

Le climat en France en 2050


(Comparaison à la période 1976-2005)




+2,2°C
de hausse des
températures moyennes
en France.



5 à 15 jours
de vagues de chaleur
en plus selon un axe
nord-ouest/sud-est.



- 10 %
des cumuls de pluie en été.
Les sécheresses sont plus
longues en été jusqu'à 5 à
10 jours supplémentaires.



-20 % à -50 %
d'épaisseur de neige
en moyenne montagne
à l'horizon 2050.



10 à 20 jours
de gel en moins, d'ouest en
est du pays et en montagne.



10 à 20 nuits
tropicales en plus sur la
moitié nord de la France,
et jusqu'à 50 nuits sur les
régions méditerranéennes.

Les grandes tendances pour l'évolution du climat en France (Source Météo-France).

Quel climat en France à l'horizon 2050 et au-delà ?

Entretien avec Jean-Michel Soubeyrou,
Météo-France - Directeur adjoint scientifique / Direction de la climatologie
et des services climatiques

Propos recueillis par Jacques Claverie



Le réchauffement climatique n'est plus une hypothèse. Météo-France participe activement, comme d'autres laboratoires français, aux travaux du GIEC mais en décline aussi les conclusions au niveau national de façon à ce que tous les acteurs institutionnels et économiques du pays puissent anticiper au mieux les conséquences des évolutions climatiques les plus probables.

REE : Quel est l'historique des travaux de recherche visant à comprendre les évolutions futures du climat ?

Jean-Michel Soubeyrou : Les activités de Météo-France concernent le développement de modèles physiques qui peuvent être utilisés pour les prévisions

météorologiques mais aussi pour les études climatiques. Nous utilisons des modèles globaux pour les exercices d'intercomparaison des projections climatiques utilisées pour les travaux du GIEC ¹, mais aussi des modèles régionaux à aires limitées, sur l'Europe notamment. L'utilisation de modèles de climat est peut-être antérieure à la question du changement climatique. Météo-France avait besoin de travailler sur des modèles de climat, presque indépendamment du changement climatique, pour comprendre et analyser les processus prépondérants à ces échelles globales et les diverses interactions. Pour revenir à l'histoire, le GIEC a été créé en 1988 et son premier rapport date de 1990. Avant cette période, le sujet du réchauffement climatique avait peu d'audience scientifique. Il y avait déjà des articles publiés mais pas de mobilisation structurée de la communauté du climat.

Les premières projections globales de Météo-France ont été établies en 1990 avec un modèle de résolution de 250 km à l'échelle globale. Mais les premières descentes d'échelles avec des résolutions plus fines et plus exploitables ont été faites en 2003 ². Il s'agissait d'un travail concernant le bassin méditerranéen avec une maille de 50 km.

REE : Comment s'établissent les prévisions sur l'évolution du climat ?

J-M.S. : La communauté internationale sur le climat fait des exercices d'intercomparaison de modèles climatiques nommés CMIP ³. Ces exercices CMIP sont coordonnés pour produire l'information qui va ensuite être exploitée dans les rapports du

1 GIEC : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (en anglais : *Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC)

2 Gibelin et Déqué, "Anthropogenic climate change over the Mediterranean region simulated by a global variable resolution model", *Climate Dynamics*, vol. 20, pages 327-339 (2003)

3 CMIP : *Coupled Model Intercomparison Project*. On fait suivre cet acronyme d'un numéro correspondant à l'édition en cours. Le 6^{ème} rapport du GIEC, rendu public en mars 2023, était donc basé sur l'exercice CMIP6.

Les scénarios RCP

Dans le cadre du cinquième rapport du GIEC, trois scénarios d'émissions de gaz à effet de serre représentatifs ont été sélectionnés à partir de leurs impacts potentiels sur le climat. Ces scénarios RCP (*Representative Concentration Pathways*) se répartissent entre deux scénarios extrêmes (les RCP2.6 et RCP8.5) et un scénario intermédiaire (RCP4.5).

