

MISSTERRE

PROGRAMME NATIONAL  
" Les Enveloppes Fluides et l'Environnement "  
BILAN PROJET MISSTERRE 2007

**ACTION (S) CONCERNÉE(S) (cocher la ou les cases dont relève le projet)**

- Chimie Atmosphérique (CHAT)  
 Evolution et variabilité du climat à échelle globale (EVE)  
 Cycles biogéochimiques, Environnement et Ressources (CYBER)  
 Interactions et Dynamique de l'Océan et de l'Atmosphère (IDAO)  
 Assimilation de données

**RESPONSABLE SCIENTIFIQUE DU PROJET (nom prénom et qualité) :**

Pascal e Braconnot , ingénieur chercheur CEA  
Serge Plant on, Météo-France

**LABORATOIRE DU PROPOSANT (intitulé, appartenance, adresse et téléphone, e-mail) :**

Si le laboratoire est associé au CNRS, indiquer explicitement les nom et prénom du Directeur du Laboratoire, les références de la formation CNRS de rattachement (n° UMR ou UPR, etc...) :

Institut Pierre Simon Laplace, directeur Jean-Jouzel  
Institut Pierre Simon Laplace FR636 CNRS  
Université de Versailles Saint Quentin  
5/7 boulevard d'Alembert  
78280 Guyancourt cedex

URA1357, Groupe d'étude de l'Atmosphère Météorologique, directeur Eric Brun

**Titre du projet : Modélisation Intégrée du SyStème TERRE (MISSTERRE)**

## 1. Introduction

Le projet MISSTERRE a démarré en septembre 2006 pour une durée de 3 ans. Comme nous l'avons indiqué dans la présentation du projet, l'objectif principal est de rassembler l'ensemble de ces actions de modélisation du climat et de fournir les simulations de référence et les versions de modèles qui permettent d'assurer la contribution de la communauté française au GIEC et, au-delà, des recherches dans le domaine de l'étude de la variabilité climatique. Néanmoins, ce projet n'a pas vocation à prendre en charge l'ensemble des personnes impliquées dans ces actions. Il est construit pour:

- 1) soutenir les personnes dont le travail permet de bâtir et de maintenir la colonne vertébrale des modèles et des simulations:
- 2) favoriser les échanges avec un cercle plus large de personnes en prenant en charge les échanges scientifiques autour de quelques thèmes évoluant dans le temps.
- 3) D'assurer une démarche coordonnée de la participation des groupes de modélisation français aux exercices d'intercomparaison internationaux (ex. GIEC).

Par rapport aux actions menées ces dernières années, les objectifs visent à :

- a) assurer la valorisation de l'ensemble du travail effectué pour les simulations du GIEC et à produire les simulations complémentaires permettant de mieux comprendre les principaux mécanismes et l'origine des différences entre les résultats de différents modèles*
- b) déterminer l'origine et si possible corriger le principaux biais des modèles*
- c) préparer la génération de modèles qui sera utilisée pour le prochain ensemble de simulations du GIEC en considérant à la fois l'introduction et l'amélioration de nouveaux couplages et l'amélioration des bases physiques de modèles d'océan et d'atmosphère.*
- d) Renforcer l'effort de physique commune entre le CNRM et l'IPSL*
- e) Préparer les nouveaux couplages, et avoir de modèles performants sur différentes machines et d'utilisation aisée pour les différents utilisateurs*

Le bilan des 3 premiers mois était focalisé principalement sur le projet ESCRIME et la synthèse des résultats scientifiques obtenus pas les équipes impliquées dans le projet à partir des simulations réalisées pour le 4 eme rapport du GIEC. Le rapport présente l'ensemble de l'activité de façon succincte, de façon à donner une vision d'ensemble des différentes réalisations. Il est organisé suivant les rubriques de la demande. Ayant du faire ce rapport dans un temps extrêmement court, nous listons simplement les différents points sans entrer dans les détails des implémentations et des résultats. Les principaux points listés dans le calendrier prévisionnel pour l'année 1 ont été remplis.

Section de référence	Année 1	Année 2	Année 3
A. références	-Valorisation scénarios GIEC -Publication des groupes -Publication climat-carbone -Réunion de synthèse GIEC - Edition « livre blanc » -Mise en place de pages web dans chacun des sites	-publication des différents projets d'analyse - réunion avec la communauté impact - évaluation qualité et biais des simulations GIEC - réflexion sur les futurs scénarios	- Evaluation des nouvelles versions de modèle - Mise en commun de diagnostics évolués. -Publications -Premières simulations avec les nouvelles versions des modèles de climat - mise en commun des scénarios de forçage des modèles
B. régional	-Développements méthodologiques -Préparation de nouveaux scénarios régionaux	-Développements méthodologiques -Réalisation de nouveaux scénarios régionaux	-Développements méthodologiques -Réalisation de scénarios régionaux (suite) -Publication des scénarios régionaux -Diffusion des résultats des scénarios régionaux (web, ONERC etc...)

## MISSTERRE

C Nouvelles composantes physiques	-Extension des cas de tests unidimensionnels à partir de jeux de données observées ou de simulations LES. -Tests 1D de différentes configurations de paramétrisation et analyse commune des résultats - démarrage des simulations couplées à haute résolution	- passage à la nouvelle version du modèle d'océan - test nouvelles interfaces physiques - poursuite des tests 1D et 3D coordonnés. - Développement et validation des paramétrisations du bloc CLCN et du bloc radiatif. - tests pour déterminer les résolutions standard des nouveaux modèles couplés.	- poursuite développement des paramétrisations physiques - définition des versions de modèles qui seront utilisées pour le GIEC AR5 - notices et publication de chacune des composantes et des nouveaux modèles couplés.
D. Vers système climatique	- développement des nouveaux couplages - développement couplage avec transport du carbone	- notes techniques et publication des nouvelles versions couplées (climat-carbone, climat-aérosols etc...) - mise en production des versions chime-aérosols-climat - développement des couplages complémentaires	- réunion permettant de fixer les versions de modèles pour le GIEC AR5. - partage des tâches entre les deux groupes sur certaines thématiques.
E Infrastructure	-Mise en service des versions // des modèles IPSL -Banc d'essai pour le coupleur	-Modularisation de l'environnement de travail -Nouvelle version du coupleur OASIS incorporant de nouvelles fonctions	-Préparation de l'environnement utilisé pour AR5 - travail sur la diffusion des données.

