

MISSTERRE

PROGRAMME NATIONAL
"Les Enveloppes Fluides et l'Environnement "

DEMANDE DE FINANCEMENT
Formulaire détaillé

Rappel : **une demande de financement comprend la fiche abrégée et le formulaire détaillé**

La demande de financement doit parvenir par courrier électronique. L'envoyer en format PDF ou DOC, en document attaché, à : lefe@cns-dir.fr.

Le document attaché doit être nommé avec les informations minimum suivantes : LEFE-ACTION-nom du responsable scientifique

N.B. Un exemplaire signé par le directeur de laboratoire doit parvenir par courrier postal à Solange Lassalle INSU Cellule Programmes - BP 287-16 - 75766 Paris cedex 16

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
- Lettre d'intention pour une nouvelle API

Ce projet est-il aussi soumis à d'autres programmes nationaux ? Non
Si oui, indiquez lesquels (PNTS, ECCO, TOSCA...) :

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

Pascale Braconnot, ingénieur chercheur CEA
Serge Planton, 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)

Résumé du projet (maximum 500 mots):

L'objectif principal de ce projet est de rassembler l'ensemble des 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. Ce projet s'intéresse aux modèles tridimensionnels de la physique de l'atmosphère, des océans et

MISSTERRE

des surfaces continentales auxquels s'ajoutent les composantes du cycle du carbone, de la chimie atmosphérique et des aérosols. Nous considérons ici à la fois les modèles qui couvrent l'ensemble de la planète et les modèles climatiques à maille variable ou à aire limitée destinés à des études des changements climatiques aux échelles régionales.

Les études des changements climatiques et la construction des modèles climatiques doivent s'appuyer sur une bonne compréhension des différents processus impliqués et de leurs constantes de temps. Les recherches concernant les variations climatiques de l'échelle saisonnières à séculaire, les imbrications entre ces différentes échelles de temps concourent à l'évaluation des modèles de climat et font partie intégrante du projet. Le projet couvre ainsi le développement des modèles nécessaires pour les simulations de type GIEC, la réalisation de ces simulations et leur exploitation scientifique directe. Il offre une trame, destinée à être pérennisée, sur laquelle reposent de nombreux projets.

Le projet s'organise autour de 5 grandes parties. La première concerne les simulations du GIEC, leur valorisation scientifique et les simulations complémentaires permettant de prendre en compte les rétroactions entre le climat et les cycles biogéochimiques ou d'évaluer les résultats au regard de situations climatiques passées. Une part conséquente est aussi dédiée à l'évaluation des modèles et à l'étude des biais systématiques qui s'appuient sur le savoir faire de nombreux spécialistes et le développement de méthodologies adaptées. La deuxième partie s'intéresse à la régionalisation des scénarios globaux, qui offrent la possibilité d'étudier les changements climatiques à des échelles pertinentes par rapport à de nombreuses questions de société ou d'aménagement de l'espace. Le projet de physique commune entre l'IPSL et Meteo-France présenté dans la troisième partie, permet de préparer les paramétrisations physiques qui entreront dans la prochaine génération de modèle. Cette section considère aussi l'ensemble des autres développements physiques qui donneront naissance à de nouvelles versions des modèles couplés. La quatrième partie complète les études de la section 3 en faisant état des principaux développements prévus à l'IPSI et Météo-France, en collaboration avec le CERFACS, le LGGE et Louvain la Neuve pour préparer les couplages avec de nouvelles composantes ou les cycles biogéochimiques qui seront utilisés pour le prochain exercice du GIEC Enfin, la partie 5 s'intéresse à tout l'environnement informatique des modèles, de façon à développer les outils adaptés pour les faire tourner sur différents types d'ordinateurs, et pour améliorer les performances des codes et des outils de post-traitement.

Durée du contrat demandé :

3ans

Nombre de personnes collaborant au projet (en équivalent temps plein – indiquer la ventilation par année) :58 équivalent temps plein (104 personnes en tout)

Répartition par année (1/3,1/3,1/3)

Budget demandé au programme LEFE (indiquer la ventilation par année sur la durée du contrat):

261065 euros

| Année 1 (mi2006-mi2007) | Année2 | Année 3 |
|----------------------------|--------|---------|
| 90955 | 81755 | 88355 |

Statut du Projet (nouveau, déjà engagé) :

Engagé en 2006 (mais demande de produire un nouveau document)

Visa *obligatoire* du Directeur de la formation

Signature du demandeur :

MISSTERRE

**DOSSIER SCIENTIFIQUE
(MAXIMUM 10 PAGES)**

1. Intérêt scientifique :

1.1 Objectifs généraux

La modélisation numérique est devenue au fil des années la pierre angulaire des recherches développées en sciences du climat et de l'environnement. Les modèles, développés et utilisés tant pour l'étude du climat et de ses possibles modifications futures, que pour la prévision numérique du temps, ou pour la prévision et la surveillance de la qualité du milieu (air ou mer) font tous intervenir une grande gamme d'échelles spatiales : échelle à laquelle on représente explicitement la dynamique et le transport dans le milieu considéré, prise en compte de processus sous-maille (dynamique non résolue, hétérogénéités aux interfaces, etc ...), échelle microscopique (chimie, microphysique, ...).

Ces différents efforts de modélisation ont également en commun une certaine lourdeur liée à la dimension des outils et à l'importance de la communauté d'utilisateurs avec des exigences particulières comme le suivi des versions, la validation, l'aide aux utilisateurs, le portage multi-plateformes etc Ces différentes activités se caractérisent aussi par un côté opérationnel, comme l'a montré la réalisation des différents scénarios pour le prochain rapport GIEC.

Le savoir faire qui s'est développé autour du développement des modèles climatiques constitue désormais une science à part entière, et son développement nécessite plusieurs types d'activités :

- a) Des études de processus dédiées conduisant au développement de paramétrisations.*
- b) Le développement de méthodes destinées à coupler les différentes composantes du système climatique et à gérer un environnement informatique complexe.*
- c) Des études de validation des modèles et d'analyse des erreurs systématiques à partir de données in-situ et satellitaires.*
- d) Une approche prospective des problèmes algorithmiques, ou numériques en vue de renouveler la modélisation de certaines composantes du système ou d'optimiser leur mode de fonctionnement.*

L'objectif principal de ce projet 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).

L'approche de modélisation considérée dans ce projet ne concerne que les modèles tridimensionnels de la physique de l'atmosphère, des océans et des surfaces continentales auxquels s'ajoutent les composantes du cycle du carbone, de la chimie atmosphérique et des aérosols. La composante socioéconomique n'est prise en compte qu'au travers de la spécification de scénarios d'émissions de composés anthropiques et de scénarios de changement d'utilisation des sols spécifiés dans certaines simulations. Par ailleurs nous considérons ici à la fois les modèles qui couvrent l'ensemble de la planète avec une résolution sensiblement

MISSTERRE

régulière et les modèles climatiques à maille variable ou à aire limitée destinés à des études des changements climatiques aux échelles régionales. Les études des changements climatiques et la construction des modèles climatiques doivent s'appuyer sur une bonne compréhension des différents processus impliqués et de leurs constantes de temps, des variations climatiques de l'échelle saisonnières à séculaire, des imbrications entre ces différentes échelles de temps et de la façon dont leurs interactions impriment les caractéristiques climatiques dans le long terme. Les recherches associées, dès lors qu'elles concourent directement à l'élaboration et à l'évaluation des modèles cités plus haut, font partie intégrante du présent projet. De même, la principale application des modèles concernés par ce projet est la réalisation de simulations du climat passé et futur, coordonnées au niveau national ou international principalement dans le cadre du GIEC. Le projet couvre la réalisation de ces simulations et leur exploitation scientifique directe.

1.2 Objectifs pour le 3 prochaines années

La décennie passée a vu arriver à maturité une communauté de "modélisateurs" et un certain nombre d'outils: modèles globaux de climat couplant les principales composantes du système climatique (atmosphère, surfaces continentales, océan, banquise) modèles couplés chimie-climat globaux, modèles de bio-géochimie marine, modèles climatiques globaux à maille variable et à aire limitée, modèles de méso-échelle permettant de résoudre les cellules nuageuses, etc ... Ces modèles sont différents dans leurs configurations (contenu physique, résolution spatiale) parce que développés pour différents objectifs et échelles spatio-temporelles. Parmi les applications récentes de ces modèles dans le domaine des études climatiques, la réalisation des simulations recommandées par le GIEC en préparation au quatrième rapport sur le changement climatique (voir section 2), a nécessité un effort sans précédent de la communauté scientifique nationale. L'IPSL et le CNRM ont tout deux participé à cet exercice produisant un ensemble de simulations aujourd'hui exploité par une communauté de chercheurs issus de cinq laboratoires différents dans le cadre du projet ESCRIME (voir section 3). En parallèle à la phase actuelle de mise à disposition des résultats des simulations pour une large communauté et de valorisation des résultats, un effort important doit être réalisé pour que notre communauté puisse maintenir et renforcer sa participation ;aux exercices d'évaluation du GIEC. L'exploitation des simulations par la communauté des impacts requiert par ailleurs que des scénarios climatiques à échelles régionales soient développés afin d'assurer une étape complémentaire de désagrégation dynamique d'échelle entre l'échelle des scénarios climatiques globaux et celle d'études d'impacts menées à l'aide de modèles numériques ou de méthodes statistiques.

Par rapport aux actions menées ces dernières années, les objectifs des 3 prochaines années 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 projet s'articule autour de ces principales lignes qui sont déjà bien engagées dans les différents groupes. En parallèle l'action de coordination permettra de lancer de nouvelles actions, comme par exemple une réflexion sur les cœurs dynamiques des modèles d'atmosphère et d'océan.

1.3 Coordination globale et préparation de nouvelles actions

Au cours des dernières années différentes initiatives ont vu le jour pour renforcer les liens entre les groupes de modélisation et initier une stratégie nationale afin de pérenniser l'effort de modélisation. C'est ainsi qu'on été menées une première réflexion concernant l'évolution sur le long terme des outils de modélisation (physique commune, évolution et flexibilité des codes et modèles, et prospective calcul associée à la

MISSTERRE

modélisation). La réalisation des scénarios du GIEC dans un cadre commun entre l'IPSL et le CNRM a été bénéfique et favorise actuellement une meilleure exploitation scientifique des résultats coordonnée au sein du projet ESCRIME en association avec d'autres laboratoires, en particulier le CERFACS.

Le présent projet vise à donner un cadre général et formel à ces différentes actions. Il s'agira dans ce projet d'aller au-delà de la structure de concertation GASTON qui avait été mise en place dans la phase de développement des modèles couplés océan-atmosphère via le coupleur OASIS du CERFACS. L'ambition est ici d'élargir le domaine de collaboration entre les laboratoires proposant à l'ensemble de la modélisation climatique depuis le développement des composantes atmosphériques jusqu'à l'analyse scientifique des simulations en passant par le développement des infrastructures de modélisation. Parmi les actions citées plus haut, ESCRIME (section 2.1) et la physique commune (section 2.3) bénéficient déjà d'une dynamique de coordination et d'un mode de fonctionnement organisé. Des réunions régulières permettent de mettre à jour des plans de travail et de faire un état d'avancement des différentes réalisations. Nous engageons ainsi un travail dans le long terme tout en s'attachant à répondre aux objectifs principaux des trois prochaines années. Ce projet ne prétend pas couvrir toutes les activités scientifiques, mais s'appuie sur de nombreuses expertises pour :

- identifier et favoriser les principaux points de rencontre entre les groupes de modélisation du climat
- fédérer autant que possible les efforts de développement
- favoriser les échanges d'expertise et de méthodologie
- définir en commun les priorités de développement pour pouvoir participer au prochain exercice du GIEC dans de bonnes conditions et de façon complémentaire lorsque c'est possible.

L'activité est séparée en 5 grandes parties permettant d'un part de construire une démarche scientifique autour des simulations de changement climatique et d'autre part de développer pas à pas les modèles qui seront utilisés pour les scénarios climatiques à l'horizon de 2099. Pour cette échéance, il n'est pas concevable et il serait dangereux d'envisager une convergence forte entre les modèles du CNRM et de l'IPSL. Néanmoins, nous chercherons à rapprocher les efforts pour fonctionner dans un cadre le plus commun possible. Au-delà de ces objectifs à court terme, nous démarrerons la réflexion sur le futur des modèles, sachant que les contraintes des deux groupes peuvent conduire à adopter des solutions différentes. Cette réflexion fera l'objet de réunions spécifiques, directement sollicitées par les coordinateurs du projet. Elle n'apparaît donc pas en tant que telle dans les différentes parties ci-dessous.

2. Plan de recherche

A Simulations globales de référence

Un ensemble de simulations de références sert de base de travail pour une large communauté. Ce sont les simulations longues du climat actuel ou pré-industriel, les projections climatiques futures selon les recommandations du GIEC auxquelles s'ajoutent quelques périodes clés dans le passé. Ces simulations ont en commun de demander des ressources importantes en calcul et de servir de référence pour de nombreuses études scientifiques. A titre d'exemple, les simulations réalisées pour le 4ème rapport du GIEC représentent 80000 heures de calcul, 60To de stockage et sont exploitées par les scientifiques du monde entier au travers des 240 projets scientifiques du projet CMIP. Elles offrent également un support à de nombreuses études de sensibilité ou des éléments particuliers (paramétrisations, couplage, effet d'un paramètre) sont étudiés.

L'objectif de cette partie est de définir de façon conjointe entre les groupes impliqués dans MISSTERRE les simulations de référence (forçages, variables pour les analyses etc...), de réaliser les simulations de référence, de mettre à disposition les résultats de ces simulations, de rassembler les différentes analyses des simulations, de préparer les synthèses de résultats, de développer et partager la méthodologie d'évaluation des modèles et de définir un cadre de travail permettant d'avoir un retour d'expertise sur les qualités et les défauts des modèles mis en évidence dans les différentes analyses. Nous espérons ainsi bénéficier des projets de chacun pour améliorer notre connaissance du système climatique et, lorsque les résultats obtenus le

MISSTERRE

permettent, suggérer des améliorations pour les prochaines versions du modèle (ajustements, prise en compte de nouveaux processus). Les analyses et méthodes utilisées serviront aussi de référence pour évaluer les résultats des modèles par rapport à différents types d'observations (synthèses climatologiques, campagnes de mesures, données satellitaires etc....)

A.1 Les scénarios de référence

Coordinateurs : P. Friedlingstein et A. Voltaire

Les simulations du GIEC

Les simulations recommandées par le GIEC (AR4) s'appuient sur des scénarios d'émission des gaz à effet de serre et de particules (aérosols) liés aux activités humaines qui couvrent l'ensemble des 20^{ème} et 21^{ème} siècles. Les simulations de scénarios climatiques sont au nombre de 11. Le premier scénario, dit de référence, est une simulation non perturbée du climat du milieu du 19^{ème} siècle, correspondant à des conditions proche du pré-industriel. Le deuxième scénario correspond à l'évolution du climat sur le 20^{ème} siècle (de 1860 à 2000). Ce scénario est destiné à comprendre comment les différents facteurs (gaz à effet de serre, aérosols sulfatés, modification de la constante solaire et volcanisme) ont contribué à l'évolution du climat sur cette période. Il servira de support aux études de détection du changement climatique dans les observations récentes et à la détermination de la part des évolutions attribuable aux activités humaines. Tous les autres scénarios correspondent à des projections pour le 21^{ème} siècle ou au-delà. Trois simulations sont associées à différents scénarios d'évolution des gaz à effet de serre et des aérosols sulfatés au cours du 21^{ème} siècle, suivant différentes hypothèses sur les évolutions économiques et démographiques (B1, A1B, A2). Ces scénarios sont identiques à ceux qui étaient présentés dans le précédent rapport du GIEC. En revanche, fait nouveau, ils sont complétés par des scénarios de stabilisation des concentrations qui, pour certains, préfigurent l'impact de mesures de réduction des émissions faisant suite au protocole de Kyoto. Ces scénarios de stabilisation permettront aussi d'analyser l'inertie du système climatique. Ils consistent en 3 simulations portant sur une durée de 100 ans au cours desquelles les concentrations des gaz à effet de serre et des aérosols sulfatés restent fixées aux niveaux de la fin du 20^{ème} ou de la fin du 21^{ème} siècle. Enfin, pour compléter le panorama, il faut ajouter 3 autres scénarios plus académiques, en particulier destinés à comparer les résultats des modèles actuels à ceux des modèles de la génération précédente. Il s'agit d'un scénario d'augmentation de 1%/an de la concentration en gaz carbonique dans l'atmosphère et de deux scénarios de stabilisation à 2 et 4 fois la teneur actuelle.

Ensembles de simulations s'articulant sur les scénarios du GIEC

Le projet C4MIP (coupled climate carbon cycle model intercomparison project) a mis en évidence la rétroaction potentiellement forte entre le changement climatique et le cycle du carbone. Il s'agira ici de poursuivre cette thématique en continuant à étudier le rôle des cycles biogéochimiques dans le système climatique. Trois voies seront développées ici, le cycle du carbone, les aérosols, et le changement d'utilisation des sols.

Les versions de modèles permettant d'étudier ces différents effets sont actuellement disponibles et correspondent à différentes configurations des modèles. Nous indiquons ci-dessous les éléments de forçages à intégrer pour les réaliser.

Scénarios utilisation des sols : Ces scénarios incluent en plus des gaz à effet de serre une modification au cours de la simulation des zones agricoles et de forêts afin de prendre en compte l'impact du changement d'utilisation des sols sur le climat (rétractions biophysiques) et sur le cycle du carbone (rétroaction biogéochimiques). Il s'agira, pour des scénarios d'évolution de ces surfaces (ex. historique et SRES-A2) de faire évoluer les cartes de leur répartition au cours de la simulation afin d'étudier leur impact sur le système climatique.

Cycle du carbone. Les scénarios du GIEC sont des scénarios pour lesquelles les émissions de gaz à effet de serre ont été converties en concentration en gaz à effet de serre à l'aide d'un modèle simple qui fait l'hypothèse que le fonctionnement du cycle du carbone reste stable dans le temps. Lorsque le cycle du carbone est interactif dans le modèle, les émissions sont directement utilisée comme forçage et le modèle couplé climat-carbone calcule les concentrations. Dans ce cas, les modifications du fonctionnement du cycle du carbone sont représentées. Ces scénarios d'émission seront ensuite également combinés aux scénarios

MISSTERRE

utilisation des sols, présentés ci-dessus, afin de calculer les émissions liées à la déforestation au sein du modèle de surface. Le forçage anthropique sera constitué des émissions de CO₂ liées à la combustion d'énergie fossile et de la distribution spatiale du changement d'occupation des sols. Le modèle couplé calculera de manière consistante flux de carbone, concentration atmosphérique et changement climatique.

