

La prévision décennale du climat *État des connaissances, limites et perspectives*

L'achèvement récent du projet de recherche évaluation de la prévisibilité inter-annuelle à décennale à partir des observations et des modèles (EPIDOM), piloté par le ministère chargé de l'écologie dans le cadre du programme gestion et impacts du changement climatique (GICC), est l'occasion de faire le point sur la prévision décennale.

L'échelle de temps décennale, qui couvre une fenêtre de trois à trente ans, suscite en effet des attentes fortes de la part des gestionnaires, des décideurs et de la société, compte tenu de son potentiel applicatif. On trouvera ici l'état des connaissances sur la prévision décennale, ainsi qu'une présentation des verrous scientifiques restant à lever et des progrès attendus, grâce aux travaux qui doivent prendre le relais du projet EPIDOM aux niveaux national, européen et international.



Le séminaire La prévision décennale, outil pour la décision face au changement climatique ? qui s'est tenu le 3 décembre 2014 dans l'auditorium du MEDDE a reçu le label COP21.

Pourquoi la prévision décennale ?

La prévision décennale du climat représente un véritable défi : elle consiste à prévoir le climat pour les trois à trente années à venir, à grands traits et sur de grandes régions du globe, typiquement un continent, à l'aide d'un modèle numérique et à partir d'un état initial issu des observations. La communauté scientifique, qui a sensibilisé les responsables et la population sur le changement climatique en cours et sur ses conséquences à long terme, s'est emparée du sujet.

Ainsi, dans son plan de mise en œuvre du cadre mondial pour les services climatiques de 2014, l'Organisation météorologique mondiale (OMM) a-t-elle insisté sur l'importance de cette échéance : « *Il faut en particulier développer la recherche sur les modèles de prévision décennale du climat, cette échelle étant en effet considérée comme un horizon de planification clé dans le processus de décision* ». Quant au Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), qui exprime la position des climatologues, il rappelle ce besoin dès l'introduction du chapitre 11 de son 5^e rapport, publié en 2014 : « *... l'accent mis sur le climat à court terme résulte d'une reconnaissance de son importance pour les décideurs, tant au sein des instances gouvernementales que de l'industrie* ».

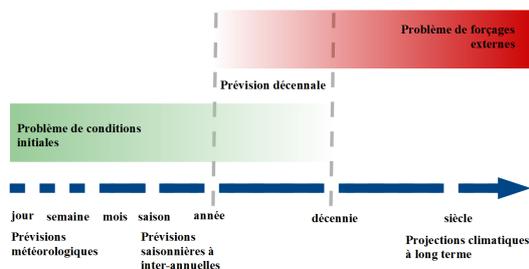
Même si elle est reconnue comme un sujet central, qui pourrait devenir à terme un outil pertinent et opérationnel de décision, la prévision décennale reste aujourd'hui un domaine de recherche émergent et un sujet de recherche fondamentale qui vise à approfondir la compréhension de la variabilité du système climatique et sa prévisibilité.

Le projet EPIDOM

Le projet EPIDOM du programme GICC a été conduit de 2011 à 2014, en impliquant les principaux organismes français compétents sur la physique du climat et la compréhension de son évolution. L'objectif de ce projet innovant était de permettre aux trois centres de recherche concernés (IPSL, CERFACS et CNRM-GAME, ce dernier impliquant Météo-France sous tutelle du MEDDE) de se coordonner, pour initier en France la recherche sur la prévisibilité du climat à l'échelle de temps décennale, c'est-à-dire sur l'estimation de la capacité à prévoir, et sur la prévision décennale en tant que telle. Il s'agissait d'aborder ces problématiques en termes de processus, d'incertitudes et d'applications. Les études effectuées et les résultats des simulations et des prévisions rétrospectives (conduites sur des périodes passées), réalisées sous l'égide du projet EPIDOM, ont ainsi permis à notre pays une contribution significative au 5^e rapport du GIEC.

