

## **La prévision décennale: un chaînon manquant entre la météo et le climat**

La connaissance du climat dans 50 ou 100 ans repose sur des simulations numériques dites « projections », qui visent à estimer la réponse du système climatique aux influences anthropiques, en particulier aux émissions de gaz à effet de serre et d'aérosols. Plusieurs scénarios sont envisagés correspondant aux choix sociétaux possibles adoptés par la communauté internationale ; ces choix constituent la principale source d'incertitude sur le devenir du climat à ces échelles de temps là, et conditionnent la fourchette du réchauffement global fourni, entre +2° et +5° environ. Mais comment accorder du crédit à ce réchauffement annoncé alors que le réchauffement de surface se ralentit depuis une quinzaine d'années? Comment expliquer ce comportement récent ? Est-il incompatible avec une tendance à long terme ? La question est brûlante dans un cadre purement scientifique mais aussi plus vaste (décideurs, communauté des impacts qui étudient les effets des dérèglements climatiques sur le vivant etc.); elle est essentielle pour décortiquer les arguments des non-spécialistes qui doutent la nature anthropique des dérèglements climatiques en cours.

Les travaux présentés le 3 décembre 2014 lors du séminaire organisé par le programme Gestion et Impacts du Changement Climatique (GICC) et le GIP Ecofor éclairent ces observations et ces concepts. Les résultats sont issus des récentes publications scientifiques qui traitent de ce sujet et du projet EPIDOM, financé par le GICC. Ce projet qui vient de s'achever visait à évaluer la prévisibilité du climat à l'échelle de temps décennale, c'est à dire à l'échelle de 3 à 30 ans, ses sources et son niveau d'incertitude. Le ralentissement du réchauffement des dernières années est donc au centre des prérogatives de ce projet. Prévoir le climat aux échelles de temps décennales repose sur la prévision de la réponse climatique aux forçages externes (anthropiques + naturels qui incluent l'activité solaire et volcanique), telles les projections climatiques ci-dessus introduites, mais aussi des effets modulateurs de la variabilité interne du système climatique. Selon les périodes, ces variations internes peuvent aller dans le sens des effets du forçage radiatif d'origine anthropique, intensifiant ainsi le réchauffement pendant une ou plusieurs années, ou bien les contrecarrer, voire les annuler. En effet, le poids de ces variations internes est aujourd'hui tout à fait comparable à celui du forçage anthropique et doit donc être considérée pour prévoir la vraie trajectoire du système climatique sur les 2 ou 3 prochaines décennies. On parle alors de prévision climatique, qui consiste à prévoir la chronologie des modes de variabilité décennale en plus de la réponse classique aux forçages externes.

Passer de la projection à la prévision consiste donc à regarder de beaucoup plus près ce qui se passe effectivement dans l'évolution du climat pour comprendre son évolution passée et prévoir le futur. La variabilité interne résulte des interactions entre les multiples composantes du climat qui ont des propriétés dynamiques et physiques très différentes. Elle est dominante encore aujourd'hui à l'échelle régionale (typiquement un continent ou un bassin océanique), et aux échelles globales, elle peut entraîner des variations de la température moyenne qui peuvent être du même ordre de grandeur que ceux du forçage radiatif anthropique. Les choses se compliquent donc et la question qui suit naturellement la prise en compte de la variabilité naturelle dans la compréhension des évolutions climatiques est : « Remet-elle en cause la projection du réchauffement pour 2100 ? ». Pour les climatologues, la réponse est clairement : « Non. ».

Pourquoi une telle affirmation et tant de confiance de la part des climatologues ? : parce que la physique parle simplement. En effet, le poids de la variabilité interne diminue à mesure que les

forçages anthropiques augmentent, ce qui est actuellement envisagé dans tous les scénarios d'émissions de gaz à effet de serre sur le prochain siècle, excepté celui conduisant à un réchauffement global de +2°C. Si le poids de la variabilité interne est comparable à celui des forçages aujourd'hui, il ne le sera plus à partir des horizons 2030-2040. En d'autres termes, la variabilité interne introduit une incertitude sur le climat de la fin du siècle de l'ordre de +/- 0.5°C sur la température globale, à mettre en regard avec l'accroissement de l'ordre de +5°C selon un scénario d'émission « business as usual », ce chiffre de +5°C correspondant à la réponse du système climatique aux forçages anthropiques.

