

# 5 - ÉTUDIER LE CHANGEMENT CLIMATIQUE



1882

DE LA MÉTÉO AU CLIMAT

Glacier Seil de la Baque (Pyrénées) en 1882 ci-dessus et en 2006 ci-dessous.



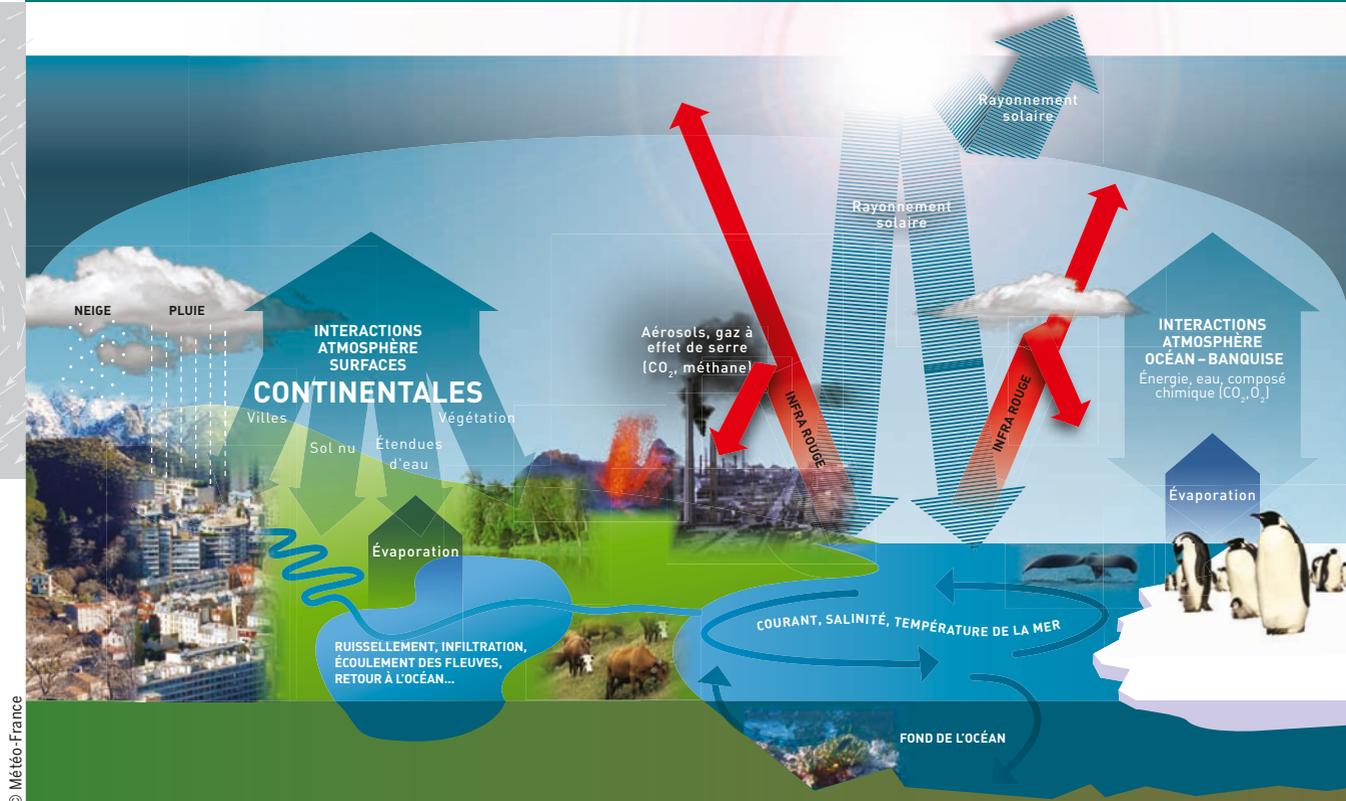
2006

## ◆ ENJEUX

Les chercheurs élaborent des projections de plus en plus précises à l'échelle régionale.

## ◆ FOCUS

Les modèles climatiques à l'échelle planétaire servent de référence pour obtenir des informations région par région.



