

Réchauffement climatique : les nouveaux résultats des modèles français

Conférence de presse Paris - Jeudi 2 juin 2005



Contacts presse :

- CNRS : Gaëlle Multier - Tél 01 44 96 46 06 - gaelle.multier@cnrs-dir.fr
Christiane Grappin - Tél 01 44 96 43 37 - christiane.grappin@cnrs-dir.fr
- Météo-France : Julien Guillaume - Tél 01 45 56 71 32 - presse@meteo.fr
- CEA : Alexandra Bender - Tél 01 40 56 17 16 - a.bender@cea.fr
- IPSL : Catherine Senior - Tél 01 44 27 84 41 - catherine.senior@ipsl.jussieu.fr



Conférence de presse

Réchauffement climatique : les nouveaux résultats des modèles français

Paris - Jeudi 2 juin 2005

SOMMAIRE

- Liste des intervenants à la conférence de presse
- Présentation du GIEC (Groupe intergouvernemental d'Experts sur l'Evolution du Climat)
- Les nouveaux résultats des modèles français
- Graphiques :
 - Les scénarios de base
 - Les scénarios complémentaires
 - Réchauffement à la fin du 21^{ème} siècle par rapport au climat actuel suivant le scénario A2
 - Réchauffement à la fin du 21^{ème} siècle par rapport au climat actuel suivant le scénario B1
- Présentation de l'Institut Pierre Simon Laplace (IPSL)
- Présentation du Centre National de Recherche Météorologique (CNRM)

Les illustrations peuvent être téléchargées aux adresses suivantes :

<http://www.meteo.fr>, <http://www.cnrs.fr>, <http://www.cea.fr>, <http://www.ipsl.jussieu.fr>



INTERVENANTS À LA CONFERENCE DE PRESSE

Le GIEC (Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'Evolution du Climat)

- **Jean Jouzel**, directeur de l'Institut Pierre Simon Laplace (IPSL), membre du bureau du GIEC et vice-président du groupe scientifique

Les nouveaux résultats des modèles français de l'Institut Pierre Simon Laplace (IPSL¹) et du Centre National de Recherche Météorologique - Groupe d'étude de l'Atmosphère Météorologique (CNRM -GAME²)

- **Eric Brun**, directeur de la Recherche à Météo-France
- **Pascale Braconnot**, responsable du pôle de modélisation du climat à l'IPSL

En présence de

Sylvie Joussaume, directrice de l'Institut national des sciences de l'Univers (INSU-CNRS)

Alain Ratier, directeur général adjoint de Météo-France

Laurent Turpin, directeur du laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (CNRS/CEA)

¹ L'Institut Pierre-Simon Laplace, fédération de recherches du CNRS comprenant cinq laboratoires, est placé sous la tutelle du CEA, CNES, CNRS, ENS, Ecole Polytechnique, IRD, UPMC, UVSQ.

² Les travaux de modélisation sont réalisés par le GAME (Groupe d'étude de l'Atmosphère Météorologique), unité de recherche associée au CNRS au sein du Centre National de Recherches Météorologiques de Météo-France.



Présentation du GIEC (Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'Evolution du Climat)

Dès la fin du 19^{ème} siècle, le suédois Svante Arrhénius attirait l'attention sur le réchauffement lié aux rejets de gaz carbonique dus à l'utilisation du charbon. Mais ce n'est qu'à partir des années 1970 que le problème de l'action potentielle des activités humaines sur le climat commence à préoccuper la communauté scientifique internationale qui s'est alors rapidement organisée. Dès 1979, l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) met sur les rails le Programme Mondial de Recherche sur le Climat (PMRC). En 1986, le comité international qui regroupe l'ensemble des organisations scientifiques, conscient des interactions fortes qui existent entre climat et environnement, lance un programme ambitieux dédié à l'étude de la géosphère et de la biosphère (Programme International Géosphère-Biosphère). Les laboratoires français ont participé aux deux programmes internationaux.

Même si l'existence d'un lien entre activités humaines et réchauffement climatique ne repose alors que sur les prédictions de modèles assez rudimentaires, les scientifiques sont déjà convaincus de la nécessité d'établir un diagnostic vis-à-vis du rôle potentiel des activités humaines sur le climat. C'est l'objectif qu'ils assignent au GIEC (le Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'Evolution du Climat plus connu sous son sigle IPCC : *International Panel on Climate Change*), créé en 1988 sous les auspices conjoints de deux organisations dépendant de l'ONU, le PNUE (Programme des Nations Unies pour l'Environnement) et l'OMM.

Dès le départ, le GIEC s'intéresse à trois volets distincts. Le groupe I traite des éléments scientifiques de l'évolution du climat. Le groupe II est en charge d'en examiner les conséquences et d'analyser la vulnérabilité au changement climatique et les mesures d'adaptation. Le groupe III s'intéresse aux mesures d'atténuation.

A ce jour, trois rapports complets ont été publiés, le premier en 1990, le second en 1995 et le troisième en 2001. La sortie du quatrième rapport, en cours de rédaction, est prévue pour l'automne 2007.

Chaque rapport individuel est divisé en chapitres dont la première rédaction est confiée à une équipe d'une dizaine de chercheurs de différents pays. Pour accomplir cette tâche, chaque rédacteur sollicite des contributions de chercheurs impliqués dans le domaine concerné. A partir de ces très volumineux rapports (près d'un millier de pages) sont rédigés des résumés d'une cinquantaine de pages puis les « Résumés pour décideurs » beaucoup plus courts et écrits de façon très accessible. Le tout est complété d'un rapport de synthèse. Une fois rédigés, ces différents documents reçoivent les commentaires de la communauté scientifique (re-lecteurs) et ceux des représentants des instances gouvernementales. Le processus de rédaction et de relecture prend, à chaque fois, plus de deux ans pour que soit proposé aux gouvernements un texte qui ait l'approbation de la communauté scientifique qui participe largement à ce processus.