Le RCP2.6 décrit un monde très sobre en émissions de gaz à effet de serre, dans lequel le réchauffement global reste inférieur à 2 °C par rapport aux températures préindustrielles (objectif des Accords de Paris). Le RCP8.5 décrit quant à lui un futur sans régulation des émissions, menant à environ 5 °C de réchauffement global d'ici la fin du siècle. Le scénario RCP4.5 décrit une voie intermédiaire, dans laquelle les émissions continuent de croître pendant quelques décennies, se stabilisent puis décroissent avant la fin du XXI^e siècle. Ces scénarios d'émissions sont utilisés en entrées des modèles climatiques globaux dont l'objectif est de simuler l'évolution du climat à l'échelle mondiale.

Source : Document « Météo-France éclaire le climat en France jusqu'en 2100 »

GIEC. Le GIEC regroupe l'ensemble des meilleurs experts dans les différents pays du monde ; ils analysent toute la production des publications scientifiques sur le climat et ses impacts pour en établir la synthèse. Pour que ces rapports soient alimentés des meilleures avancées de la science, il y a quelque part en parallèle ou en amont une organisation de la communauté internationale du climat pour définir un cadre commun de réalisation des projections de façon à faciliter les conclusions.

Météo-France s'inscrit pleinement dans ces exercices, notamment via le CNRM ⁴. Certains exercices CMIP peuvent utiliser plusieurs versions différentes du même modèle global. En plus des exercices globaux, la régionalisation trouve de plus en plus sa place. Pour différentes régions du monde (au niveau d'un continent, par exemple) la communauté scientifique décide des simulations à réaliser pour améliorer la connaissance. L'enjeu actuel, pour la modélisation du climat est de réaliser des modèles régionaux qui prennent en compte la convection. Pour la prévision météorologique, Météo-France a développé le modèle AROME. Un modèle équiva-

4 CNRM : Centre national de recherches météorologiques (Météo-France/CNRS).

lent est maintenant utilisé pour la modélisation du climat : maillage spatial de l'ordre du km et pas de temps pouvant descendre à une heure. La prise en compte de la convection nécessite des échelles aussi fines et elle est indispensable pour modéliser les précipitations extrêmes et les rafales de vent, notamment.

REE : Quelle est la période d'actualisation des rapports du GIEC et tout est-il déjà écrit pour 2050 ?

J-M.S. : Les rapports du GIEC sont produits à peu près tous les sept ans. Le GIEC vient de terminer son sixième cycle d'évaluation avec le rapport publié en mars 2023. Le septième est déjà en préparation ; les scientifiques travaillent à la configuration des modèles qui vont être opérés au cours de l'exercice CMIP7 qui va arriver vers 2028/2029.

Est-ce que tout est écrit pour 2050 ? La réponse est : « pas tout à fait ». 2050 commence à être un horizon assez proche. Les simulations climatiques dont on dispose aujourd'hui sont basées sur des scénarios climatiques en termes d'émissions de gaz à effet de serre mais aussi d'aérosols. Les aérosols intègrent les différentes poussières produites par les activités humaines (industries notamment) et ils limitent le rayonnement solaire. Les scénarios cli- ●●●