## A Simulations globales de référence

### A.1 Les scénarios de référence

Coordinateurs : P. Friedlingstein et A. Voldoire

#### Les simulations du GIEC

IPSL :

En 2007, nous avons réalisé un ensemble de simulations du climat du 20e siècle (plus précisément de 1860 à 2000), avec différentes combinaisons de forçages naturels (variations de l'activité solaire et des éruptions volcaniques) et de forçages anthropiques (gaz à effet de serre et aérosols). Ces simulations ont été réalisées sous forme d'ensembles avec différents états initiaux de l'atmosphère et de l'océan. Les principales simulations sont les suivantes :

- avec forçages naturels (volcans, variation rayonnement solaire) uniquement
- accroissement des gaz à effet de serre (GES) uniquement
- idem + effet direct et indirect des aérosols sulfatés
- idem + forçages naturels (volcans, variation rayonnement solaire)

Au niveau international, ce travail se situe dans le cadre de l'action lancée par le "CCI/CLIVAR/JCOMM Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI)" et le "International Adhoc Detection and Attribution Group (IDAG)". Comme pour les simulations pour la préparation du 4e rapport du GIEC, les données ont commencé à être archivées et mises à disposition par le PCMDI. Le travail d'analyse de ces simulations sera réalisé en 2008.

CNRM :

L'analyse des simulations réalisées avec CNRM-CM3 a montré que la dérive lente de la température volumétrique, de la SST et de la température atmosphérique à 2m (-0.1°C/siècle) étaient liées à la non-

## MISSTERRE

conservativité de l'énergie à l'interface océan-glace de mer. La modification du traitement du couplage océan-atmosphère a permis de simuler une température moyenne réaliste en mode préindustriel. Grâce à l'Introduction du premier effet indirect de l'aérosol sulfaté dans le modèle du CNRM, le réchauffement simulé par le modèle au 20<sup>ème</sup> siècle (trop intense dans les simulations du GIEC utilisant CNRM-CM3.1) a aussi été sensiblement amélioré. A noter aussi que l'ensemble du système couplé a été installé sur la nouvelle machine NEC-SX8 de Météo-France et que les premiers scénarios ont été réalisés.

### Ensembles de simulations s'articulant sur les scénarios du GIEC

*Scénarios utilisation des sols :*

#### IPSL

Plusieurs simulations permettant d'analyser plus spécifiquement les effets biophysiques de la végétation ont également été considérées. Les simulations qui ont été faites en 2007 sont les suivantes:  
\* 3 simulations à l'équilibre avec une nouvelle version du modèle couplé (ORCHIDEE 1.5 + ajustements atmosphériques) qui corrige les principaux biais qui étaient présents dans les simulations réalisées avec la version précédente du modèle (cf partie 3).

\* prolongation des 3 simulations à l'équilibre existante 1) pour dégager le signal du bruit et 2) pour avoir des durées de simulations suffisantes pour analyser la variabilité interannuelle, notamment l'influence de la déforestation amazonienne sur le mode de variabilité ENSO.

\* 4 simulations à l'équilibre avec un scénario drastique de déforestation (déforestation globale) pour mieux mettre en évidence le rôle des différents processus (albédo et évaporation).

L'analyse de ces simulations fait partie du travail de la thèse d'Edouard Davin qui sera soutenue à la fin de l'année.

Référence : Davin et al. GRL, 2007.

#### CNRM

Les cartes d'évolution des cultures et des pâtures proposées par N. de Noblet (IPSL) ont été adaptées pour être utilisées avec dans le modèle du CNRM afin de participer au projet LUCID. Des ensembles de simulations de type time-slice ont été réalisés. Ces simulations permettent de tester l'impact sur l'atmosphère du changement d'utilisation des sols observé entre 1870 et 1990 et de comparer cet impact à celui des gaz à effet de serre sur la même période. Ces simulations seront à comparer à celles des autres groupes participant au projet LUCID (NCAR, CSIRO, LSCE). Les cartes d'évolution des cultures et des pâtures ont également été utilisées pour de nouvelles simulations couplées réalisées en 2007.

*Cycle du carbone.* Pour compléter les simulations couplées climat-carbone des simulations historiques ont également été réalisées avec ORCHIDEE afin d'étudier l'évolution de la biosphère continentale (LAI, runoff, flux de déforestation). Nous montrons que l'évolution historique du runoff est essentiellement due à l'évolution du climat et du land use et non à l'effet du CO<sub>2</sub> sur la physiologie des plantes (Piao et al, 2007). Nous avons également étudié les causes des modifications du cycle saisonnier du CO<sub>2</sub> atmosphérique en automne. A nos latitudes, elles sont principalement dues au réchauffement et à son effet sur la respiration des sols.

*Scénarios aérosols et chimie atmosphérique.* La mise en place de la version permettant de faire les simulations couplées climat aérosols a été réalisée. Les premiers tests sont en cours.

### Simulations des paléoclimats

Les simulations des paléoclimats réalisées en 2007 complètent les simulations IPSL du projet international PMIP. Plusieurs publications sont en cours sur ces résultats. Les analyses de l'Holocène font partie du projet EVE-ECHO.

Les travaux effectués par Ramdane Alkama dans le cadre de sa thèse ont permis d'évaluer l'impact d'un tracé réaliste des rivières dans des simulations du climat glaciaire. Bien que conduisant à des différences relativement faibles des débits des rivières vers les océans Arctique et Atlantique Nord, des rétroactions

## MISSTERRE

impliquant la circulation océanique amplifient la réponse liée à ces différences de débit jusqu'à aboutir à une circulation océanique plus faible et plus en accord avec les reconstructions. Un deuxième thème d'étude aborde dans cette thèse est l'impact des changements de végétation et de concentration en CO<sub>2</sub> atmosphérique sur le ruissellement. Ces études ont été faites au moyen de deux séries d'expériences. La première a été construite de manière à estimer, dans des contextes climatiques glaciaire, actuel et futur, l'impact d'une désertification totale sur le ruissellement, et, d'une manière plus large, sur le climat et la circulation océanique. La seconde a été construite pour comprendre le rôle du climat, de la hausse en CO<sub>2</sub> et du changement de la densité en couvert végétal sur le ruissellement pour les 20 et 21<sup>e</sup> siècles.

References : Alkama et al GRL, 2006, Alkama et al., clim dyn, in press, Braconnot et al. 2007 a et b.

### Diffusion des données

La diffusion des données des simulations réalisées pour le GIEC se poursuit, aussi bien vers les laboratoires de recherche que vers les « industriels » ou le secteur des impacts via notamment des contrats avec l'ONERC ou la FONDDRI.

La mise en forme des données se poursuit également pour les champs supplémentaires à fournir au projet ENSEMBLES.