A titre d'exemple, plus de 1000 scientifiques ont participé au dernier rapport du groupe I comme rédacteurs (122, sélectionnés parmi un grand nombre de candidats proposés par

les gouvernements), contributeurs (515), examinateurs (420) ou éditeurs (21). Les commentaires provenant de différentes sources (communauté scientifique, instances gouvernementales mais aussi organisations non gouvernementales) sont pris en compte par les rédacteurs et les textes sont amendés en conséquence. Vient alors la dernière étape avant publication, celle de l'approbation par les gouvernements représentés au GIEC (une centaine de pays). Les « Résumés pour Décideurs » sont discutés ligne à ligne par les délégués de ces différents pays et approuvés, après modifications éventuelles au cours de réunions auxquelles peuvent assister, au titre d'observateurs, des représentants d'organisations non gouvernementales. La règle est celle du consensus. La participation française est importante, 14 scientifiques font partis du groupe de travail n°1.

La prédiction du réchauffement climatique lié aux activités humaines repose sur une hiérarchie de **modèles**, des plus simples aux plus complexes : les modèles couplés océan-atmosphère qui permettent d'en prévoir la répartition géographique et les caractéristiques. C'est à partir de cette approche de modélisation que le dernier rapport du GIEC (2001) prédit à l'horizon 2100 un réchauffement moyen compris entre 1,4 et 5,8 °C. L'amplitude du réchauffement dépend à la fois du **scénario d'émission** des gaz à effet de serre et de la **nature des modèles**.

Le 4^{ème} rapport est l'objet d'un effort de modélisation sans précédent largement basé sur l'utilisation de modèles couplés. Il s'agit d'un effort concerté dans le cadre du GIEC qui recommande l'utilisation d'un nombre limité de scénarios. Les simulations doivent être réalisées au printemps 2005 pour pouvoir être intégrées au prochain rapport à paraître en 2007. Les modèles de l'IPSL (auxquels participent le LMD³, le LOCEAN⁴, le LSCE⁵) et du CNRM⁶ ont contribué à cet exercice.

³ Laboratoire de météorologie dynamique (CNRS - Ecole polytechnique - Université Pierre et Marie Curie - Ecole Normale supérieure)

⁴ Laboratoire d'océanographie et du climat : expérimentations et approches numériques (Université Pierre et Marie Curie, CNRS, Musée national d'histoire naturelle, Institut de recherche pour le développement)

⁵ Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (CEA/CNRS)

⁶ Centre national de recherche météorologique (Météo-France)

Les nouveaux résultats des modèles français

Dans le cadre de la préparation du prochain rapport du GIEC⁷ à paraître en 2007, et à la demande de la Mission Interministérielle sur l'Effet de Serre avec le soutien des organismes de recherche (CNRS, CEA, Météo-France), la communauté climatique française vient de réaliser un exercice de simulation du climat sans précédent. La contribution des équipes françaises à l'élaboration du précédent rapport (2001) avait été limitée à l'exploitation des résultats de quelques simulations (scénarios de croissance régulière de la concentration du gaz carbonique, scénario original prenant en compte le couplage entre le climat et le cycle du carbone, scénarios climatiques régionalisés sur l'Europe, simulation des paléoclimats). C'est la première fois qu'elle participe à la réalisation d'un ensemble important de simulations de scénarios recommandés par le GIEC pour servir de base à l'évaluation des changements climatiques futurs.

Cet exercice de simulation du climat est aussi sans précédent au niveau international. Les simulations recommandées par le GIEC 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. Pour l'élaboration du précédent rapport (2001), seuls 8 groupes de modélisation avaient pu réaliser les simulations de scénarios de changement climatique recommandés et seulement 2 scénarios d'émissions pour le futur avaient été analysés à partir de l'ensemble des modèles (scénarios A2 et B2). L'exercice actuel rassemble les résultats de 14 groupes de modélisation, dont l'IPSL et le CNRM, et l'ensemble des simulations de scénarios climatiques à réaliser a été largement étendu. Ceci va permettre d'étudier de façon plus approfondie les impacts régionaux du changement climatique.

Les différents scénarios climatiques

Les simulations de scénarios climatiques sont au nombre de 11.

- Reproduire et comprendre le climat du 19^{ème} et du 20^{ème} siècle

Le premier scénario, dit de référence, est une simulation non perturbée du climat du milieu du 19^{ème} siècle, correspondant à des conditions proches du pré-industriel. Le deuxième scénario correspond à l'évolution du climat au cours du 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.

- Simuler le climat du 21^{ème} siècle selon divers scénarios

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. Ces scénarios (définis par le GIEC) sont

⁷ Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat

basés sur différents types d'évolution privilégiant une croissance démographique et économique rapide (scénarios A) ou des préoccupations environnementale (scénarios B) avec (type1) ou sans (type 2) transferts de technologie (voir graphique 1). Ces scénarios sont identiques à ceux qui étaient présentés dans le précédent rapport du GIEC. **Par contre, 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 200 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 du début 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% par an de la concentration en gaz carbonique dans l'atmosphère et de deux scénarios de stabilisation à 2 et 4 fois la teneur actuelle. (voir graphique 2)

- L'investissement de calcul

La réalisation de ces scénarios représente un investissement de calcul considérable. Afin de terminer les simulations dans les délais impartis, des arrangements particuliers ont dû être trouvés sur les différents centres de calcul utilisés (centre de calcul de Météo-France à Toulouse, centres du CNRS (IDRIS⁸) et du CEA⁹ pour l'IPSL). L'ensemble des scénarios à réaliser représente environ 2000 années simulées, correspondant à 22 600 heures de calcul pour Météo-France et 20 000 heures de calcul pour l'IPSL, étalés sur 8 à 12 mois. Ces simulations permettent de générer sur des grilles tridimensionnelles de l'océan et de l'atmosphère les données nécessaires pour caractériser l'évolution du climat au cours du temps. Cela représente 13 Teraoctets(To)¹⁰ de données pour Météo-France et 25 To de données pour l'IPSL. Les résultats ont été mis en forme et envoyés dans une base de données internationale localisée à Livermore (USA), d'où elles sont extraites pour être analysées par des chercheurs du monde entier.