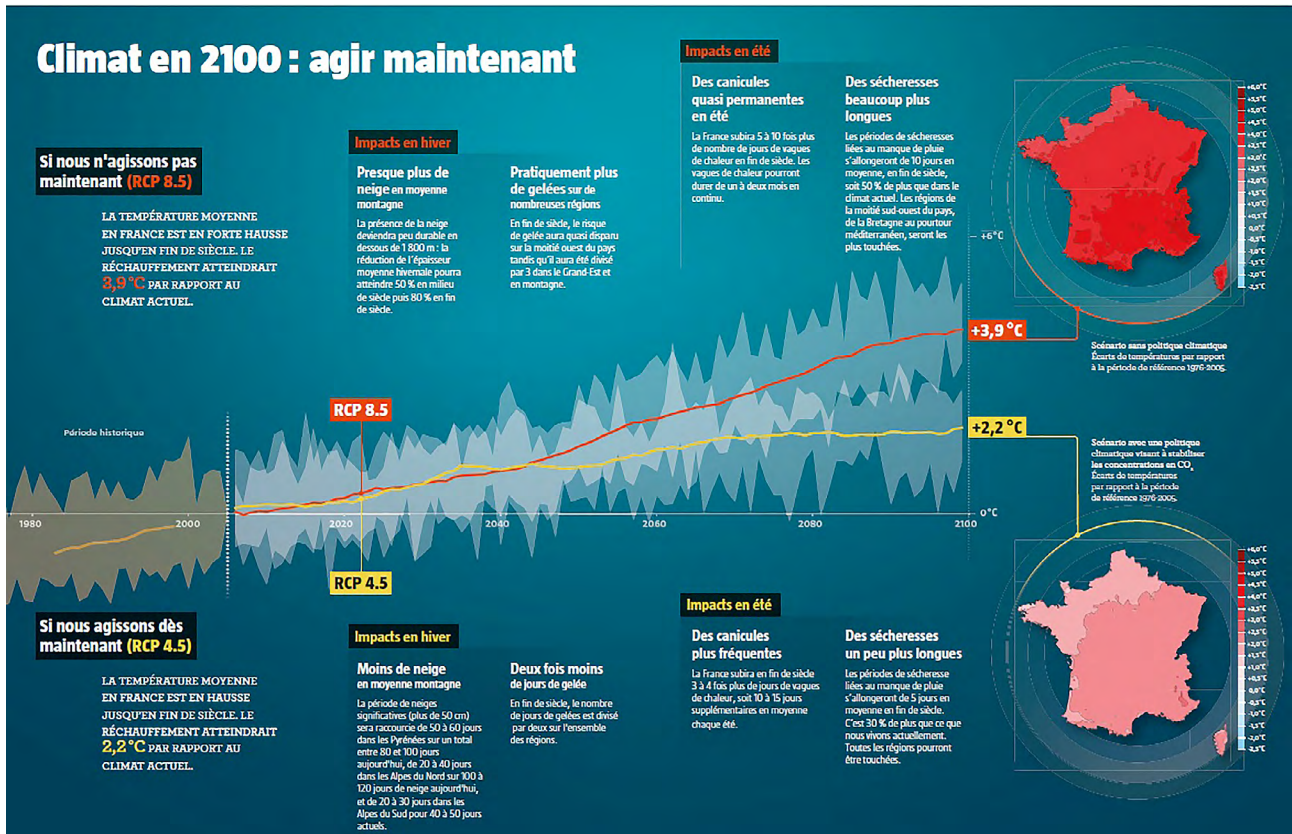


Figure 1 : Les scénarios d'évolution du climat en France jusqu'en 2100 (Source Météo-France).

matiques, dits RCP (voir encadré), utilisés dans les rapports du GIEC ont été complétés pour tenir compte des aérosols. Désormais, jusqu'en 2040, la trajectoire semble assez claire. Pour la décennie 2040/2050 il y a quelques différences selon que l'on utilise un scénario à émissions fortes ou un scénario à émissions faibles. Cela dépend notamment du chemin parcouru vers l'atteinte de l'objectif de neutralité carbone.

Les accords de Paris affichaient un objectif de réchauffement limité à + 2 °C en 2100 voire à + 1,5 °C avec des politiques très

volontaristes. Le réchauffement global aujourd'hui est de l'ordre de + 1,2 °C ; le seuil de 1,5 °C sera atteint autour de 2030 et celui des 2 °C vraisemblablement vers 2050, sauf réduction drastique de nos émissions. Mais il est toujours temps d'agir. Il faut décarboner l'ensemble de nos activités et adapter notre société à un climat plus chaud, sans pour autant négliger les questions sociales.

REE : Quelles sont les grandes tendances prévisibles pour le climat en France ?

J-M.S. : L'année 2022 a été très éclairante ; avec des températures qui correspondent aux moyennes attendues à l'horizon 2050, nous avons connu un ensemble de situations difficiles à gérer : canicules, sécheresses, feux de forêt. En ce qui concerne l'évolution des températures, il faut donc s'attendre à revivre, de plus en plus régulièrement, des années comme 2022 et même plus chaudes.

