

Documentaire « Le défi, le changement climatique » Trame

Par Romain DUFIEU



« L'Homme face au défi du changement climatique »
(Durée : 8 min)

Le climat constitue une des priorités de Météo-France, service météorologique et climatique national.

Au fil du temps, les missions et les contributions de Météo-France en matière de climat se sont accrues. Aujourd'hui, l'établissement est chargé de contribuer, au plan international, à la mémoire et à la prévision du changement climatique et de contribuer également, par ses informations et son expertise, à l'élaboration des politiques publiques en matière de changement climatique.

Ne pas confondre météo et climat

La météorologie étudie le temps qu'il fait et le temps prévu, à un instant et en un lieu donnés. Elle fournit des valeurs observées pour divers paramètres (température, précipitations, pression, vent, couverture nuageuse, etc.) et des valeurs prévues à plusieurs jours d'échéance. La climatologie s'intéresse aux valeurs moyennes établies sur 30 ans de ces paramètres météorologiques sur des zones géographiques plus étendues. Le climat décrit les conditions météorologiques moyennes caractérisant une région donnée.

Les climats passés, clés de l'avenir

Étudier le climat passé permet de mieux comprendre le fonctionnement du système climatique, clé pour appréhender le climat actuel et anticiper ses évolutions futures. Pour cela, les climatologues doivent disposer de séries d'observations sur la période la plus longue possible. Une mission de conservation de la mémoire du climat confiée par l'Etat à Météo-France qui assure la collecte, le contrôle et l'archivage des données climatiques dans une base nationale pour caractériser le climat et son évolution.

Se référer au panneau « Les outils de la connaissance » de l'exposition Le climat change (voir annexes).

Le climat de la Terre est en constante évolution

Le climat a beaucoup varié au cours des 4,5 milliards d'années d'existence de notre planète. Une variation de quelques degrés de la température moyenne annuelle à la surface de la Terre est suffisante pour tout bouleverser.

Depuis au moins deux millions d'années, le climat de la Terre varie entre période glaciaire et interglaciaire avec une quasi-périodicité d'environ 100 000 ans. Le dernier maximum glaciaire a eu lieu il y a 21 000 ans. À cette époque, la température de la Terre n'était que de 4 °C à 7 °C inférieure à sa valeur actuelle, et pourtant le niveau de l'océan était plus bas de quelque 120 mètres. L'Amérique du Nord et l'Eurasie étaient recouvertes d'une couche de glace qui atteignait 1 à 2 km d'épaisseur et s'étendait jusqu'à New-York et au nord de l'Allemagne. La dernière déglaciation, entamée il y a 20 000 ans, s'est révélée climatiquement très favorable à notre espèce. Dans des conditions relativement stationnaires, propices au développement de l'agriculture et de l'élevage, les hommes ont pu croître et se multiplier : les populations humaines ont passé la barre du milliard d'individus vers 1800, puis celle des 7 milliards en 2011. Pour autant, cette période n'a pas été exempte de variations. À titre d'exemple, si l'on regarde l'évolution de la température moyenne dans l'hémisphère nord depuis la fin du haut Moyen-âge, on peut identifier une période légèrement plus chaude entre l'an 950 et 1250 (« l'optimum médiéval ») et une période plus froide entre 1450 et 1850 (« le petit âge glaciaire »).

Le constat : le climat se réchauffe à l'échelle du globe et en France, et les changements observés sont nombreux

Depuis 1850, on constate à l'échelle du globe une tendance claire au réchauffement, et même une accélération de celui-ci.

Le réchauffement du système climatique est sans équivoque et, depuis les années 1950, beaucoup de changements observés sont sans précédent depuis des décennies voire des millénaires. L'atmosphère et l'océan se sont réchauffés, la couverture de neige et de glace a diminué, le niveau des mers s'est élevé et les concentrations des gaz à effet de serre ont augmenté.

Chacune des trois dernières décennies a été successivement plus chaude à la surface de la Terre que toutes les décennies précédentes depuis 1850. Les années 1983 à 2012 constituent probablement la période de 30 ans la plus chaude qu'ait connue l'hémisphère Nord depuis 1 400 ans.

La moyenne globale combinant des données de température de surface des terres et des océans montre par un calcul de tendance linéaire un réchauffement de 0,85°C sur la période 1880-2012.

En moyenne sur les régions continentales des moyennes latitudes de l'hémisphère Nord, les précipitations ont augmenté depuis 1901.

Le réchauffement océanique constitue l'essentiel de l'augmentation de la quantité d'énergie emmagasinée au sein du système climatique et représente plus de 90 % de l'énergie accumulée entre 1971 et 2010, avec seulement 1 % stockée dans l'atmosphère.