Les résultats des modèles climatiques

Les premiers résultats obtenus avec l'ensemble des modèles ayant participé au même exercice suggèrent qu'il est illusoire de s'attendre à une réduction des incertitudes des projections climatiques. Pourtant, globalement, les modèles ont été améliorés depuis le précédent exercice. La complexité du système climatique (banquise, rôle des grands fleuves, ...) est mieux représentée. La raison de ce paradoxe et de cette incertitude tient à la complexité des différentes rétroactions qui se produisent dans le système climatique et la difficulté de la représenter dans les modèles.

- Les résultats des modèles français

Les deux modèles français ont un comportement satisfaisant vis à vis de nombreux critères climatologiques et une sensibilité (augmentation de température pour un scénario donné) légèrement plus forte que la moyenne des autres modèles. Malgré les nombreuses différences concernant la représentation des caractéristiques de la circulation de l'atmosphère et de ses couplages avec la circulation océanique, les surfaces continentales et la glace de mer, les deux modèles simulent un réchauffement planétaire moyen similaire de 4°C en 2100 pour le scénario le plus pessimiste (scénario A2) (voir graphiques 3 et 4). Les résultats des scénarios de stabilisation indiquent que la stabilisation de la concentration du gaz carbonique ne suffit pas à maintenir la température planétaire, le système climatique continuant à se réchauffer d'autant plus fortement que les émissions en gaz à effet de serre

⁸ Institut du Développement et des Ressources en Information Scientifique - CNRS

⁹ Commissariat à l'Energie Atomique

¹⁰ 1 teraoctet = 10¹² octets

sont élevées. Ainsi les deux modèles français suggèrent une augmentation de température additionnelle d'environ 0.5°C pour le scénario B1 (*voir graphiques 5 et 6*) et de 0.7°C pour le scénario A1B à l'horizon de 2300, après stabilisation des concentrations de gaz à effet de serre aux valeurs de 2100. La répartition des changements de température ou de précipitation est aussi très comparable à très grande échelle d'espace (tropiques, moyennes et hautes latitudes, continents par rapport aux océans). Cependant, à l'échelle d'une région particulière de la planète (comme l'Atlantique Nord ou les régions de mousson), les différences sont notables. Cela montre l'intérêt d'utiliser plusieurs modèles dont les comportements sont différents à ces échelles. Une analyse approfondie de l'origine des différences permettra de mieux appréhender la question des incertitudes.

- L'analyse des résultats et le projet ESCRIME

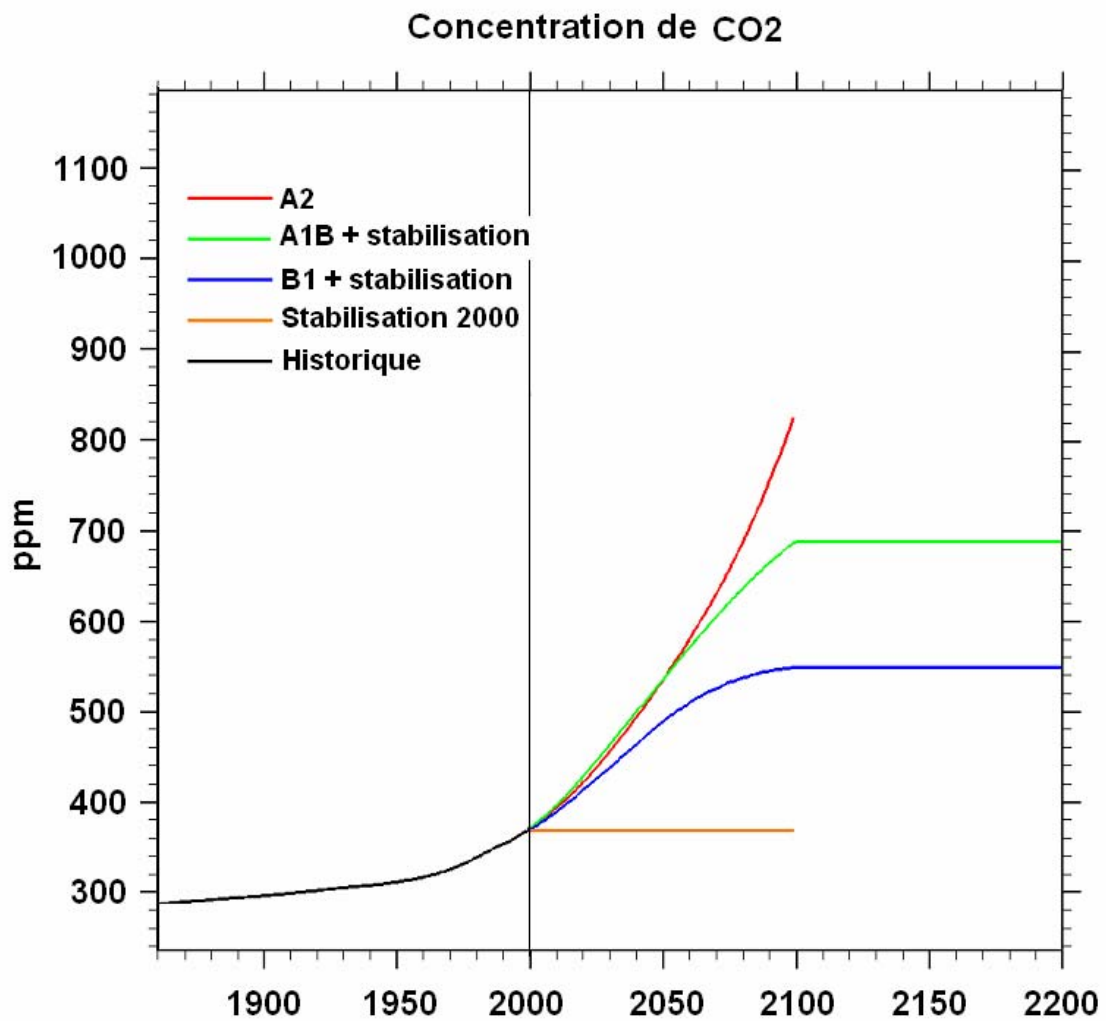
Pour analyser ces simulations, les chercheurs du CNRM, du CERFACS¹¹, de l'IPSL et d'autres laboratoires du CNRS comme le LGGE¹², se sont ralliés sous la bannière du projet ESCRIME (Etude des scénarios climatiques réalisés par l'IPSL et du CNRM). Dans les mois à venir, les nombreux projets d'analyses donneront une bonne image de notre capacité à modéliser le changement climatique (tendance et changement de variabilité). Dans le cadre du projet ESCRIME, un appel a également été lancé pour que d'autres équipes françaises analysent les résultats produits par le CNRM et l'IPSL. Une quinzaine de projets a d'ores et déjà été soumise dont 4 devraient contribuer directement au quatrième rapport du GIEC. Sans être exhaustif, les thématiques abordées concernent en particulier l'étude du rôle des nuages, l'étude des connexions entre les tropiques et nos latitudes, l'étude des régions de mousson, celle des régions australes ou encore l'influence du changement climatique sur les événements extrêmes.