© Météo-France

## Le climat de la Terre: de l'échelle globale au modèle régional

*En même temps qu'ils affinent leurs scénarios climatiques globaux, les chercheurs de Météo-France élaborent des projections de plus en plus précises à l'échelle régionale.*

« Dans les années 1980 et au début des années 1990, on faisait des simulations climatiques relativement simples: on étudiait les impacts de la diminution de la couche d'ozone, on envisageait des perturbations fortes à titre expérimental, comme la déforestation totale de l'Amazonie ou la disparition complète de la banquise. » Depuis ces années qu'évoque Serge Planton, responsable du groupe de météorologie de grande échelle et climat au Centre national de recherches météorologiques (CNRM, Météo-France/CNRS), les données ont amplement changé. L'heure n'est plus à l'expérimentation, mais aux simulations qui donnent une idée de l'évolution du climat sous un jour aussi réaliste que possible. Le centre de recherches participe depuis une dizaine d'années aux groupes de travail sur lesquels s'appuie le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Au total, 26 groupes climatiques répartis dans le monde mettent leurs résultats à la disposition

de la communauté scientifique internationale. Le CNRM, associé au CERFACS\*, ainsi que l'Institut Pierre-Simon Laplace (IPSL), sont les deux groupes français impliqués dans cette recherche. Ils ont rendu, en février 2012, leurs dernières conclusions qui vont faire l'objet d'analyses publiées et alimenter la synthèse du prochain rapport du GIEC, en 2013. Ces résultats donnent une nouvelle évaluation de la hausse des températures à la surface du globe suivant les différents scénarios d'augmentation des gaz à effet de serre: dans le pire des cas, elles augmenteraient de 3,5 à 5 °C à l'horizon 2100, et dans le « meilleur », de 2 °C. L'intensification des précipitations se confirme, ainsi qu'une fonte rapide de la banquise arctique, qui pourrait disparaître en été vers 2040 ou 2060, selon le modèle utilisé. Cette région, étudiée de près par les scientifiques, sert à prendre le pouls des changements qui s'opèrent à l'échelle planétaire. « Les données satellites nous montrent



**CERFACS**  
Centre européen  
de recherche  
et de formation avancée  
en calcul scientifique.

Les modèles climatiques simulent aujourd'hui les rouages de la machine climatique dans sa complexité: couplages entre les rayonnements atmosphériques, les aérosols, les gaz à effet de serre et les nuages; interactions atmosphère / océans / surfaces continentales; évolution de la végétation; transport de l'eau par les fleuves.

**26** groupes climatiques répartis dans le monde mettent leurs résultats à la disposition de la communauté scientifique internationale

**+2°C** c'est l'augmentation des températures à la surface du globe d'ici à 2100, dans le meilleur des cas.



## ◆ Un portail pour accéder facilement à l'information climatique

Il s'appelle Drias, les futurs du climat. Ce portail Internet, développé par Météo-France avec le soutien du ministère du Développement durable, offre un accès aux projections climatiques régionalisées. L'outil est indispensable pour les scientifiques de nombreuses disciplines ainsi que pour les acteurs socio-économiques (collectivités territoriales, services de l'État, entreprises...) qui travaillent sur des mesures d'adaptation au changement climatique. Les projections régionalisées les plus récentes produites par le CNRM, l'IPSL et le CERFACS, y sont consultables. Les données (nombre de nuits avec une température supérieure à 25 °C, nombre de jours de canicule, etc.) sont représentées à une résolution de 8 km sur toute la France métropolitaine. Le portail, ouvert en juillet 2012, permet aussi aux utilisateurs avertis de commander et télécharger les projections. **En savoir plus: [www.drias-climat.fr](http://www.drias-climat.fr)**

que le Groenland a perdu 430 milliards de tonnes de glaces terrestres en 2011, précise David Salas y Mélia, climatologue au CNRM. *Même si elle tend actuellement à s'amplifier, la déglaciation du Groenland n'est pas un phénomène récent. Elle a en fait commencé il y a 17 000 ans, à la fin du dernier maximum glaciaire, et contribue depuis à l'élévation du niveau des mers.* »