Entre prévision saisonnière et climat

La prévision décennale se situe entre la prévision saisonnière (de 3 à 6 mois d'échéance) et les projections climatiques (pour l'ensemble du siècle) : on cherche ainsi à prévoir à la fois la réponse du système climatique aux forçages externes (gaz à effet de serre, aérosols anthropiques, volcanisme, activité solaire) et sa modulation par la variabilité interne, en particulier celle qui est pilotée par les océans à cette échelle de temps.



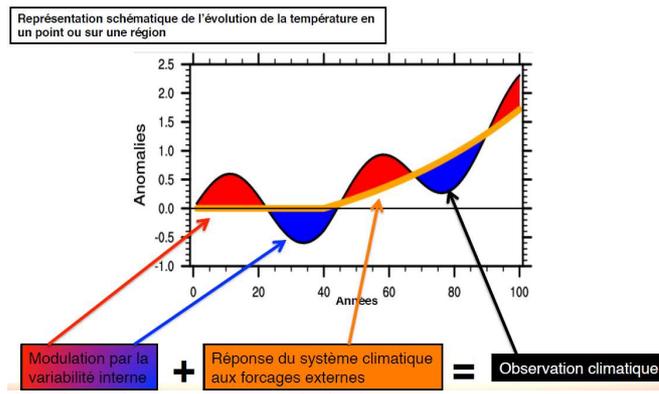
D'après le 5^e rapport du GIEC, Meehl et al., 2009.

Dans cette perspective, il convient de distinguer les termes de projection et de prévision.

En climatologie, la projection désigne le changement climatique estimé au cours du siècle en fonction des différents scénarios socio-économiques du GIEC. Cette projection est élaborée à partir des seuls effets des perturbations de l'équilibre radiatif (changement du bilan du rayonnement entrant dans le système, moins le rayonnement sortant), qui sont engendrées par l'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre, principalement due aux activités humaines, dans la composition de l'atmosphère. Par construction, les projections ne cherchent pas à prévoir la chronologie exacte de la variabilité climatique future, se bornant à évaluer la réponse du système climatique aux perturbations d'origine humaine.

La prévision, qu'elle soit météorologique, du jour à la saison, ou climatique à une échéance décennale, cherche en revanche quelle est la trajectoire exacte du système. Aux échelles décennales, cette trajectoire correspond à la superposition (i) de variations et d'oscillations lentes du système climatique ; (ii) de variations du rayonnement solaire dont la périodicité est de l'ordre de onze ans ; (iii) de l'activité volcanique ; (iv) de la réponse du système aux forçages anthropiques comme dans les projections. La prévision décennale est donc particulièrement difficile à réaliser, parce qu'elle intègre toutes ces influences.

Aujourd'hui, l'ordre de grandeur du changement climatique dû à la seule perturbation du forçage radiatif est inférieur à la variabilité interne ou du même ordre de grandeur qu'elle, en particulier aux échelles régionales. De nombreuses études récentes montrent ainsi que le fléchissement, tout relatif, qu'on a pu observer durant la période 1998 à 2012, de l'augmentation de la température globale, peut en grande partie s'expliquer ainsi.



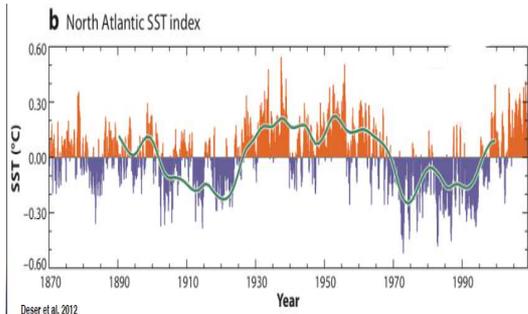
D'après Christophe Cassou, Séminaire GICC, 2014

L'activité volcanique des dernières décennies, caractérisée par une multitude d'éruptions de petite taille, mais suffisantes pour générer un bruit de fond de poussières dans l'atmosphère, serait le deuxième facteur dominant. La faible activité solaire connue pendant la décennie 2000 arriverait en troisième position. Ceci dit, la perturbation radiative d'origine anthropique s'accroissant, le forçage par les activités humaines devrait prendre le pas sur la variabilité et l'augmentation de la température globale devenir plus manifeste selon les régions, le temps d'émergence de ce signal dépendant de la latitude et des saisons.