A partir de quand la variabilité interne suppléera l'effet des forçages externes? Les chercheurs parlent alors « de date d'émergence » de l'influence anthropique. Même s'il est difficile de préciser une date exacte, ils estiment néanmoins que le phénomène ne se produira pas au même moment sur l'ensemble de la planète car la variabilité interne a une signature régionale forte et des caractéristiques temporelles très différentes en fonction des lieux. Il est également important de bien définir de quoi on parle. Si l'on parle de tendance climatique sur un siècle, globalement et même localement sur la France, la date d'émergence est déjà passée. Si l'on parle de date d'émergence pour une année particulière, il faut attendre les années 2030-2040 pour la France, l'Europe en général, l'Amérique du Nord, mais « l'émergence c'est maintenant » pour les régions Arctiques et pour les latitudes tropicales

La communauté scientifique s'accorde aujourd'hui sur le fait que la variabilité naturelle est en grande partie responsable du « plateau » que connaît actuellement la température moyenne du globe. Il reste à comprendre comment elle agit, et en particulier comment joue-t-elle dans l'absorption/le stockage de la chaleur engendrée par l'augmentation continue de la concentration en GES et un forçage radiatif ainsi toujours plus fort ? Christophe Cassou, chercheur au CERFACS, explique que la variabilité naturelle peut être décomposée selon de grandes modes de variabilité, qui résultent, en première approximation de l'interaction des composantes océaniques et atmosphériques du climat dans les principaux bassins océaniques. On a donc tout d'abord l'Oscillation Multidécennale Atlantique (OMA) qui concerne la température de surface dans le Nord de l'océan Atlantique et se caractérise par une fluctuation de la circulation océanique de surface et de profondeur sur l'ensemble du bassin. Avec un cycle compris entre 20 et 30 ans, elle est associée une variation de température de 0,5°C en moyenne sur tout le bassin. Après une phase froide entre 1970 et 1995, l'OMA est, depuis, dans une phase chaude. L'Oscillation Décennale du Pacifique (l'ODP), elle, influence la température de surface dans le bassin de l'océan Pacifique et affecte une immense surface qui couvre le tiers de la surface de la planète. Dans une phase chaude entre 1975 et 2000, elle est aujourd'hui dans une phase froide. Ces deux modes de variabilité multi décennaux jouent un rôle important dans les échanges de chaleur entre la surface océanique et les profondeurs. Christophe Cassou note que le forçage anthropique seul se traduit par une augmentation de 2,3 W/m<sup>2</sup> de l'énergie radiative reçue par la surface terrestre sur la dernière décennie. « *On estime aujourd'hui que 93% de cette chaleur est absorbée par les océans. En ce moment, les vents associés à l'ODP font plonger les eaux chaudes de surface vers les profondeurs* », indique-t-il. Pour preuve, les relevés qui montrent une croissance continue (sans ralentissement) de la température entre 0 et 2000 mètres de profondeur. Ainsi en phase froide de l'ODP, l'océan est plus efficace pour stocker de la chaleur dans les couches profondes, ce qui a pour effet de diminuer la température de surface, processus actuellement en action pour expliquer une partie du plateau de température globale.

La température moyenne du globe résulte ainsi de la combinaison de plusieurs phénomènes dont certains sont cycliques et d'autres chaotiques, et auxquels s'ajoutent les variations de l'activité solaire et l'effet refroidissant des éruptions volcaniques. Ces paramètres peuvent se trouver en opposition de phase entre eux, comme l'OMA et l'ODP en ce moment. Tout l'intérêt de la prévision décennale réside dans la prise en compte de telles fluctuations pour mieux comprendre les modulations des grandes tendances d'origine anthropique telles estimées par les projections. Et nous sommes bien, avec les calculs réalisés à un horizon de 10-30 ans, dans la période correspondant aux grandes fluctuations des oscillations Atlantique et Pacifique. Pour autant, les chercheurs soulignent les limites actuelles de la prévision décennale. Située entre le court terme météorologique qui se fonde sur l'observation immédiate et le long terme des scénarios climatiques qui visent à estimer les signatures du forçage radiatif anthropique, la prévision décennale reste encore un défi sur de nombreux aspects.