En conclusion, l'activité autour des simulations de scénario climatique qui seront analysées dans le 4^{ème} rapport du GIEC, représente un véritable saut qualitatif par rapport à l'exercice précédent. Ce saut se mesure par le nombre de modèles participants, le nombre d'heures de calcul investi, la taille de la base de données et l'investissement de la communauté scientifique qui va analyser les résultats de ces simulations. Les résultats qui seront présentés dans le quatrième rapport du GIEC porteront sur les grandes tendances du changement climatique, l'analyse des différents facteurs affectant la sensibilité climatique, mais aussi sur une meilleure appréhension du climat aux échelles régionales et un intérêt accru pour la caractérisation des événements extrêmes. La part prise par la communauté scientifique française est aujourd'hui très significative mais cet effort ne pourra être maintenu à l'avenir sans un important investissement notamment en moyens de calcul scientifique ou l'accès aux machines les plus performantes.

¹¹ Centre Européen de Recherche et de Formation en Calcul Scientifique

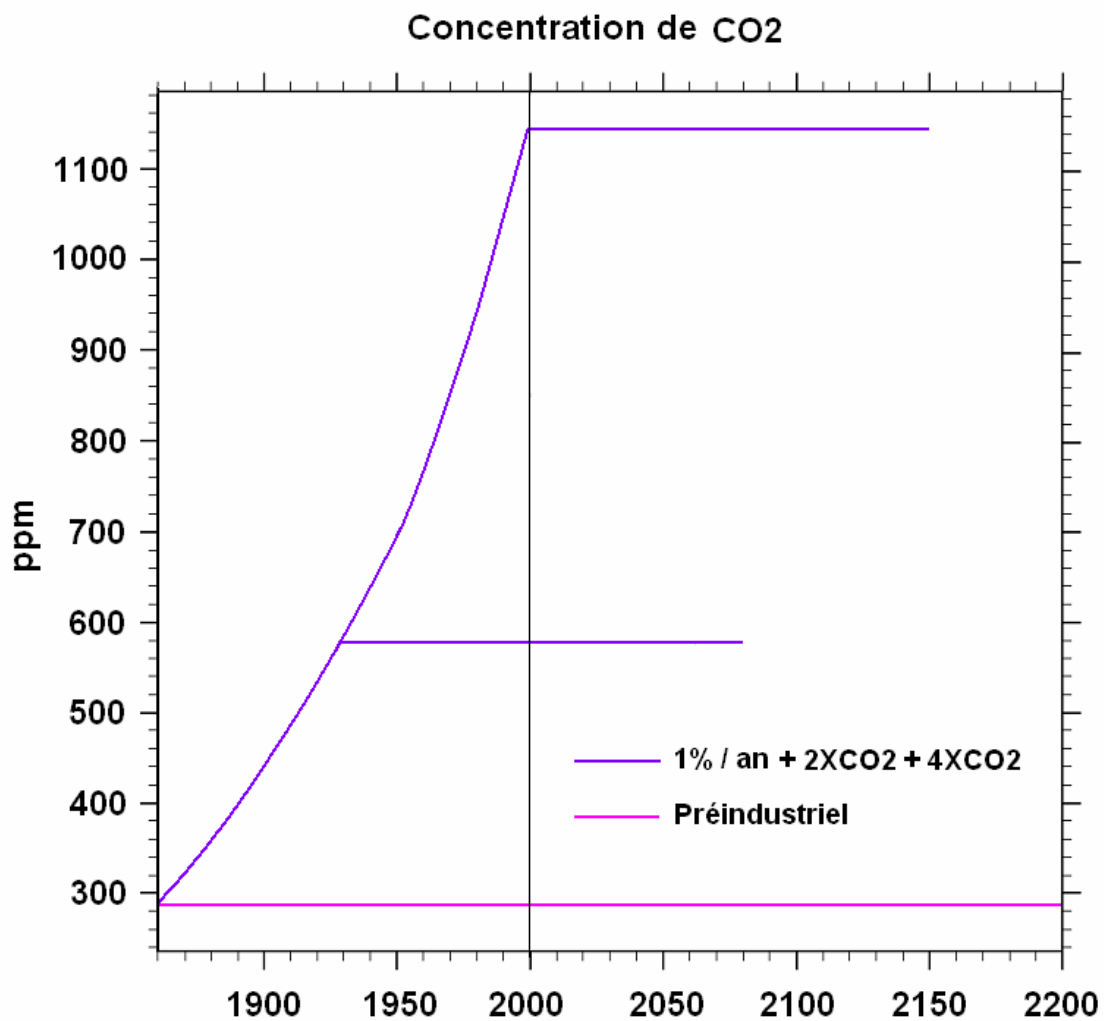
¹² Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement (CNRS/Université de Grenoble I)