**Des projections jusqu'en 2300.** C'est pourquoi les chercheurs se penchent sur les données passées. Ils s'intéressent en particulier au dernier interglaciaire, il y a environ 130 000 ans. L'analyse des carottes glaciaires montre que le climat qui régnait sur le Groenland à cette époque était un peu plus chaud, et la calotte moins massive qu'actuellement. *« Ce travail est essentiel pour comprendre la vulnérabilité du Groenland à un réchauffement et produire des chiffres réalistes d'augmentation future du niveau de l'océan »,* explique David Salas y Mélia. Les derniers chiffres, justement, sont tombés: d'ici à 2100, la seule fonte des glaces terrestres du Groenland pourrait entraîner une montée des mers de 5 à 7 cm. Le scénario le plus pessimiste fait état d'une augmentation de près de 60 cm à l'horizon 2300 qui viendrait s'ajouter à celles

dues au réchauffement de l'océan et à la fonte des glaciers des autres régions de la planète. À travers ces projections climatiques, les chercheurs tentent aussi de déterminer quel sera l'impact du changement climatique sur des phénomènes comme la mousson, les cyclones tropicaux, le filtrage des rayons UV par la stratosphère ou encore la fonte des glaces marines. Pour toutes ces simulations globales, Météo-France travaille avec des modèles dont les mailles sont larges, 150 km en moyenne (*voir focus page 59*). Cette résolution est aujourd'hui limitée par la puissance de calcul disponible. Impossible, avec des mailles aussi larges, de représenter finement le relief, et donc les phénomènes météorologiques locaux. *« À 150 km de résolution, les îles méditerranéennes n'apparaissent pas, les Alpes et le Massif Central ne forment qu'un seul bloc, explique Samuel Somot, climatologue au CNRM. On ne voit donc pas le sillon rhodanien, ni le mistral et la tramontane. »*

**Des scénarios régionaux.** Pour caractériser le changement climatique à une échelle plus fine, Météo-France cherche à régionaliser les scénarios climatiques globaux. Ces projections focalisées sur des zones limitées sont >>>

## «Les causes naturelles ne suffisent pas à expliquer le réchauffement des cinquante dernières années.»

### ◆ Le climat change-t-il vraiment?

Oui. Du fait même de son fonctionnement, le système climatique (qui comprend l'atmosphère, l'hydrosphère, la cryosphère, les surfaces continentales, et la biosphère) présente une variabilité « normale », dite interne. Pour savoir si le climat change, on compare les évolutions observées à cette variabilité interne. En utilisant différents indicateurs, parmi lesquels la température moyenne à la surface de la Terre, nous observons que le réchauffement récent n'est pas imputable à la seule variabilité interne. Ce résultat date des années 1990.

### ◆ Comment attribue-t-on des causes à ce changement ?

Nous travaillons en aval des modèles climatiques, surtout avec des outils statistiques. En reproduisant l'évolution du climat depuis 1900, nous constatons que les causes naturelles, comme les

variations de l'activité solaire ou les éruptions volcaniques, ont bien un impact sur le système. Mais elles ne suffisent pas à expliquer le réchauffement des cinquante dernières années. En 2007, le dernier rapport du GIEC concluait ainsi que l'homme avait très probablement eu un effet prépondérant sur ce réchauffement, notamment via les émissions de gaz à effet de serre.

### ◆ Sur quels aspects travaillez-vous aujourd'hui ?

Depuis 2007, les études de détection-attribution se sont régionalisées et diversifiées. Elles cherchent notamment à caractériser l'effet des activités humaines sur d'autres paramètres, comme les précipitations, l'humidité, etc. A Météo-France, les recherches les plus récentes concernent l'évapotranspiration sur les continents et la salinité des océans.



© Météo-France

### TROIS QUESTIONS À AURÉLIEN RIBES

Chercheur au CNRM-GAME depuis 2009

- Diplômé de l'École du génie rural des eaux et des forêts en 2005
- Diplômé de l'École Polytechnique en 2003.
- Docteur en mathématiques appliquées en 2009