Eric Guilyardi, directeur de recherches CNRS au Laboratoire d'Océanographie et du Climat : Expérimentation et Approches Numériques (LOCEAN-IPSL), souligne que les incertitudes sont intrinsèques à la notion même de prévisibilité. Elles sont de plusieurs types : la variabilité interne des phénomènes météorologiques qui, de nature chaotique, ont une prévisibilité limitée de par les mécanismes qui les gouvernent (cette incertitude est irréductible), les imperfections des modèles mathématiques qui diminuent au fil des années de par une meilleure compréhension du système climatique (cette incertitude est réductible) et les scénarios climatiques (incertitudes liées à l'homme lui-même et aux choix de société à venir). « *Le facteur essentiel qui apporte de la prévisibilité au niveau global, c'est le forçage des GES* », reconnaît Eric Guilyardi. Coté difficultés pour la prévision décennale, le manque de données sur le passé pèse lourdement. « *On ne sait pas dans quel état étaient les océans il y a encore quelques décennies* », indique Eric Guilyardi et il est donc difficile de poser les conditions initiales c'est à dire de connaître l'état observé de départ pour le fonctionnement de tous les modèles mathématiques de type prédictif. « *Sur 15 groupes de recherche, on constate ainsi 15 façons différentes d'initialiser le système de prévision* », relève le chercheur. Reste aussi problématique la prise en compte des éruptions volcaniques majeures qui jouent sur le climat planétaire. Eric Guilyardi précise que l'on peut bien prédire ce qui se passe dans l'Atlantique Nord pour les 15 ou 20 années qui suivent une éruption volcanique. « *Mais on ne sait malheureusement pas prévoir quand une nouvelle éruption se produira ...* »

Ces études de prévisibilité permettent d'identifier les points forts (réponse aux GES, simulations de la température de surface des océans...) des modèles mais aussi leurs points faibles comme la prévisibilité décennale sur les continents et qui reste « *un défi* ». Eric Guilyardi en conclut que la prévision décennale est « *une science encore exploratoire mais dotée d'un fort potentiel* ».

Le fait que les climatologues n'ont pas été en mesure de bien prévoir le plateau actuel de la température moyenne du globe dans leurs systèmes de prévision numérique est grandement lié à la faible prévisibilité de l'ODP. Celle-ci peut être due à la nature même de l'ODP et dans ce cas il y a peu d'espoir d'améliorer les prévisions futures, ou alors une plus faible précision des données provenant du Pacifique ou à une défaillance des modèles. La communauté travaille d'arrache pied sur les deux derniers points à fort potentiel d'amélioration. Reste la question de la durée de ce plateau de température global? « *Pour l'instant, sa durée ne nous surprend pas mais s'il se prolonge pendant une dizaine d'années encore, il faudra s'interroger* », estime Eric Guilyardi.

Juliette Mignot, chercheuse du laboratoire LOCEAN, admet la difficulté d'expliquer aux décideurs et au grand public la cohérence entre une projection au réchauffement à long terme et l'existence de périodes de ralentissement ou plus généralement de modulations des grandes tendances. *« Il ne faudrait pas penser que les scientifiques ont retourné leur veste, il s'agit simplement d'une nouvelle thématique de recherche, qui concerne une échelle de temps jusque là inexplorée »*, souligne-t-elle. Il reste qu'en termes de communication, le développement de la prévision décennale, avec ses travaux sur la variabilité naturelle, s'il enrichit le discours des scientifiques, le complique aussi. Ceci dans un contexte où, après une acceptation très large de la réalité du réchauffement climatique, l'attente du public, tout comme des décideurs, vis à vis de la prévision décennale se révèle très forte. Si forte qu'elle prend les chercheurs de vitesse. Souvent, les questions posées n'ont pas encore de réponses. Mais elles génèrent de nouvelles pistes de recherche.

Laurent Dubus, de la R&D d'EDF, souligne néanmoins qu'il comprend l'état actuel de la science en matière de prévision décennale et qu'il *« n'attend pas, d'ici 3 ans, des prévisions jour par jour pour les 10 années à venir. Cette attente est totalement illusoire de par la nature même des mécanismes mis en jeu »*. Pour lui, les travaux actuels qui commencent à expliquer la variabilité à l'échelle décennale sont déjà utiles pour la gestion des ressources hydroélectriques, éoliennes ou solaires. EDF peut tirer profit de la compréhension de l'articulation des différents paramètres pouvant engendrer, par exemple, des situations froides sans pluie et sans vent, cruciales pour les énergies renouvelables. Sylvie Parey, chercheuse chez EDF, précise que *« 1% de différence entre prévision et réalité joue sur plusieurs millions d'euros par an »*.

La variabilité naturelle concerne également l'ensemble du système hydrologique en France. Florence Habets, chargée de recherche CNRS (UMR Sisyphe), note ainsi une corrélation forte entre l'OMA et les précipitations au printemps qui peuvent varier jusqu'à 40%. Pour elle, *« les phénomènes comme El Niño, l'ODP et l'OMA comptent pour 20% du signal interannuel en hydrologie »*. Le lien entre les précipitations et la circulation océanique est ainsi avéré. Florence Habets table sur une réduction du débit des rivières de 20% d'ici 2050 et de 30% en 2100 en réponse aux GES dans les projections de type « business as usual ».. *« Mais le phénomène peut être, en partie et temporairement, compensé par la variabilité naturelle si l'on considère des périodes decennales »*, ajoute-t-elle.