Les Scénarios de base Graphique1



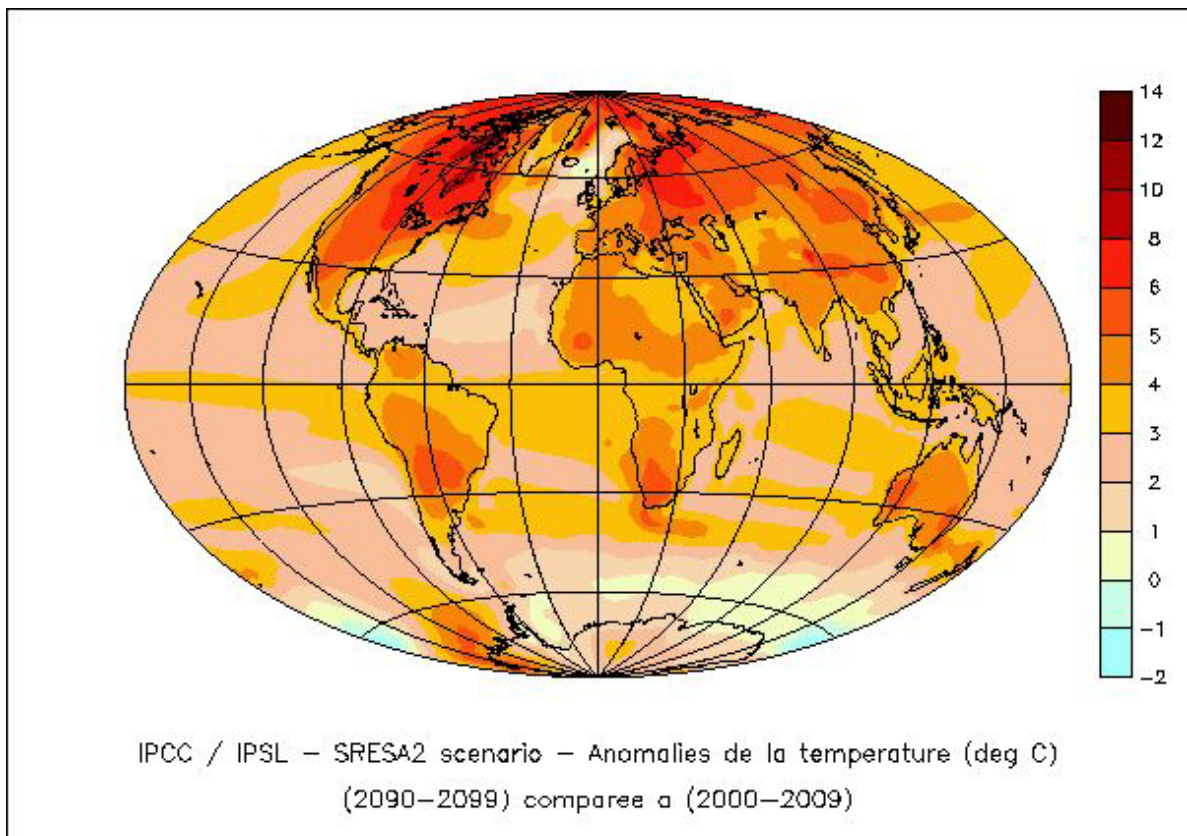
Les scénarios complémentaires

Graphique 2



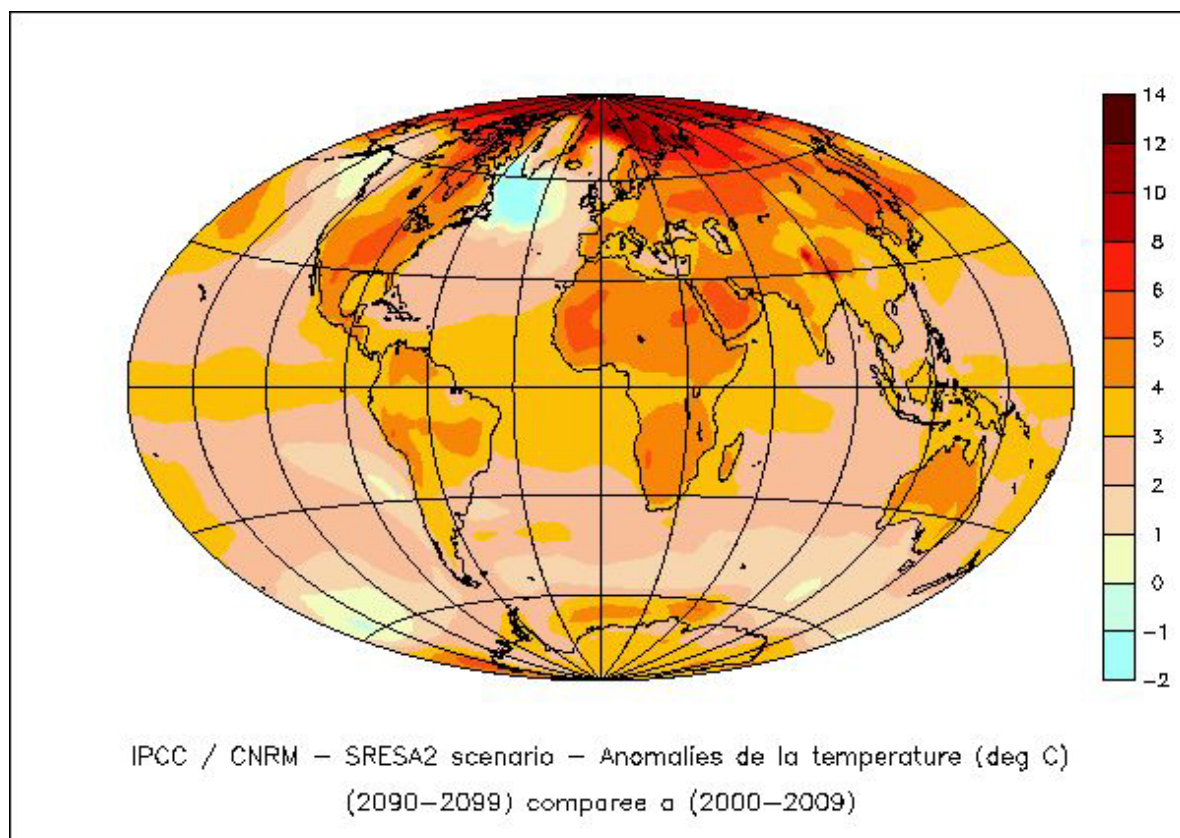
Réchauffement à la fin du 21^{ème} siècle par rapport au climat actuel suivant le scénario A2 (émissions élevées)