Concernant les précipitations on a des incertitudes plus importantes ; certaines simulations prédisent une diminution, à l'échelle annuelle, des précipitations tandis que d'autres, au contraire, en prévoient l'augmentation. La question relative à la ressource en eau est primordiale pour notre société, y compris pour les aspects énergétiques. Il semblerait toutefois qu'il y ait une forme de consensus dans les modèles pour affirmer qu'on ira vers plus de précipitations en hiver et nettement moins en été. C'est un sujet sur lequel il n'y a pas,

“ Les accords de Paris affichaient un objectif de réchauffement limité à +2 °C en 2100 voire à +1,5 °C avec des politiques très volontaristes. Le réchauffement global aujourd'hui est de l'ordre de + 1,2 °C ; le seuil de 1,5 °C sera atteint autour de 2030 et celui des 2 °C vraisemblablement vers 2050. ”

pour le moment, un excellent accord entre les observations actuelles et les projections climatiques. Nous savons qu'il existe des modulations de notre climat ; celui-ci n'est pas juste qu'une extrapolation des effets du changement climatique d'une année sur l'autre. On note tout de même une tendance de fond pour aller vers moins de jours de précipitations mais des précipitations beaucoup plus intenses.

Pour les vents, l'incertitude est encore plus grande ! La variabilité décennale est bien plus forte pour le vent que pour les précipitations. On a encore de très beaux sujets de recherche ! Les climatologues prédisent plutôt une diminution des vents forts sur la France, notamment sur le Nord de la France ; le fait que le rail des perturbations remonterait vers le Nord de l'Europe implique une diminution du vent sur le nord de la France. Il y a encore beaucoup d'hésitations concernant les régions méditerranéennes. Sans être trop technique, cela a à voir avec l'impact des vents convectifs par rapport aux vents synoptiques. Si on a des événements convectifs plus violents, on peut avoir aussi, et c'est ce qu'on observe ces dernières années, des rafales d'orages de plus en plus violentes. C'est typiquement ce qui s'est passé en Corse le 18 Août 2022. S'agissant de l'évolution des vents on n'a pas forcément besoin des mêmes informations pour planifier l'évolution du potentiel éolien en France en 2050 et pour anticiper le coût des assurances en regard des dégâts causés par les tempêtes.

REE : A partir des projections disponibles, comment Météo-France travaille-t-elle avec les différents acteurs institutionnels et économiques pour produire des indicateurs plus spécifiques ?

J-M.S. : Depuis une dizaine d'années, Météo-France développe des services qui visent à rendre utile l'information climatique pour les actions d'adaptation dans les différents secteurs.

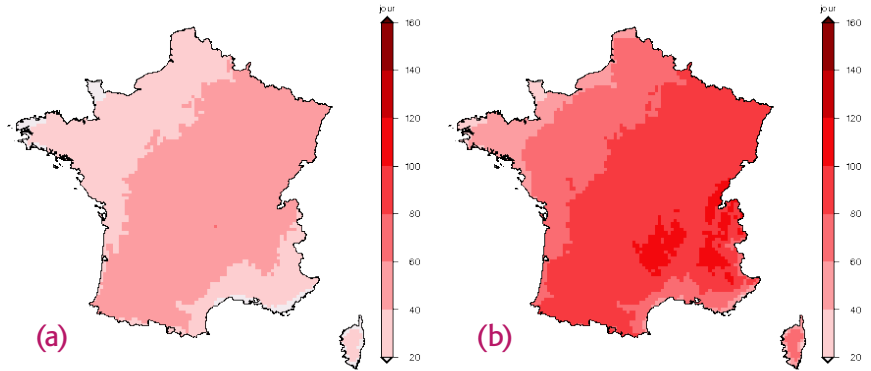


Figure 2 : Evolution du nombre de jours anormalement chauds dans l'année (jours où la température maximale est supérieure de plus de 5 °C à la normale). Sur la figure 2a, il s'agit d'une référence pour la période 1976-2005. Sur la figure 2b, il s'agit d'une projection pour la période 2041-2070. Le scénario retenu est un scénario moyen type RCP 4.5. Le modèle utilisé est le modèle ALADIN 63 du CNRM. Résultats obtenus à partir du portail DRIAS.

