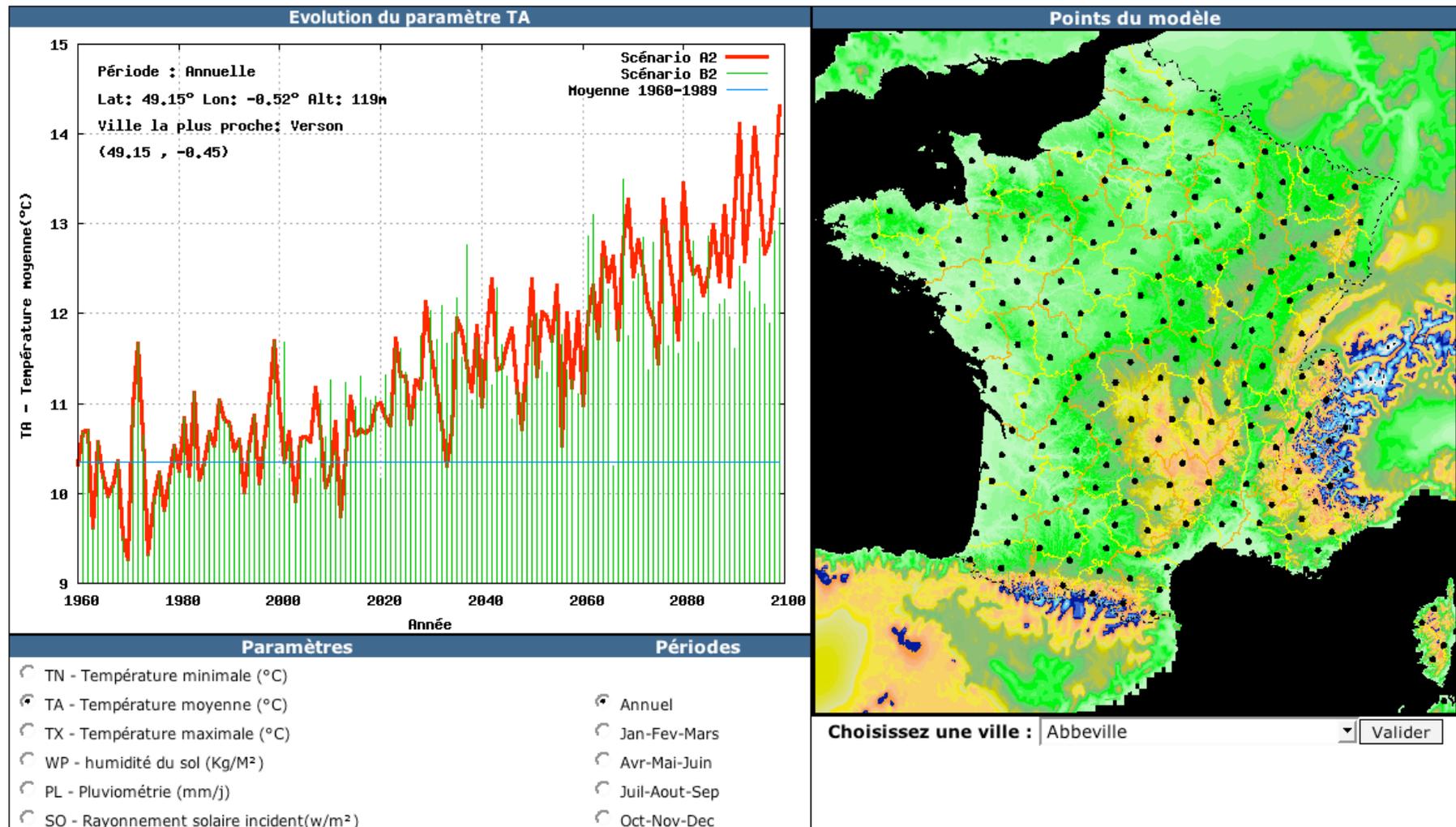
WCRP CMIP3 Subprojects | Subproject Publications