a) modèle de l'IPSL : (Graphique 3)



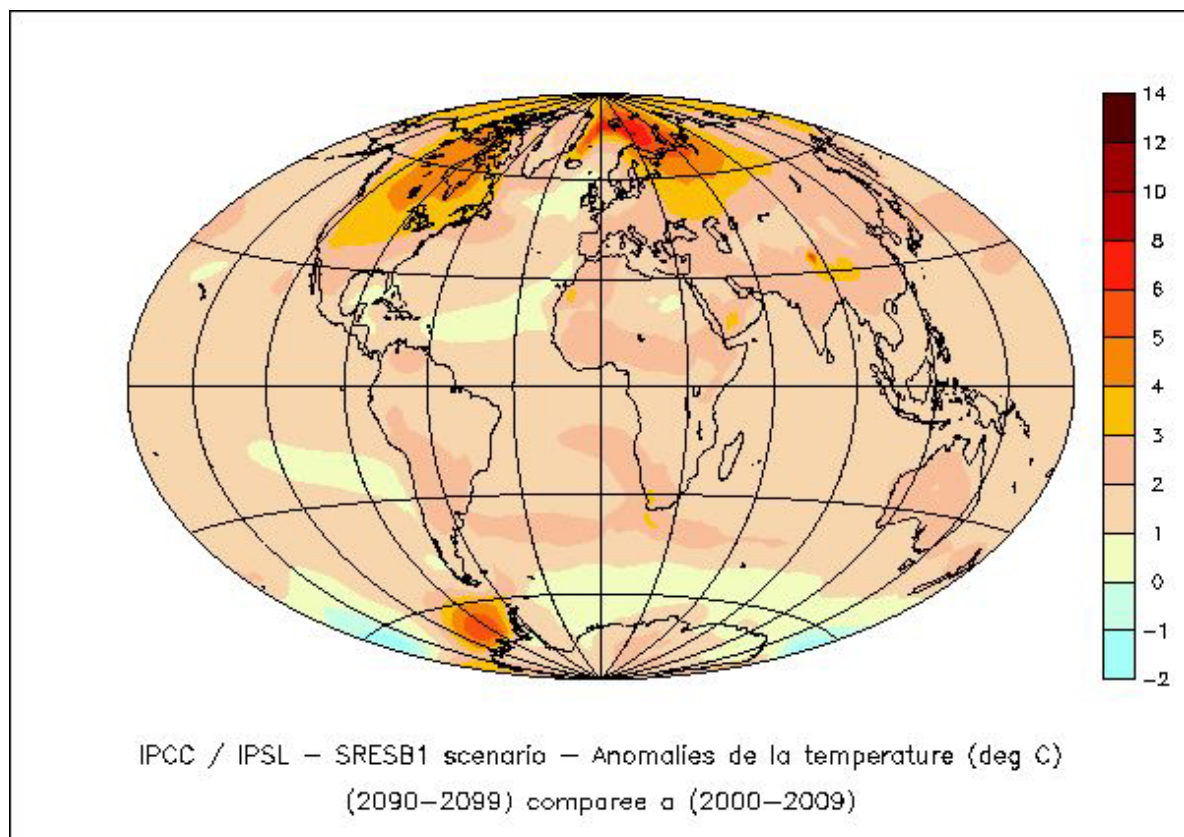
Réchauffement à la fin du 21^{ème} siècle par rapport au climat actuel suivant le scénario A2 (émissions élevées)

b) modèle du CNRM : (Graphique 4)