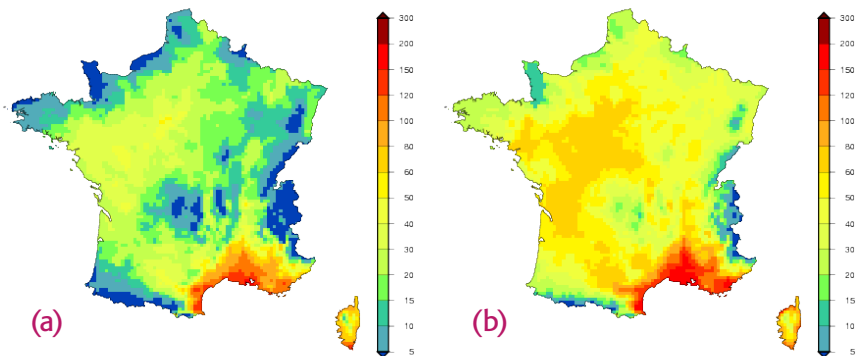


Figure 3 : Evolution du nombre de jours dans l'année où le risque de feux de forêt dépasse l'indice 20. Sur la figure 3a, il s'agit d'une référence pour l'année 1970. Sur la figure 3b, il s'agit d'une projection pour 2055. Le scénario retenu est un scénario moyen type RCP 4.5. Un indice de feu supérieur à 20 correspond à un risque réel d'incendie sans toutefois correspondre au risque maximal. Résultats obtenus à partir du portail DRIAS.

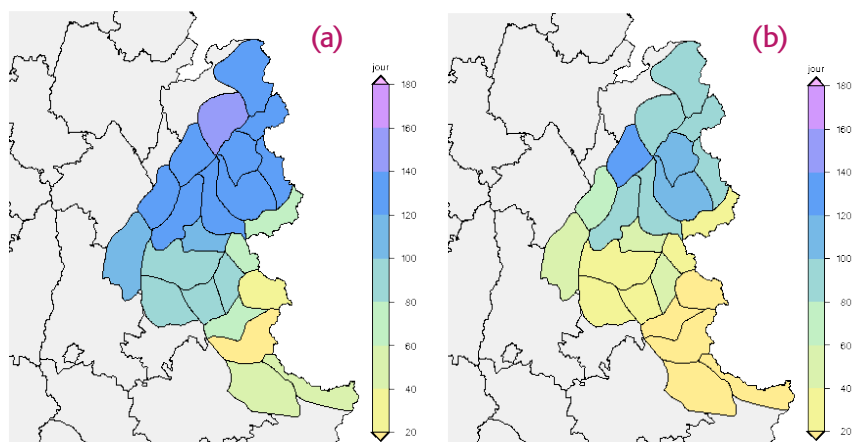


Figure 4 : Evolution du nombre de jours dans l'année où l'épaisseur de neige dans les Alpes dépasse 50 cm à 1800 m d'altitude. Sur la Figure 4a, il s'agit de la période 1976-2005. Sur la figure 4b, il s'agit d'une projection pour la période 2041-2070. Le scénario retenu est un scénario moyen type RCP 4.5. Le modèle utilisé est le modèle ALADIN 53 du CNRM. Résultats obtenus à partir du portail DRIAS.

La recherche sur le climat à Météo-France en quelques chiffres

Notons que Météo-France n'est pas le seul acteur français de la recherche sur le climat. L'Institut Pierre-Simon Laplace, à travers notamment le Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (UMR 8212 du CNRS), contribue activement à cet effort.

Du côté de Météo-France il y a deux directions qui travaillent sur le climat :

- La Direction de la climatologie et des services climatiques qui regroupe 80 personnes. Il s'agit d'une direction très opérationnelle en charge de produire de l'information utile aux acteurs économiques et institutionnels (le portail DRIAS par exemple)
- Le CNRM où une soixantaine de personnes travaillent plus spécifiquement dans le domaine de la recherche sur le climat (problématiques de descente d'échelle, de régionalisation du climat, de caractérisation des extrêmes).