La variabilité climatique

Parmi les structures de variabilité de grande échelle, on peut citer le phénomène bien connu d'oscillation australe, appelé ENSO (El Niño Southern Oscillation), qui se manifeste entre une et trois fois par décennie, selon les périodes considérées. On peut également identifier des cycles plus lents, de l'ordre de vingt à trente ans, comme l'oscillation multi-décennale Atlantique (OMA) et l'oscillation décennale du Pacifique (ODP).

L'OMA affecte la température de surface de l'océan Atlantique Nord et se caractérise par une fluctuation océanique à grande échelle, qui transporte les eaux chaudes tropicales vers les latitudes polaires plus froides (circulation thermohaline). L'OMA, qui était dans une phase négative de 1970 à 1995 (océan Atlantique Nord froid), se trouve désormais en phase positive (océan chaud).



Oscillation Multi-décennale Atlantique (OMA), température de surface de l'océan de 1870 à 2000, d'après Deser et al., 2012.

Quant à l'ODP, elle influence la température de surface de l'océan Pacifique dans son ensemble et affecte une immense surface, qui couvre le tiers de la planète. Contrairement à l'OMA, l'ODP, qui était dans une phase chaude entre 1975 et 2000, se trouve dans une phase froide aujourd'hui.

Tous ces phénomènes, qui n'ont pas les mêmes fréquences caractéristiques, peuvent se juxtaposer ou se trouver en opposition de phase, comme c'est le cas en ce moment pour l'OMA et l'ODP. Outre la température, la variabilité naturelle décennale agit également sur d'autres composantes du climat. Concernant l'hydrologie en France par exemple, on peut mettre en évidence une corrélation forte entre l'OMA et les précipitations de printemps, qui peuvent varier jusqu'à 40 %.

La place de la prévision décennale

La prévision décennale consiste à prendre en compte ces fluctuations qui échappent aujourd'hui à la fois au court terme des prévisions saisonnières et au long terme des projections climatiques. S'ajoutent à ces phénomènes, l'activité solaire et les éruptions volcaniques, que l'on ne sait pas prévoir, et qui, en rejetant des aérosols dans la haute atmosphère et en réduisant le rayonnement solaire, abaissent temporairement la température et peuvent perturber plus durablement les composants du climat.

La prévision décennale est basée sur l'utilisation de modèles de climat à la fois sur une période passée et une période future. Il s'agit alors de synchroniser au plus près les trajectoires climatiques simulées par ces modèles avec les observations pour la période passée, afin de prédire le plus fidèlement possible la trajectoire climatique dans les années futures. Un des principaux défis à relever pour les expériences de prévision reposant sur des modèles couplant toutes les composantes du système climatique, réside dans la méthode d'initialisation du système en général et de l'océan en particulier.

L'initialisation consiste à obtenir un état initial le plus réaliste possible en combinant observations et modèle. Dans le cadre du projet EPIDOM, plusieurs techniques ont été mises en œuvre : maintenir les champs océaniques du modèle au plus près des observations de surface (rappel), rappeler vers un état ré-analysé de l'océan, la ré-analyse étant la meilleure représentation du système obtenue à partir des observations et d'un modèle en général de plus haute résolution, enfin une intégration directe des observations océaniques. Le choix final est fondé sur un compromis permettant de minimiser les différences entre la physique des modèles et les observations.

Prévisibilité du climat à l'échelle décennale

La prévisibilité du climat à l'échelle décennale est évaluée en réalisant des prévisions dites rétrospectives, à partir d'un grand nombre de dates

passées. Ainsi, dans le projet EPIDOM, des prévisions décennales ont été réalisées sur les cinquante dernières années. Sur cette période, les observations permettent non seulement d'initialiser les modèles, mais aussi de vérifier si ces derniers parviennent à prévoir les évolutions climatiques qui ont été constatées. Ce sont des bancs d'essai essentiels pour cerner les limites des modèles et mesurer la fiabilité de prévisions comportant par définition une part d'incertitude, qu'il est aussi important de quantifier.