Mise en service du site web ESCRIME (<http://escrime.ipsl.jussieu.fr/>)

### A.2. L'analyse des simulations (projet ESCRIME)

Coordinateurs : J.-L. Dufresne, Jean-François Royer et L. Terray

### Les projets d'analyses actuels au sein d'ESCRIME

Le projet ESCRIME a été marqué par la publication du livre blanc dont la traduction anglaise est en cours de finalisation. De plus les textes ont été repris dans la revue La Météorologie au cours de l'année 2007. Le livre blanc a servi de support à plusieurs actions de valorisation (plaquettes, conférences débat etc...). La publication du livre blanc a aussi été assortie de la rédaction de plusieurs articles assez généraux présentant les simulations du GIEC, les principaux résultats et les principales sources d'incertitudes.

Les analyses des simulations GIEC et des simulations complémentaires ont aussi été poursuivies. En particulier :

- Sensibilité climatique.

Analyse et quantification des principales contributions aux différences inter-modèles de sensibilité climatique (sensibilité à l'équilibre et réponse transitoire du climat): comparaison des différentes sources d'incertitudes - forçage radiatif, rétroactions climatiques (nuages, vapeur d'eau, gradient de température, albédo de surface), absorption de chaleur par l'océan; mise en évidence du rôle dominant des rétroactions nuageuses dans les différences inter-modèles de sensibilité (Dufresne et Bony 2007).

- Les régions arctiques :

Nous avons également analysé les simulations globales mais en focalisant l'analyse sur certaines régions, comme les régions arctiques (Arzel et al., 2007, Krinner et al., 2006, Guemas et al, 2007a-2007b)

- Circulation thermohaline

Nous avons analysé l'impact de la fonte des calottes polaires, paramétrisée de manière simple à partir d'un bilan thermodynamique de surface, sur la circulation thermohaline (THC), dans un scénario de doublement de CO<sub>2</sub> stabilisé pendant 500 ans (Swingedouw et al. 2007a, 2007b). Sur cette période, la paramétrisation mise en place entraînait la fonte de plus de la moitié de la calotte groenlandaise, ce qui est clairement une estimation très haute, résultat en partie dû à la simplicité de la paramétrisation utilisée. En réponse à cette fonte massive, la THC s'effondre dans le modèle, tandis qu'elle revient à son niveau préindustriel dans la simulation sans fonte.

Nous avons ensuite utilisé ces deux simulations pour quantifier de manière originale les différentes

## MISSTERRE

rétroactions qui régissent la THC. Nous avons ainsi évalué que dans IPSL-CM4, une perturbation de densité de surface en Atlantique Nord était amplifiée par 2.5 du fait des rétroactions positive de la THC. Cette forte amplification explique en partie la forte sensibilité de la THC obtenue dans IPSL-CM4. Ces deux simulations ont aussi permis de quantifier l'impact climatique d'un arrêt de la THC dans IPSL-CM4. Le refroidissement induit par un arrêt de la THC est apparu être plus faible (en valeur absolue) que le réchauffement causé par le doublement de la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, hormis très localement autour de la mer d'Irmingier. Un arrêt de la THC en réchauffement climatique ne cause donc pas de coup de froid sur l'Europe dans ce modèle.

D'autre part, nous avons aussi évalué l'impact d'un changement de THC sur le cycle du carbone océanique (Swingedouw et al. 2007c). En utilisant le même type de protocole expérimental que précédemment, mais dans une simulation de 140 ans où l'on quadruple le CO<sub>2</sub> préindustriel, nous avons montré que la THC diminuait de 47% quand la fonte des glaciers était prise en compte, et de 21% sinon. L'intégration du modèle biogéochimique PISCES « off line » forcé par les deux scénarios précédents a révélé peu de changement quant à l'absorption océanique de CO<sub>2</sub>, selon que l'on prenne en compte la fonte des calottes ou non. La diminution de la THC est donc apparu avoir un faible impact sur le puit de CO<sub>2</sub> océanique, notamment du fait de la compensation entre des processus liés à la solubilité et d'autres liés à l'alcalinité de l'océan.

Références : Swingedouw et al 2007 a, b, et c.

- Les passages dépressionnaires dans différents climats (Lainé et al. J of climate, Lainé et al clim dyn .)

Dans le cadre de la thèse d'Alexandre Laine, les changements des zones de passages dépressionnaires ont été aussi bien étudiés pour le climat du DMG (simulations PMIP, dont celles par les modèles de l'IPSL et du CNRM) et pour un climat soumis à des concentrations en CO<sub>2</sub> 4 fois supérieures à l'actuel (modèles du CNRM et IPSL). Au premier ordre, les modifications des zones de passages dépressionnaires sont très liées au changement des gradients de température équateur pôles, mais les interactions entre écoulement moyen et turbulents s'avèrent également être importantes. Cet aspect est assez dépendant du modèle utilisé.

- Les aérosols

Dans le cadre de la thèse de Céline Deandreis, deux scénarios d'émissions d'aérosols ont été étudiés afin de suivre leur évolution au cours du XXI<sup>ème</sup> siècle. Ce travail prépare à l'étude de l'effet des changements des contenus en aérosols sur le climat. Le forçage radiatif direct des aérosols entre l'année 2030 et la période présente pour deux scénarios d'émissions représentant une hypothèse basse et une hypothèse haute indique que les changements majeurs sont observés dans les tropiques et aux hautes latitudes nord. Ces régions sont particulièrement sensibles à la fois du point de vue du cycle de l'eau mais aussi à cause de la diminution de la calotte au-dessus de l'Arctique.

- Les événements extrêmes

Un calcul des indices de cyclogénèse (indice de Gray modifié par les précipitations convectives) a été effectué sur les réanalyses ERA-40 et sur une quinzaine de simulations couplées AR-4 du GIEC ayant effectué le scénario A2. Les résultats de cette analyse, montrant un assez bon réalisme dans la reproduction des zones de cyclogénèse actuelles, mais une assez grande dispersion de leur réponse au changement climatique futur. L'évolution liée au changement climatique d'indices caractérisant l'occurrence des événements extrêmes de température et précipitations a été analysée à partir des simulations des modèles CNRM-CM3 et IPSL-CM4 (Chauvin et Denvil, 2007).

- Détection/attribution des changements climatiques

Une adaptation de la méthode dite des « empreintes digitales optimales » basée sur une nouvelle estimation de la variabilité climatique interne a été réalisée. Son application aux séries de températures homogénéisées sur la France confirme et étend les travaux antérieurs sur la détection d'un changement climatique d'origine anthropique sur les dernières décennies.