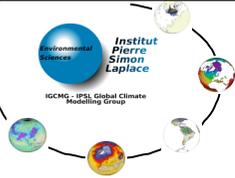
Last Updated: 2007-07-25
Current Total: 1193 subprojects

Title	PI	Institution	Publications
Changing Modes of Variability and Their Impact on Extreme Weather Events	John Abatzoglou	University of California, Irvine	
Impacts of Climate Change	EI Ouali Abdelaziz	Met Office of Morocco (DMN)	Pub 1
Impacts of Climate Change on Colombia's Water Resources	Lina Acevedo	Universidad Nacional de Colombia, Medellin, Colombia	
Future precipitation extremes in Scandinavia	Christine Achberger	Earth Sciences Centre	
El Nino/Southern Oscillation in General Circulation Models	Krishna AchutaRao	Lawrence Livermore National Laboratory / PCMDI	Pub 1
Possible future impacts on exploration and development activities in permafrost areas of the Northwest Territories and sea-ice impacted areas in the arctic islands	David Acton	Husky Energy	
Snowmelt prediction	Jennifer Adam	University of Washington	
COLA's Analysis of CMIP3 Data	Jennifer Adams	IGES	Pub 1, Pub 2
Climate impact on Water availability for electricity generation	Denis Aelbrecht	Electricite de France	



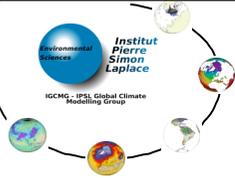
Distribution des résultats - serveurs de bases de données : onerc.org





Plan

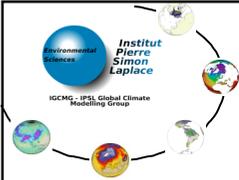
- Rappel du contexte : IPSL et labos
- Modélisation du climat : qu'est-ce que c'est?
- Perspective historique : évolution des modèles en phase avec les évolutions calcul
- Aujourd'hui, pyramide des moyens utilisés :
 - utilisation de son poste de travail
 - utilisation de l'info de proximité
 - utilisation des centres type mésocentres, nationaux et internationaux
- **Demain**



Quelques éléments de prospective

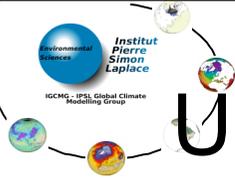
- Les simulations GIEC : équivalent 2 000 à 10 000 ans au total
- Augmentation des ressources nécessaires :
 - **Physique** améliorée x1-5
 - Simulations d'**ensemble** x10
 - **Système terre** : chimie, calottes, ... x5-10
 - Plus de **résolution horizontale** x4²
 - Plus de **résolution verticale** x3²
 - Simulations **plus longues** x10
- Estimation besoins pour prochain protocole GIEC (AR5) :
80 processeurs NEC SX-8 en 2009 et 2010
- Réalisation des simulations sur tous les centres : portabilité des codes, des environnements

Fichiers : **Standards**, MetaFor, is-ENES



Merci pour votre attention





Une course contre la montre et après des résultats scientifiquement fondés....