De son côté, Roland Séférian, chercheur au Centre National de Recherches Météorologiques (CNRM), juge que la corrélation entre les modèles et les prévisions de température est bonne mais que le modèle « système Terre », qui intègre les composantes biogéochimiques terrestres et océaniques, lui, manque encore de validation. Il est donc encore très difficile d'appliquer les premiers résultats de prévision décennale du climat aux questions de chaîne trophiques et d'écologie de la faune et de la flore. De plus, des périodes d'observation plus longues se révèlent nécessaires ainsi que la prise en compte d'autres variables du système Terre. A propos des vents de surface, qui pourraient jouer un rôle important dans le mécanisme d'enfouissement des eaux chaudes vers les profondeurs de l'océan comme l'explique Christophe Cassou, Roland Séférian indique que le manque d'observations dans ce domaine réduit la prévisibilité de ces mécanismes.

Comme les industriels, les collectivités locales sont désormais sensibilisées au réchauffement climatique. A la Mairie de Paris, Marie Gantois, chargée de mission Climat et Adaptation au changement climatique, rappelle que le premier « Plan Climat de Paris » date de 2007 » et le deuxième de fin 2012. Les priorités de la capitale concernent la préparation aux canicules et aux

inondations. Pour cela, les projections climatiques se révèlent précieuses afin d'anticiper de possibles raréfactions de ressources comme l'eau potable. « *Nous privilégions la connaissance, l'information et la sensibilisation* », indique Marie Gantois qui prépare un « Carnet d'adaptation » pour 2015.

L'adaptation est en effet un maître mot dans la stratégie climatique de la Mairie de Paris et elle mobilise les 55 000 agents de la capitale. Elle passe par l'aménagement du territoire avec la volonté de « *végétaliser pour rafraichir* ». Pour cela, Marie Gantois note que ses attentes, vis à vis des climatologues, sont « *des données fiables, accessibles et applicables* ». Avec le souci qu'elles soient également « *actualisées et compréhensibles par les décideurs pour faciliter les arbitrages* ». Un défi pour la recherche !

Christophe Cassou tempère l'enthousiasme en rappelant que les premiers travaux en matière de prévisions décennales ne remontent qu'à 2008. L'heure est désormais au sixième Coupled Model Intercomparison Project, ou CMIP6 qui va se dérouler sur 2015-2020 dans la perspective du prochain rapport du GIEC prévu pour 2019-2020. CMIP6 fait partie du programme de recherche mondial sur le climat (WCRP). Comme les précédents projets, il va amener les chercheurs à travailler sur un grand nombre de domaines comme l'impact des nuages, les effets des océans, de la glace et des continents, mais aussi, donc, les prévisions à court terme aux échelles décennales. En ligne de mire, la correction des biais systématiques dans la prévision. Mais il faut aussi que les climatologues s'attaquent aux volcans et à leur influence.. Christophe Cassou souligne aussi l'importance de poursuivre des études amont de compréhension de la variabilité naturelle. Il s'agit en effet d'un pré-requis indispensable pour aboutir à d'éventuelles prévisions robustes, et de nombreux phénomènes sont encore mal compris. La communauté française des chercheurs est fortement impliquée pour faire passer ce message au niveau international.

Ces travaux induisent un changement notable dans les stratégies d'action vis à vis du changement climatique. Parallèlement à l'objectif d'atténuation du réchauffement grâce à la limitation des émissions de GES qui conserve toute son urgence, émergent des démarches d'adaptation qui prennent le problème sous un angle différent. Elles touchent aussi bien l'industrie et l'agriculture que les collectivités locales et les concepteurs de services climatiques. Ainsi, Eric Brun, de l'Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique (ONERC), relève que cette notion d'adaptation implique une action sur les variables de la société qui évoluent lentement, comme les infrastructures ou les modes d'usage. En phase, finalement, avec l'évolution, elle-même lente, du climat.

Serge Planton, responsable de l'unité de recherche climatique à Météo-France, conclut ce séminaire en soulignant le paradoxe qui s'est trouvé au centre des échanges sur la prévision décennale. Pour lui, « *être moins capable de prévoir la température des dix prochaines années en France que la fourchette du réchauffement à la fin du siècle, c'est contre-intuitif. Mais ce type de journée permet de d'expliquer que ce paradoxe n'est qu'apparent* ».