Depuis le milieu du XIXe siècle, le rythme d'élévation du niveau moyen des mers est supérieur au rythme moyen des deux derniers millénaires. Entre 1901 et 2010, le niveau moyen des mers à l'échelle du globe s'est élevé de 19 cm. La vitesse moyenne de cette hausse s'accélère : elle était de 1,7 mm/an entre 1901 et 2010, de 2,0 mm/an entre 1971 et 2010, et de 3,2 mm/an entre 1993 et 2010.

Au cours des deux dernières décennies, la masse des calottes glaciaires du Groenland et de l'Antarctique a diminué, les glaciers de presque toutes les régions du globe ont continué à se réduire et l'étendue de la banquise arctique et celle du manteau neigeux de l'hémisphère Nord au printemps ont continué à diminuer.

Les concentrations atmosphériques de dioxyde de carbone, de méthane et de protoxyde d'azote ont augmenté pour atteindre des niveaux sans précédent depuis au moins 800 000 ans. La concentration du dioxyde de carbone a augmenté de 40 % depuis l'époque préindustrielle. L'océan a absorbé environ 30 % des émissions anthropiques de dioxyde de carbone (contre environ 50% pour l'atmosphère), ce qui a entraîné une acidification de ses eaux.

L'acidification de l'océan est quantifiée par la diminution du pH. Le pH de l'eau de mer a diminué de 0,1 depuis le début de l'ère industrielle, soit une augmentation de 26 % de la concentration en ions hydrogène (augmentation d' H^+ = augmentation de l'acidité).

Si au cours du XXe siècle, la température moyenne a augmenté en France métropolitaine de 0,1 °C par décennie (soit une augmentation de 1°C), cette tendance s'est récemment accélérée. De même, outre-mer, le réchauffement s'accroît depuis la fin des années 1970. Côté précipitations, l'évolution est plus contrastée. On observe une augmentation sur les deux tiers de l'Hexagone avec des contrastes saisonniers marqués : hausse des précipitations pendant l'hiver, baisse des précipitations pendant l'été et allongement des sécheresses les plus longues. Ce réchauffement global n'est pas accompagné de changements notables dans la fréquence et l'intensité des tempêtes à l'échelle de la France, ni du nombre et de l'intensité des épisodes de pluies diluviennes dans le Sud-Est.

L'effet de serre additionnel, cause principale du réchauffement observé depuis 1950

Le climat varie continuellement en fonction de nombreux facteurs naturels (variabilité interne et forçages externes). Or, l'utilisation de modèles de climat développés notamment à Météo-France, a permis aux chercheurs de montrer que les facteurs naturels ne suffisent pas à expliquer le changement récent du climat. Un autre facteur participe en effet au changement climatique : le développement des activités humaines depuis le début de l'ère industrielle. C'est ce facteur anthropique qui explique très vraisemblablement l'essentiel du réchauffement climatique constaté depuis 1950.

Les scientifiques du GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) s'accordent donc aujourd'hui sur les causes du changement climatique en cours : ce changement est, au moins en partie, dû aux gaz à effets de serre d'origine anthropique dont la teneur dans l'atmosphère a augmenté tout au long de l'ère industrielle sous l'influence de l'Homme contribuant à un léger, mais durable et inquiétant, effet de serre additionnel qui s'ajoute au phénomène naturel, lequel est indispensable à la vie sur Terre. L'effet de serre additionnel résulte de l'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre - principalement, la vapeur d'eau (H_2O), le dioxyde de carbone (CO_2), le méthane (CH_4), le protoxyde d'azote (N_2O) et l'ozone (O_3) - ou en raison de la présence d'autres gaz qui n'existent pas à l'état naturel dans l'atmosphère, comme les chlorofluorocarbones (CFC) et les hydrofluorocarbones (HFC). La plus grande contribution à cette intensification de l'effet de serre provient de l'augmentation de la teneur de l'atmosphère en CO_2 depuis 1750. Le CO_2 représente en effet près des 2/3 des émissions mondiales de gaz à effet de serre induites par les activités humaines. C'est pourquoi on mesure usuellement l'effet des autres gaz à effet de serre en équivalent CO_2 (eq. CO_2). Cette augmentation s'explique en premier lieu par l'utilisation de combustibles fossiles (charbon, pétrole, gaz naturel) et la production de ciment, et en second lieu, par le bilan des émissions dues aux changements d'utilisation des sols (déforestation notamment). Il en résulte une absorption nette d'énergie par le système climatique responsable du réchauffement récent du climat.