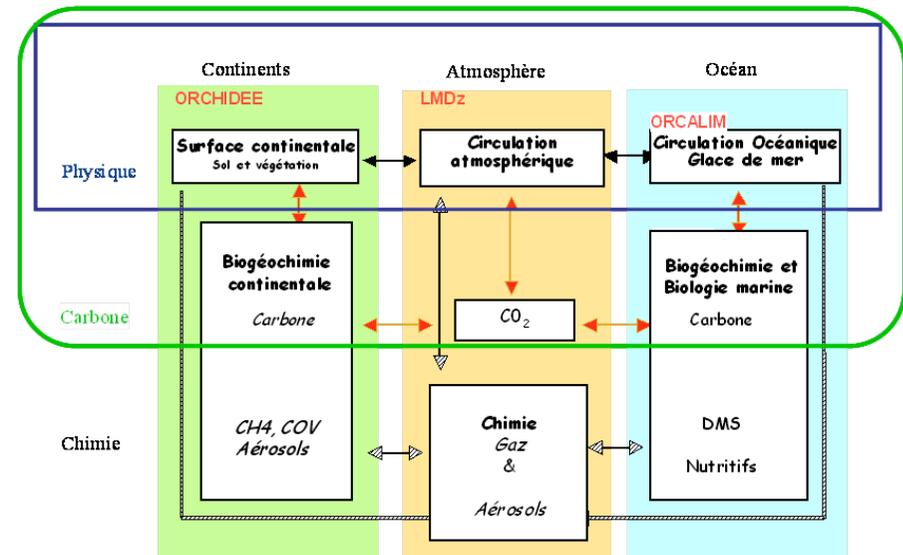
- 1ère réunion AR4** → **9/03:** définition des simulations (suivi par WGCM)
10/04: début de l'archivage des données au PCMDI
2/05: Draft 0 de AR4 WG1
- 2ème réunion AR4** → **3/05:** Workshop de Hawaii pour discuter les premiers résultats (19 Tb au PCMDI)
9/05: Draft 1 WG1 AR4
12/05: 27 Tb dans la base de données
- 3ème réunion AR4** → **4/06:** Draft 2 WG1 AR4
8/06: manuscrits non acceptés à cette date ne peuvent plus être considérés dans AR4
12/06: 32 Tb in data archive
- 4ème réunion AR4** → **2/07:** Paris, remise du « Summary for Policy Makers »
- 3/07:** 1000 utilisateurs enregistrés pour utiliser la base de données du PCMDI

Pour IPSL : 30000 heures de calcul
40 To de stockage
2To envoyés au PCMDI.

Implication pour l'IPSL

- Simulations avec IPSL-ESM = océan-atmosphère-cycle du carbone-aérosols-utilisation des sols
- Simulations IPSL-OA pour évaluer l'impact du couplage avec les cycles
- Simulations utilisation des sols
- Simulations aérosols
- Pas d'implication majeure sur l'échelle de temps courte, sauf avec des ensembles de simulations à haute résolution, mais sans assimilation.