### L'évaluation des modèles

## MISSTERRE

Plusieurs actions sont entreprises pour évaluer les modèles, les incertitudes et les principaux biais.

Les principaux résultats concernent :

-Le rôle de la convection dans les simulations couplée océan-atmosphère et la représentation du bord est des océans (Braconnot et al. 2007)

- Etude de la zone de convergence intertropicale. Un diagnostique a été développé pour étudier la vitesse de migration de la zone d'eau chaude sous l'ITCZ. L'approche consiste à suivre de manière Lagrangienne la zone d'eau chaude (délimitée par une isotherme donnée, 27°C par exemple) et à décomposer les forçages océaniques et atmosphériques de sa migration. Une première méthode, empirique, consiste à analyser l'effet à un temps donné de chaque processus, issus de l'équation d'évolution de la SST d'OPA, en l'ajoutant isolément au champ de température total. Le déplacement consécutif « virtuel » de la zone de maximum de température est alors quantifié, soit par celui de l'isotherme de référence, soit par la moyenne des déplacements de l'ensemble des isothermes concernées. Cette méthode fonctionne correctement puisque la somme des déplacements ainsi obtenus correspond généralement très bien au déplacement réel. Une deuxième méthode, rationalisant la première, est basée sur la formulation mathématique linéarisée du lien local entre les divers flux de chaleur et le déplacement d'une isotherme. La vitesse de migration méridienne s'exprime alors comme la somme de vitesses virtuelles associées chacune à un processus. Ces deux diagnostics ont été appliqués jusqu'à présent à des simulations forcées d'OPA, et des jeux de flux atmosphériques issus des observations, et tout dans l'atlantique. Leur utilisation dans un modèle couplé est à venir.

- Etude de la connection ENSO-moussons. Un jeu de simulations de sensibilité a été constitué avec le modèle couplé CNRM-CM3, dont la composante océanique est forcée par des vents quotidiens ERA40. Ces expériences permettent de stimuler la chronologie historique de l'ENSO dans le modèle couplé, ou au contraire d'inhiber l'ENSO. Cela a permis de mieux comprendre l'influence des différents bassins océaniques sur la mousson africaine à l'échelle interannuelle dans CNRM-CM3, et de mettre en valeur l'importance du phasage de l'ENSO par rapport à la saison de mousson (été boréal), ainsi que l'importance du timing de la téléconnexion, qui est rapide dans les observations. Un article est en préparation (à soumettre en décembre 2007), pour faire le point sur les mécanismes atmosphériques de la téléconnexion ENSO – mousson africaine dans les réanalyses, dans CNRM-CM3, et dans les modèles de l'IPCC-AR4 (Joly et al, 2007).

-Développement d'un simulateur CALIPSO pour les GCMs; premières comparaisons LMDZ4/CALIPSO via ce simulateur et identification de biais dans la fraction de couverture nuageuse simulée (par exemple: surestimation forte de la fraction nuageuse basse aux moyennes et hautes latitudes et sous-estimation dans les zones subtropicales); intégration future de ce simulateur dans le CFMIP-ISCCP-CALIPSO-CloudSat simulator (CICCS) dans le cadre de CFMIP (Chepfer et al. GL,2008)

- Analyse de l'influence des processus convectifs sur la composition isotopique de l'atmosphère tropicale (précipitation et vapeur d'eau) via une modélisation 1D de l'atmosphère tropicale (Bony et al. JGR, en préparation, Risi et al JGR en préparation).

### Les principales actions

Afin de coordonner et fédérer les différentes études listées ci-dessous, nous proposons différentes actions

- Information, diffusion et synthèse des résultats

Différentes réunions de travail et actions seront entreprises pour synthétiser et diffuser les résultats au-delà de la communauté ESCRIME.

- Réunions autour des résultats des projets d'analyses ESCRIME (une première réunion s'est tenue en octobre 2006) : réalisée
- Edition d'un rapport présentant les résultats des projets d'analyses (parution début 2007) : réalisé , version anglaise disponible prochainement

## MISSTERRE

- Réunion présentant les résultats ESCRIME à la communauté « impact » : en préparation pour la 2<sup>eme</sup> année du projet.
- Expertise, méthodologie
  - Réunion de travail sur la qualité des simulations IPSL et CNRM / projets d'analyses : prévue début 2007
  - Mise en place de diagnostics évolués (vers la mise en commun d'indicateurs ou de méthode) : en 2007-2008
  - Analyse et expertise des nouvelles versions des modèles : en 2007\_2008

## B Scénarios régionaux

### B.1 Régionalisation sur le domaine Europe-Méditerranée

Coordinateurs : L. Li et Samuel Somot

Des simulations ALADIN-Climat (climat présent et/ou climat futur) ont été réalisées à 50, 25 et 10 km sur différents domaines (projets européens ENSEMBLES et CECILIA). Elles permettent d'aborder la question de la stabilité du climat vis à vis de la résolution du modèle régional. En climat présent, les différences entre 50 et 25 km semblent faibles d'après les premières analyses (analyses d'Emilia Sanchez-Gomez et de Samuel Somot pour le projet ENSEMBLES). Des comparaisons plus approfondies restent à mener pour réellement évaluer l'impact de la résolution en climat présent et en climat futur. En revanche, une étude (Nellie Elguindi, non publiée) montre l'amélioration du bilan hydrologique de la mer Caspienne lorsque l'on augmente la résolution du modèle ARPEGE-Climat (T63, T106, T359)

Différentes études ont aussi été menées sur la question de la stabilité du climat simulé selon le type de modèle régional et de configuration utilisée (Jacob et al, 2007 ; Radu et al, 2007 ; Farda et al, 2007)

Le rôle du couplage régional entre l'atmosphère et la mer Méditerranée a été analysé montrant un impact significatif de ce couplage sur le changement climatique simulé (Somot et al, 2007). D'autres études sont prévues dans le cadre des projets CIRCE et MEDUP (nouveau projet ANR accepté en 2007)

L'application de méthode de pilotage spectral a été expérimentée dans les modèles ALADIN-Climat et ARPEGE-Climat à résolution variable et s'avère très prometteuse (Radu et al. 2007 ; Herrmann et Somot, 2007).

Par ailleurs, dans le cadre de la thèse de Virginie Guémas (co-encadrement CNRM – IPSL/LSCCE) un modèle de couche de mélange a été couplé au modèle ARPEGE-Climat à résolution variable et est en cours de validation.

Des diagnostics d'évaluation de la nébulosité et des liens avec les variables d'environnement ont été mis en place afin de tester de nouvelles paramétrisations dans le modèle LMDz.