Scénarios aérosols et chimie atmosphérique. Actuellement seuls les aérosols sulfatés sont considérés dans les simulations du GIEC, et encore, leur distribution est prescrite. L'étape actuelle vise à intégrer au sein du modèle atmosphérique la représentation des sulfates et des autres aérosols. Ces simulations utiliseront, pour différents scénarios du GIEC (A2 et A1B), les sources des différents aérosols pour différentes périodes (présent, 2030, 2050 et 2100) issues du travail de Tamy Bond. Des simulations étudieront l'effet indirect des aérosols, leur effet sur les régimes de Mousson, le rôle des aérosols terrigènes et leur évolution liée au changement d'utilisation des sols. L'objectif est d'étudier ici le couplage entre le système climatique et la distribution des aérosols.

Ensuite, pour des périodes plus courtes (10 ans), il s'agira d'avoir un système interactif avec la chimie atmosphérique afin de préparer l'étude des rétroactions. D'autres scénarios seront réalisés en cours de projet selon les besoins et les développements de modèle effectué (cf section 2.4).

- Simulations des paléoclimats

Le « paleoclimate modeling intercomparison project » (PMIP2) est un projet international soutenu par le WCRP et l'IGBP. Au fil des années, le dernier maximum glaciaire et l'Holocène moyen sont devenus des périodes tests pour les simulations numériques. La deuxième phase de ce projet concerne les simulations couplées océan-atmosphère et océan-atmosphère-végétation. Ces simulations sont réalisées avec les mêmes versions de modèles couplés que les scénarios futurs, ce qui offre la possibilité de tester si les modèles sont effectivement capables de reproduire un climat différent de l'actuel. Ces deux périodes constitueront aussi des périodes clefs pour le projet MISSTERRE ou les résultats des simulations réalisées à l'IPSL et Météo-France seront évalués par rapport aux synthèses de données disponibles, que ce soit pour le continent (température, hydrologie) ou pour les modifications de la circulation océanique. Les simulations pour ces deux périodes seront réalisées en suivant le protocole PMIP2 (<http://www.lsce-cea.fr/pmip2>). Les simulations glaciaires sont en partie couvertes par les ANR (responsables M. Kageyama, LSCE et L. Bopp LSCE respectivement). Les simulations de l'Holocène moyen font partie des projets ANR PICC et Sahelp (responsables V. Masson-Delmotte et A-M. Lézine respectivement)

De même une action concertée entre le CERFACS et le LSCE consiste à réaliser des simulations du dernier millénaire pour mieux caractériser la variabilité naturelle aux échelles décennale à séculaire et estimer la sensibilité du climat aux différents forçages naturels (solaire, volcanisme). Ces simulations utiliseront les versions de modèles mises au point pour les simulations GIEC. Elles demandent une coordination pour utiliser les mêmes historiques de forçage solaire, volcanisme, gaz à effet de serre, et éventuellement utilisation des sols. Ce projet est couvert par ANR ESCARCEL (J. Guiot).

Simulation à plus haute résolution

Diffusion des données

La participation au GIEC, la diffusion des données à la communauté et la valorisation des différents résultats demandent un effort particulier pour donner l'accès aux données des différentes simulations à de nombreuses personnes et effectuer le suivi de l'information. Des bases de données de type DODS ont d'ores et déjà été mises en place à l'IPSL et au CNRM et les données ont été fournies à la base de données internationale des simulations du GIEC (maintenue par le PCMDI du Lawrence Livermore Laboratory). Un travail de réflexion sera continué à être mené sur ce sujet pour améliorer l'accès à l'information et la rapidité d'accès aux données. Ce travail se fait en lien avec les développements technologiques proposés dans la partie 2.5.

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

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

MISSTERRE

Le projet ESCRIME (Etude des Scénarios Climatiques Réalisés par l'IPSL et Météo-France) est un projet intégrateur que nous avons créé pour analyser les scénarios climatiques réalisés par les équipes françaises. Il vise à fédérer les analyses scientifiques et, depuis sa création, sert de lien entre la communauté de modélisation climatique impliquée dans le GIEC et les autres communautés ou les organismes concernés.

Nous souhaitons conforter ESCRIME dans ce rôle, mais aussi de l'élargir à un travail régulier d'évaluation et d'analyse des versions successives des modèles climatiques. Ces évaluations permettront d'aider au choix des nouvelles versions de chacun des modèles.

Les principaux objectifs pour les 3 ans à venir concernent la réalisation et la synthèse des projets d'analyse des résultats des scénarios climatiques réalisés pour le 4ème rapport du GIEC, le partage d'expertise et la mise en commun de diagnostics élaborés, l'évaluation des nouveaux modèles de climat, la diffusion des résultats et de synthèses adaptées aux besoins d'autres communautés (collectivités locales, industriels, enseignement, etc...).

Les projets d'analyses actuels au sein d'ESCRIME

Il y a actuellement 16 projets d'analyse recensés pour ESCRIME, qui couvrent une large gamme de thématiques liées à l'étude des changements climatiques. Au travers de ces projets, les objectifs pour les trois années à venir sont de caractériser le changement climatique (état moyen, variabilité, événements extrêmes), de quantifier les incertitudes liées à la représentation des processus physiques, de quantifier les incertitudes liées au couplage avec les grands cycles biogéochimiques, d'évaluer les prévisions des changements climatiques futurs à partir des changements climatiques observés sur différentes échelles de temps, de comprendre et d'attribuer les variations climatiques à l'échelle du dernier siècle et du dernier millénaire, de mettre les résultats de ces simulations au regard des simulations du climat passé, et de mettre les résultats à la disposition de la communauté scientifique.

La liste des projets scientifiques est donnée dans le tableau ci dessous.

| Titre du projet d'analyse | Responsable du projet |
|--|--|
| 1. Analysis of clouds behaviour in large-scale circulation regimes of the tropics | Sandrine Bony et Jean-Louis Dufresne (IPSL/LMD) |
| 2. Rôle de l'Océan Indien dans le système mousson-ENSO dans le contexte du changement climatique | Pascal Terray, Sébastien Dominiak (IPSL/LOCEAN), Hervé Douville (CNRM) |
| 3. Understanding the role of the atmosphere in El Niño characteristics in simulations of current and future climates | Eric Guilyardi (IPSL/LSCE-CGAM) |
| 4. Etude de l'effet indirect des aérosols | Johannes Quaas (IPSL-MPI) |
| 5. Antarctic climate and surface mass balance changes (ANTCLIM) | Gerhard Krinner et Christophe Genthon (LGGE) |
| 6. Alpine glaciers in a changing climate (AGICC) | Martin Gerbaux et Christophe Genthon (LGGE) |
| 7. Détection des changements climatiques aux échelles globales et régionales | Serge Planton (CNRM), Laurent Terray (CERFACS) |
| 8. Réponse de la mousson Africaine dans les simulations IPCC | Aurore Voldoire (CNRM) |
| 9. Réponse du cycle hydrologique (branches atmosphérique et terrestre) dans les simulations IPCC | Hervé Douville (CNRM) |
| 10. Réponse de certains événements extrêmes dans les simulations IPCC | Fabrice Chauvin (CNRM) |
| 11. Rétroactions non-linéaires et variabilité du système climatique océan-glace-atmosphère arctique | David Salas y Mélia (CNRM) |
| 12. Impact du changement climatique sur la variabilité du bassin indo-Pacifique et en particulier l'ENSO | Julie Leloup et Jean-Philippe Boulanger (LOCEAN) |
| 13. Influence des forçages anthropiques sur le bilan radiatif et la variabilité | Yves Balkanski (IPSL/LSCE) |
| 14. Influence du changement climatique sur les connexions tropiques-extra-tropiques | Christophe Cassou (CERFACS/SUC) |
| 15. Etude de la variabilité intra-saisonnière des simulations | Virginie Lorant (CERFACS/SUC) |

MISSTERRE

| IPCC | |
|--|--|
| 16. Comparaison climats chaud et froid | Alexandre Laîné, Masa Kageyama, et Gilles Ramstein (LSCE/IPSL), Serge Planton (CNRM) |

Tableau 1 : liste des projets ESCRIME.

Les travaux sont actuellement en cours sur ces différents projets et vont se poursuivre pendant la durée du projet MISSTERRE. Une première étape importante a été la réalisation à l'automne 2006 d'un livre blanc permettant de synthétiser les résultats des premières analyses qui paraîtra début 2007. Des groupes de réflexion et de travail ont été mis en place autour de différents thèmes, afin de rassembler des contributions et rédiger une synthèse sur chacun des thèmes. Les travaux de la communauté ESCRIME seront mis en perspective par rapport à la synthèse préparée au niveau international pour le 4^{ème} rapport du GIEC (à paraître au début de l'année 2007). Un atelier sera organisé à la même période afin de présenter les résultats de ces synthèses et de préparer la publication du livre blanc et d'un résumé destiné à être largement diffusé.

L'évaluation des modèles

L'évaluation des modèles de climat nécessite de développer une méthodologie permettant de déterminer les éléments clefs susceptibles d'affecter les résultats des changements climatiques. L'objectif de cette partie est de pouvoir bénéficier du savoir faire des équipes françaises, méthode d'analyse, diagnostics pertinents pour regrouper les analyses sur les résultats des modèles de l'IPSL et de Météo-France. Cette étape permettra déterminer objectivement leurs qualités et leurs défauts, de façon à utiliser de façon pertinente les informations des projections climatiques. Ce travail se fera aussi en interaction avec différents autres projets ou groupes de travail (groupe de travail Tropiques de l'IPSL, groupes de travail autour des résultats de chacun des modèles. L'échange d'expertise se fera au travers de journées de travail permettant l'échange d'information et la mise en commun de diagnostics pertinents.

Ces échanges permettront de définir des indicateurs appropriés et quantitatifs des résultats des modèles, basées sur des critères propres aux différentes thématiques abordées. Une démarche de validation plus contraignante que ce qui est utilisé actuellement sera proposée. Elle donnera une meilleure vision des qualités et principaux défauts des modèles, de leur origine et leur robustesse. Plusieurs aspects seront considérés dans l'évaluation :

- Une évaluation objective et synthétique.

En complément des atlas de biais saisonniers généralement utilisés pour juger de la qualité des modèles, nous proposons une évaluation plus objective et synthétique sous forme d'un jeu limités d'indices numériques et de graphiques caractérisant à la fois l'état moyen et la variabilité du modèle (lorsque la longueur des intégrations le permet). On s'inspirera du Climate Prediction Index proposé par nos collègues anglais pour valider les biais de leurs modèles en s'appuyant sur des RMS normalisés et donc additifs. Cette boîte à outils comprendra des indicateurs sur la variabilité sous forme de spectres, voire d'EOF pour quelques champs essentiels comme les SST tropicales ou la PMER extra-tropicale de l'hémisphère Nord. Il ne faut cependant pas trop demander à un tel outil, dont le but n'est pas de faire une analyse approfondie des simulations, mais plutôt d'accéder de manière automatisée à un jeu minimal de diagnostics donnant un premier aperçu objectif de la qualité du modèle.

- Une stratégie incrémentale et itérative de validation.

Les difficultés évidentes éprouvées par la communauté des modélisateurs pour améliorer les modèles couplés océan-atmosphère (sans parler du couplage avec les cycles biogéochimiques) doivent nous conduire à remettre en question nos méthodes de travail face à des outils d'une telle complexité. Un véritable travail d'équipe basé sur une hiérarchie de modèles et une batterie de tests systématisés est probablement nécessaire pour franchir une nouvelle étape. Le projet MISSTERRE se propose donc de définir et mettre en œuvre une telle stratégie, avec l'ensemble des personnels impliqués. Les simulations forcées des différentes composantes du système climatique reste l'outil classique. Les développements actuels doivent nous permettre aussi d'utiliser une même composante en forcé et en couplé en lui imposant au besoin les résultats d'une autre simulation ou des forçages issus de données. Nous projetons aussi d'utiliser deux outils supplémentaires pour ces études : l'utilisation de modèles atmosphériques guidés, c'est à dire relaxés en

MISSTERRE

partie (dynamique) vers des réanalyses, et le couplage avec une couche de mélange océanique, impliquant une correction de flux pour compenser l'absence de dynamique océanique. De tels outils existent d'ores et déjà ou sont en cours de développement. Des expériences coordonnées doivent être définies pour évaluer l'apport potentiel de ces nouveaux outils. Un des avantages des simulations guidées est d'étudier les défauts systématiques des paramétrisations physiques qui sont révélés par l'amplitude des termes de rappel vers les réanalyses. Une approche complémentaire sera aussi utilisée en incluant certains modules physiques des modèles de climat (rayonnement en particulier) dans le modèle de prévision globale de Météo-France afin d'obtenir d'autres sources d'information sur ces biais. Des informations complémentaires sur les biais du couplage océan-atmosphère pourront être aussi obtenues à partir de résultats de simulations effectuées en mode prévision saisonnière.

- Une focalisation sur des questions scientifiques.

L'évaluation des modèles doit permettre de dégager des indicateurs spécifiques aux différentes activités scientifiques. L'ensemble des experts impliqués dans le projet seront donc invités à produire les diagnostics spécifiques et à proposer les méthodologies permettant de progresser sur les différentes questions. En ce sens MISSTERRE jouera un rôle intégrateur, sachant les différentes thématiques sont en général soutenues par des projets spécifiques. Nous nous attacherons plus particulièrement à :

La sensibilité climatique. De nombreuses études sont en cours pour évaluer la sensibilité climatique à partir de simulations où le modèle d'atmosphère est couplé à un modèle de couche de mélange. Elles s'attachent en à exploiter le lien possible mis en évidence entre la sensibilité des modèles à l'échelle interannuelle et celle du changement climatique (Bony et Dufresne 2005, Collins 2005, Douville et al. 2006). Une évaluation rigoureuse par rapport aux données satellitales des forçages radiatifs et des rétroactions faisant intervenir la vapeur d'eau et les nuages sera proposée. Ces analyses permettent soit de définir des méthodes de classification des résultats donnant accès au fonctionnement des schémas de convection, suivant les analyses réalisées sur les scénarios AR4 par Bony et Dufresne (2005), soit de caractériser la nébulosité via le simulateur ISCCP, comme dans le projet CFMIP, ou d'affiner les diagnostics à partir des données SEVIRI qui permettent une meilleure distinction des nuages d'eau et de glace, des nuages bas, du cycle diurne et la distribution verticale de la vapeur d'eau. L'introduction des isotopes de l'eau dans le modèle d'atmosphère LMDz permettra aussi une bonne évaluation de la convection à partir des données disponibles. Le rôle de l'océan dans la sensibilité sera aussi considéré en analysant plus particulièrement la représentation de la glace de mer et le rôle des différents flux d'eau douce dans le conditionnement de régions de formation d'eau profonde.

Variabilité climatique. Nous appliquerons aux modèles des diagnostics permettant d'évaluer la représentation du phénomène ENSO dans les régions tropicales, des interactions entre l'océan indien et les régimes de mousson en Inde, en Asie du Sud Est et en Afrique, et les résultats du projet sur la mousson africaine AMMA, menés dans les laboratoires participants à MISSTER, ainsi que le lien entre la variabilité des moyennes latitudes et la NAO. Les collaborations avec le LGGE et l'UCL compléteront les analyses pour les hautes latitudes et les fluctuations de la glace de mer. Le rôle de la végétation dans la variabilité climatique sera analysé en lien avec le projet ANR DIVA (coord. N. de Noblet).

Hydrologie. L'évolution des ressources en eau est une préoccupation majeure de nos sociétés. Or les changements climatiques liés à l'effet de serre ainsi que l'usage des sols et de l'irrigation peuvent affecter le stockage de l'eau continentale. Les modèles climatiques représentent l'hydrologie de façon suffisamment complexe pour qu'un certain nombre de variables associées à l'hydrologie (débit des fleuves, stockage des eaux superficielles ou souterraines) puissent être confrontées à des observations satellitales de plus en plus riches. On voit s'ouvrir un nouveau champ de recherches, à la frontière entre les hydrologues et les climatologues très prometteur. Les méthodes nouvelles utilisant ce nouveau domaine seront proposées pour évaluer les modèles de climat.

Paléoclimats. Au delà de l'état moyen simulé à la fin du 20^{ème} siècle, un effort plus important doit être réalisé en terme de sensibilité des modèles à un forçage donné. Il est également important de déterminer si les modèles développés pour les conditions actuelles sont capables de représenter un climat différent. De ce point de vue, des simulations paléoclimatiques (DMG, Moyen-Holocène) et les comparaisons par rapport aux données effectuées dans le projet PMIP2 apporteront des éléments sur la capacité de nos modèles à représenter un climat différents de l'actuel. Les modifications du cycle hydrologique dans le passé ainsi que les modifications de la variabilité interannuelle donneront aussi des indications sur les rétroactions importantes.

MISSTERRE

Les différents exercices d'intercomparaison et les résultats des simulations réalisées par les différents groupes pour le GIEC montrent tous que les modèles ont énormément progressé, mais qu'ils souffrent encore de biais importants. Ces différentes évaluations serviront de guide pour comprendre l'origine des biais, pour les corriger et également estimer l'impact qu'ils ont sur les réponses des modèles lorsqu'ils sont soumis à différents forçages. A court terme, en ce qui concerne les modèles de l'IPSL, ce travail doit permettre de se doter de critères pour améliorer la représentation de la formation d'eau profonde et la circulation thermohaline pour l'océan et les régimes de mousson sur le continent. En ce qui concerne les modèles du CNRM, les évaluations se focaliseront sur la représentation des interactions nuage-rayonnement en particulier au dessus des régions océaniques que ce soit sous les tropiques ou aux moyennes latitudes. Egalement à court terme, les publications d'analyse des simulations recommandées par le GIEC, seront analysées afin d'alimenter les travaux sur l'évaluation des deux modèles français.

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 réunion 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)
- Edition d'un rapport présentant les résultats des projets d'analyses (parution début 2007)
- Réunion présentant les résultats ESCRIME à la communauté « impact »

- Expertise, méthodologie

- Réunion de travail sur la qualité des simulations IPSL et CNRM / projets d'analyses
- Mise en place de diagnostics évolués (vers la mise en commun d'indicateurs ou de méthode)
- Analyse et expertise des nouvelles versions des modèles

B Scénarios régionaux

Les scénarios globaux ont en général une résolution qui ne permet pas de représenter correctement les phénomènes de petites échelles qui sont souvent influencés par des reliefs et des caractéristiques locales. De nombreuses études comme l'étude de certains extrêmes climatiques, la détection et l'attribution du changement climatique à l'échelle régionale, ou la production de données climatiques pour évaluer les impacts du changement climatique, nécessitent des informations sur les projections climatiques scénarios à l'échelle régionales (c'est-à-dire à partir d'une maille inférieure ou égale à 50km). Comme les scénarios du GIEC décrits plus haut les résultats de ces scénarios ont de nombreuses applications et il convient de les réaliser de façon concertée entre les différents groupes concernés. Les données de ces scénarios seront rendues accessibles à la communauté des impacts et pour certains d'entre eux seront directement accessibles sur internet (voir projet ONERC). Ils demandent aussi de mettre en place de nouvelles solutions scientifique ou technique pour approfondir les études des interactions entre l'échelle régionale et la grande échelle.