Modèle système Terre de l'IPSL



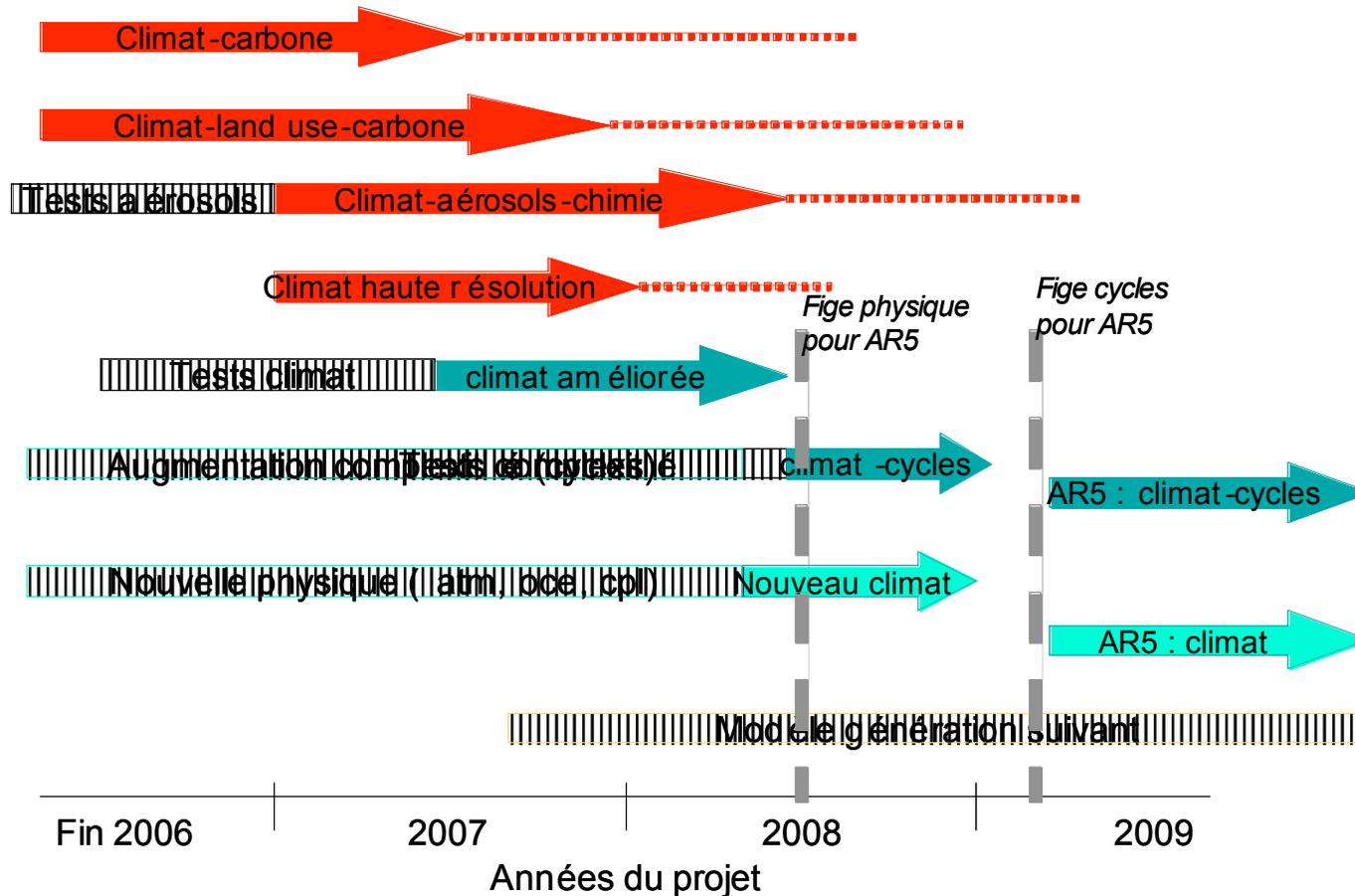
Version simulations GIEC

Version climat-carbone (C4MIP)