Le réchauffement va s'accroître

Pour le GIEC, l'influence de l'homme sur le système climatique est clairement établie. Il est extrêmement probable que l'influence de l'homme est la cause principale du réchauffement observé depuis le milieu du XXe siècle. De nouvelles émissions anthropiques de gaz à effet

de serre impliqueront une poursuite du réchauffement et des changements affectant toutes les composantes du système climatique. Ainsi, les émissions cumulées de CO₂ détermineront dans une large mesure la moyenne mondiale du réchauffement en surface vers la fin du XXI^e siècle et au-delà.

Pour analyser le futur du changement climatique, les experts du GIEC ont défini des trajectoires d'évolution des concentrations de gaz à effet de serre liées aux activités humaines (RCP : « Representative Concentration Pathways ») traduites en termes de modification du bilan radiatif de la planète (différence entre le rayonnement solaire net reçu et le rayonnement infrarouge émis au sommet de la troposphère). Quatre scénarios RCP de référence ont été retenus pour les simulations de Météo-France (projet CMIP-5) : RCP8.5, RCP6.0, RCP4.5, RCP2.6. Les nombres indiquent le forçage radiatif total et global (incluant les forçages radiatifs d'origine anthropique, prédominants dans l'évolution du climat du XX^e siècle, et déterminants pour les prochains siècles), i.e. le déséquilibre radiatif total au sommet de la troposphère induit par une ou plusieurs causes externes au système climatique (comme émissions anthropiques futures de gaz à effet de serre ou d'aérosols) (forçage radiatif), en watts par mètre-carré entre 1850 et 2100. Plus le nombre est élevé, plus le système terre-atmosphère gagnera en énergie et plus il se réchauffera.

Le scénario 8.5 est celui du « laisser-faire » en émissions anthropiques de gaz à effet de serre conduisant à un forçage radiatif total et global très important à la fin du XXI^e siècle. Suivant ce scénario « laisser-faire », le réchauffement pourrait augmenter de 3.5 à 5°C d'ici à 2100.

Le scénario 2.6 est celui « sobre » en émissions anthropiques de gaz à effet de serre, incluant une politique forte de réduction des émissions anthropiques de gaz à effet de serre (émissions anthropiques de gaz à effet de serre proches de zéro à la fin du XXI^e siècle), éventuellement accompagnée de techniques de captage du CO₂ atmosphérique dans la seconde moitié du siècle, afin de limiter le réchauffement climatique à 2°C environ par rapport à la température du milieu du XIX^e siècle. Suivant ce scénario « sobre », le réchauffement pourrait augmenter de 1°C d'ici à 2100.

Toutes ces trajectoires sont utilisées par les climatologues pour établir des projections climatiques à l'échelle du globe ou plus localement. Elles sont également exploitées par d'autres experts (hydrologues, agronomes, économistes, démographes...) pour définir des scénarios socio-économiques compatibles. Certains de ces scénarios intègrent des politiques visant à réduire ou stabiliser les concentrations en CO₂.

Le changement climatique (récent et futur) a de larges répercussions/impacts sur les systèmes humains et naturels

Incidences observées à grande échelle:

Les impacts socio-économiques du changement climatique peuvent être positifs ou négatifs et affecter les infrastructures, les conditions sanitaires, l'activité économique ou encore la biodiversité. Au cours des dernières décennies, tous les continents et les océans ont été impactés par les évolutions du climat :

- Ressources en eau : dans de nombreuses régions les modifications des pluies ou la fonte des neiges et des glaces affectent la qualité et la quantité des ressources en eau.
- Écosystèmes : de nombreuses espèces animales et végétales s'adaptent à une évolution des conditions climatiques, leurs aires de répartition, leurs activités

saisonniers, leurs schémas de migration et l'abondance des populations sont modifiés. A noter que pour certains écosystèmes terrestres et marins, le changement climatique se produit à un rythme trop rapide pour qu'ils puissent spontanément s'adapter.

- Agriculture : des impacts négatifs sur le rendement des cultures ont été plus fréquemment observés que des impacts positifs.
- Santé : de possibles impacts sur la santé sont identifiés mais encore mal quantifiés (augmentation de la mortalité due aux canicules, altération de la distribution et de la propagation des virus notamment en raison de l'avancée d'insectes vecteurs de maladies, aggravation des allergies).
- Patrimoine bâti : les bâtiments historiques sont intimement liés à leur environnement. Leur durabilité dépend beaucoup de sa stabilité. La fréquence accrue des précipitations extrêmes, les inondations, l'intrusion d'eaux salines, une plus grande instabilité du sol (compression/ dilatation), sont problématiques pour leur conservation.
- Phénomènes extrêmes : des changements ont été constatés depuis 1950 environ en ce qui concerne bon nombre de phénomènes météorologiques et climatiques extrêmes. Certains de ces changements ont été attribués aux activités humaines, notamment la diminution des extrêmes de froid, l'augmentation des extrêmes de chaleur, la hausse des niveaux extrêmes de pleine mer et la multiplication des épisodes de fortes précipitations dans diverses régions. Le nombre de cyclones les plus intenses a augmenté en Atlantique Nord depuis 1970 (ailleurs, aucune tendance n'a été établie).