L'ensemble de ces diagnostics sont développés sur la Méditerranée mais seront appliqués dès que possible à un transect Pacifique. D'autres diagnostics sous-maille utilisant des simulations LES forcées par les champs grande échelle et les conditions aux limites fournies par LMDZ ont par ailleurs été développés pour compléter la validation.

### B.2 Régionalisation sur les régions polaires

Coordinateur : H. Gallée

## C Vers les nouvelles versions des modèles physiques

Coordinateurs : J.-Y. Grandpeix, S. Planton, J.-L. Dufresne, P. Marquet, S. Masson, P. Braconnot



## C1. Amélioration des paramétrisations physiques des modèles d'atmosphère

### Le Projet « Physique Commune »

Depuis octobre 2003, les deux équipes développant les deux modèles atmosphériques globaux de climat français, Arpege-climat et LMDz ont commencé à œuvrer au rapprochement des paramétrisations physiques de leurs modèles. Il faut préciser qu'il n'y a pas deux physiques, l'une d'Arpège et l'autre de LMDz mais plutôt deux environnements de paramétrisations physiques. En effet, dans chacun des modèles, il est possible d'activer différents jeux de paramétrisation (par exemple pour la convection, le rayonnement ...). L'intérêt est de pouvoir utiliser différents jeux de paramétrisations venant des deux équipes dans chacun des deux GCM atmosphériques.

Il a été décidé de partir du modèle Arpège-Climat 1D, avec son environnement d'exemples puis d'y inclure « en bloc » la physique de LMDz. Les physiques des deux modèles de climat ont subi des modifications importantes à partir des dernières versions qui ont servi aux runs IPCC/AR4.

Concernant Arpege-Climat, on désire passer de la physique « standard diagnostique » utilisée pour l'AR4 à une « nouvelle physique pronostique » pour l'AR5, avec des changements dans les schémas de turbulence (Mellor & Yamada/diag. → Cuxart-Bougeault-Redelsperger/prog.), de microphysique (Kessler/diag → Lopez/prog), de convection profonde et peu profonde (flux de masse Bougeault → flux de masse/CAPE Guérémy), et de l'entraînement en sommet de couche limite (Grenier & Bretherton).

Concernant LMDz, les simulations de l'AR4 ont été effectuées avec une version dans laquelle la turbulence de couche limite est représentée par le schéma diagnostique de Louis/Laval et la convection profonde par le schéma d'Emanuel. Désormais, une nouvelle paramétrisation de la couche limite convective est disponible (Rio & al, 2007, à paraître), en combinant un schéma en flux de masse prenant en compte l'existence de thermiques (Hourdin & al, 2002) couplé avec un schéma de nuages (Bony & al, 2001) et le schéma de turbulence pronostique de Mellor & Yamada. Développé initialement pour une couche limite convective sèche, le modèle du thermique a été adapté aux cas nuageux par l'ajout des processus de condensation dans l'ascendance et des processus de mélange entre le thermique et l'environnement. Ce modèle a été testé sur un certain nombre de cas 1D.

Concernant la modélisation 1D elle-même, le cas du jeu de données RICO a été complété (initialisation et diagnostics). Les nouveaux développements physiques ont été portés sur la version 1D commune, actuellement en test sur les cas RICO, BOMEX et ARM-Cumulus.

Les résultats obtenus avec les différentes versions de chaque physique pour les deux cas classiques de convection peu profonde (Bomex et Eurocs-petits cumulus) seront présentés aux Ateliers de Modélisation (Toulouse, 22-24 janvier 2008).

A terme, il est prévu d'inclure la physique LMDz dans MUSC (Model Unified Single Column). Ce projet, développé dans le cadre de la collaboration entre Météo France et les communautés Aladin et Hirlam, a pour but de fournir une plateforme de test (3D ou 1D) des différentes physiques et de les intercomparer sur des cas connus. Cette action implique une collaboration plus étroite avec les équipes du CNRM assurant la maintenance et le développement de MUSC, au-delà du seul groupe climatique.

Au cours de l'année 2007, deux réunions ont rassemblées les chercheurs concernés des équipes IPSL/LMD et CNRM(GMGEC+GMME+GMAP). Ces réunions ont notamment permis d'identifier des actions sur lesquelles des collaborations pourraient s'intensifier entre LMDz et ARPEGE : validations communes sur les mats instrumentés (SIRTA, Cabow) ; partage de parties de codes sur la convection profonde ; utilisation des flux de surface océaniques ECUME ; meilleure compréhension des rapprochements sur les parties turbulence en TKE-pronostique et sur les aspects thermiques et "EDMF". Développement des modèles 3D

- Evolution du modèle de l'IPSL

## MISSTERRE

Mise en place d'une nouvelle version de référence incluant les modifications du modèle de surface continental corrigeant les instabilités numériques et offrant une meilleure fermeture des flux d'eau douce entre les différents modèles.

La version du modèle couplé bénéficiant des dernières améliorations de la physique des modèles sera basée sur la nouvelle paramétrisation du modèle du thermique qui a également été testée récemment dans le modèle climatique tri-dimensionnel. Cette nouvelle version du modèle a été "ajustée" (réglage notamment des paramètres nuageux pour ajuster les forçages radiatifs). Des simulations climatiques pluri-annuelles ont été réalisées, qui montrent une amélioration significative de la représentation des nuages bas océaniques (plus de nuages d'alisées et moins de nuages dans les moyennes latitudes) et des inquiétudes quant à la représentation de la mousson indienne. Des tests en 3D ont également été réalisés récemment avec des versions modifiées de la paramétrisation de la convection profonde (basée sur le schéma d'Emanuel, 1993) : nouvelle formulation de la fermeture basée sur les caractéristiques de la couche sous-nuageuse ; couplée ou non avec le modèle du thermique ; inclusion d'une paramétrisation des poches froides, créées sous les orages, par la réévaporation de la pluie ; prise en compte du relief pour le déclenchement de la convection. Beaucoup de tests ont été effectués en lien avec la campagne AMMA d'Analyse Multidisciplinaire de la Mousson Africaine. Enfin, la partie atmosphérique de l'interface surface/atmosphère a été profondément réécrite.

- Evolution du modèle du CNRM

### C2 La composante océanique

Plusieurs actions ont été entreprises pour le modèle d'océan NEMO.