B.1 Régionalisation sur le domaine Europe-Méditerranée

Coordinateurs : L. Li et Samuel Somot

Que ce soit au CNRM ou à l'IPSL de nouveaux scénarios régionalisés vont être réalisés à partir des résultats des scénarios de grande échelle réalisés pour les 4^{ème} rapport du GIEC. Plusieurs approches sont prévues.

Les deux modèles d'atmosphère (ARPEGE-Climat et LMDZ) ont en commun de disposer d'une possibilité de zoomer permettant une résolution variable de l'ordre de 50km sur la France. Afin d'être compatible avec les changements climatiques simulés avec la version à environ 300 km du modèle couplé, les scénarios régionalisés sont réalisés en contraignant en surface l'évolution des températures et de la banquise à partir

MISSTERRE

des résultats de la simulation couplée de basse résolution. Cette approche déjà utilisée dans le passé sera de nouveau appliquée pour produire des scénarios régionaux.

Au delà de cette approche maintenant classique dans la communauté nationale, le CNRM a développé ou est en passe de développer d'autres méthodes de régionalisation pour l'étude du climat méditerranéen et de sa réponse au changement climatique. Ces développements se font dans le cadre de divers projets européens ou français : les projets européens ENSEMBLES et CECILIA voient la mise en place du modèle à aire limitée ALADIN-Climat (même physique qu'ARPEGE-Climat, résolution de 50, 20 et 10 km) et de scénarios de changement climatique réalisés avec ARPEGE-Climat étiré et ALADIN-Climat. Le projet CYPRIM (ACI-Climat) permet l'utilisation du modèle couplé régional ARPEGE-Climat étiré / OPA-Méditerranée pour réaliser le même type de scénarios en tenant compte d'une mer Méditerranée interactive. Le projet européen CIRCE permettra la mise en place d'un modèle tri-couplé ARPEGE étiré / OPA-global / OPA-Méditerranée afin de tenir compte du couplage global et de la rétroaction de la Méditerranée sur l'océan Atlantique. Enfin, le projet CICLE (ANR) aboutira à un modèle quadri-couplé ARPEGE / ALADIN / OPA-global / OPA-Méditerranée tenant compte des mêmes couplages que dans CIRCE mais permettant une très haute résolution sur le bassin méditerranéen (20 km). Dans le projet MISSTERRE, nous proposons d'utiliser les différentes simulations à notre disposition pour répondre à 3 questions méthodologiques encore largement ouvertes dans le domaine de la régionalisation climatique. Ces questions méthodologiques concernent :

1. la stabilité du climat présent et de la réponse régionale au changement climatique vis à vis d'un changement de résolution spatiale (notion de "bonne" résolution spatiale pour un climat donné)
2. la robustesse de la réponse régionale au changement climatique vis à vis du type de modèle régional : modèle global étiré, modèle à aire limitée. La question de l'impact de la taille du domaine des modèles à aire limitée sera également abordée.
3. la robustesse de la réponse régionale au changement climatique vis à vis du couplage régional océan-atmosphère.

Afin d'avoir une contrainte plus grande sur la grande échelle dans les simulations zoomées, une solution adoptée à l'IPSL est de guider la dynamique du modèle par dynamique de la grande échelle du modèle couplé. Cette solution a l'avantage de pouvoir réaliser des simulations zoomées ayant une résolution plus fine dans la région cible tout en gardant un modèle dont le nombre de points totaux permet un temps de calcul raisonnable. En effet le facteur de zoom étant important, la résolution sur la partie de la grille située à 180 degrés de longitude est très dégradée. L'avantage du guidage est que cette dégradation n'a que peu d'impact sur les résultats de la région cible. Pour pouvoir réaliser ces simulations une étape préparatoire de faisabilité est à envisagée la première année avant de régionaliser le scénario AIB avec cette méthode. Une résolution de 20km est envisagée.

On peut ajouter une approche un peu hybride entre les MCGA forcés et les modèles couplés globaux O-A : couplage des MCGA avec un modèle de couche de mélange océanique (future thèse de Virginie Guémas). De tels modèles sont, comme les approches forcées, relativement faciles à mettre en œuvre et devraient permettre de mieux prendre en compte les couplages O-A, et par exemple de prendre en compte l'impact du cycle diurne sur les simulations. De nombreuses applications sont possibles : cyclones, moussons, climat des régions polaires, de l'Europe...

On se propose dans le projet MISSTERRE de valoriser ces différents outils en comparant ces méthodes sur le domaine d'étude commun, afin de tenter de répondre aux questions mentionnées ci-dessus.

B.2 Régionalisation sur les régions polaires

Coordinateur : H. Gallée

Une régionalisation avec les modèles LMDz et Arpège sera aussi effectuée pour l'Antarctique dans le cadre du projet EVE-CASTOR. Une approche différente sera aussi appliquée en utilisant le modèle MAR.

Le MAR (Modèle Atmosphérique Régional) est un modèle à aire limitée à vocation polaire ayant été développé pour étudier les processus météorologiques et climatiques, ainsi que la variabilité climatique. MAR est couplé à un modèle décrivant les transferts entre atmosphère, végétation, neige, glace et sol (SISVAT: Soil-Ice-Snow-Vegetation-Atmosphere Transfert scheme). Ces transferts incluent l'érosion de la neige par le vent. MAR est imbriqué dans ERA-15, ERA-40 et LMDZ. L'objectif est de régionaliser des

MISSTERRE

scénarios d'évolution du bilan de masse en surface des grandes calottes de glace (Groenland, Antarctique), y compris le flux d'eau douce vers l'océan. Le couplage MAR-NEMO est actuellement en développement (thèses de Nicolas Jourdain au LGGE et de Pierre Mathiot au LEGI). Un objectif à moyen terme est d'étudier les relations entre l'Antarctique et le reste du monde (projet "Antarctica and the Global Climate System" du SCAR).

C Vers les nouvelles versions des modèle physiques

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

La majeure partie des biais répertoriés provient d'une mauvaise représentation des différents processus sous maille, comme la convection, les nuages ou la diffusion verticale. Une meilleure représentation de l'état climatique moyen et des différentes caractéristiques de la variabilité interannuelle nécessite donc de poursuivre l'amélioration des composantes physiques. Les développements que nous présentons ensuite plus en détail pour chacune des composantes, ont ainsi comme motivations principales:

- d'améliorer la climatologie des modèles. Pour l'atmosphère cela concerne notamment le cycle hydrologique, faisant intervenir les échanges entre les colonnes convectives et leur environnement, la transition entre nuage bas et convection peu profonde, la transition entre la convection peu profonde et la convection profonde etc... Pour le système couplé, une bonne prise en compte du cycle diurne de l'atmosphère doit être relayé par l'océan, ce qui nécessite de modifier d'adapter la physique de l'océan et les interfaces de couplage.
- d'améliorer la modélisation des phénomènes importants pour le couplage avec les cycles biogéochimiques. Le couplage du climat avec les cycles introduit des contraintes supplémentaires sur la qualité des modèles. Par exemple une bonne représentation du cycle diurne a beaucoup d'importance sur le transport des sources émises par la surface. Dans le cas du CO₂ par exemple, la concentration du CO₂ et la diffusion dans la couche limite ont tous les deux un cycle diurne élevé et ces cycles ne sont pas en phase. Un défaut dans leur modélisation peu entraîner des erreurs importantes dans l'interprétation des observations. De même le transport des espèces chimiques par la convection rajoute des contraintes sur la qualité de celle-ci, notamment sur les hauteurs de détrainement.

C1. Amélioration des paramétrisations physiques des modèles d'atmosphère

Le Projet « Physique Commune »

Le projet de "physique commune" entre l'IPSL et le CNRM a débuté en octobre 2003 dans le but de rapprocher les paramétrisations physiques des modèles atmosphériques, Arpege-climat et LMDz. Ce projet a été initié par les équipes « climat », mais nous avons également pu profiter de la participation des équipes « prévisions numériques » et « méso-échelle » du CNRM. En plus des résultats concrets, ce projet a également permis d'échanger et de progresser dans notre connaissance des phénomènes atmosphériques.

Pour ces travaux de développement, nous distinguons clairement deux échelles de temps. La première est de quelques années et correspond à la préparation des modèles pour le prochain rapport du GIEC. Ces simulations seront réalisées à partir des modèles atmosphériques existants dans chacun des groupes, ce qui correspond à un prolongement direct des activités actuelles. Des collaborations auront lieu au niveau de l'évaluation et du développement des modèles ainsi qu'au niveau des forçages utilisés et la réalisation des simulations sera coordonnée (cf. A.1 et A.2). A plus grande échéance, le niveau de partage et d'unification des modèles ou des paramétrisations etc.. n'est pas encore défini. Nous prévoyons d'aborder ces questions dans le futur, en tenant compte des spécificités et contraintes propres à chaque groupe. En effet, le CNRM maintient des liens très forts avec la version prévision numérique du modèle, avec le CEPMT, ainsi qu'avec les modèles régionaux ou méso-échelle. Pour l'IPSL, les contraintes concernent la flexibilité d'adaptation à de nombreuses thématiques comme l'utilisation de LMDZ pour les atmosphères d'autres planètes, la réalisation de simulation très longues (étude des paléoclimats) et la modélisation on-line de la chimie.

Dans ce document nous n'abordons que la première échelle de temps, et nous avons convenu d'avancer progressivement sur le second point au cours de nos échanges réguliers. Les travaux de développement sur les modèles atmosphériques se font d'une part avec un modèle 1D (colonne verticale de l'atmosphère) commun au CNRM et à l'IPSL, et d'autre part dans la version 3D de chacun des modèles ARPEGE-Climat et

MISSTERRE

LMDZ. Selon les paramétrisations concernées différentes approches sont menées pour travailler efficacement entre les deux groupes de climat et en collaboration avec les équipes impliquées dans le développement des modèles de prévision et de méso-échelle.

Certains phénomènes clefs sont encore très mal connus et leur paramétrisation posent de nombreuses questions fondamentales. Il y a donc, dans ce cas, un intérêt à disposer de plusieurs jeux de paramétrisations et de pouvoir les tester dans un cadre cohérent. L'activité de physique commune a donc été organisée autour de l'intérêt partagé pour utiliser différents jeux de paramétrisations venant des équipes du CNRM et du LMD dans chacun des deux GCM atmosphériques. A cette fin, nous avons choisi de commencer par utiliser un modèle 1D comme outil permettant une interface commune entre dynamique et physique, et permettant la mise au point et le partage des paramétrisations. La structure du modèle 1D permet ensuite un passage aisé au modèle 3D. A cet effet, une version 1D d'Arpège a été modifiée pour accepter aussi bien la physique d'Arpège que celle de LMD-Z. La prochaine version du modèle 1D commun devrait permettre d'utiliser dans un même cadre de validation sur des jeux de données de référence, non seulement de différentes version des paramétrisations physiques des modèles atmosphériques de climat, mais aussi des paramétrisations physiques des modèles ALADIN, HIRLAM, Méso-NH et AROME.

Nous avons séparé l'ensemble des paramétrisations en trois blocs: ondes, rayonnement et couche limite/convection/nuages (CLCN). Pour les deux premiers blocs le problème physique est suffisamment bien posé pour que le partage complet de ces blocs soit possible. Pour la partie radiative, un travail a déjà commencé et sera poursuivi. Il concerne l'implémentation d'un nouveau schéma de rayonnement dans le modèle 1D (avec les deux physiques), les tests et la comparaison des résultats à des calculs de référence, puis l'exportation et les tests dans les versions 3D des modèle.

Pour le bloc couche limite/convection/nuages, les questions scientifiques sont très ouvertes et des travaux sont menés dans les deux équipes. L'approche retenue est d'étudier les différentes physiques sur des cas caractéristiques, pour lesquelles on dispose d'observations et de résultats de simulations avec des modèles méso-échelle ou LES. Actuellement 6 cas sont étudiés, sur lesquels on compare le fonctionnement des différentes paramétrisations. Le travail consiste à identifier clairement leur spécificité, leur point fort et leur limite. A ce stade il faut préciser qu'il n'y a pas uniquement deux « physiques », l'une d'Arpège et l'autre de LMDz, mais que pour chacune de ces « physiques » il est possible d'activer différents jeux de paramétrisations, ayant des degrés de complexité et de maturité différentes.

Les grandes de lignes de développement pour les 3 prochaines années concernent :

- L'étude des paramétrisations actuelles et en développement sur les cas 1D, l'échange d'expertise sur ces cas et l'analyse commune des résultats.
- La réalisation de simulations de sensibilité coordonnées avec les modèles 3D des deux modèles, en se basant sur les résultats des tests 1D pour le choix pertinent des expériences.
- La mise au point et le choix du bloc CLCN pour chacun des modèles, pour la version qui sera utilisée en 2009 pour les prochaines simulations du GIEC. A ce stade, nous ne prévoyons pas un échange complet des paramétrisations mais plutôt un partage de certains modules, comme par exemple la microphysique des nuages prenant en compte l'effet indirect des aérosols.
- La mise au point et le partage complet du code radiatif pour la version 2009 des modèles.

Développement des modèles 3D

A l'échelle d'environ 2 ans, avant la réalisation des simulations pour le probable prochain rapport du GIEC, les évolutions des composantes atmosphérique de l'IPSL et du CNRM sont les suivantes:

- -Evolution du modèle de l'IPSL

Les évolutions projetées pour la composante atmosphérique de l'IPSL, LMDz concernent :

- les flux à la surface (surface continentale, océan, glace de mer) : flux de chaleur, d'eau, de quantité de mouvement mais aussi flux de composés chimiques
- le cycle diurne et le cycle de vie des nuages et de la convection
- les propriétés nuageuses à l'échelle globale ainsi que la sensibilité de ces propriétés à des variations du

MISSTERRE

climat

- la représentation de la stratosphère et des échanges entre la troposphère et la stratosphère, pour améliorer la variabilité climatique simulée par le modèle ainsi que la simulation de la concentration et du transport de l'ozone

- les liens avec les observations, notamment satellitaires (émulateur ISCCP, CALIPSO-CLOUDSAT, Meteosat...) ou les observations basées sur les fractions isotopiques O16/O18

Ces travaux sont initiés dans le cadre du projet « physique commune » dans des configurations 1D. La démarche consiste ensuite à tester le modèle en configuration 3D, le valider, pour ensuite faire les tests en couplé avec l'océan. Les principaux développements sont l'introduction d'un modèle de poche froide dans la paramétrisation convective, la prise en compte de l'existence de thermiques dans la couche limite, la représentation de la transition entre thermiques, convection peu profonde et convection profonde, la modélisation du fractionnement isotopique O16/O18.

• Evolution du modèle du CNRM

Les scénarios réalisés au CNRM pour le GIEC ont utilisé la version 3 d'ARPEGE-Climat. La version 4 a ensuite été développée, dans un premier temps pour fournir la version officielle du projet PRISM, dans un deuxième temps pour capitaliser et valider les développements importants engagés depuis plusieurs années dans le domaine de la représentation du cycle de l'eau (condensations, précipitations, conversions micro-physiques) et des phénomènes convectifs au sens large (turbulence, convection non-précipitante et convection précipitantes).

Il faut noter qu'une partie de ces développements a été réalisée en collaboration étroite avec le service CNRM/GMAP de prévision numérique du temps de Météo-France (PNT), qui gère concrètement la version évolutive et commune avec le CEPMMT du code ARPEGE/IFS.

Les versions en développement dans la version 4 pour la turbulence et la micro-physique reposent sur des versions pronostiques de ces schémas, avec des équations additionnelles pour l'énergie cinétique turbulente, l'eau condensée nuageuse et les précipitations. Un nouveau schéma de convection non-précipitante devenant nécessaire, différentes possibilités peuvent être testées actuellement (Gueremy, Bechtold), en gardant ouvert la possibilité de pouvoir tester les autres schémas existants (Emmanuel, Tiedke) ou à venir (Piriou)...

La version standard de la physique de la version 4 a également été améliorée, en particulier pour la partie turbulence humide, aussi bien à travers la définition d'une nouvelle longueur de mélange que par une limitation des coefficients d'échange pour les cas très stables.

Les autres paramétrisations atmosphériques, telles que le schéma de dépôts des ondes de gravité ou le schéma de rayonnement, doivent aussi évoluer. Ces travaux doivent être effectués autant que possible dans un cadre de collaboration renforcée entre l'IPSL et le CNRM/GMAP. Dans ce cadre, les tests de différentes versions du schéma de rayonnement du CEPMMT (RRTM) ont débuté, à la fois dans la version PNT d'ARPEGE et dans le modèle 1D « physique commune » IPSL/CNRM (voir ci-dessous).

L'évolution du schéma de surface de ARPEGE-Climat (ISBA actuellement) passera par l'utilisation du schéma "SURFEX" développé à CNRM/GMGEC. Ce schéma ne sera disponible que dans les cycles les plus récents de ARPEGE/IFS (cycle 31 ou au-delà). Il faudra donc gérer au mieux le passage du cycle 25 - qui forme la base du modèle 1D « physique commune » IPSL/CNRM - vers les cycles plus récents de ARPEGE/IFS. Il faudra surtout savoir gérer correctement, ensuite, les évolutions du modèle 1D « physique commune » dans les cycles ARPEGE/IFS ultérieurs, qui peuvent évoluer 2 à 3 fois par an...

La méthodologie EUROCS devra rester, autant que possible, le cadre de travail pour tester et valider toutes les nouvelles paramétrisations ainsi que leurs évolutions. Les validations devront être menées sur les cas 1D disponibles (TOGA-COARE, BOMEX, les cas Cb/Cu/Sc/St de EUROCS, les cas Ayotte, GABLS, GABLS2, ...) et si possible sur les transects plan-vectifs pour lesquels les références existent (Pacifique, Afrique). L'analyse des biais et défauts observés en 1D doivent ensuite être reportés en 3D, avec des allers et retours permanents entre les versions 1D et 3D.

C2 La composante océanique

Plusieurs développements sont en cours pour disposer d'une version de modèle d'océan prenant en compte le cycle diurne. Pour cette version, la composante océanique du modèle de l'IPSL va se rapprocher de la configuration NEMO à 0.5 degrés développée par le consortium DRAKKAR (collaboration B. Barnier). En ce qui concerne les développements spécifiques au cycle diurne, les développements prévus dans le modèle d'océan consistent à implanter le calcul du flux solaire diurne « on line » pour réaliser les simulations forcées qui serviront de référence, prendre en compte la chlorophylle et quatre longueurs d'ondes pour la pénétration du flux solaire. L'ensemble des termes de tendances intégrés sur la couche de mélange devront ensuite être évalués, puis les nouvelles paramétrisations testées en mode couplé avec le modèle d'atmosphère.