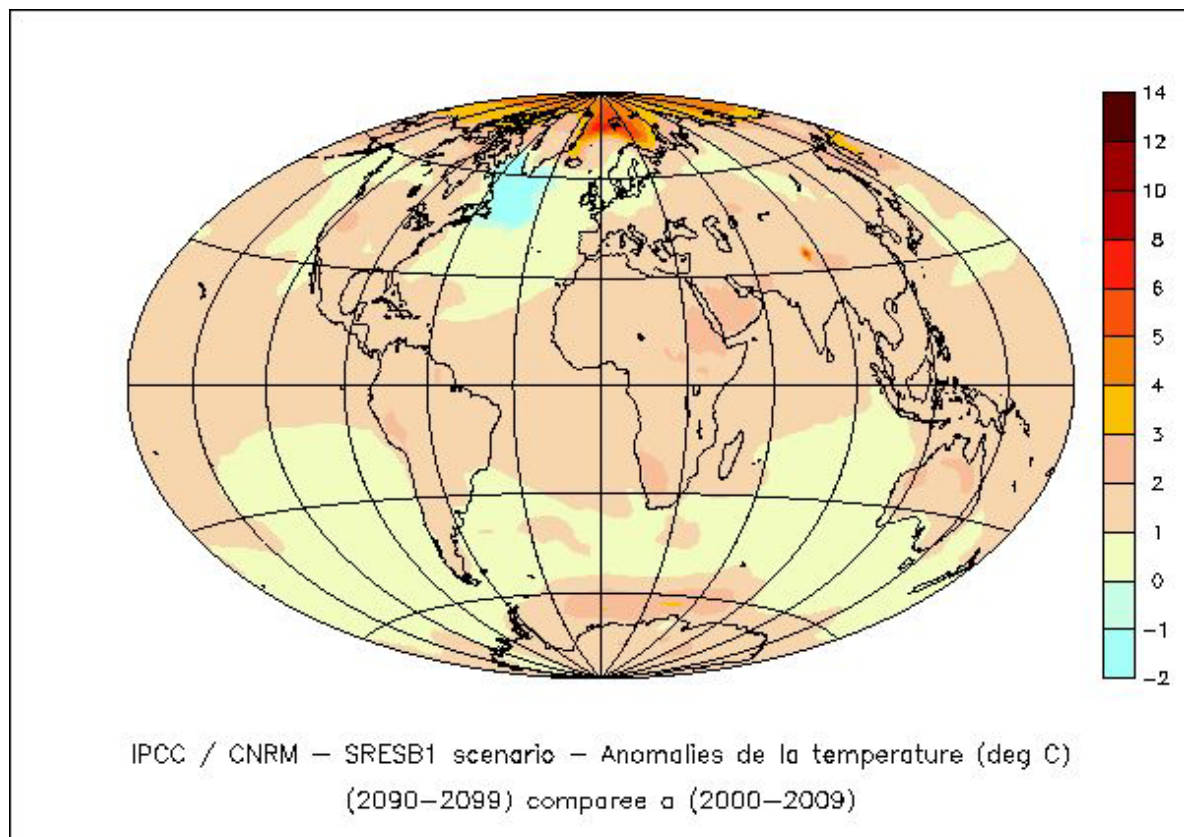
Réchauffement à la fin du 21^{ème} siècle par rapport au climat actuel suivant le scénario B1 (émissions faibles)

a) modèle de l'IPSL (Graphique 5)



Réchauffement à la fin du 21^{ème} siècle par rapport au climat actuel suivant le scénario B1 (émissions faibles)

b) modèle du CNRM (Graphique 6)



INSTITUT PIERRE SIMON LAPLACE

DES SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT



L'Institut Pierre-Simon Laplace des sciences de l'environnement global a été créé au début années 1990 pour fédérer les activités de plusieurs laboratoires de la région parisienne impliqués dans les sciences de l'environnement terrestre et planétaire. Il regroupe aujourd'hui 5 laboratoires et représente environ 750 personnes (environ 280 chercheurs et enseignants-chercheurs, 240 ingénieurs, techniciens et agents administratifs et 230 non permanents - doctorants, post-doctorants et CDD), soit 40% du dispositif national de recherche du CNRS et des Universités dans le domaine des sciences de l'océan et de l'atmosphère. La plus grosse partie de ses ressources financières provient du Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), de l'Université Pierre et Marie Curie et de l'Université Versailles Saint-Quentin en Yvelines, et l'institut est aussi soutenu par le Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA), l'Institut de Recherche et Développement (IRD), L'École Normale Supérieure, l'École Polytechnique et le Centre National d'Études Spatiales (CNES).

Les laboratoires de l'IPSL :

- le Centre d'étude des Environnements Terrestre et Planétaires (CETP),
- le Laboratoire de Météorologie Dynamique (LMD)
- le Laboratoire d'Océanographie et du Climat : Expérimentation et Approches Numériques (LOCEAN)
- le Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE)
- le Service d'Aéronomie (SA)

Ses objectifs sont de :

- comprendre les processus dynamiques, chimiques et biologiques à l'œuvre dans les océans et dans l'atmosphère et les processus d'échange de matière et d'énergie entre l'atmosphère, les océans, et la biosphère, et en particulier comprendre les cycles de l'eau et du carbone ;
- comprendre la variabilité naturelle du climat aux échelles régionale et globale, et l'évolution passée et future de notre planète ;
- comprendre les impacts des activités humaines sur la couche d'ozone et sur le climat et prédire le climat à l'échelle saisonnière et inter-annuelle (mousson, El Niño, Oscillation Nord-Atlantique) ainsi qu'à l'horizon de la fin du siècle ;
- comprendre la physique des interactions Soleil-Terre dans les environnements proche et ionisé de notre planète,
- utiliser ses compétences sur l'environnement terrestre pour étudier les environnements des autres planètes.