1. Adaptation de la physique de la couche de mélange du modèle pour l'étude du cycle diurne: Nous avons introduit une paramétrisation de l'effet de la houle sur la longueur de mélange et sa condition limite en surface. Ceci permet d'augmenter le mélange dans la partie supérieure de la couche de mélange et par exemple de détruire les très fines couches de mélange lors d'un coup de vent. Nous avons aussi rajouté l'impact des cellules de Langmuir comme un terme source de TKE. Ensuite avec une résolution de l'ordre du mètre dans la partie supérieure de l'océan, il nous a fallu revoir la pénétration de la lumière qui dépend des longueurs d'ondes avec un taux de chlorophylle issu d'une climatologie mensuelle.

2) Ocean-Glace: Révision du calcul du stress à la surface de l'océan dans les parties englacées.

3) Interface de couplage: Entièrement revu dans NEMO. Du point de vue technique: mise à jour et réorganisation complète du module de couplage avec oasis 3 (en particulier pour la parallélisation et la prise en compte correcte des bandes de recouvrement). Interface: Révision complète des variables échangées dans les parties englacées.

- Conservation des flux d'eau et de chaleur dans les cellules partiellement englacées en particulier lorsque la fraction de glace diffère entre l'océan et l'atmosphère.

- Introduction du concept de valeur manquante pour certaines variables associées à la glace (température de surface, albédo) dans la moyenne temporelle et l'interpolation spatiale vers l'atmosphère.

### C3 Couplages

IPSL : Révision de la conservation des bilans d'eau.

## **D Vers un modèle « système climatique »**

Coordinateurs : P. Friedlingstein et D. Salas y Melia, Y. Balkanski, A. Voltaire

## D.1 Couplage avec les cycle biogéochimiques

### Le cycle du carbone, du méthane et de l'azote

- Evaluation de l'interannualité de la production primaire dans le Pacifique Equatorial ; comparaison aux données satellites et à d'autres ESM (NCAR, MPIM)

La version climat-carbone IPSL-CM4-LOOP du modèle de l'IPSL donne des résultats très satisfaisants, en particulier grâce à la représentation correcte du cycle du fer dans PISCES (et au bon cycle saisonnier de IPSLCM4 dans le Pacifique Equatorial) (Schneider et al. Biogéosciences Discussion, 2007).

- Couplage Biologie marine / Flux de Chaleur / Physique dans les tropiques. Comparaison de résultats obtenus avec IPSLCM4-LOOP et HadOPA. Les principaux résultats sont assez similaires et montrent que les SST peuvent être modifiées assez significativement dans les tropiques par la prise en compte de l'absorption de la chlorophylle. (Lengaigne et al. Clim. Dyn. 2007)

Une nouvelle option du modèle de surface du CNRM, nommée ISBA-CC (Cycle du Carbone) a été développée dans le cadre de la thèse d'Anne-Laure Gibelin, encadrée par Jean-Christophe Calvet et Nicolas Viovy (IPSL/LSCE), soutenue le 9 mai 2007. Cette nouvelle option permet de simuler les principales composantes du flux net de carbone échangé entre la surface continentale et l'atmosphère (production primaire brute, production primaire nette et respiration hétérotrophe), ainsi que l'évolution des réservoirs de biomasse dans la végétation et de carbone dans le sol (Gibelin et al, 2007). La chimie et les aérosols

Préparation de la version du modèle INCA et de son couplage avec LMDZ et IPSLCM4 pour les simulations couplées climat-aérosols.

Afin de préparer son couplage avec CNRM-CM, une représentation de la production d'aérosol sulfaté par la chimie du soufre a été introduite dans MOCAGE-aérosols. Cette version du modèle prend également en compte les particules de sel marin et de suie, ainsi que l'arrachage de particules désertiques du sol par le vent. Les simulations réalisées au cours de l'été 2007 ont fourni des résultats encourageants.

### L'hydrologie continentale

Les principaux développements liés à la thèse de B. Decharme (profil exponentiel de conductivité hydraulique à saturation et ruissellement sous-maille) ont été portés dans le module de surface externalisé du CNRM (SURFEX) en préalable à son couplage au modèle ARPEGE-Climat. La collaboration avec B. Decharme sur le développement d'un module d'inondation via le couplage entre ISBA et le modèle de routage TRIP s'est par ailleurs poursuivie (Decharme et al 2007a, 2007b, 2007c).

### Le couplage avec les calottes

## **2.6 Gestion des environnements informatiques complexes**

### A. Environnement informatique

Coordinateurs : E. Guilyardi et S. Valcke.

- Développement du coupleur OASIS 4

-soumission et financement à hauteur de 2.2 MEuros par le 7e programme cadre de la Communauté Européenne du projet METAFOR. Le but de METAFOR, rassemblant 11 partenaires, est de développer un "Common Information Model" i.e. un ensemble de métadonnées permettant de décrire de façon standard des données issues des modèles de climat ainsi que les modèles ayant généré ces données.

-finalisation d'une nouvelle version pseudo-parallèle du coupleur OASIS3

-inclusion de l'interpolation 2D conservative et de la recherche globale parallèle dans le coupleur OASIS4

## MISSTERRE

-utilisation de l'environnement FCM (Flexible Configuration Management) du UK Met Office basé sur Subversion pour la gestion et la compilation des sources de certains modèles de l'IPSL et pour le coupleur OASIS

### B Parallélisation et adaptation à différents types d'ordinateurs

Coordinateurs : M.-A. Foujols et O. Marti

- Modèle système Terre.

IPSL :

Le modèle couplé de l'IPSL est désormais employé de façon opérationnelle en parallèle sur les calculateurs vectoriels/parallèle du CEA et du CNRS. Cette version bénéficie d'une refonte complète de l'interface entre la couche limite atmosphérique et les modèles de surface. Elle s'accompagne d'un environnement d'exécution modulaire entièrement repensé. Le portage sur calculateurs massivement parallèles a commencé au CEA et sur le Earth Simulator, et une première version de test a tourné sur ces machines.

#### CERFACS

1. Une première version haute définition (t159 -1 degré pour l'atmosphère, 1/2 degré pour l'océan) du modèle ARPEGE-OPA est en place sur NEC SX8R (vectoriel). Le couplage a été réalisé avec la version parallèle d'OASIS3 (modifié par A. Caubel). Ce modèle doit être amélioré dans l'année qui en remplaçant la version 4 d'ARPEGE par la version 5, comprenant le nouveau modèle de sol SURFEX. Performances sur 16 processeurs: 25 minutes elapsed par mois simulé.

Difficultés: un exercice complet de prévision à 30 ans dans le cadre de l'IPCC AR5 nécessiterait 4 années du quota d'heures actuel de l'équipe sur NEC SX8R.