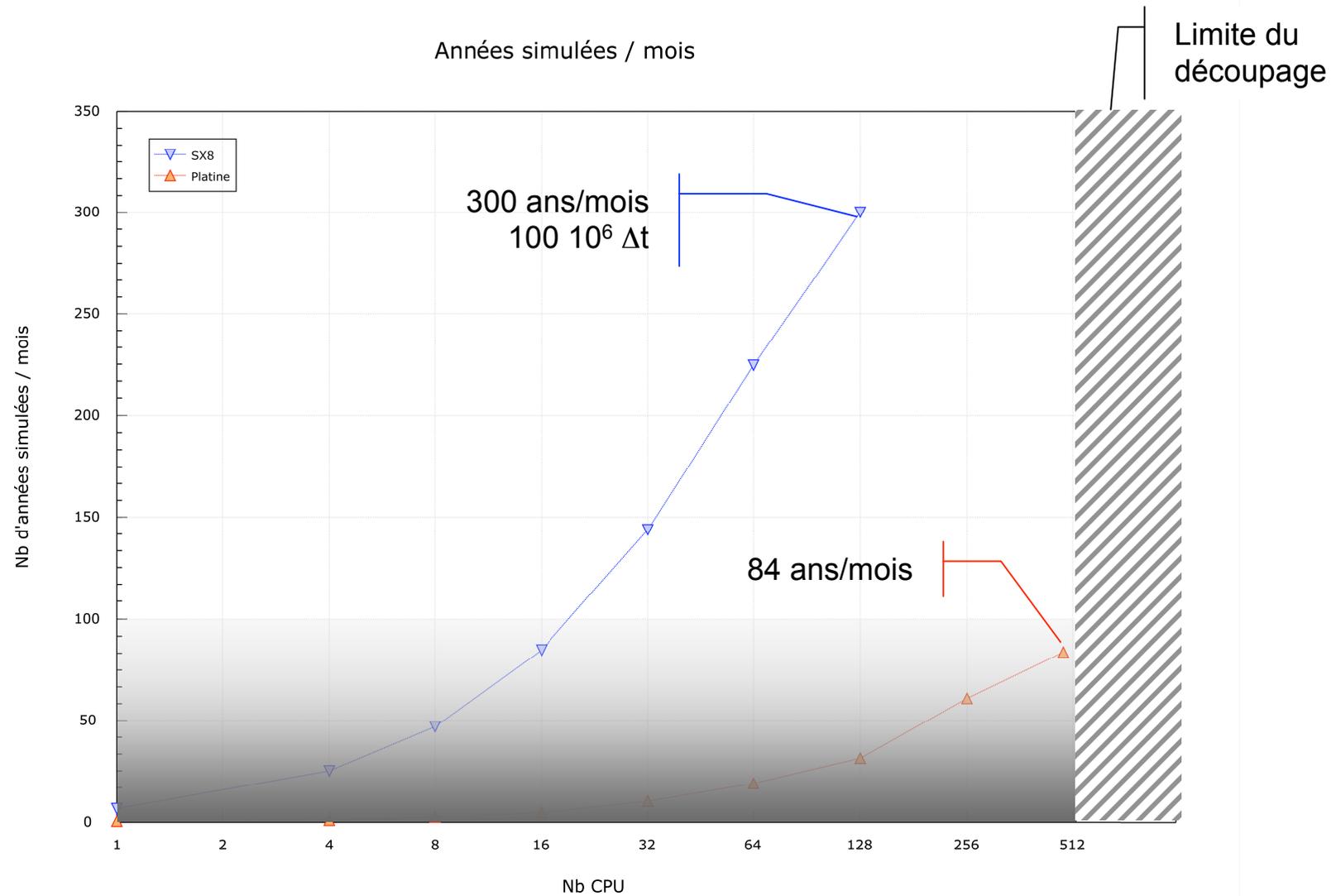


Plan de marche en cours : projet LEFE-MISSTERRE

- ➔ Model OA actuel
- ➔ Model OA actuel amélioré
- ➔ Model OA nouveau



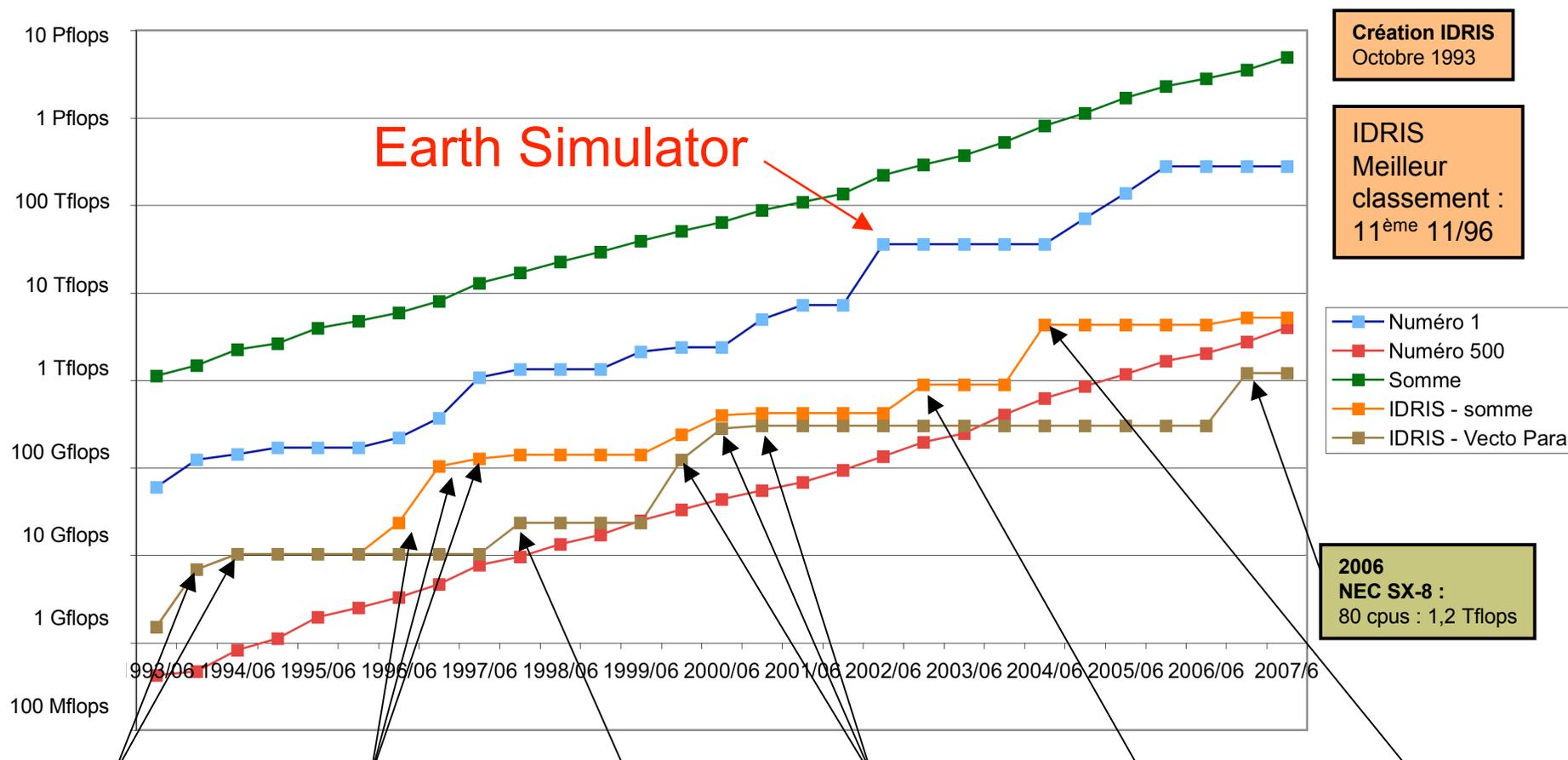
Temps de simulations, LMDZ 360x180x55





IDRIS

Evolution des performances



Création IDRIS
Octobre 1993

IDRIS
Meilleur classement :
11^{ème} 11/96

- Numéro 1
- Numéro 500
- Somme
- IDRIS - somme
- IDRIS - Vecto Para

2006
NEC SX-8 :
80 cpus : 1,2 Tflops

1993
C90 :
8 cpus : 7 Gflops