Cette recherche sur le climat mobilise 15 % de la puissance de calcul des supercalculateurs de Météo-France. L'exercice CMIP6 a mobilisé 37,5 personnes année en France et ce pendant 3 ans. Les données fournies au GIEC représentent 43 000 années de simulations climatiques ayant produit 2,5 pétaoctets de données sur les 20 pétaoctets au niveau mondial (1 pétaoctet correspond à 1 million de milliards d'octets).

●●● Le portail « DRIAS les futurs du climat »⁵ a été créé en 2012 ; il vise à mettre à disposition les projections climatiques régionalisées sur la France, dont des données de référence en termes de variables et d'indicateurs. Il ne s'adresse pas au grand public, mais à des bureaux d'études, des collectivités, à des grandes entreprises qui ont des questions à résoudre et des stratégies d'adaptation à bâtir. Il y a d'autres types de services climatiques, tel climat HD⁶, qui peuvent aider à la compréhension des évolutions du climat à l'échelle de la région et qui peuvent être intéressants pour le grand public, l'enseignement, les médias...

DRIAS est fait pour manipuler les données, par exemple par les collectivités, dans le cadre de l'élaboration de leurs

PCAET⁷. Ces collectivités peuvent elles-mêmes manipuler les données et produire les cartes adaptées à leurs besoins spécifiques. DRIAS est désormais une référence au niveau national pour tous les organismes publics ou privés qui ont besoin de récupérer des données relatives au changement climatique en France. Des entités telles que RTE, EDF ou d'autres grands énergéticiens, ne passent pas forcément par DRIAS parce qu'ils ont eux-mêmes des équipes d'experts. On peut aller plus loin avec eux et élaborer des jeux de modèle spécifiques.

Nous pouvons également prendre l'exemple de l'enneigement en France. Météo-France en partenariat avec l'INRAE⁸ et le cabinet Dianeige a mis en place le portail CLIMSNOW⁹ desti-

né notamment aux stations de ski. Les données de projection climatique, les modèles de neige qui permettent de simuler la neige naturelle et la production de neige de culture, les effets du damage permettent de fournir de l'information sur le domaine skiable. Cela permet d'anticiper sur les évolutions de l'équipement des stations et d'opter pour des stratégies d'adaptation : aménager des pistes à des altitudes plus élevées, diversifier les activités pour que le ski ne soit plus l'activité principale de la station...

En plus de son activité traditionnelle de fournisseur de prévision météorologique, Météo-France se doit désormais de fournir également du service climatique, pour amener l'information utile aux différents acteurs. A certains moments, cette information devra être vraiment retravaillée, pour répondre aux demandeurs. Il s'agira d'une véritable aide à la décision ; nous devons adapter nos systèmes de production plutôt que de demander aux acteurs quelle est leur sensibilité aux précipitations ou aux températures, et ainsi produire directement les variables dont ils ont besoin pour prendre leurs décisions d'adaptation. Cette évolution du service est désormais un crédo partagé à l'échelon international. ■

À propos

Jean-Michel Soubeyrou est Ingénieur des Ponts, Eaux et Forêts. Il travaille à Météo-France sur les sujets du climat depuis 2007. Il est Directeur Adjoint Scientifique depuis 2015, en charge du transfert opérationnel des résultats de la recherche sur le climat, de la connaissance des impacts du changement climatique en France et du développement des services pour l'adaptation. Il a coordonné la rédaction du rapport DRIAS sur les nouvelles projections climatiques pour la France en 2021 et le développement du nouveau portail DRIAS_Eau en 2023.

5 <http://www.drias-climat.fr/>

6 <https://meteofrance.com/climathd> ; on trouve aussi dans ClimatHD une application qui permet de visualiser les évolutions attendues pour 2050 au niveau de chaque commune de France, métropole comme outremer.

7 Plan climat-air-énergie territorial ; outil de planification obligatoire dans toutes les intercommunalités à fiscalité propre de plus de 20 000 habitants.

8 Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement

9 <https://www.climsnow.com/>