2. Un portage de ce modèle couplé est en cours sur IBM Blue Gene/L (massivement parallèle). Performances sur 256 coeurs: 55 minutes elapsed par mois simulé (atmosphère seule)

Difficultés: des actions d'optimisation sur les codes (parallélisation verticale dans ARPEGE v5 et modifications diverses dans NEMO v2) sont requises pour améliorer les performances et rendre plus aisé l'exercice de prévision prévu.

MISSTERRE  
**RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

Références bibliographiques (2007 seulement)

Références associant au moins deux chercheurs de deux des trois groupes (CERFACS, CNRM, IPSL+LGGE+UCL)

- Arzel, O., T. Fichet, H. Goosse, J.L. Dufresne. Causes and impacts of changes in the Arctic freshwater budget during the 20th and 21st centuries in an AOGCM. *Clim Dyn*, DOI 10.1007/s0038200702585, 2007
- Cariolle, D. and H. Teyssède, 2007 : a revised linear ozone photochemistry parameterization for use in transport and general circulation models : multi-annual simulations. *Atmospheric Chemistry and Physics*, Vol 7, Pages : 2183-2196.
- Chauvin F. and S. Denvil, 2007: Changes in severe indices as simulated by two French coupled global climate models. *Global and Planetary Change*, 57 (1-2), 96-117.
- Douville, H. et P. Terray, 2007 : Réponse du cycle hydrologique aux forçages anthropiques - que nous apprennent les dernières simulations du GIEC ?, *La Météorologie*, n°57, pp31-36.
- Gibelin, A.-L., J.-C. Calvet, and N. Viovy, 2007: Modelling energy and CO2 fluxes with an interactive vegetation land surface model - Evaluation at high and temperate latitudes. *Agricultural and Forest Meteorology*, soumis.
- Joly M., A. Voldoire, H. Douville, P. Terray and J.-F. Royer "African monsoon teleconnections with tropical SSTs: validation and evolution in a set of IPCC4 simulations" *Climate Dynamics*, DOI: 10.1007/s00382-006-0215-8 URL: <http://dx.doi.org/10.1007/s00382-006-0215-8> (version en ligne)
- Lainé, A., M. Kageyama, D. Salas-Mélia, A. Voldoire, G. Rivière, G. Ramstein, S. Planton, S. Tyteca, J.Y. Peterschmitt, Northern hemisphere storm tracks during the Last Glacial Maximum in the PMIP2 Ocean-Atmosphere coupled models: energetic study, seasonal cycle, precipitation", soumis, *climate dynamics*
- Lainé, A., Masa Kageyama, David Salas-Mélia, Gilles Ramstein, Serge Planton, Sébastien Denvil, Sophie Tyteca, A complete energetic study of Northern hemisphere storm-tracks under 4xCO2 conditions in two ocean-atmosphere coupled models" soumis, *Journal of climate*
- Planton S., L. Terray, 2007 : Détection et attribution à l'échelle régionale : le cas de la France", *La Météorologie*, 8ème série, n°58, pp. 25-29.
- Terray, L., and S. Planton, 2007: Detection and attribution of human influence on climate at sub-regional scale, *Climate dyn.*, soumis.
- Terray P., F. Chauvin, H. Douville, 2007 : Impact of southeast Indian Ocean sea surface temperature anomalies on monsoon-ENSO-dipole variability in a coupled ocean-atmosphere model. *Climate Dyn.*, 28, 553-580, doi:10.1007/s00382-006-0192.

Autres références CERFACS

Autres références CNRM

- Calvet, J.-C., A. Gibelin, J. Roujean, E. Martin, P. Le Moigne, H. Douville, and J. Noilhan, 2007 : "Past and future scenarios of the effect of carbon dioxide on plant growth and transpiration for three vegetation types of southwestern France", *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, 7, 4761-4779. (<http://www.copernicus.org/EGU/acp/acpd/7/4761/acpd-7-4761.pdf>)
- Conil S., H. Douville, S. Tyteca, 2007, "The relative roles of soil moisture and SST in climate variability explored within ensembles of AMIP-type simulations". *Climate Dyn.*, 28, 125-145, doi:10.1007/s00382-006-0172-2.
- Decharme B., and H. Douville, 2007a: Global validation of the ISBA Sub-Grid Hydrology. *Climate Dyn.*, doi:10.1007/s00382-006-0216-7.
- Decharme B., H. Douville, A. Boone, F. Habets, and J. Noilhan, 2007b: Impact of an exponential profile of saturated hydraulic conductivity within ISBA LSM: simulations over the Rhône basin. *J. Hydrometeor.*, 7, 61-80.
- Decharme, B., and H. Douville, 2007c: Uncertainties in the GSWP-2 precipitation forcing and their impacts on regional and global hydrological simulations. *Climate. Dyn.* 27, 695-713, DOI:10.1007/s00382-006-0160-6;
- Douville H., 2007 : The relative influence of soil moisture and SST in climate predictability explored within ensembles of AMIP type experiments. *Climate dynamics 2007*, Vol : 28, Num : 2-3, p. : 125 - 145.
- Douville H., S. Conil, S. Tyteca, A. Voldoire, 2007: Soil moisture memory and West African monsoon predictability: artefact or reality ?. *Climate Dyn.*, doi:10.1007/s00382-006-0207-8.
- Guemas V., D. Salas-Mélia (2007) : Simulation of the Atlantic meridional overturning circulation in an atmosphere-ocean global coupled model. Part I: a mechanism governing the variability of ocean convection in a preindustrial

## MISSTERRE

- experiment, Climate Dynamics. DOI : 10.1007/s00382-007-0336-8. (<http://www.springerlink.com/content/b67167835n0k7650>)
- Guemas V., D. Salas-Méllia (2007) : Simulation of the Atlantic meridional overturning circulation in an atmosphere-ocean global coupled model. Part II : weakening in a climate change experiment: a feedback mechanism, Climate Dynamics. DOI : 10.1007/s00382-007-0328-8. (<http://www.springerlink.com/content/6322236q88285k37>)
- Herrmann, M., C. Estournel, M. Déqué, P. Marsaleix, F. Sevault, and S. Somot, 2007 : Dense water formation in the Gulf of Lion shelf: impact of atmospheric interannual variability and climate change. J.G.R.-Ocean, accepté.
- Radu, R., Déqué, M., and S. Somot, 2007: Spectral nudging in a spectral regional climate model. Tellus, soumis.
- Somot, S., Sevault F., Déqué M., and Crépon M., 2007: 21st Century Climate Change scenario for the Mediterranean using a coupled atmosphere-ocean regional climate model. Global and Planetary Change, accepté.
- Tsimplis M., Marcos M., Somot S. (2007): 21st century Mediterranean sea level rise. Regional model predictions. Global and Planetary Change, accepté.
- Voltaire A., B. Heickhout, M. Schaeffer, J.-F. Royer, F. Chauvin, 2007: Climate simulation of the twenty-first century with interactive land-use changes. Clim. Dyn., 29(2-3):177-193, DOI: 10.1007/s00382-007-0228-y.