Cette incertitude est due à l'impossibilité de définir parfaitement l'état initial du système climatique du fait (i) de la couverture spatiale incomplète des systèmes d'observation, découlant du manque d'information dans les zones désertiques et aux hautes latitudes et dans les profondeurs des océans ; (ii) des limitations inhérentes à la modélisation, incapable de décrire tous les mécanismes et les processus physiques au sein du système ; (iii) de l'impossibilité d'anticiper de manière représentative l'évolution de forçages externes comme les éruptions volcaniques ou l'activité solaire ou alors, et dans ce cas cette part d'incertitude est irréductible, du fait que le système n'est réellement pas prévisible aux échelles décennales.

Les premières conclusions

Les apports du projet EPIDOM ont permis d'avancer quelques résultats.

Il apparaît qu'une grande part de la prévisibilité à dix ans d'échéance est expliquée par les forçages externes, à des échelles spatiales aussi bien globales, que régionales. A ce stade de l'état des connaissances l'initialisation océanique constitue une valeur ajoutée pour l'Océan Atlantique Nord, alors qu'elle n'apporte rien, voire dégrade les prévisions pour le Pacifique, au-delà de deux à trois ans d'échéance. La prévisibilité sur les continents, en dehors de celle qui est liée aux forçages externes, est à ce stade très faible.

Face à une éruption majeure telle que celle du Pinatubo au XX^e siècle, dès lors que l'injection de matière dans l'atmosphère peut être caractérisée, il sera possible de prévoir la réponse du système climatique.

Les résultats des travaux confirment le fait que la prévision décennale reste un sujet de recherche fondamentale. Des questions essentielles de méthodologie, de physique et de statistique, restent encore sans réponse, l'échelle décennale combinant les difficultés de la modélisation climatique avec celles des observations nécessaires à l'initialisation, en particulier océanique.

Ces questions sont d'une telle ampleur qu'il semble prématuré d'utiliser les simulations de prévision décennale actuelles pour mener des études d'impact poussées aux échelles régionales à l'échéance d'une ou deux décennies.

Vers de nouveaux apports

La recherche sur la prévision décennale va se poursuivre, au plan international et européen. La communauté scientifique est en effet en train de définir le cadre des expérimentations du sixième programme d'Inter-comparaison des modèles couplés (CMIP6) du Programme de recherche mondial sur le climat (WCRP), qui s'étendra de 2015 à 2020 et qui servira de référence au prochain rapport du GIEC. Le programme européen *Seasonal to decadal climate Prediction for the improvement of European Climate Services* (SPECS) est engagé dans l'amélioration de l'initialisation des modèles couplés, l'évaluation des performances de la prévision décennale et la compréhension des mécanismes de prévisibilité.

Enfin au niveau national, le projet de l'ANR *Mechanisms for climate oscillations and retroactions at decadal timescale : uncertainties and sensitivity* (MORDICUS), qui a débuté en janvier 2014 pour tirer les leçons et prolonger les travaux du projet EPIDOM, revient aux fondamentaux de la recherche sur le climat, en visant à mieux comprendre à la fois les mécanismes physiques des modes de variabilité décennale et leur interaction avec le forçage anthropique.

Pour en savoir plus

- Collectif MISSTERRE, 2013, *Climat, modéliser pour comprendre et anticiper*, http://www.insu.cnrs.fr/files/plaquette_missterre.pdf
- Cassou C, Mignot J, *Enjeux, méthodes et fondamentaux de prévisibilité et prévision décennale*, La Météorologie n° 81 mai 2013, PP 23-30 <http://documents.irevues.inist.fr/handle/2042/51093>

Contact :

Maurice IMBARD

Mission changements globaux et observation de la Terre (DRI)
maurice.imbard@developement-durable.gouv.fr
Téléphone 01 40 81 33 32

le
point sur

**Commissariat général
au développement
durable**

**Direction de la
recherche et de
l'innovation**
Tour Voltaire
92055 La Défense cedex
Tel. : 01.40.81.21.22

**Directeur de la
publication**
Laurent Tapadinhas

ISSN
2100-1634

Dépôt légal
Juin 2015