>>> nécessaires pour mener soit des études d'impact, par exemple sur l'hydrologie ou la productivité agricole, soit des recherches sur l'adaptation au changement climatique (*voir encadré Drias page 57*). Les scientifiques travaillent ainsi à l'échelle de la Méditerranée sur le projet international Med-CORDEX, dont l'objectif est d'étudier la variabilité du cycle de l'eau dans une région où vivent 500 millions d'habitants. « *D'un point de vue océanique, c'est une zone aujourd'hui mal représentée dans les modèles, car on y trouve des courants très compliqués, des vents violents, des détroits peu profonds qui relient différents bassins océaniques* », commente Samuel Somot. Les impacts du changement climatique, modélisés à la fois dans l'atmosphère et l'océan, sont ensuite utilisés par d'autres experts afin de suivre la répartition du plancton ou des espèces de poissons endémiques de la mer Méditerranée. Pour appuyer cette étude régionale, des observations sont collectées dans les eaux françaises depuis septembre dans le cadre d'un programme complémentaire baptisé HyMeX. Les dispositifs de mesure sont variés : deux bouées fixes, des bouées dérivantes, des *gliders* (« planeurs » sous-marins autonomes et sans pilote) et des mesures effectuées en bateau donneront des informations sur la salinité et la température des courants marins jusqu'à plus de 1 000 mètres de profondeur. Les deux bouées fixes mesureront aussi la température de l'air, son humidité, la pluie, les vents et les flux radiatifs (solaire et infrarouge). Ces indications aideront notamment à mieux comprendre et à mieux modéliser les épisodes de pluies diluviennes qui affectent le sud-est de la France à l'automne et sont provoquées par

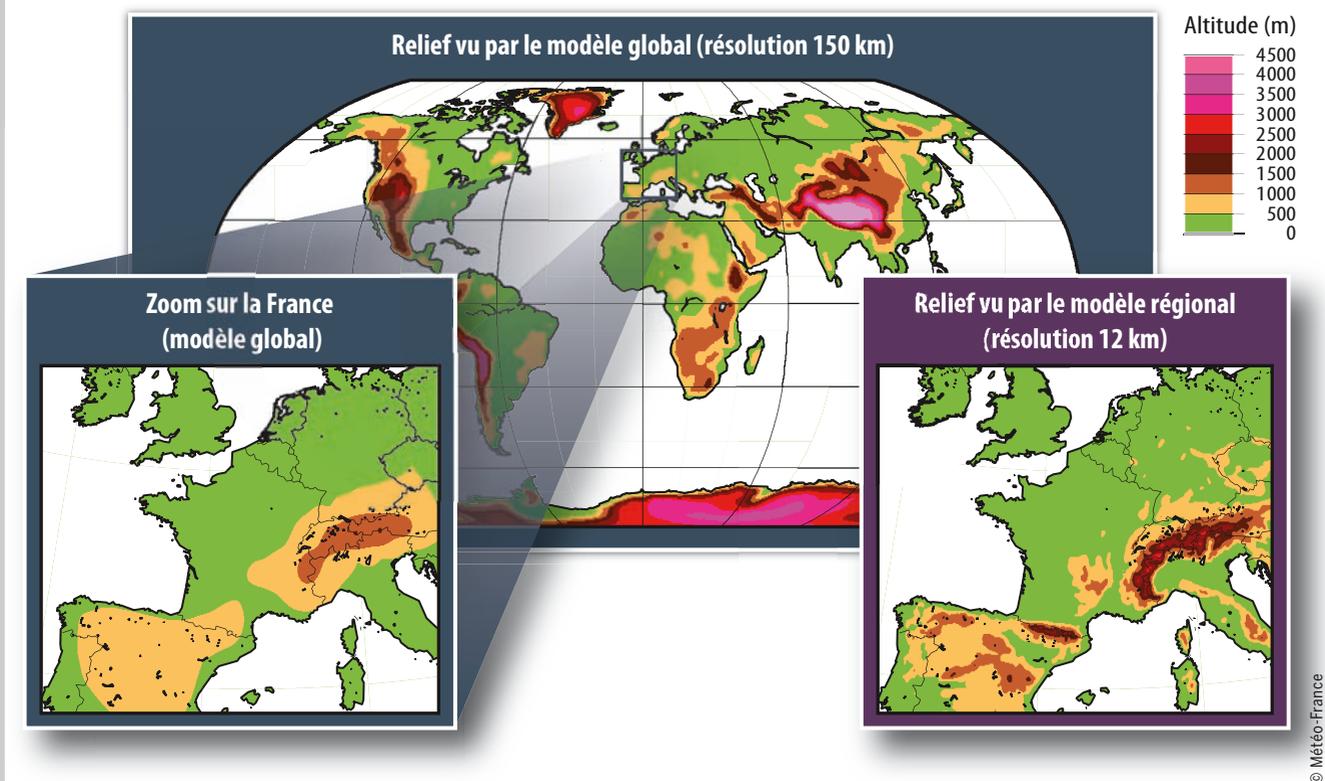
l'arrivée de masses nuageuses en provenance du golfe du Lion. À l'aide des scénarios climatiques méditerranéens de Med-CORDEX, le projet HyMeX apportera une analyse sur la fréquence et l'intensité de ces épisodes, et leur possible évolution au cours de ce siècle.