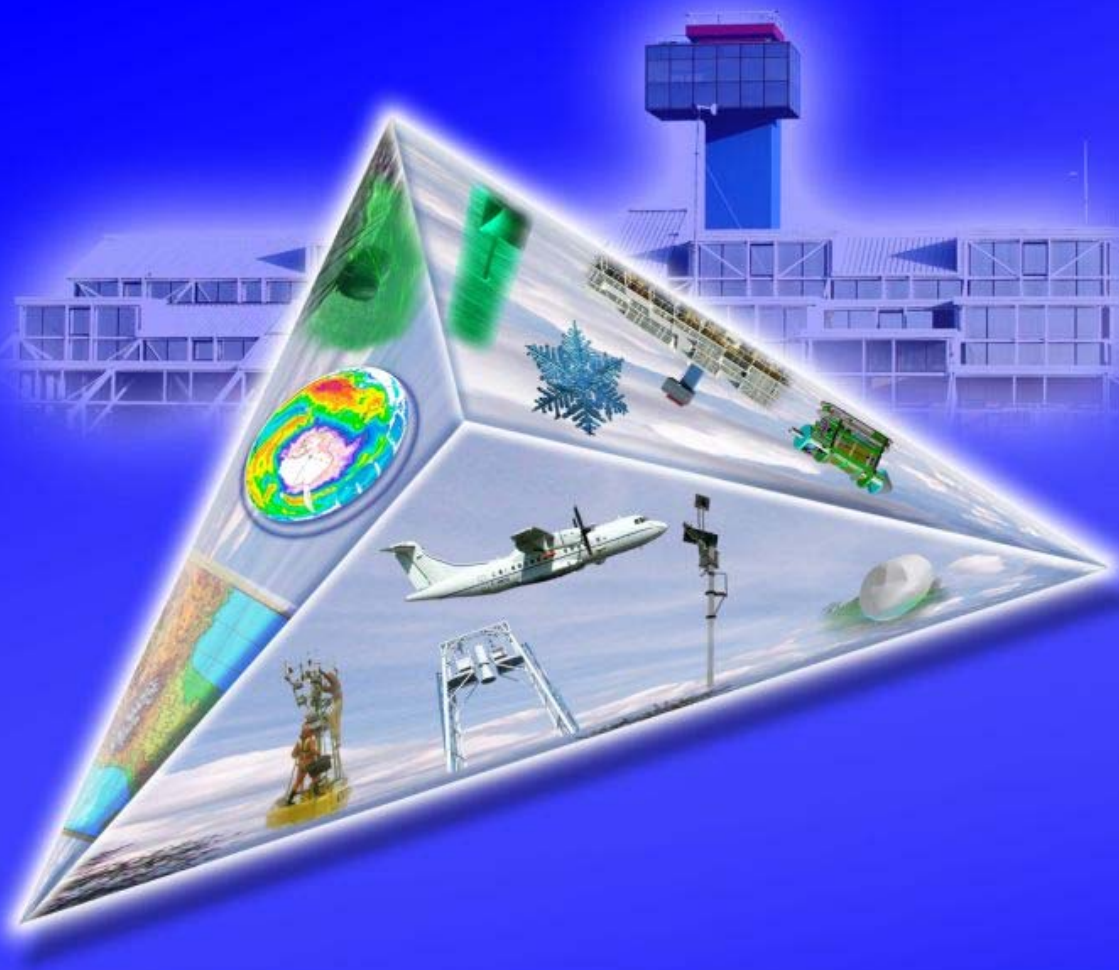
Pour mener à bien ses recherches, l'IPSL

- développe des moyens expérimentaux (lidar, radars, radiomètres, spectromètres, imageurs, magnétomètres,...) destinés à observer notre environnement soit à partir du sol, soit à partir de différentes plateformes (avions, ballons, navires, satellites) lors de campagnes de mesures ou de manière continue et régulière ; les données recueillies sont stockées dans un Centre de données ;
- développe, au sein d'un pôle de modélisation dédié, un modèle de climat couplant atmosphère, océans, glaces de mer, surfaces continentales et chimie atmosphérique. Ce modèle s'appuie sur des études de processus développées dans les laboratoires.

L'IPSL participe à l'enseignement dans les universités auxquelles il est rattaché (Université Pierre et Marie Curie et Université Versailles Saint-Quentin en Yvelines) et s'est fortement impliqué dans l'élaboration des nouveaux programmes liés à l'harmonisation européenne des cursus des étudiants.







Centre National de Recherches Météorologiques

Présentation

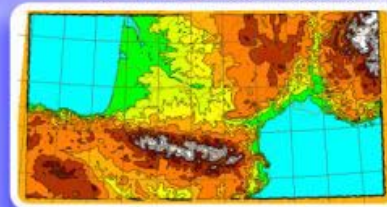
La météorologie joue aujourd'hui un rôle primordial pour de nombreuses activités humaines qui nécessitent une parfaite connaissance du temps, des phénomènes climatiques et de l'environnement de la planète. La recherche en météorologie s'est fixée pour objectif de mieux connaître l'atmosphère et ses comportements, permettant ainsi d'améliorer la prévision des phénomènes dangereux pour la sécurité des personnes et des biens.



Relief du modèle numérique à fine résolution Arome

Le CNRM, centre de recherche de Météo-France, dispose de sept unités de recherche dont cinq sont implantées à Toulouse pour :

- l'étude du climat,
- l'étude de la prévision météorologique à moyenne échelle,
- la prévision numérique du temps,
- l'expérimentation et l'instrumentation,
- la mesure aéroportée, avec plusieurs avions instrumentés basés sur l'aéroport de Franczal.



Exemple d'instrumentation de pointe : le portique SMOS

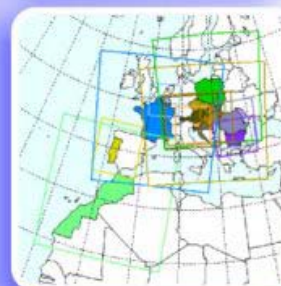
Deux autres unités se situent à Grenoble et à Brest pour les études respectives de la neige et de l'océan.

Le centre se trouve au cœur de plusieurs réseaux de laboratoires tant nationaux qu'internationaux.

Cette architecture de la recherche en météorologie permet un échange permanent de connaissances et de compétences scientifiques et la réalisation de grands programmes de recherche.

Citons l'importante collaboration entre Météo France et le CNRS et les Universités (Institut National des Sciences de l'Univers, Laboratoire d'Aérodynamique, Institut Pierre Simon Laplace...), le Centre National d'Etudes Spatiales, les instituts et laboratoires spécialisés dans l'hydrologie, l'environnement, l'océanographie...

Soutenue par l'Union Européenne, la recherche en météorologie constitue un modèle de coopération à tous les niveaux.



Domaines couverts par diverses versions du modèle Aladin dans le cadre des coopérations internationales de Météo-France (2004)