La composante de glace sera développée en collaboration avec l'UCL. Plusieurs améliorations du modèles sont en cours. Elles seront testées au fur et à mesure des nouvelles versions.

C3 Couplages

Le modèle de l'IPSL utilise un module évolué d'interface océan-atmosphère. Celle-ci est conçue pour permettre la conservation locale et globale de la chaleur et de l'eau. L'expérience acquise a permis de déterminer des voies d'amélioration de la représentation des flux d'eau et de chaleur à l'interface atmosphère-océan pour des mailles hétérogènes et de leur prise en compte dans la diffusion atmosphérique. L'augmentation de la résolution des modèles oblige aussi à revoir la physique de l'interface, à raffiner la résolution verticale dans les niveaux proches de la surface et à revoir les paramétrisations de flux pour mieux tenir compte des coups de vent, des conditions stables, et des conditions de vent faible dans les régions tropicales. Les interactions rapides entre l'atmosphère et les différentes composantes du modèle couplée (atmosphère, surface continentale, océan, glace de mer) seront revues en cohérence avec les développements de la physique atmosphérique. Les aspects temporels du couplage atmosphère/surface seront étudiés. Nous étudierons l'incidence de la fréquence de couplage des algorithmes d'interpolation temporelle. Ces différents aspects sont couverts par l'ANR CICLE. La révision des paramétrisations de surface se feront en collaboration avec le projet DRAKKAR et l'expérience acquise sur des versions des modèles d'océan à haute résolution. Cette version du modèle permettra d'étudier les interactions d'échelles entre le cycle diurne, la variabilité intrasaisonnière, et la variabilité interannuelle, ainsi que la façon dont elles sont affectées dans un changement de climat. Elle pourra également servir pour les études de prévisibilité.

D Vers un modèle « système climatique »

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

Les évolutions du modèle couplé de l'IPSL ou du CNRM se basent sur les développements effectués dans les différents groupes de travail autour des modèles. S'ajoutent à ces développements le développement des interfaces de couplages lorsqu'une nouvelle composante est couplée au modèle de climat ou une nouvelle fonctionnalité est implémentée. Les différents développeurs des modèles sont donc associés au projet MISSTERRE et apportent leurs compétences sur la façon dont les composantes individuelles se comportent lorsqu'elles sont couplées aux autres modèles.

Ces développements des modèles IPSL vers un modèle de type système climatique permettra d'être à même de répondre aux questions liant le climat au cycle du carbone, à utilisation des sols, aux aérosols,.... Dans les deux groupes, le modèle du climat comprend déjà d'autres composantes que celles utilisées pour les simulations climatiques demandées pour le 4^{ème} rapport du GIEC (Marti et al, 2005, Salas-Mélia et al., 2005). La question du rôle de l'utilisation des sols dans le climat a été abordée au CNRM par des simulations couplant le climat, la chimie atmosphérique et l'utilisation des sols (Voldoire et al.). De même les simulations couplées climat carbone de l'IPSL ont permis de quantifier l'effet amplificateur des rétroactions entre le climat et les cycles bio-géochimiques (Friedlingstein et al, 2006). Les simulations de l'IPSL prenant en compte le flux d'eau lié à la fonte des calottes glaciaires (Groenland) ont permis une quantification des rétroactions océaniques liées aux modifications de la circulation thermohaline (Swingedouw et al. 2006a, 2006b). Ces expériences montrent l'importance de traiter correctement les bilans

MISSTERRE

d'eau entre les différents milieux, qu'ils proviennent du ruissellement continental ou des couplages entre le climat et les calottes.

L'ensemble des ces couplages doivent être améliorés et complexifiés pour déterminer les rétroactions climatiques majeures. La définition des scénarios pour l'AR5 de l'IPCC est en train de se mettre en place (meeting Seville Avril 2006, workshop Aspen Juillet 2006). Les développements ci-dessus nous permettront d'y répondre, que ce soit pour la production de scénario intégrés climat-carbone ou de scénarios à plus court terme intégrant les interactions entre le climat, la chimie atmosphérique et les aérosols. Dans ce cas, la base physique utilisée dans chaque modèle sera proche des versions climatiques actuelles et n'intégrera pas l'ensemble des nouveaux développements prévus dans la section C. Les deux groupes n'étant pas au même niveau de développement, les évolutions se feront de façon parallèle pour les différentes rubriques ci-dessous. Les échanges de modules seront favorisés chaque fois que le sujet traité s'y prêtera.

D.1 Couplage avec les cycle biogéochimiques

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

Le couplage climat-carbone est déjà effectif à l'IPSL alors qu'il est en développement au CNRM.

Plusieurs modifications seront apportées aux modèles ORCHIDEE et aux couplages pour prendre en compte le transport des différents traceurs, le cycle du méthane et le cycle de l'azote. Elles concernent l'introduction du transport du CO₂ au sein du modèle atmosphérique, essentiellement afin de permettre une validation « online » du cycle du carbone ; l'introduction d'un module de feux dans ORCHIDEE permettant le calcul des flux de CO₂ et autres gaz traces (CO, CH₄, NO_x, aerosols,...), l'introduction d'un modèle de wetlands et de permafrost afin de simuler les émissions de CH₄, introduction d'un modèle de N₂O dans ORCHIDEE. Le calcul des émissions océaniques de N₂O et DMS sera également effectué dans le modèle de biogéochimie marine PISCES. Les développements de la composante ORCHIDEE et l'introduction de modules d'agriculture sont pris en charge dans des projets des ANR spécifiques. Ces développements permettront d'étudier l'impact du changement climatique sur la fréquence et l'intensité des feux, sur les émissions de gaz à effet de serre tels que le CH₄ et le N₂O. Selon l'importance de ces impacts, ces développements seront intégrés au modèle couplé afin de réaliser des simulations couplées climat-cycles.

Le CNRM dispose d'un modèle de surface, ISBA (Interactions Sol-Biosphère-Atmosphère), dont une des options, ISBA-A-gs, permet de simuler la composante rapide du cycle du carbone terrestre, liée au fonctionnement des plantes. Le modèle a été récemment enrichi de la composante lente du cycle, la respiration hétérotrophe, issue de la paramétrisation utilisée d'ORCHIDEE. Ce nouveau modèle, ISBA-CC, permet de simuler les deux composantes du flux net de carbone échangé entre la surface terrestre et l'atmosphère, la production primaire brute et la respiration de l'écosystème. Dans un premier temps, le schéma de surface sera évalué en mode forcé à l'échelle globale. Des études de sensibilité au changement climatique et à l'augmentation de la concentration en CO₂ atmosphérique seront réalisées. En parallèle, l'externalisation d'ISBA du modèle ARPEGE sera poursuivie, et permettra à terme de prendre en compte les interactions entre la végétation et l'atmosphère dans le système-terre du CNRM, et leur impact sur les flux de carbone.

La chimie et les aérosols

Les deux groupes réalisent de façon routinière des simulation couplée atmosphère-chimie-aérosols. Des versions simplifiées des modèles chimie-aérosols ont été développées, ce qui rend possible l'insertion des ces composantes dans le simulations du système climatique. L'enjeu sera de quantifier l'effet radiatif des différents types d'aérosols, en dégageant l'effet direct et indirect.

A l'IPSL L'introduction de la chimie atmosphérique et de la distribution des aérosols (émission, transport, chimie, lessivage) dans LMDz-INCA est bien avancée. Une version simplifiée sera couplée au modèle de climat pour pouvoir effectuer quelques scénarios transitoires. Au-delà de ces premières simulations prévues en 2007, il est prévu de pouvoir calculer les sources et les puits d'aérosols directement par les différents modèles. Cette approche demande de développer le couplage ORCHIDEE/PISCES et LMDz-INCA en introduisant a) les couplages entre des émissions calculées par ORCHIDEE et PISCES et la composante LMDz-INCA, b) le calcul de l'impact des concentrations atmosphériques (O₃, NO_x, poussières) sur la biogéochimie continentale et marine. Ces développements permettront d'étudier le lien entre climat,

MISSTERRE

composition atmosphérique et fonctionnement de la biogéochimie continentale et marine. Cette partie sera complétée par le développement d'une version LMDz-INCA à haute résolution verticale permettant de lier chimie troposphérique et stratosphérique, en traitant la stratosphère de manière adéquate.

Le CNRM dispose d'une version climatique du modèle MOCAGE, appelée ici MOCAGE-Climat, permettant de traiter le transport, le lessivage et la sédimentation des aérosols. Le développement de MOCAGE-Climat (mise au point d'une version simplifiée de la chimie validée à partir de MOCAGE incluant une chimie plus complète) et de son couplage avec ARPEGE-climat validé sur des simulations de longue durée, est conduit essentiellement au sein du projet européen QUANTIFY d'impact des transports sur la composition chimique de l'atmosphère. L'avancement des travaux concernant le cycle du soufre dans MOCAGE-Climat et la limitation de son coût en temps de calcul permettent d'envisager le couplage du modèle de chimie-transport à ARPEGE-Climat au sein du système-terre, à fréquence horaire. Les effets directs, semi-directs et indirects des aérosols seront traités directement dans ARPEGE-Climat. Pour une meilleure prise en compte des effets directs, un code de Mie sera utilisé pour calculer les paramètres d'absorption des aérosols en fonction du diamètre des particules.

D.2 Couplages avec le cycle hydrologiques

L'hydrologie continentale

Le couplage avec le routage de l'eau par le réseau hydrographique est traité de façon différente entre les deux groupes. Le CNRM utilise un modèle externe qui permet de router l'eau à fine résolution. Le choix de l'IPSL a été d'introduire un schéma de routage dans le modèle ORCHIDEE. Pour le moment seul les rivières ont été considérées dans les simulations climatiques. Néanmoins, le schéma de routage permet calculer la composante basse fréquence du stockage d'eau sur les continents, à l'échelle globale ou sur de grands bassins versants. Ceci est une première étape pour évaluer les évolutions des ressources en eau ; ces études sont d'autant plus pertinentes que les nouvelles mesures satellitales, qu'elles soient liées à Topex-Poseidon et Jason ou aux résultats de la mission Grace vont pouvoir être confrontées et nous permettre aussi d'évaluer nos modèles. Depuis un an, un nombre important de groupes internationaux s'engage dans cette recherche et il est essentiel que les équipes françaises puissent y contribuer. Les développements de cette thématique sont nombreux: mieux définir les nappes dans les régions ou celles ci constituent la source essentielle des réserves en eau; affiner la représentations du réseau hydrographique; introduire les barrages. Evaluer le rôle des plaines inondées et des estuaires...

Le couplage avec les calottes

Les calottes contribuent au bilan d'eau douce de l'océan via le vèlage des icebergs, la fonte directe de la glace ou via les interactions entre la glace et l'océan. Les incertitudes sur les flux d'eau douce et l'augmentation du niveau marin nécessitent d'affiner ces couplages en considérant les interactions entre le climat et un modèle de calotte. Cette thématique sera développée de façon conjointe dans le cadre du projet EVE-CASTOR (responsable C. Charbit). En ce qui concerne l'IPSL, le couplage entre la calotte de glace développée au LGGE (modèle de C. Ritz) et IPSLCM4 a démarré dans le projet européen ENSEMBLES. Il doit se poursuivre de façon incrémentale. Dans un premier temps un couplage asynchrone entre les calottes Groenlandaise et Antarctique et le climat permettront d'évaluer les flux d'eau liées à la fonte de la calotte. Dans un deuxième temps, le couplage sera entièrement effectué, ce qui demande de développer des paramétrisations adaptées pour représenter les interactions entre la calotte et l'océan. Ce couplage sera effectué en utilisant le coupleur OASIS.

Dans le cadre du projet EVE-CASTOR, un modèle de dérive et d'ablation d'icebergs a été développé (Wervaecke, 2006) en s'inspirant de Schäffer-Neth and Stattegger (1999). Ce nouveau modèle indique que la répartition des flux d'eau et de chaleur associés à la fonte des icebergs à la surface des océans est très différente de celle actuellement utilisée dans CNRM-CM3, où l'on suppose que ces flux sont équirépartis au points de grille océaniques bordant les côtes antarctique (pas de formulation de vèlage d'icebergs autour du Groenland dans CNRM-CM3). Par ailleurs, dans CNRM-CM3, le volume de glace annuellement vèlée autour de l'Antarctique est climatologique. Ainsi, toujours dans le cadre du projet CASTOR, on se propose de raffiner le calcul du volume de glace libéré autour du Groenland et de l'Antarctique, par l'utilisation off-line des modèles de calottes GREMLINS (GREnoble Model for Land Ice of the Northern hemiSphere, Ritz et al., 1997) et GRISLI (Grenoble model of Ice-Shelves and Land Ice, Ritz et al., 2001).

2.6 Gestion des environnements informatiques complexes

Les modèles de climat sont complexes et nécessitent un environnement informatique sophistiqué. Cet environnement comprend les modèles, un coupleur, des outils de gestion des sources, de compilation, d'exécution, et d'analyse. Il est utilisé dans un grand nombre de configurations et doit être modulaire, portable, souple. D'autre part, les performances obtenues sur différents types de calculateurs représentent un facteur crucial dans la réalisation des simulations. Il est donc indispensable de faire évoluer nos environnements logiciels, de participer à la réflexion commune au niveau européen et international (PRISM), de poursuivre la veille technologique sur les ordinateurs et participer activement, en particulier, aux perspectives des moyens de calcul. Certains aspects de ce défi peuvent être partagés au niveau international et d'autres sont plus spécifiques à nos modèles.

A. Environnement informatique

Coordinateurs : E. Guilyardi et S. Valcke.

La réflexion sur les environnements informatiques se fait dans chacun des groupes : CERFACS, IPSL et Météo-France. En ce qui concerne l'IPSL, l'objectif est de modulariser l'environnement des simulations pour gérer différentes configurations du modèle couplé, à partir des mêmes sources des composantes individuelles. Ce travail s'inscrit aussi au niveau européen et international dans les réseaux d'expertise PRISM et ESMF qu'il faut continuer à soutenir.

Le projet PRISM (<http://prism.enes.org>) a été mis en place pour partager les efforts de développement logiciel nécessaires à l'assemblage, l'exécution et le post-traitement des modèles du système Terre. La structure de PRISM s'articule maintenant autour de 5 réseaux d'expertise ("PRISM Areas of Expertise" ou PAE): 1) couplage et I/O, 2) environnements de modélisation, 3) analyse, visualisation, gestion de données, 4) meta-données, et 5) calcul, performance et optimisation. PRISM a débuté sous la forme d'un projet européen (FP5, 2001-2004) et sa pérennité est aujourd'hui assurée par le soutien multi-institutionnel de 12 organismes: CNRS (Fr), CERFACS (Fr), CGAM (GB), UK Met Office (GB), MPI-M (All.), ECMWF, NEC-CCRLE, CRAY, SMHI, SUN, SGI, NEC, rassemblés en la "PRISM Sustained Initiative" (PSI).

La coordination est assurée par Sophie Valcke (CERFACS) et Eric Guilyardi (LOCEAN/IPSL/CNRS). Plusieurs personnes se sont engagées à animer des PAE : Sophie Valcke (CERFACS) pour le PAE couplage et Marie-Alice Foujols (IPSL) pour le PAE calcul.

Il est important de soutenir cette contribution pour s'assurer que 1) les développements du coupleur sont en adéquation avec les besoins de la communauté française, 2) la réflexion sur les outils pour la compilation, la gestion des sources, l'exécution des simulations et leur description (méta-données) est partagée au niveau européen, et 3) la coordination de PRISM s'insère au mieux dans les initiatives internationales (WCRP, ESMF, GO-ESSP, convention CF, ...).

B Parallélisation et adaptation à différents types d'ordinateurs

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

Comme nos simulations ont besoin de ressources calcul importantes et que la limite n'est pas encore atteinte ni perceptible, nous devons également poursuivre la veille technologique sur les ordinateurs et continuer à participer aux perspectives calcul au niveau national et européen. Nous avons besoin de centres de calcul équilibrés en ressources calcul, stockage et possibilités de post-traitement, adaptés à nos simulations lourdes et soutenus par des équipes compétentes.

Atteindre les objectifs scientifiques du projet demande des évolutions importantes des codes de simulations. Les principales évolutions se feront à court et moyen terme dans trois directions principales. La première est l'exploitation des capacités parallèles de nos calculateurs vectoriels actuels, puis le portage des codes sur des machines massivement parallèles. Cette étape se fera sans remise en cause de l'algorithmique actuelle. La deuxième consistera à développer le couplage des modèles de climat globaux à des modèles régionaux plus à même de représenter finement le climat local. La troisième concerne l'évolution de la physique des interfaces

MISSTERRE

entre les composantes du modèle système Terre. En ce qui concerne la portabilité des codes et le parallélisme, les principales actions du projet concernent :

- Développement du coupleur OASIS 4

L'objectif de cette tâche est de finaliser le développement de la nouvelle version du coupleur OASIS qui devra être efficace sur toutes les architectures de calculateurs utilisés ou utilisables pour la climatologie. Le travail débutera par une évaluation des fonctions restant à implémenter dans la version OASIS4 du coupleur pour réaliser les couplages des simulations couplées décrites dans ce document, principalement dans les sections 2.2 et 2.4 (méthodes d'interpolation, support de certains types de grilles, etc.). Les fonctions seront alors progressivement introduites dans le coupleur selon la priorité des besoins. Un banc d'essais permettra de valider les fonctionnalités et d'optimiser les performances

- Modèle système Terre.

Ces tâches permettront de construire une version du modèle système Terre de l'IPSL à même de tirer profit d'une gamme étendue de calculateurs, depuis des machines vectorielles faiblement parallèles jusqu'à des machines massivement parallèles. Elle permettra de développer et/ou de finaliser la parallélisation de toutes les composantes du modèle de l'IPSL. Ces composantes seront assemblées. Cette version sera documentée et deviendra la version d'usage scientifique standard. Le modèle développé devra être performant pour toutes les résolutions utilisées en production scientifique à l'IPSL

E. Projets connexes

Nous décrivons sommairement dans cette partie les projets dans lesquels sont impliqués les partenaires du projet et qui assurent une partie du financement des différentes évolutions.

ANR CICLE (responsable Olivier Marti)

Pour la période 2006-2008, ces évolutions des codes de l'IPSL et de Météo-France seront supportées par le projet CICLE, un projet ANR, dans le volet "Calcul intensif et grilles de calcul". Ce projet réunit l'IPSL, le CERFACS et le CNRM/GAME autour du développement de l'informatique des codes de climat, et financera 42 hommes-mois. Ses objectifs principaux sont le développement de versions parallèles performantes sur des architectures variées, et l'évolution des techniques de couplage (couplage entre modèle global et régional et physique des interfaces). Voir <http://dods.ipsl.jussieu.fr/omance/CICLE>.