12 cpus : 10 Gflops

1996
T3D :
128 cpus : 13Gflops
T3E :
256 cpus : 93 Gflops
268 cpus : 117 Gflops

1997
Fujitsu VPP :
8 cpus : 13 Gflops

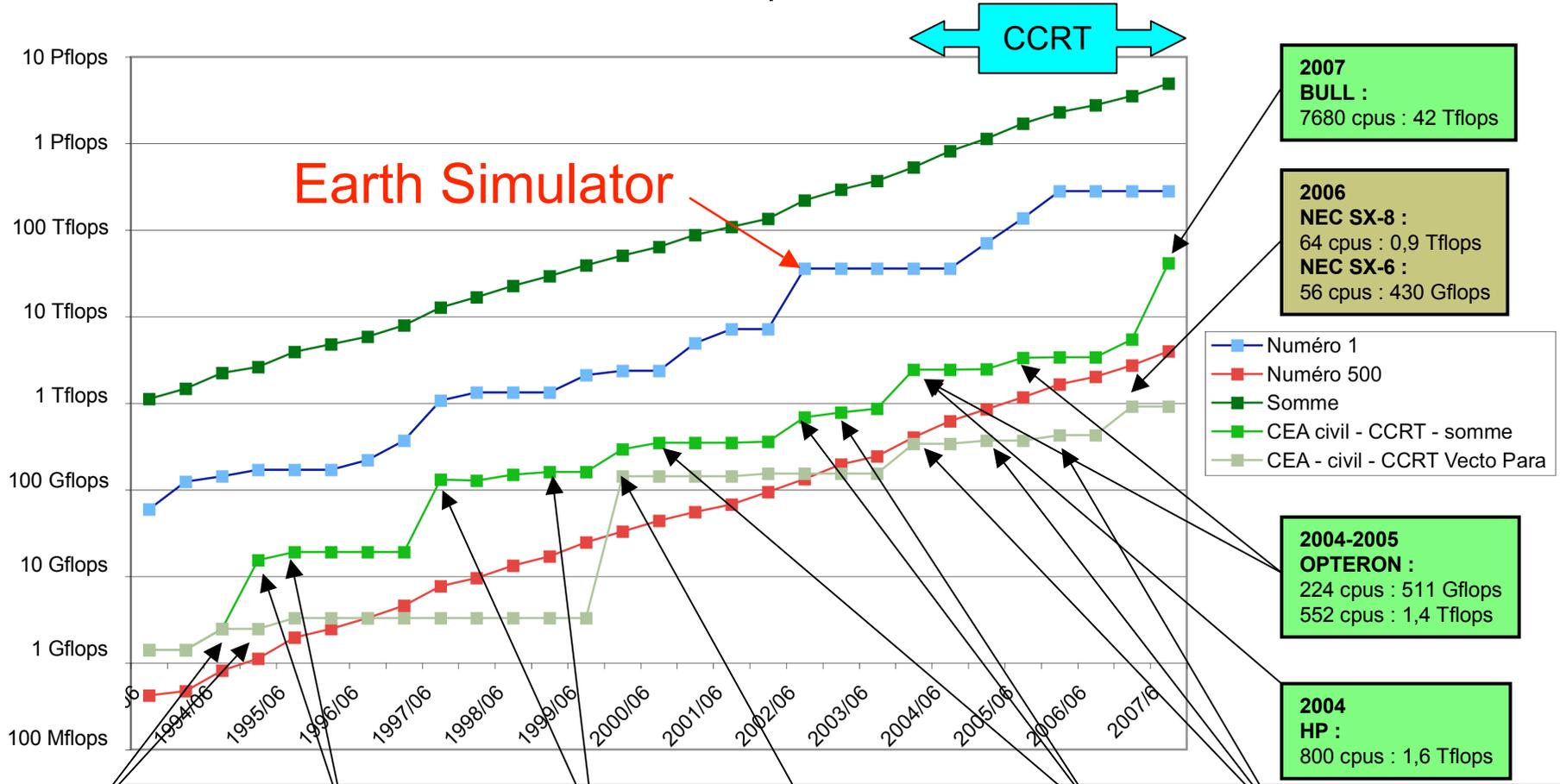
1999
NEC SX-5 :
16 cpus : 123 Gflops
38 cpus : 280 Gflops
40 cpus : 303 Gflops

2002
IBM 1^{ère} :
256 cpus : 590 Gflops

2004
IBM 2^{ème} :
1024 cpus : 4 Tflops

CCRT

Evolution des performances



1994
C90 :
 3 cpus : 2,5 Gflops
 4 cpus : 3,3 Gflops

1994
T3D :
 128 cpus : 13Gflops
SP2 :
 16 cpus : 3 Gflops

1997-1999
T3E :
 256 cpus : 116 Gflops
 280 cpus : 125 Gflops

1999
Fujitsu VPP :
 15 cpus : 139 Gflops
 16 cpus : 149 Gflops

2000-2003
HP :
 232 cpus : 211 Gflops
 532 cpus : 537 Gflops
 550 cpus : 638 Gflops
 610 cpus : 717 Gflops

2004
NEC SX-6 :
 44 cpus : 337 Gflops
 48 cpus : 368 Gflops
 56 cpus : 430 Gflops

2004-2005
OPTERON :
 224 cpus : 511 Gflops
 552 cpus : 1,4 Tflops

2004
HP :
 800 cpus : 1,6 Tflops

2007
BULL :
 7680 cpus : 42 Tflops

2006
NEC SX-8 :
 64 cpus : 0,9 Tflops
NEC SX-6 :
 56 cpus : 430 Gflops