### Autres références IPSL +LGGE+UCL)

- Alkama R, M. Kageyama, G. Ramstein, O. Marti, P. Ribstein D. Swingedouw (in press) Impact of a realistic river routing in coupled ocean-atmosphere simulations of the Last Glacial Maximum climate. Climate Dynamics ???.
- Balkanski, Y., M. Schulz, T. Claquin, and S. Guibert, Reevaluation of Mineral aerosol radiative forcings suggests a better agreement with satellite and AERONET data, /Atmos. Chem. Phys., Vol 7, pp 81-95, 2007.
- Bony S, C Risi and F Vimeux, 2007: Influence of convective processes on the isotopic composition (oxygen 18 and deuterium) of precipitation and water vapor in the tropics. 1: radiative-convective equilibrium and TOGA-COARE simulations, J. Geophys. Res. ???
- Bony, S., J-L Dufresne. Processus régissant la sensibilité climatique. La météorologie, No. 56, pp. 2932, mars 2007.
- Braconnot, P., F. Hourdin, S. Bony, J. L. Dufresne, J. Y. Grandpeix, O. Marti. Impact of different convective cloud schemes on the simulation of the tropical seasonal cycle in a coupled ocean-atmosphere model. Clim Dyn, DOI 10.1007/s003820070244y, 2007
- Braconnot, P., Otto-Bliesner, B., Harrison, S., Joussaume, S., Peterchmitt, J. Y., Abe-Ouchi, A., Crucifix, M., Driesschaert, E., Fichet, T., Hewitt, C. D., Kageyama, M., Kitoh, A., Laine, A., Loutre, M. F., Marti, O., Merkel, U., Ramstein, G., Valdes, P., Weber, S. L., Yu, Y., and Zhao, Y.: Results of Pmip2 Coupled Simulations of the Mid-Holocene and Last Glacial Maximum - Part 1: Experiments and Large-Scale Features, Climate of the Past, 3, 261-277, 2007a.
- Braconnot, P., Otto-Bliesner, B., Harrison, S., Joussaume, S., Peterchmitt, J. Y., Abe-Ouchi, A., Crucifix, M., Driesschaert, E., Fichet, T., Hewitt, C. D., Kageyama, M., Kitoh, A., Loutre, M. F., Marti, O., Merkel, U., Ramstein, G., Valdes, P., Weber, L., Yu, Y., and Zhao, Y.: Results of Pmip2 Coupled Simulations of the Mid-Holocene and Last Glacial Maximum - Part 2: Feedbacks with Emphasis on the Location of the ITCZ and Mid- and High Latitudes Heat Budget, Climate of the Past, 3, 279-296, 2007b.
- Chepfer H, S Bony, M Chiriaco, J-L Dufresne, G Seze and D Winker, 2007: Use of CALIPSO lidar observations to evaluate the cloudiness simulated by a climate model. Geophys. Res. Lett. ???
- Dufresne J-L and S Bony, 2007: An assessment of the primary sources of spread of global warming estimates from coupled ocean-atmosphere models. J. Climate, submitted (Sep 2007).
- Friedlingstein, P., P. Cox, R. Betts, L. Bopp, W. von Bloh, V. Brovkin, P. Cadule, S. Doney, M. Eby, I. Fung, B. Govindasamy, J. John, C. Jones, F. Joos, T. Kato, M. Kawamiya, W. Knorr, K. Lindsay, H. D. Matthews, T. Raddatz, P. Rayner, C. Reick, E. Roeckner, K.G. ???
- Piao S L, Friedlingstein P, Ciais P, Ducoudré N, Labat D, Zaehle S., 2007, Climate and land use changes have a larger impact than rising CO2 on global river runoff trends. Proc. Natl. Acad. Sci. USA.
- Piao, S., P. Ciais, P. Friedlingstein, P. Peyli, M. Reichstein, S. Luyssaert, H. Margolis, A. Barr, D. Hollinger, T. Laurila, A. Lindroth, and T. Vesala, Autumn warming shortens the seasonal carbon uptake period by northern ecosystems and enhances carbon losses, Nature, submitted.
- Risi C, S Bony and F Vimeux, 2007: Influence of convective processes on the isotopic composition (oxygen 18 and deuterium) of precipitation and water vapor in the tropics. 2: physical interpretation of the amount effect, J. Geophys. Res.
- Swingedouw D. and Braconnot P., Effect of Greenland ice-sheet melting on the response and stability of the AMOC in the next centuries, part of the AGU monograph "Ocean Circulation: Mechanisms and Impacts" by Schmittner A., Chiang J. and Hemming S., 383-392, 2007b.
- Swingedouw D., Bopp L., Matras A. and Braconnot P., Effect of land-ice melting and associated changes in the AMOC result in little overall impact on oceanic CO2 uptake, in press in Geophysical Research Letters, 2007c.

## MISSTERRE

- Swingedouw, D., Braconnot, P., Delecluse, P., Guilyardi, E., and Marti, O.: Quantifying the Amoc Feedbacks During a 2xco(2) Stabilization Experiment with Land-Ice Melting, *Clim. Dyn.*, 29, 521-534, 2007.
- Swingedouw, D., Braconnot, P., Delecluse, P., Guilyardi, E., and Marti, O.: The Impact of Global Freshwater Forcing on the Thermohaline Circulation: Adjustment of North Atlantic Convection Sites in a Cgcm, *Clim. Dyn.*, 28, 291-305, 2007.
- Textor, C., M. Schulz, S. Guibert, S. Kinne, Y. Balkanski, S. Bauer, T. Berntsen, T. Berglen, O. Boucher, M. Chin, F. Dentener, T. Diehl, J. Feichter, D. Fillmore, P. Ginoux, S. Gong, A. Grini, J. Hendricks, L. Horowitz, P. Huang, I.S.A. Isaksen, T. Iversen, S. Kloster, D. Koch, A. Kirkevåg, J.E. Kristjansson, M. Krol, A. Lauer, J.F. Lamarque, X. Liu, V. Montanaro, G. Myhre, J.E. Penner, G. Pitari, S. Reddy, Ø. Seland, P. Stier, T. Takemura, and X. Tie, The effect of harmonized emissions on aerosol properties in global models – an AeroCom experiment, *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, 7, 1699-1723