IP ENSEMBLES

ENSEMBLE est un projet intégré du FP6 coordonné par le Hadley Centre (responsable D. Griggs). L'objectif est de munir l'Europe d'un système de prévision climatique couvrant les échelles de temps saisonnières à multidécennales. Il intègre des simulations climatiques globales et régionales, les liens avec les modèles d'impact (agriculture, industrie), la concertation avec les économistes, et la formation. Ce projet intégré regroupe 70 partenaires. L'IPSL est l'un des principaux partenaires. L'institut a la co-responsabilité du RT4 (Hervé Le Treut, LMD et Julia Slingo, CEGAM, UK), dont l'objectif est de réduire les incertitudes des projections climatiques grâce à une meilleure compréhension des processus et rétroactions mis en jeu, et à la responsabilité des "workpackage" WP4.1 (P. Friedlingstein) "feedbacks et climate surprises" et WP5.2 (P. Braconnot) "Evaluation of processes and phenomena". Le CNRM a la responsabilité du RT2 (responsable J.f. Royer) dont l'objectif est de réaliser les scénarios climatiques globaux et régionaux de façon concertée au niveau européen. Voir <http://www.ensembles-eu.org/>

Projet ONERC

Le contrat avec l'ONERC est destiné à mettre à disposition les résultats des scénarios climatiques régionaux. Les données et les notices explicatives visent une utilisation par une large communauté. Une présentation grand public est faite de ces résultats via le serveur web de l'ONERC mis au point par MEDIAS. Une deuxième partie du projet permettra de faire une synthèse des résultats des scénarios du GIEC. Un document de synthèse fera état des simulations françaises, des principaux résultats scientifiques, de la façon dont les

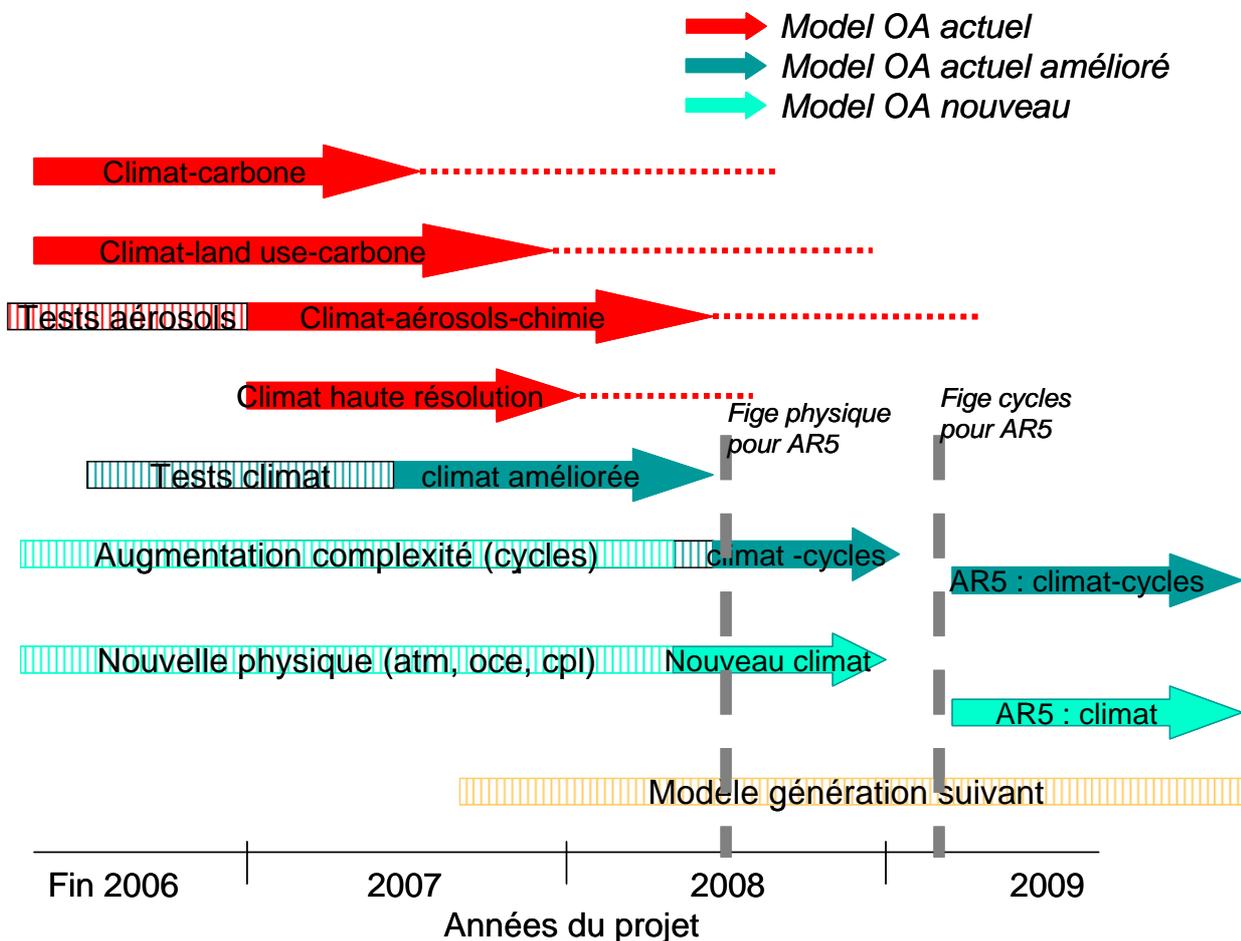
MISSTERRE

modèles français se comportent dans l'ensemble des modèles participant à l'AR4. Un travail particulier est aussi fait pour déterminer la pertinence de différents indices climatiques lorsqu'ils sont estimés à partir des résultats des scénarios à grande échelle ou à l'échelle régionale.

D'autres projets sont référencés dans le texte. Ils couvrent différents aspects scientifiques ou le développement d'aspects particuliers des modèles. Il contribue à la richesse des expertises concernées dans MISSTERRE, mais pas à financer directement le cœur des actions listées dans le projet.

3. Calendrier

La principale contrainte de calendrier concerne la mise à disposition de nouvelles versions de référence pour réaliser les simulations de changement climatique de référence. Nous faisons coïncider ce calendrier avec les exercices de comparaison internationaux, qui sont en partie sous-tendus au calendrier des rapports du GIEC. Pour les prochaines années, les principales simulations et actions vis-à-vis de ces contraintes sont reportées dans la figure ci-dessous. Le projet MISSTERRE a une durée de 3 ans et a débuté en septembre 2006, ce qui explique la référence temporelle de la figure.



Les principales étapes du projet sont synthétisées dans le tableau suivant. Les simulations de références ne sont pas reportées dans le tableau.

| Section de référence | Année 1 | Année 2 | Année 3 |
|----------------------|--|---|---|
| A. références | - Valorisation scénarios GIEC - Publication des groupes - Publication climat-carbone - Réunion de synthèse GIEC | - publication des différents projets d'analyse - réunion avec la communauté impact | - Evaluation des nouvelles versions de modèle - Mise en commun de diagnostics évolués. |

MISSTERRE

| | | | |
|-----------------------------------|---|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> - Edition « livre blanc » -Mise en place de pages web dans chacun des sites | <ul style="list-style-type: none"> - évaluation qualité et biais des simulations GIEC - réflexion sur les futurs scénarios | <ul style="list-style-type: none"> -Publications -Premières simulations avec les nouvelles versions des modèles de climat - mise en commun des scénarios de forçage des modèles |
| B. régional | <ul style="list-style-type: none"> -Développements méthodologiques -Préparation de nouveaux scénarios régionaux | <ul style="list-style-type: none"> -Développements méthodologiques -Réalisation de nouveaux scénarios régionaux | <ul style="list-style-type: none"> -Développements méthodologiques -Réalisation de scénarios régionaux (suite) -Publication des scénarios régionaux -Diffusion des résultats des scénarios régionaux (web, ONERC etc...) |
| C Nouvelles composantes physiques | <ul style="list-style-type: none"> -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 | <ul style="list-style-type: none"> - 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. | <ul style="list-style-type: none"> - 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 | <ul style="list-style-type: none"> - développement des nouveaux couplages - développement couplage avec transport du carbone | <ul style="list-style-type: none"> - notes techniques et publication des nouvelles versions couplées (climat-carbone, climat-aérosols etc...) - mise en production des version chime-aérosols-climat - développement des couplages complémentaires | <ul style="list-style-type: none"> - réunion permettant de fixer les versions de modèles pour le GIEC AR5. - partage des tâches entre les deux groupes sur certaines thématiques. |
| E Infrastructure | <ul style="list-style-type: none"> -Mise en service des versions // des modèles IPSL -Banc d'essai pour le coupleur | <ul style="list-style-type: none"> -Modularisation de l'environnement de travail -Nouvelle version du coupleur OASIS incorporant de nouvelles fonctions | <ul style="list-style-type: none"> -Préparation de l'environnement utilisé pour AR5 - travail sur la diffusion des données. |

S'il s'agit de la continuation d'un projet ayant déjà été sélectionné par un programme INSU, veuillez indiquer dans cette partie de façon succincte les résultats obtenus et les articles soumis ou déjà publiés.

MISSTERRE
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques du responsable et de l'équipe, en particulier sur le sujet de la demande (trois dernières années).

Références CERFACS

- Caminade, C., L. Terray and E. Maisonave, 2005 : West African Monsoon System response to greenhouse gas and sulfate aerosols forcing under two emissions scenarios. A paraître dans *Clim. Dyn.*
- Cassou, C., L. Terray, A.S. Phillips, 2005: Tropical Atlantic influence on European Heatwaves. *J.Climate*, 18, 2805-2811.
- Collins, M., M. Botzet, A. Carril, H. Drange, A. Jouzeau, M. Latif, S. Masina, O.H. Otteraa, H. Pohlmann, A. Sorteberg, R. Sutton, L. Terray, 2005: Interannual-to-decadal predictability: a multi-perfect-model-ensemble study. *J.Climate*, sous presse.
- Cibot, C., E. Maisonave, L. Terray et B. De Witte, 2005: Mechanisms of tropical Pacific interannual-to-decadal variability in the ARPEGE/ORCA global coupled model. *Clim. Dyn.*, 24, 823—842
- Terray, L., M.E. Demory, M. Déqué, G. De Coetlogon, E. Maisonave, 2004: Simulation of late twenty-first century changes in wintertime atmospheric circulation over Europe due to anthropogenic causes. *J.Climate*, 17, 4630—4635
- Tourre, Y. M., C.Cibot, L.Terray, W.B.White, B.Dewitte, 2005: Quasi-decadal and inter-decadal climate fluctuations in the Pacific Ocean from a CGCM. *Geophys. Res. Lett.*, 32.
- Cassou, C., C.Deser, L.Terray, J.W.Hurrell, et M.Drevillon, 2004: Summer Sea Surface Temperature Conditions in the North Atlantic and their Impact upon the atmospheric circulation in early winter. *J. Climate*, 17, 3349-3363.
- Cassou, C., L.Terray, J.W.Hurrell et C.Deser, 2003: North Atlantic winter climate regimes: spatial asymmetry, stationarity with time and oceanic forcing. *J. Climate*, 17, 1055-1068.
- Drevillon, M., C.Cassou, et L.Terray, 2003: Model study of the wintertime atmospheric response to fall tropical Atlantic sea-surface-temperature anomalies. *Quart. J. Roy. Meteorol. Soc.*, 129, 2591-2611.
- Valcke, S., E.Guilyardi, C.Larsson, 2004 : PRISM and ENES: A European approach to Earth system modelling, *Concurrency Computat.: Pract. Exper.*, 17, pp.1-16.

Références CNRM

- André J.C., M. Déqué, P. Rogel, S. Planton, 2004 : La vague de chaleur de l'été 2003 et sa prévision saisonnière (The 2003 summer heat wave and its seasonal forecasting). *Comptes Rendus de Geoscience*, vol 336, n° 6, pp 491-503.
- Ashrit R.G., H. Douville, K. Rupa Kumar, 2003 : Response of the Indian Monsoon and ENSO-monsoon teleconnection to enhanced greenhouse effect in transient simulations of the CNRM coupled model. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, vol 81, n° 4, pp 779-803.
- Buarque S.R., H. Giordani, G. Caniaux, S. Planton, 2004 : Evaluation of the ERA-40 air-sea surface heat flux spin-up. *Dynamics of Atmospheres and Oceans*, vol 37, n° 4, pp 295-311.
- Camberlin P., F. Chauvin, H. Douville, Y. Zhao, 2004 : Simulated ENSO-tropical rainfall teleconnections in present-day and under enhanced greenhouse gases conditions. *Climate Dynamics*, vol 23, n° 6, pp 641-657.
- Champeaux J.L., V. Masson, R. Chauvin, 2005 : ECOCLIMAP: A global database of land surface parameters at 1 km resolution. *Meteorological Applications*, vol 12, n° 1, pp 29-32.
- Chauvin F., J.F. Royer, H. Douville, 2005 : Interannual variability and predictability of African easterly waves in a GCM. *Climate Dynamics*, vol 24, n° 5, pp 523-544.
- Clark R., M. Déqué, 2003 : Conditional probability seasonal predictions of precipitation. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, vol 129, n° 587, pp 179-193.
- Danis P.A., U. von Grafenstein, V. Masson-Delmotte, S. Planton, D. Gerdeaux, J.M. Moisselin, 2004 : Vulnerability of two European lakes in response to future climatic changes. *Geophysical Research Letters*, vol 31, n° 21, pp L21507.
- Decharme B., H. Douville, 2006 : Introduction of a sub-grid hydrology in the ISBA land surface model. *Climate Dynamics*, vol 26, n° 1, pp 65-78.
- Decharme B., H. Douville, A. Boone, F. Habets, J. Noilhan, 2006 : Impact of an exponential profile of saturated hydraulic conductivity within the ISBA LSM: Simulations over the Rhone Basin. *Journal of Hydrometeorology*, vol 7, n° 1, pp 61-80.
- Déqué M., R.G. Jones, M. Wild, F. Giorgi, J.H. Christensen, D.C. Hassell, P.L. Vidale, B. Rockel, D. Jacob, E. Kjellström, M. de Castro, F. Kucharski, B. van den Hurk, 2005 : Global high resolution versus Limited Area Model

MISSTERRE

- climate change projections over Europe: Quantifying confidence level from PRUDENCE results. *Climate Dynamics*, vol 25, n° 6, pp 653-670.
- Douville H., 2003 : Assessing the influence of soil moisture on seasonal climate variability with AGCMs. *Journal of Hydrometeorology*, vol 4, n° 6, pp 1044-1066.
- Douville H., 2004: Impact of regional SST anomalies on the Indian monsoon response to global warming in the CNRM climate model. *J. Climate* (submitted).
- Douville H., 2004 : Relevance of soil moisture for seasonal atmospheric predictions: Is it an initial value problem? *Climate Dynamics*, vol 22, n° 4, pp 429-446.
- Douville H., 2005 : Limitations of time-slice experiments for predicting regional climate change over South Asia. *Climate Dynamics*, vol 24, n° 4, pp 373-391.
- Douville H., 2006 : Detection-attribution of global warming at the regional scale: How to deal with precipitation variability? *Geophysical Research Letters*, vol 33, n° 2, pp L02701.
- Douville H., D. Salas-Melia, S. Tyteca, 2006 : On the tropical origin of uncertainties in the global land precipitation response to global warming. *Climate Dynamics*, vol 26, n° 4, pp 367-385.
- Frei C., J.H. Christensen, M. Déqué, D. Jacob, R.G. Jones, P.L. Vidale, 2003 : Daily precipitation statistics in regional climate models: Evaluation and intercomparison for the European Alps. *Journal of Geophysical Research - Atmospheres*, vol 108, n° D3, pp 4124,81-99.
- Gibelin A.L., M. Déqué, 2003 : Anthropogenic climate change over the Mediterranean region simulated by a global variable resolution model. *Climate Dynamics*, vol 20, n° 4, pp 327-339.
- Guérémy J.F., M. Déqué, A. Braun, J.P. Piedelièvre, 2005 : Actual and potential skill of seasonal predictions using the CNRM contribution to DEMETER: Coupled versus uncoupled model. *Tellus Series A - Dynamic Meteorology and Oceanography*, vol 57, n° 3, pp 308-319.
- Hagemann S., B. Machenhauer, R. Jones, O.B. Christensen, M. Déqué, D. Jacob, P.L. Vidale, 2004 : Evaluation of water and energy budgets in regional climate models applied over Europe. *Climate Dynamics*, vol 23, n° 5, pp 547-567.
- Jacob D., Bärring L., Christensen O.B., Christensen J.H., de Castro M., Déqué M., Giorgi F., Hagemann S., Hirschi M., Jones R., Kjellström E., Lenderink G., Rockel B., Sánchez E.S., Schär C., Seneviratne S.I., Somot S., van Ulden A., van den Hurk B. (2006) An inter-comparison of regional climate models for Europe: Model performance in Present-Day Climate. *Climatic Change* (accepté).
- Joly M., 2005 : La mousson Africaine dans les scénarios du CNRM: Variabilité naturelle et changement climatique. Note de Travail du Groupe de Météorologie de Grande Echelle et Climat, vol No. 100, pp 63 pp.
- Li L., Bozec A., S. Somot, K. Béranger, P. Bouruet-Aubertot, F. Sevault, M. Crépon (2006) Regional atmospheric, marine processes and climate modelling (chapter 7). In: *Mediterranean Climate Variability*, Lionello, P. and Malanotte, P. and Boscolo, R.(eds), Elsevier B.V., pp. 373-397.
- Marquet P., 2003 : The available-enthalpy cycle. I: Introduction and basic equations. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, vol 129, n° 593, pp 2445-2466.
- Marquet P., 2003 : The available-enthalpy cycle. II: Applications to idealized baroclinic waves. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, vol 129, n° 593, pp 2467-2494.
- Masson V., J.-L. Champeaux, F. Chauvin, C. Meriguet, R. Lacaze, 2003 : A global database of land surface parameters at 1-km resolution in meteorological and climate models. *Journal of Climate*, vol 16, n° 9, pp 1261-1282.
- Maynard K., J.F. Royer, 2004 : Effects of "realistic" land-cover change on a greenhouse-warmed African climate. *Climate Dynamics*, vol 22, n° 4, pp 343-358.
- Maynard K., J.F. Royer, 2004 : Sensitivity of a general circulation model to land surface parameters in African tropical deforestation experiments. *Climate Dynamics*, vol 22, n° 6-7, pp 555-572.
- Palmer T.N., A. Alessandri, U. Andersen, P. Cantelaube, M. Davey, P. Delecluse, M. Déqué, E. Diez, F.J. Doblas-Reyes, H. Feddersen, R. Graham, S. Gualdi, J.F. Guérémy, R. Hagedorn, M. Hoshen, N. Keenlyside, M. Latif, A. Lazar, E. Maisonave, V. Marletto, A.P. Morse, B. Orfila, P. Rogel, J.M. Terres, M.C. Thomson, 2004 : Development of a European multimodel ensemble system for seasonal-to-interannual prediction (DEMETER). *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol 85, n° 6, pp 853-872,805.
- Paz S., Y.M. Tourre, S. Planton, 2003 : North Africa-West Asia (NAWA) sea-level pressure patterns and their linkages with the Eastern Mediterranean (EM) climate. *Geophysical Research Letters*, vol 30, n° 19, pp 1999.
- Perarnaud V., B. Seguin, E. Malezieux, M. Déqué, D. Loustau, 2005 : Agrometeorological research and applications needed to prepare agriculture and forestry to 21st century climate change. *Climatic Change*, vol 70, n° 1-2, pp 319-340.
- Planton S., 2003 : At the continental scale: The models' viewpoint. *Comptes Rendus de Geoscience*, vol 335, n° 6-7, pp 535-543.
- Planton S., M. Déqué, H. Douville, B. Spagnoli, 2005 : Impact du réchauffement climatique sur le cycle hydrologique [Impact of climate warming on the hydrological cycle]. *Comptes Rendus de Geoscience*, vol 337, n° 1-2, pp 193-202.
- Royer J.F., F. Chauvin, H. Douville, 2004 : Analysis of the variability of African easterly waves in simulations with ARPEGE-Climat. ECMWF Workshop Proceedings, vol ECMWF/CLIVAR workshop on Simulation and Prediction of Intra-Seasonal Variability with Emphasis on the MJO, 3-6 November 2003, pp 189-209.