Une autre étude régionale, baptisée Climsec, a été menée à l'échelle de la France. Elle concerne les sécheresses passées et futures. Les chercheurs ont construit une base de données de référence sur les pluies, l'humidité des sols et les débits de rivière entre 1958 et 2008. Sur cette période, ils ont identifié les épisodes de sécheresses les plus sévères et les régions les plus touchées. Ils ont aussi simulé leur évolution dans le futur. Conclusions : les sécheresses seront plus fréquentes, plus intenses et plus étendues au cours des décennies à venir, avec une aggravation de la situation plus grande pour l'humidité des sols superficiels que pour la pluviométrie. Géographiquement, les régions qui ont en moyenne les sols les plus humides aujourd'hui, Nord-Ouest et Nord-Est, pourraient connaître les évolutions les plus marquées. De tels résultats sont essentiels pour ensuite construire des stratégies d'adaptation. ●

## à retenir

- Selon les simulations des chercheurs français contribuant aux travaux du GIEC, la température globale augmenterait de 2° à 5° d'ici à 2100.
- Leurs projections se basent sur des modèles qui représentent l'évolution du climat terrestre toutes les demi-heures.
- Ils travaillent aujourd'hui sur des projections régionalisées, notamment à l'échelle de la Méditerranée.

**X 8**  
Pour réduire la maille d'un modèle de facteur 2, il faut multiplier par 8 la puissance de calcul.



## Modèles climatiques : changements d'échelle

*Les modèles globaux donnent des indications fiables sur le climat planétaire et ses variabilités. Une « descente d'échelle » apporte cependant des informations plus précises, région par région.*

Nés dans les années 1960, les modèles numériques de climat ont d'abord représenté une partie de la planète, puis, l'évolution technologique aidant, le globe entier. Les puissances de calcul d'alors ne permettaient de travailler que sur des mailles très larges, de l'ordre du millier de kilomètres. Un pays comme la France tenait donc en entier dans un des « cubes » du modèle et était représenté presque sans aucun relief.

De grands progrès ont été réalisés depuis. Aujourd'hui, la maille la plus fine utilisée pour les modèles globaux est de 150 km. Ils simulent

l'évolution atmosphérique et océanique en fonction des lois de la conservation de la masse, de l'énergie et de la quantité de mouvement. De plus en plus de données ont été intégrées.

« A cette échelle, nous sommes aujourd'hui capables de simuler l'évolution du climat demi-heure par demi-heure jusqu'en 2300 », commente David Salas y Méliá. En revanche, la représentation du relief est encore peu détaillée dans les modèles à résolution 150 km : les structures dont la taille est inférieure à la maille n'apparaissent pas. Or la connaissance du climat à l'échelle locale est un des enjeux importants pour les

années à venir. Aussi les chercheurs de Météo-France utilisent-ils leur modèle Arpège-Climat pour travailler sur des mailles plus fines grâce à différents ajustements : soit ils zooment sur une région particulière à partir d'un modèle global à résolution variable, soit ils utilisent un modèle à aire limitée. À Météo-France, le premier modèle régional, qui représentait aussi bien l'océan que l'atmosphère, a concerné la Méditerranée. Ces simulations-là se font sur des échelles de temps plus courtes. « La résolution la plus fine que nous pouvons atteindre à l'heure actuelle pour

des simulations climatiques multiséculaires est de 12 km », explique Michel Déqué, chercheur au CNRM. Au-delà se pose toujours le problème de la puissance de calcul disponible, ainsi que de la paramétrisation de phénomènes météorologiques de petite taille. Mais d'ores et déjà, les résultats apportés par ces nouveaux modèles régionaux permettent d'affiner les scénarios possibles d'évolution du climat. ●

- **Comité éditorial :** Directions de la Recherche et de la Communication de Météo-France
- **Rédaction :** Myriam Détru
- **Conception graphique et réalisation :** A noir,