MISSTERRE

- Royer J.F., H. Douville, F. Chauvin, 2004 : Analysis of the West African Monsoon in forced and coupled simulations. In: WCRP/WGNE Workshop, UCRL-PROC-209115: The Second Phase of the Atmospheric Model Intercomparison Project (AMIP2) - Toward Innovative Model Diagnostics, Gleckler P., Ed., Lawrence Livermore National Laboratory,, pp 43-47. (WCRP/WGNE Workshop, Meteo-France, Toulouse, France, 11-14 November 2002)
- Salas-Mélia, D., F. Chauvin, M. Déqué, H. Douville, J.F. Guérémy, P. Marquet, S. Planton, J.-F. Royer and S. Tyteca, 2005. Description and validation of the CNRM-CM3 global coupled model. CNRM Tech. Rep. 103.
- Somot S. , Sevault F., Déqué M., Crépon M. (2006) 21st century climate change scenario for the Mediterranean using a coupled Atmosphere-Ocean regional Climate Model. *Global and Planetary Change* (soumis).
- Somot S., Sevault F., Déqué M. (2006) Transient climate change scenario simulation of the Mediterranean Sea for the 21st century using a high-resolution ocean circulation model. *Climate Dynamics*, Volume 27, Numbers 7-8, December, 2006, pp. 851-879, DOI :10.1007/s00382-006-0167-z.
- Tschuck P., F. Chauvin, B. Dong, K. Arpe, 2004 : Impact of sea-surface temperature anomalies in the equatorial Indian Ocean and western Pacific on the Asian summer monsoon in three general circulation models. *International Journal of Climatology*, vol 24, n° 2, pp 181-191.
- Ulbrich U., W. May, P. Lionello, J.G. Pinto, S. Somot (2006) The Mediterranean Climate Change Under Global Warming (chapter 8). In: *Mediterranean Climate Variability*, Lionello, P. and Malanotte, P. and Boscolo, R.(eds), Elsevier B.V, pp. 399-415.
- Voltaire A., 2006 : Quantifying the impact of future land-use changes against increases in GHG concentrations. *Geophysical Research Letters*, vol 33, n° 4, pp L04701.
- Voltaire A., J.F. Royer, 2004 : Tropical deforestation and climate variability. *Climate Dynamics*, vol 22, n° 8, pp 857-874.
- Voltaire A., J.F. Royer, 2005 : Climate sensitivity to tropical land surface changes with coupled versus prescribed SSTs. *Climate Dynamics*, vol 24, n° 7-8, pp 843-862.

Références IPSL (dont LGGE et Louvain la Neuve)

- Arzel, O., T. Fichefet, H. Goosse, 2006 : Sea ice evolution over the 20th and 21st centuries as simulated by current AOGCMs. *Ocean Modell.*, **12**, 401–415.
- Baron, C., B. Sultan, M. Balme, B. Sarr, S. Traore, T. Lebel, S. Janicot, and M. Dingkuhn, 2005: From GCM grid cell to agricultural plot: scale issues affecting modelling of climate impact. *PHILOSOPHICAL TRANSACTIONS OF THE ROYAL SOCIETY B-BIOLOGICAL SCIENCES*, **360**, 2095-2108.
- Bauer, S., Y. Balkanski, M. Schulz, D. Hauglustaine, and F. Dentener, 2004: Global modeling of heterogeneous chemistry on mineral aerosol surfaces: Influence on tropospheric ozone chemistry and comparison to observations. *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH-ATMOSPHERES*, **109**, -.
- Bernie, D., S. Woolnough, J. Slingo, and E. Guilyardi, 2005: Modeling diurnal and intraseasonal variability of the ocean mixed layer. *JOURNAL OF CLIMATE*, **18**, 1190-1202.
- Berthelot, M., P. Friedlingstein, P. Ciais, J. Dufresne, and P. Monfray, 2005: How uncertainties in future climate change predictions translate into future terrestrial carbon fluxes. *GLOBAL CHANGE BIOLOGY*, **11**, 959-970.
- Bony, S., R. Colman, V. M. Kattsov, R. P. Allan, C. S. Bretherton, J. L. Dufresne, A. Hall, S. Hallegatte, M. M. Holland, W. Ingram, D. A. Randall, B. J. Soden, G. Tselioudis, and M. J. Webb, 2006: How well do we understand and evaluate climate change feedback processes? *Journal of Climate*, **19**, 3445-3482.
- Bony, S. and J. Dufresne, 2005: Marine boundary layer clouds at the heart of tropical cloud feedback uncertainties in climate models. *GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS*, **32**, -.
- Bony, S., J. Dufresne, H. Le Treut, J. Morcrette, and C. Senior, 2004: On dynamic and thermodynamic components of cloud changes. *CLIMATE DYNAMICS*, **22**, 71-86.
- Bopp, L., O. Boucher, O. Aumont, S. Belviso, J. L. Dufresne, M. Pham, and P. Monfray, 2004: Will marine dimethylsulfide emissions amplify or alleviate global warming? A model study. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **61**, 826-835.
- Braconnot, P., Hourdin, F., Bony, S., Dufresne, J.-L., Grandpeix, J.-Y., and Marti, O. : Impact of different convection and cloud schemes on the coupling between atmosphere and ocean in the Tropics, *Climate Dynamics*.
- Braconnot, P., B. L. Otto-Bleisner, S. Harrison, J. Joussaume, J. Y. Peterschmitt, A. Abe-Ouchi, M. Crucifix, Fichefet, C. Hewitt, M. Kageyama, A. Kitoh, M. F. Loutre, O. Marti, U. Merkel, G. Ramstein, P. Valdes, L. Weber, Y. Yu, and Y. Zhao, submitted: Coupled simulations of the mid-Holocene and Last Glacial Maximum: New results from PMIP2, *Climate of the Past*. *Climate of the Past*.
- Braconnot, P., P. Friedlingstein, and J. L. Dufresne, 2003: Le climat de demain: inquiétudes face à l'augmentation de la teneur atmosphérique en gaz à effet de serre. *Flux*, **223**, 49-55.
- Charbit, S., M. Kageyama, D. Roche, C. Ritz, and G. Ramstein, 2005: Investigating the mechanisms leading to the deglaciation of past continental northern hemisphere ice sheets with the CLIMBER-GREMLINS coupled model. *GLOBAL AND PLANETARY CHANGE*, **48**, 253-273.

MISSTERRE

- Chuine, I., P. Yiou, N. Viovy, B. Seguin, V. Daux, and E. Ladurie, 2004: Historical phenology: Grape ripening as a past climate indicator. *NATURE*, **432**, 289-290.
- Ciais, P., M. Reichstein, N. Viovy, A. Granier, J. Ogee, V. Allard, M. Aubinet, N. Buchmann, C. Bernhofer, A. Carrara, F. Chevallier, N. De Noblet, A. Friend, P. Friedlingstein, T. Grunwald, B. Heinesch, P. Keronen, A. Knohl, G. Krinner, D. Loustau, G. Manca, G. Matteucci, F. Miglietta, J. Ourcival, D. Papale, K. Pilegaard, S. Rambal, G. Seufert, J. Soussana, M. Sanz, E. Schulze, T. Vesala, and R. Valentini, 2005: Europe-wide reduction in primary productivity caused by the heat and drought in 2003. *NATURE*, **437**, 529-533.
- Collins, W. D., V. Ramaswamy, M. D. Schwarzkopf, Y. Sun, R. W. Portmann, Q. Fu, S. E. B. Casanova, J.-L. Dufresne, D. W. Fillmore, P. M. D. Forster, V. Y. Galin, L. K. Gohar, W. J. Ingram, D. P. Kratz, M.-P. Lefebvre, J. Li, P. Marquet, V. Oinas, Y. Tsushima, T. Uchiyama, and W. Y. Zhong. Radiative forcing by well-mixed green-house gases : Estimates from climate models in the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Fourth Assessment Report (AR4). *J. Geophys. Res.-Atm.*, **111** :D14317, doi: 10.1029/2005JD006713, August 2006.
- Crucifix, M., P. Braconnot, and B. L. Otto-Bleisner, 2005: New targets for the Paleo Modeling Intercomparison Project. *EOS*, **86**.
- de Noblet-Ducoudre, N., S. Gervois, P. Ciais, N. Viovy, N. Brisson, B. Seguin, and A. Perrier, 2004: Coupling the Soil-Vegetation-Atmosphere-Transfer Scheme ORCHIDEE to the agronomy model STICS to study the influence of croplands on the European carbon and water budgets. *AGRONOMIE*, **24**, 397-407.
- de Rosnay, P., J. Polcher, K. Laval, and M. Sabre, 2003: Integrated parameterization of irrigation in the land surface model ORCHIDEE. Validation over Indian Peninsula. *GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS*, **30**, -.
- Ducharne, A., C. Golaz, E. Leblois, K. Laval, J. Polcher, E. Ledoux, and G. de Marsily, 2003: Development of a high resolution runoff routing model, calibration and application to assess runoff from the LMD GCM. *JOURNAL OF HYDROLOGY*, **280**, 207-228.
- Dufresne, J.-L., D. Salas y Melia, S. Denvil, S. Tyteca, O. Arzel, S. Bony, P. Braconnot, P. Brockmann, P. Cadule, A. Caubel, F. Chauvin, M. Déqué, H. Douville, L. Fairhead, T. Fichet, M.-A. Foujols, P. Friedlingstein, J.-F. Gueremy, F. Hourdin, A. Idelkadi, C. Levy, G. Madec, P. Marquet, O. Marti, I. Musat, S. Planton, and J.-F. Royer. Simulation de l'évolution récente et future du climat par les modèles du CNRM et de l'IPSL. *La Météorologie*, à paraître nov. 2006.
- Dufresne, J., J. Quas, O. Boucher, S. Denvil, and L. Fairhead, 2005: Contrasts in the effects on climate of anthropogenic sulfate aerosols between the 20th and the 21st century. *GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS*, **32**, -.
- Dutay, J., P. Jean-Baptiste, J. Campin, A. Ishida, E. Maier-Reimer, R. Matear, A. Mouchet, I. Totterdell, Y. Yamanaka, K. Rodgers, G. Madec, and J. Orr, 2004: Evaluation of OCMIP-2 ocean models' deep circulation with mantle helium-3. *JOURNAL OF MARINE SYSTEMS*, **48**, 15-36.
- Duvel, J., R. Roca, and J. Vialard, 2004: Ocean mixed layer temperature variations induced by intraseasonal convective perturbations over the Indian Ocean. *JOURNAL OF THE ATMOSPHERIC SCIENCES*, **61**, 1004-1023.
- Fichet, T., B. Tartinville, and H. Goosse, 2003 : Antarctic sea ice variability during 1958–1999: A simulation with a global ice-ocean model. *J. Geophys. Res.*, **108(C3)**, 3102, doi : 10.1029/2001JC001148.
- Fichet, T., C. Dick, G. Flato, D. Kane, and J. Moore, 2004 : Making progress in understanding the Arctic climate system. *EOS Trans. Amer. Geophys. Union*, **85**, 159.
- Fichet, T., H. Goosse, and M.A. Morales Maqueda, 2003 : A hindcast simulation of the Arctic and Antarctic sea-ice variability, 1955–2001. *Polar Res.*, **22**, 91–98.
- Fischer, A., P. Terray, E. Guilyardi, S. Gualdi, and P. Delecluse, 2005: Two independent triggers for the Indian ocean dipole/zonal mode in a coupled GCM. *JOURNAL OF CLIMATE*, **18**, 3428-3449.
- Friedlingstein, P. and S. Solomon, 2005: Contributions of past and present human generations to committed warming caused by carbon dioxide. *PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE UNITED STATES OF AMERICA*, **102**, 10832-10836.
- Friedlingstein, P., J. L. Dufresne, P. M. Cox, and P. Rayner, 2003: How positive is the feedback between climate change and the carbon cycle? *Tellus Series B-Chemical and Physical Meteorology*, **55**, 692-700.
- Goosse, H., and M. Holland, 2005: Mechanisms of decadal Arctic variability in the Community Climate System Model CCSM2. *J. Clim.*, **18**, 3552-3570.
- Goosse, H., F.M. Selten, R. J. Haarsma, and J.D. Opsteegh, 2003: Large sea-ice volume anomalies simulated in a coupled climate model. *Clim. Dyn.*, DOI: 10.1007/s00382-002-0290-4.
- Goosse, H., R. Gerdes, F. Kauker, and C. Koeberle, 2004: Influence of the exchanges between the Atlantic and the Arctic on sea-ice volume variations during the period 1948-1997. *J. Clim.*, **17**, 1294-1305.
- Goujon, C., J. Barnola, and C. Ritz, 2003: Modeling the densification of polar firn including heat diffusion: Application to close-off characteristics and gas isotopic fractionation for Antarctica and Greenland sites. *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH-ATMOSPHERES*, **108**, -.
- Guilyardi, E., 2006: El Nino-mean state-seasonal cycle interactions in a multi-model ensemble. *CLIMATE DYNAMICS*, **26**, 329-348.

- Guilyardi, E., P. Delecluse, S. Gualdi, and A. Navarra, 2003: Mechanisms for ENSO phase change in a coupled GCM. *JOURNAL OF CLIMATE*, **16**, 1141-1158.
- Guilyardi, E., S. Gualdi, J. Slingo, A. Navarra, P. Delecluse, J. Cole, G. Madec, M. Roberts, M. Latif, and L. Terray, 2004: Representing El Nino in coupled ocean-atmosphere GCMs: The dominant role of the atmospheric component. *Journal of Climate*, **17**, 4623-4629.
- Hauglustaine, D., F. Hourdin, L. Jourdain, M. Filiberti, S. Walters, J. Lamarque, and E. Holland, 2004: Interactive chemistry in the Laboratoire de Meteorologie Dynamique general circulation model: Description and background tropospheric chemistry evaluation. *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH-ATMOSPHERES*, **109**, -.
- Hoffmann, G., M. Cuntz, C. Weber, P. Ciais, P. Friedlingstein, M. Heimann, J. Jouzel, J. Kaduk, E. Maier-Reimer, U. Seibt, and K. Six, 2004: A model of the Earth's Dole effect. *GLOBAL BIOGEOCHEMICAL CYCLES*, **18**, -.
- Hourdin, F., I. Musat, S. Bony, P. Braconnot, F. Codron, J. L. Dufresne, L. Fairhead, M. A. Filiberti, P. Friedlingstein, J. Y. Grandpeix, G. Krinner, P. Levan, Z. X. Li, and F. Lott, 2006: The LMDZ4 general circulation model: climate performance and sensitivity to parametrized physics with emphasis on tropical convection. *Climate Dynamics*, **27**, 787-813.
- Inness, P. M., J. M. Slingo, E. Guilyardi, and J. Cole, 2003: Simulation of the Madden-Julian oscillation in a coupled general circulation model. Part II: The role of the basic state. *Journal of Climate*, **16**, 365-382.
- Jost, A., D. Lunt, M. Kageyama, A. Abe-Ouchi, O. Peyron, P. J. Valdes, and G. Ramstein, 2005: High-resolution simulations of the last glacial maximum climate over Europe: a solution to discrepancies with continental palaeoclimatic reconstructions? *Climate Dynamics*, **24**, 577-590.
- Kageyama, M., S. Charbit, C. Ritz, M. Khodri, and G. Ramstein, 2004: Quantifying ice-sheet feedbacks during the last glacial inception. *Geophysical Research Letters*, **31**, -.
- Krinner, G., O. Magand, I. Simmonds, C. Genthon, and J.-L. Dufresne. Simulated antarctic precipitation and surface mass balance of the end of the 20 th and 21 st centuries. *Clim. Dyn.*, DOI :10.1007/s00382-006-0177-x, 2006.
- Krinner, G., 2003: Impact of lakes and wetlands on boreal climate. *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH-ATMOSPHERES*, **108**, -.
- Krinner, G., J. Mangerud, M. Jakobsson, M. Crucifix, C. Ritz, and J. I. Svendsen, 2004: Enhanced ice sheet growth in Eurasia owing to adjacent ice-dammed lakes. *Nature*, **427**, 429-432.
- Krinner, G., N. Viovy, N. de Noblet-Ducoudre, J. Ogee, J. Polcher, P. Friedlingstein, P. Ciais, S. Sitch, and I. Prentice, 2005: A dynamic global vegetation model for studies of the coupled atmosphere-biosphere system. *GLOBAL BIOGEOCHEMICAL CYCLES*, **19**, -.
- Lathiere, J., D. Hauglustaine, N. De Noblet-Ducoudre, G. Krinner, and G. Folberth, 2005: Past and future changes in biogenic volatile organic compound emissions simulated with a global dynamic vegetation model. *GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS*, **32**, -.
- Lefebvre, W., and H. Goosse, 2005: Influence of the Southern Annular Mode on the sea ice-ocean system: The role of the thermal and mechanical forcing. *Ocean Sciences*, **1**, 145-157, SRef-ID: 1812-0792/os/2005-1-145 (<http://www.copernicus.org/EGU/os/os/1/145/os-1-145.pdf>).
- Lefebvre, W., and H. Goosse, 2006: An analysis of the atmospheric processes driving the large-scale winter sea-ice variability in the Southern Ocean. *J. Geophys. Res.*, soumis.
- Lefebvre, W., H. Goosse, R. Timmermann, and T. Fichefet, 2004 : Influence of the Southern Annular Mode on the Antarctic sea ice–ocean system. *J. Geophys. Res.*, **109**, C09005, doi : 10.1029/2004JC002403.
- Lengaigne, M., E. Guilyardi, J. Boulanger, C. Menkes, P. Delecluse, P. Inness, J. Cole, and J. Slingo, 2004: Triggering of El Nino by westerly wind events in a coupled general circulation model. *CLIMATE DYNAMICS*, **23**, 601-620.
- Lengaigne, M., G. Madec, C. Menkes, and G. Alory, 2003: Impact of isopycnal mixing on the tropical ocean circulation. *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH-OCEANS*, **108**, -.
- Lengaigne, M., J. Boulanger, C. Menkes, G. Madec, P. Delecluse, E. Guilyardi, and J. Slingo, 2003: The March 1997 Westerly Wind Event and the onset of the 1997/98 El Nino: Understanding the role of the atmospheric response. *JOURNAL OF CLIMATE*, **16**, 3330-3343.
- Luo, J., S. Masson, E. Roeckner, G. Madec, and T. Yamagata, 2005: Reducing climatology bias in an ocean-atmosphere CGCM with improved coupling physics. *JOURNAL OF CLIMATE*, **18**, 2344-2360.
- Marti, O., P. Braconnot, J. Bellier, R. Benshila, S. Bony, P. Brockmann, P. Cadule, A. Caubel, S. Denvil, J. L. Dufresne, L. Fairhead, M. A. Filiberti, M.-A. Foujols, T. Fichefet, P. Friedlingstein, H. Goosse, J. Y. Grandpeix, F. Hourdin, G. Krinner, C. Lévy, G. Madec, I. Musat, N. deNoblet, J. Polcher, and C. Talandier, 2005: The new IPSL climate system model: IPSL-CM4. *Note du Pôle de Modélisation*, **n 26**, ISSN 1288-1619.
- Masson, S., J. Luo, G. Madec, J. Vialard, F. Durand, S. Gualdi, E. Guilyardi, S. Behera, P. Delecluse, A. Navarra, and T. Yamagata, 2005: Impact of barrier layer on winter-spring variability of the southeastern Arabian Sea. *GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS*, **32**, -.
- Masson-Delmotte, V., M. Kageyama, P. Braconnot, S. Charbit, G. Krinner, C. Ritz, E. Guilyardi, J. Jouzel, A. Abe-Ouchi, M. Crucifix, R. Gladstone, C. Hewitt, A. Kitoh, A. LeGrande, O. Marti, U. Merkel, T. Motoi, R. Ohgaito, B. Otto-Bliesner, W. Peltier, I. Ross, P. Valdes, G. Vettoretti, S. Weber, F. Wolk, and Y. Yu, 2006: Past and future polar amplification of climate change: climate model intercomparisons and ice-core constraints. *CLIMATE DYNAMICS*, **26**, 513-529.

MISSTERRE

- Maynard, K. and J. Polcher, 2003: Impact of land-surface processes on the interannual variability of tropical climate in the LMD GCM. *Climate Dynamics*, **20**, 613-633.
- Mélice, J.-L., R.E. Lutjeharms, H. Goosse, T. Fichefet, and C.J. Reason, 2005 : Evidence for the Antarctic circumpolar wave in the sub-Antarctic during the past 50 years. *Geophys. Res. Lett.*, **32**, L14614, doi : 10.1029/2005GL023361.
- Montegut, C., G. Madec, A. Fischer, A. Lazar, and D. Iudicone, 2004: Mixed layer depth over the global ocean: An examination of profile data and a profile-based climatology. *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH-OCEANS*, **109**, -.
- Morales, P., M. Sykes, I. Prentice, P. Smith, B. Smith, H. Bugmann, B. Zierl, P. Friedlingstein, N. Viovy, S. Sabate, A. Sanchez, E. Pla, C. Gracia, S. Sitch, A. Arneth, and J. Ogee, 2005: Comparing and evaluating process-based ecosystem model predictions of carbon and water fluxes in major European forest biomes. *GLOBAL CHANGE BIOLOGY*, **11**, 2211-2233.
- Mounier, F. and S. Janicot, 2004: Evidence of two independent modes of convection at intraseasonal timescale in the West African summer monsoon. *GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS*, **31**, -.
- Ngo-Duc, T., J. Polcher, and K. Laval, 2005: A 53-year forcing data set for land surface models. *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH-ATMOSPHERES*, **110**, -.
- Ngo-Duc, T., K. Laval, J. Polcher, A. Lombard, and A. Cazenave, 2005: Effects of land water storage on global mean sea level over the past half century. *GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS*, **32**, -.
- Ngo-Duc, T., K. Laval, J. Polcher, and A. Cazenave, 2005: Contribution of continental water to sea level variations during the 1997-1998 El Nino-Southern Oscillation event: Comparison between Atmospheric Model Intercomparison Project simulations and TOPEX/Poseidon satellite data. *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH-ATMOSPHERES*, **110**, -.
- Penduff, T., B. Barnier, J. Molines, and G. Madec, 2006: On the use of current meter data to assess the realism of ocean model simulations. *OCEAN MODELLING*, **11**, 399-416.
- Peylin, P., P. Bousquet, C. Le Quere, S. Sitch, P. Friedlingstein, G. McKinley, N. Gruber, P. Rayner, and P. Ciais, 2005: Multiple constraints on regional CO₂ flux variations over land and oceans. *GLOBAL BIOGEOCHEMICAL CYCLES*, **19**, -.
- Pham, M., O. Boucher, and D. Hauglustaine, 2005: Changes in atmospheric sulfur burdens and concentrations and resulting radiative forcings under IPCCsRES emission scenarios for 1990-2100. *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH-ATMOSPHERES*, **110**, -.
- Poutou, E., G. Krinner, C. Genthon, and N. de Noblet-Ducoudre, 2004: Role of soil freezing in future boreal climate change. *CLIMATE DYNAMICS*, **23**, 621-639.
- Rodgers, K. B., S. Charbit, M. Kageyama, G. Philippon, G. Ramstein, C. Ritz, J. H. Yin, G. Lohmann, S. J. Lorenz, and M. Khodri, 2004: Sensitivity of Northern Hemispheric continental ice sheets to tropical SST during deglaciation. *Geophysical Research Letters*, **31**, -.
- Sultan, B. and S. Janicot, 2003: The West African monsoon dynamics. Part II: The "preonset" and "onset" of the summer monsoon. *Journal of Climate*, **16**, 3407-3427.
- Sultan, B., C. Baron, M. Dingkuhn, B. Sarr, and S. Janicot, 2005: Agricultural impacts of large-scale variability of the West African monsoon. *AGRICULTURAL AND FOREST METEOROLOGY*, **128**, 93-110.
- Sultan, B., S. Janicot, and A. Diedhiou, 2003: The West African monsoon dynamics. Part I: Documentation of intraseasonal variability. *Journal of Climate*, **16**, 3389-3406.
- Swingedouw, D., P. Braconnot, P. Delecluse, E. Guilyardi, and O. Marti, submitted: Mechanisms of AMOC response to changes in surface buoyancy forcing under global warming in the IPSL-CM4 model. *Climate Dynamics*.
- Swingedouw, D., P. Braconnot, and O. Marti, 2006: Sensitivity of the Atlantic Meridional Overturning Circulation to the melting from northern glaciers in climate change experiments. *Geophysical Research Letters*, **33**, -.
- Swingedouw, D., P. Braconnot, P. Delecluse, E. Guilyardi, and O. Marti, 2005: Sensitivity of the Atlantic Thermohaline Circulation to Global Freshwater Forcing. *Climate Dynamics*.
- Taylor, K. E., M. Crucifix, P. Braconnot, C. Hewitt, C. Doutriaux, M. J. Webb, A. J. Broccoli, and J. F. B. Mitchell, submitted: Estimating shortwave radiative forcing and
- Terray, P., E. Guilyardi, A. Fischer, and P. Delecluse, 2005: Dynamics of the Indian monsoon and ENSO relationships in the SINTEX global coupled model. *CLIMATE DYNAMICS*, **24**, 145-168.
- Timmermann, R., A. Worby, H. Goosse, and T. Fichefet, 2004 : Utilizing the ASPeCt sea ice thickness dataset to validate a global coupled sea ice-ocean model. *J. Geophys. Res.*, **109**, C07017, doi : 10.1029/2003JC002242.
- Timmermann, R., H. Goosse, G. Madec, T. Fichefet, C. Ethe, and V. Duliere, 2005: On the representation of high latitude processes in the ORCA-LIM global coupled sea ice-ocean model. *OCEAN MODELLING*, **8**, 175-201.
- Tsigaridis, K., J. Lathiere, M. Kanakidou, and D. Hauglustaine, 2005: Naturally driven variability in the global secondary organic aerosol over a decade. *ATMOSPHERIC CHEMISTRY AND PHYSICS*, **5**, 1891-1904.
- Vancoppenolle, M., C.-M. Bitz, and T. Fichefet, 2006 : Summer fast-ice desalination at Point Barrow : Model and observations. *J. Geophys. Res.*, en révision.
- Vancoppenolle, M., T. Fichefet and C. Bitz, 2006 : An equilibrium simulation of the Arctic sea ice salinity profile. *Geophys. Res. Lett.*, soumis.

MISSTERRE

- Vancoppenolle, M., T. Fichefet, and C. Bitz, 2005 : On the sensitivity of undeformed Arctic sea ice to its vertical salinity profile. *Geophys. Res. Lett.*, **32**, L16502, doi : 10.1029/2005GL023427.
- Webb, M. J., C. A. Senior, D. M. H. Sexton, W. J. Ingram, K. D. Williams, M. A. Ringer, B. J. McAvaney, R. Colman, B. J. Soden, R. Gudgel, T. Knutson, S. Emori, T. Ogura, Y. Tsushima, N. Andronova, B. Li, I. Musat, S. Bony, and K. E. Taylor, 2006: On the contribution of local feedback mechanisms to the range of climate sensitivity in two GCM ensembles. *Climate Dynamics*, **27**, 17-38.
- Zhao, Y., P. Braconnot, O. Marti, S. P. Harrison, C. Hewitt, A. Kitoh, Z. Liu, U. Mikolajewicz, B. Otto-Bliesner, and S. L. Weber, 2005: A multi-model analysis of the role of the ocean on the African and Indian monsoon during the mid-Holocene. *Climate Dynamics*, **25**, 777-800.
- Zhao, Y., P. Braconnot, S. Harrison, P. Yiou, and O. Marti, submitted: Simulated changes in the relationship between tropical ocean temperatures and northwestern African summer rainfall during the mid-Holocene. *climate dynamics*.

MISSTERRE

MISSTERRE

MOYENS DONT DISPOSE OU QUE DEMANDE LE PROPOSANT POUR LA RÉALISATION DU PROJET

1. PERSONNELS ET LABORATOIRES IMPLIQUES (établir une liste nominative avec indication précise du rôle de chacun et du pourcentage de temps qu'il consacrerà au projet)

Par expertise (rubrique à cocher éventuellement), on comprend la participation au titre d'une expertise scientifique particulière nécessaire à la bonne marche du projet et nécessitant un investissement en temps chercheur entre 5% et 10%.

- Regrouper les collaborations internationales en 2^e partie du tableau
- Pour les enseignants chercheurs préciser le % sur le temps total

Nous avons fait le choix suivant pour définir les % temps

Toute personne ayant une % <= à 20% est considérée comme apportant une expertise scientifique dans le projet. Il est important qu'elle puisse participer aux réunions spécifiques organisées par MISSTERRE et contribuer ainsi au passage d'expertise ou à des analyses plus ponctuelles dans le temps

Les autres personnes ont un pourcentage de temps qui montre leur activité de modélisation. Dans certains cas, ces pourcentages se superposent avec les %ages déjà investis dans d'autres projets, sachant qu'il est difficile dans ce cas de distinguer développement et application, ou thématique scientifique. L'ensemble de ces personnes constituent le cœur du projet MISSTERRE et comme MISSTERRE correspond à une trame qui permet d'assurer la cohérence des versions de modèles utilisées dans de nombreux projets scientifiques, il ne nous apparaît pas aberrant de permettre cette superposition.

| NOM | LABORATOIRE | FONCTION | Participation au projet | | Partie du projet concernée | % Participation à d'autres programmes (INSU, EUROPE) y compris programmes connexes couverts par MISSTERRE |
|-----------------|-------------|------------------------|-------------------------|--|----------------------------|---|
| | | | % participation | Expertise | | |
| Laurent Terray | CERFACS | Chercheur | 20 | Coordination ESCRIME et analyse détection et attribution | A | |
| Eric Maisonnave | CERFACS | Ingénieur de recherche | 30 | Développement et validation du modèle couplé ARPEGE-OASIS-NEMO-LIM, portage sur les architectures type grille pour les simulations ensemblistes de grande taille | A, E | |

MISSTERRE

| | | | | | | |
|-----------------------|---------|------------------------|----------------------|---|---------|--|
| Sophie Valcke | CERFACS | Ingénieur de recherche | 20 | Développement du coupleur OASIS, environnements logiciels | B, C, E | |
| Ingénieur CNRS | CERFACS | Ingénieur de recherche | 80 | Développement du coupleur OASIS | E | |
| Antoinette Alias | CNRM | IT-Ingénieur | 100 | Modélisation atmosphérique, couplage | C, E | |
| Alain Braun | CNRM | IT- ingénieur | 10 | Informatique | C D | |
| Fabrice Chauvin | CNRM | IT-chercheur | 40 | Mousson, cyclones tropicaux, extrêmes | A | |
| Michel Déqué | CNRM | IPC-chercheur | 50 | Modélisation atmosphérique, régionalisation | A B | |
| Hervé Douville | CNRM | IPC-chercheur | 40 | Validation, cycle hydrologique, surface, moussons | A D | |
| Anne-Laure Gibelin | CNRM | IPC-chercheur | 100 | Modele de végétation, cycle du carbone | D | |
| Virginie Guémas | CNRM | Thésitive (CEA+CNRM) | 20 | Climats passés et futurs, ENSO et NAO | C | |
| Jean-François Guérémy | CNRM | IPC-chercheur | 20 | Paramétrisation de la convection | C | |
| Marc Lucas | CNRM | Post-doc CICLE | 50 (18 mois sur 36) | Couplage océan-atmosphère | C E | |
| Pascal Marquet | CNRM | IPC-chercheur | 60 | Paramétrisations, physique commune | C | |
| Martin Menegoz | CNRM | Thésitif | 100 | Couplage aérosols-climat | D | |
| Dirk Olivié | CNRM | Post-Doc QUANTIFY | 25 (50% sur 18 mois) | Couplage chimie-climat | D | |
| Serge Planton | CNRM | IPC-chercheur | 30 | Coordination du projet, physique commune, ESCRIME | A C D | |
| Annie Rascol | CNRM | Technicienne | 30 | Informatique | A C D | |
| Jean-François Royer | CNRM | IPC-chercheur | 30 | Climat du futur, cyclones tropicaux | A | |
| David Saint-Martin | CNRM | IPC-chercheur | 50 | Couplage chimie-climat | D | |
| David Salas y Melia | CNRM | IPC-chercheur | 70 | Climat du futur, glace de mer, hautes latitudes, aérosols | A C D | |
| Samuel Somot | CNRM | IPC-chercheur | 80 | Regionalisation, couplage Méditerranée | B | |
| Florence Sevault | CNRM | IT-ingénieur | 100 | Couplage Méditerranée | B | |
| Hubert Teyssède | CNRM | IPC-ingénieur | 40 | Couplage chimie-climat | D | |
| Sophie Tyteca | CNRM | Technicienne | 50 | Simulations climatiques, informatique | A C D | |

MISSTERRE

| | | | | | | |
|-------------------------|----------|-----------------------------------|------------------------|---|---------|--|
| Aurore Voldoire | CNRM | IT-chercheur | 70 | Climat du futur et du passé, utilisation des sols, validation | A D | |
| XXX | CNRM | Post-doc ENSEMBLES | 50 (18 mois sur 36) | | A | |
| YYY | CNRM | Post-doc ENSEMBLES | 50 (18 mois sur 36) | | A | |
| Sébastien Denvil | IPSL | Ingénieur | 100 | Simulations couplées de référence | A C E | |
| Patricia Cadule | IPSL | Ingénieur | 100 | Climat-carbone, infrastructure | A D E | |
| Marie-Angèle Filoiberti | IPSL | Ingénieur | 80 | Transport atmosphérique | B C D | |
| Marie-Alice Foujols | IPSL | Ingénieur | 80 | Couplage et infrastructure | A C D E | |
| Martial Mancip | IPSL | Ingénieur | 60 | Modèle ORCHIDEE, Scripts | D E | |
| Vicky Serafini | IPSL | Ingénieur | 100 | Projet ONERC | A | |
| M. Bonazzola | LMD | MC ParisVI | 30 | Développement modèle atmosphère | C | |
| S. Bony | LMD | CR CNRS | 50 | Convection, nuages, evaluation, biais systématiques, Sensibilité climatique | A C | |
| F. Codron | LMD | MC ParisVI | 30 | Developpement modèle, Ajustements, Evaluation | A C | |
| J.L. Dufresne | LMD | CR CNRS | 70 | Developpement cpl, Physique commune, Sensibilité climatique | A B C D | |
| L. Fairhead | LMD | CR CNRS | 80 | Modèle atmosphère, Diffusion des données | C D E | |
| F. Hourdin | LMD | CR CNRS | 50 | Modèle atmosphère, Physique commune, Biais systématiques | A C | |
| A. Jejcic | LMD | IR CNRS | 80 | Modèle d'atmosphère, parallélisation | C E | |
| J.-Y. Grandpeix | LMD | CR CNRS | 50 | Atmosphère, Physique commune | C | |
| M.-P. Lefebvre | IPSL/LMD | Ingénieur Météo | 100 | Physique commune | C | |
| P. Le Van | LMD | IR CNRS | 30 | Developpement modèle LMDZ | C E | |
| L. Li | LMD | CR CNRS | 30 | Atmosphère, régionalisation | B C | |
| F. Lott | LMD | CR CNRS | 30 | Atmosphère Developpement haute résolution verticale | A C | |
| I. Musat | LMD | IE CNRS | 60 | Atmosphère, Evaluation, Biais systématique Tests de sensibilité | A C | |
| C. Riot | LMD | Thésitif | 80 | Couche limite/convection atmosphérique, Physique commune | C | |
| A. Idelkadi | LMD | IE CNRS (en cours de recrutement) | 80 | Support modèle LMDZ | C E | |
| C. Risi | LMD | Thésitif | 100 | Isotopes de l'eau | A C | |

MISSTERRE

| | | | | | | |
|-------------------|----------|--------------------------------|-----|--|---------|--|
| K. Laval | LMD | Professeur | 10 | Responsable hydrologie | A D | |
| Ch. Dorgeval | LMD | Thésitif | 30 | Hydrologie de surface | A D | |
| J. Ghattas | LMD/LSCE | Post doctorant en recrutement. | 100 | Interfaces physiques et couplage | C E | |
| F. d'Andrea | LMD | CR CNRS | 20 | Analyses, biais systématique | A | |
| V. Sathiyamoorthy | LMD | Post doc CNES | 50 | Evaluation, biais systématiques | A | |
| F. Cheruy | LMD | CR CNRS | 20 | Evaluation, biais systématiques | A | |
| J. P. Duvel | LMD | DR CNRS | 20 | Evaluation, circulation tropicale | A | |
| G. Gastineau | LMD | Thésitif | 60 | Analyse simulations couplées | A | |
| K. Goubanova | LMD | Thésitif | 50 | Analyses régionales et extrêmes | A B | |
| G. Lapeyre | LMD | CR CNRS | 20 | Moyennes latitudes | A | |
| R. Rocca | LMD | CR CNRS | 20 | Validation , vapeur d'eau rétroaction | A | |
| S. Jamili | LMD | IE CNRS | 40 | Diffusion information | A | |
| A. Konto | LMD | ATOS ParisVI | 40 | Diffusion | A | |
| C. Levy | LOCEAN | IR CNRS | | Modèle d'océan, infrastructure | C D E | |
| S. Masson | LOCEAN | Physicien | 50 | Modèle d'océan, couplage haute résolution, flux de chaleur | A C E | |
| G. Madec | LOCEAN | CNRS | 30 | Océan et projet DRAKKAR | A C | |
| R. Benshila | LOCEAN | IR CNRS | 25 | Modèle d'océan | C E | |
| C. Tallendier | LOCEAN | IE CNRS | 25 | Modèle d'océan | C E | |
| J.P. Boulanger | LOCEAN | CNRS | 20 | Variabilité Amérique de sud | A | |
| E. Guilyardi | LOCEAN | CR CNRS | 40 | Variabilité ENSO, océan , couplage, infrastructure | A C E | |
| A. Lazar | LOCEAN | MC ParisVI | 20 | Variabilité océan atlantique | A | |
| P. Terray | LOCEAN | MC ParisVII | 20 | Variabilité océan indien, mousson | A | |
| S. Dominial | LOCEAN | | 20 | Variabilité océan indien, mousson-ENSO | A | |
| J. Vialard | LOCEAN | IRD | 20 | Océan flux de chaleur | C | |
| C. Frankignoul | LOCEAN | Pr Paris VI | 10 | Variabilité atlantique, flux de chaleur | A | |
| J ; Mignot | LOCEAN | Post doc | 30 | Variabilité atlantique, circulation thermohaline | A C | |
| P. Braconnot | LSCE | Ingénieur-chercheur CEA | 50 | Coordination du projet, couplage océan-atmosphère, biais systématiques, évaluation, interfaces physiques | A C D E | |
| O. Marti | LSCE | Ingénieur-Chercheur CEA | 50 | Couplage océan-atmosphère, biais systématiques, interfaces physiques, optimisation | A C D E | |
| P. Friedlingstein | LSCE | CR CNRS | 50 | Couplage climat-cycles, développement modèle Système Terre | A D | |
| N. deNoblet | LSCE | Ingénieur-Chercheur CEA | 30 | Couplage végétation-climat, utilisation des sols Projet DIVA | A D | |
| E. Davin | LSCE | Thésitif | 80 | Utilisation des sols | A D | |
| L. Bopp | LSCE | CR CNRS | 30 | Cycle du carbone océanique | A D | |

MISSTERRE

| | | | | | | |
|------------------|------|--|-----|---|-------|--|
| Y. Balkanski | LSCE | Ingénieur-chercheur CEA | 30 | Couplage aérosols climat | A D | |
| C. Déandreis | LSCE | Thésitif | 80 | Couplage aérosols climat | A D | |
| M. Schulz | LSCE | Ingénieur-chercheur CEA | 30 | Couplage aérosols climat | A D | |
| D. Hauglustaine | LSCE | CR CNRS | 30 | Couplage chimie climat | A D | |
| P. Brockmann | LSCE | Ingénieur CEA | 80 | Graphiques, scripts | E | |
| A. Caubel | LSCE | Ingénieur CEA | 100 | Couplage et infrastructure | C D E | |
| A. Cozic | LSCE | Ingénieur CEA | 50 | Modèle INCA | D E | |
| J. Bellier | LSCE | Ingénieur CEA | 100 | Infrastructure | E | |
| S. Piao | LSCE | Post-doctorant | 50 | Modélisation biosphérique, émission de méthane | D | |
| Y. Meurdesoif | LSCE | Ingénieur CEA | 100 | | E | |
| M. Kageyama | LSCE | CR CNRS | 30 | Paleoclimat, passages dépressionnaires, calotte | A | |
| A. Laîné | LSCE | Thésitif (CEA+CNRM) | 20 | Climats passés et futurs, passages dépressionnaires | A | |
| D. Swingedouw | LSCE | CR CNRS | 40 | Climat futur, circulation themohaline | A D | |
| S. Charbit | LSCE | Ingénieur-chercheur CEA | 20 | Climat futur, couplage calotte | A D | |
| N. Viovy | LSCE | Ingénieur-chercheru CEA | 20 | Modèle de surface continental | D | |
| | | | | | | |
| H. Gallée | LGGE | | 20 | Couplage régional MAR | B | |
| G. Krinner | LGGE | CR CNRS | 30 | Climat des hautes latitudes, modèle de surface continentale | A B D | |
| C Ritz | LGGE | CR CNRS | 20 | Modèle de calotte, couplage climat-calotte | A D | |
| C. Genthon | LGGE | CNRS | 20 | Climat arctique | A | |
| M. Gerbau | LGGE | | 20 | Glaciers alpins | A | |
| H. Goosse | UCL | | 10 | Glace de mer | A C | |
| Th. Fichefet | UCL | | 10 | Glace de mer | A C | |
| W ; Lefebvre | UCL | | 25 | Glace de mer | A C | |
| M. Vancoppenolle | UCL | | 20 | Glace de mer | A | |
| | | TOTAL équivalent temps plein | 58 | | | |
| | | dont collaborations internationales | | | | |

2. EQUIPEMENT DISPONIBLE POUR LA REALISATION DU PROJET (préciser dans quel laboratoire)

Dans chacun des laboratoires les personnels disposent de station de travail et sont reliés au réseau. Les différents logiciels nécessaires sont accessibles soit en local soit sur les centres de calcul sur lesquels sont effectués les simulations.

Au cours du projet le budget doit permettre de maintenir le matériel au plus haut niveau pour pouvoir analyser les grands flots de données et effectuer des graphiques de qualité. Une station de travail doit être changée en moyenne tous les 3 ans et il faut prévoir le matériel pour les stagiaires et le personnel temporaire travaillant sur le projet.

Les différents centres disposent aussi de capacité de stockage. La diffusion des données est effectuée via des serveurs dods et il faut pouvoir augmenter au cours du projets cette capacité de stockage et d'accès rapide aux données.

3. MOYENS DEMANDES HORS APPEL D'OFFRE LEFE (indiquer ici les moyens demandés aux commissions scientifiques en charge de l'examen des demandes de campagnes à la mer, « Vols Avion », « Vols Ballon », les commissions de l'IDRIS pour le temps calcul, les demandes de soutien à la DT INSU, etc...). Pour les projets comportant une **campagne en mer** sur la flotte hauturière de l'Ifremer, les proposants doivent remplir l'annexe 2. Pour les autres demandes de moyens indiquer précisément la nature de la demande et la justifier (joindre éventuellement une annexe qui pour les vols avion peut-être le dossier de demande disponible sur www.saphir.fr).

Les simulations sont sous-tendues à l'obtention d'heures de calcul sur les grands centres nationaux (IDRIS, CEA, Météo-France). En se basant sur l'allocation de calcul pour 2006, les moyens de calcul demandés sont de l'ordre de 160 heures CPU par an et seront en augmentation d'environ 20% par an avec l'arrivée de la haute résolution, les simulations utilisant une modèle du système terre et la systématisation des scénarios à l'échelle régionale.

4. LABELISATION DE BOURSES POST-DOCTORALES OU DOCTORALE : Le financement de bourses doctorales ou post-doctorales ne peut pas être pris en compte dans le cadre de l'Appel d'Offre LEFE. Par contre, **un soutien sous la forme d'un label** pourra être accordé à une demande de bourse doctorale ou post-doctorale déposée auprès d'un organisme partenaire de LEFE.

Nature de la bourse (doctorale ou post-doctorale) :

Organismes concernés par la demande :

Nom de l'encadrant principal :

Titre de la demande :

Résumé du sujet (500 mots maximum) :

Nous ne faisons pas de demande explicite pour cette année concernant les bourses doctorales et postdoctorales. Nous identifieront au cours du projet les thématiques qui ont besoin d'être renforcées et indiquerons à ce moment là les priorités issues du projet.

MISSTERRE

5 DEMANDE DE FINANCEMENTS DANS LE CADRE DE L'APPEL D'OFFRE LEFE

NB : pour les projets pluriannuels présenter un calendrier

Nous avons reporté le budget à l'identique par rapport à la demande de l'an dernier. La présentation a été améliorée pour rendre le budget plus lisible. Le report par année est listé dans le tableau de synthèse (récapitulatif de la demande budgétaire).

5.1. FONCTIONNEMENT

A détailler et justifier poste par poste pour toute la durée du projet. Comprend aussi les coûts ARGOS à indiquer en nombre de jours d'émission.

| Partenaire | Nature des frais | Coût (euros) | TOTAL sur 3ans |
|---------------------|---|--|----------------|
| Coordination | Edition livre blanc | 2000 | 2000 |
| CERFACS | Station de travail Publications Organisation formation OASI ouvertes à tous les chercheurs Organisation d'ateliers sur les outils de couplages | 2000 1000 / an 1000 / an 2000 | 10000 |
| CNRM | Publications Stations de travail (2/an) Capacité de stockage | 2520 / an 3000 / an 2000 / an | 22560 |
| IPSL | Stations de travail (6/an) Capacité de stockage Publications notes IPSL Articles dans des revues à comité de lecture | 9500 / an 2000 / an 5000 / an 2000 / an | 55500 |
| TOTAL projet | | | 90060 |

Commentaires :

Le matériel informatique, station de travail ou ordinateur portable (coût unitaire 1500 euros) doit être changé tous les 3 ans pour les besoins de la modélisation.

Le CNRM compte environ 12 équivalents temps plein en comptant les personnes engagées à plus de 30% et l'IPSL en compte 29.

Pour le CNRM, le projet CICLE couvre 1 station. Pour l'IPSL le projet CICLE couvre 1/3 des besoins des ingénieurs, le projet ENSEMBLES couvre 4 stations sur 5 ans, et projet ONERC couvre 1 station. Le matériel demandé couvre donc les besoins des permanents les plus impliqués dans MISSTERRE après soustraction des besoins déjà couverts.

De même, la réalisation et la diffusion des simulations de référence nécessitent d'augmenter graduellement au CNRM et à l'IPSL la capacité de stockage des données. Le projet ONERC couvre l'achat de 6 disques de 300Go pour le CNRM.

Les besoins des personnes dont les temps sont <30% sont couverts par d'autres projets (ex ANR ou projets LEFE-EVE ou projets européens).

5.2 MISSIONS :

A détailler et justifier poste par poste pour toute la durée du projet

| Partenaire | Nature des frais | Coût (euros) | TOTAL sur 3ans |
|--------------|---|--|----------------|
| Coordination | Organisation de 2 jours ESCRIMZ-GIEC à l'automne 2006 (40 personnes, dont extérieurs) Réunion annuelle projet ESCRIME (60 personnes) Journées ciblées sur réflexion modèle nouvelle génération (20 personnes et invités extérieurs) Préparation exercice GIEC AR5 (40 personnes) | 7200 6900 / an 5100 / an 8600 | 51800 |
| CERFACS | AR Paris-Toulouse (ingénieur CNRS) pour la mise | 1000 / an | 9000 |

MISSTERRE

| | | | |
|--------------|---|--|--------|
| | en place des modèles couplés utilisant OASIS (2 par an) AR Paris-Toulouse pour coordination ESCRIME, participation au WG1-GIEC et développement couplages Mission en europe pour le réseau d'expertise PRISM (S. Valcke) | 1000 / an 1000 / an | |
| CNRM | Réunion physique commune (3 personnes) Participation au réseau d'expertise PRISM (2 personnes) Présentation des résultats à l'EGU (2 personnes) Présentation à l'AGU (1 personne) Présentation à autres colloques ou groupes de travaux internationaux (1 personne) | 1245 / an 1200 / an 1800 / an 1500 / an 1500 / an | 21735 |
| IPSL | Réunions physique commune (8 personnes) Coordination PRISM (E. Guilyardi) : 1 voyage europe et 1 hors europe, organisation de formation Participation personnel IPSL réseau PRISM (10 personnes) Présentation des résultats à l'EGU (5 personnes) Présentation des résultats à l'AGU (3 personnes) Autres colloques ou groupes de travail internationaux (3 personnes) Frais de déplacement pour nos collègues de Louvain (3 personnes, 2 fois par an) Frais de déplacement pour nos collègues de Grenoble (hors projet CASTOR) | 3290 / an 3300 / an 3000 / an 4500 / an 4500 / an 4500 / an 3200 / an 3200 / an | 88470 |
| TOTAL projet | | | 170005 |

Commentaires :

Pour calculer les frais de mission en France, nous avons appliqué 15 euros / personne et par jour pour les frais de journée et un coût moyen de trajet (ex Paris-Toulouse) de 400 euros.

Comme tous les participants aux réunions ne sont pas obligés de se déplacer, nous avons limité le nombre de voyages à 15 personnes pour les réunions ESCRIME et annuelles du projet, 12 personnes pour les réunions ciblées et 20 personnes pour la réunion de préparation du GIEC la dernière année. Ces estimations tiennent compte que les réunions en province (ex. Toulouse mobilisent plus de voyage (plus grand nombre de personne localisé en région parisienne) que les réunions à Paris. Ce critère a aussi été utilisé pour les réunions physiques communes qui se tiennent 2 fois par an en alternance entre Paris et Toulouse.

Les frais de voyage en Europe sont estimés à 900 euros et hors Europe à 1500 euros

L'IPSL prend en charge les missions de Grenoble et Louvain la Neuve, hors réunion de coordination (sous rubrique coordination).

5.3 ANALYSES : Pour les analyses (in situ ou au laboratoire) une justification détaillée (e.g. coût unitaire de l'analyse et nombre d'analyses prévues, coût total par poste) des dépenses envisagées doit être fournie (remplir l'annexe 1). Reprendre ici le montant total de la demande.

5.4 ÉQUIPEMENT SPÉCIFIQUE

A détailler et justifier pour toute la durée du projet.

5.5 EQUIPEMENT MI-LOURD

Les équipements dont l'acquisition en 2006 est nécessaire à la réalisation du projet et ayant fait l'objet d'une demande INSU à l'automne 2005 devront être impérativement mentionnés ici. Pour les projets pluriannuels, dont la réalisation nécessite l'acquisition d'équipement mi-lourds au-delà de 2006, les demandes doivent être impérativement mentionnées ici accompagnées d'une justification scientifique et technique, d'une évaluation financière et d'une indication sur le co-financement (mentionner l'équipement et la demande financière ici et remplir un dossier de demande mi-lourd).

5.6 TOTAL GÉNÉRAL DES CRÉDITS DEMANDÉS AU PROGRAMME LEFE :

6. AUTRES FINANCEMENTS (attribués ou demandés hors de l'appel d'offre LEFE, y compris dans le cadre européen). A détailler et justifier pour toute la durée du projet.

Budgets complémentaires :

ENSEMBLES : permet essentiellement de financer des CDD sur le projet, le matériel et les missions dont ils ont besoins ainsi que les missions des permanents travaillant sur le projet 84000 euros pour IPSL+LGGE sur 5 ans, 98000 euros pour CNRM sur 5 ans.

ANR CICLE : financement à l'IPSL de la partie D.1 pour tout ce qui concerne le parallélisme et le portage sur différents ordinateurs, du couplage. Inclut les missions spécifiques au projet et du personnel supplémentaire

Projet ONERC : diffusion des données : finance 1 personne, ses missions et le matériel informatique dont elle a besoin pour travailler

D'autres projets contribuent à MISSTERRE, mais nous n'avons pas tenu compte du financement des personnes concernées dans le projet MISSTERRE en faisant l'hypothèse que le financement existait par ailleurs. Cela concerne une bonne partie des développements du couplage végétation/climat, les simulations paléoclimatiques et une partie du couplage avec la calotte. Des projets d'analyses existent aussi dans les différents groupes, contribuent à MISSTERRE pour l'apport de l'expertise. Les financements individuels pour MISSTERRE ne sont pas pris en compte sauf pour la participation aux réunion communes (dans la partie réunion coordination).

Pour l'IPSL ce projet fait suite au projet MC2 qui ne comprenait que les parties simulations du GIEC et analyse et pour lequel un budget de 50000 euros/ an était attribué.

MISSTERRE

Récapitulatif de la demande budgétaire

| | Année 1 | Année 2 | Année n |
|---|---------|---------|---------|
| FINANCEMENTS DEMANDES AU PROGRAMME LEFE | | | |
| Fonctionnement | | | |
| Coordination | 2000 | | |
| 1CERFACS | 4000 | 4000 | 2000 |
| CNRM | 7520 | 7520 | 7520 |
| IPSL | 18500 | 18500 | 18500 |
| Missions | | | |
| Coordination | 19200 | 12000 | 20600 |
| CERFACS | 2000 | 2000 | 2000 |
| CERFACS-PRISM | 1000 | 1000 | 1000 |
| CNRM | 7245 | 7245 | 7245 |
| IPSL | 16790 | 16790 | 16790 |
| IPSL-PRISM | 6300 | 6300 | 6300 |
| IPSL-LGGE-UCL | 6400 | 6400 | 6400 |
| Total demandé à LEFE | 90955 | 81755 | 88355 |
| AUTRES FINANCEMENTS DEMANDES OU OBTENUS (préciser) | | | |
| Projet européen | | | |
| ANR | | | |
| PNTS | | | |
| | | | |
| Total autres financements | | | |

TOTAL du financement demandé : 261065 euros

Note : pour la première année 60000 euros (36000 pour 2006 et 24 000 pour 2007) ont été attribués au projet sur les 90955 demandés.

Le budget 2006 a servi à organiser la journée ESCRIME (frais journée, pauses café, voyages), à publier le « livre blanc » ESCRIME, à augmenter la capacité de stockage des données, et à l'organisation d'une journée de réflexion par rapport aux propositions de scénarios pour le GIEC AR5.