Une répartition inégale de ces impacts : on observe d'importantes disparités géographiques face au risque climatique. Les conditions institutionnelles, politiques et culturelles ou encore les inégalités sociales et économiques influencent le degré de vulnérabilité et l'exposition des différents systèmes à ces impacts. Les récents événements extrêmes tels que des inondations, des cyclones ou des vagues de chaleurs ont mis en évidence une vulnérabilité déjà importante vis-à-vis des conditions climatiques actuelles. Ces impacts ont de fortes implications sociales en accentuant d'autres facteurs de stress comme l'accès à l'eau, à l'alimentation ou à la sécurité de l'habitat, notamment vis-à-vis des populations les plus pauvres. Les conflits violents aggravent encore cette vulnérabilité.

Incidences observées en France (se référer aux 7 fiches thématiques de l'ONERC « Les indicateurs du changement climatique » téléchargeables à l'adresse suivante : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Indicateurs-du-changement,44548.html>) :

- Le nombre de journées estivales (journées au cours desquelles la température dépasse 25°C) sur la période 1951-2014 présente de fortes variations d'une année sur l'autre mais, en moyenne, il augmente à Paris ainsi qu'à Toulouse. L'augmentation moyenne sur la période 1951-2014 est de 4 jours par décennie à Paris et de presque 6 jours par décennie à Toulouse.
- Depuis 1911, le glacier d'Ossoue (massif du Vignemale dans les Pyrénées) s'est raccourci de 540 mètres. En 100 ans, sa superficie est passée d'environ 110 à 45 hectares, soit une perte de surface de 59 %. Les variations annuelles de la

masse du glacier (différence entre accumulation et ablation de neige) indiquent qu'en treize ans (2001-2013), il a perdu 17,8 mètres d'équivalent en eau, soit 20 mètres d'épaisseur (1,5m/an en moyenne).

- D'origine méditerranéenne, la chenille processionnaire du pin présente un développement larvaire hivernal et se trouve, pendant ce stade, favorisée par une augmentation, même minime, de la température. Le front de progression annuelle est aisément identifié par l'observation des nids d'hiver, blancs, bien visibles à distance. Les chenilles se nourrissent des aiguilles des pins, entraînant une défoliation de l'arbre. Les contraintes thermiques, qui forçaient la chenille à demeurer au sud de la Loire dans les années 1970, ont été progressivement levées par le réchauffement climatique. Cela a permis son expansion continue vers le nord. Sa progression était relativement limitée entre 1972 et 1992, avec un rythme de 2,7 km/an, puis s'est notablement accélérée, avec un déplacement moyen de 4 km/an durant les 12 dernières années (2003-2014). Le front d'expansion de la chenille processionnaire du pin dans le sud du Bassin parisien s'est déplacé d'environ 100 km vers le nord entre 1972 et 2009, en parallèle à une augmentation moyenne de la température hivernale de 1,1 °C dans la même zone. Cette progression pose des questions quant à son impact sanitaire potentiel (allergies, urtication, choc anaphylactique) pour l'homme et les animaux domestiques.
- Le réchauffement semble avoir un impact positif sur la cigogne blanche. Cette grande voyageuse, qui prend habituellement ses quartiers d'hiver en Afrique subsaharienne, reste de plus en plus dans le sud de l'Europe. Un millier de cigognes hivernent désormais en France contre seulement une dizaine il y a trente ans. Plus proches de leurs sites de nidification, elles bénéficient de périodes de reproduction plus longues et leur population augmente.
- À l'inverse, le réchauffement a un effet négatif sur les passereaux aux affinités septentrionales, comme le pouillot siffleur ou la mésange boréale. Sensibles à la hausse des températures et probablement à la raréfaction de certains insectes, ces oiseaux nicheurs remontent vers le nord de l'Europe. En France, leur nombre a déjà diminué de 20 à 80 %, en fonction des espèces, au cours des vingt dernières années.
- L'oie cendrée *Anser anser* n'était, elle, au début du XXe siècle, qu'une simple migratrice, traversant la France deux fois par an pour aller hiverner sur les bords de la Méditerranée. Le réchauffement climatique lui permet désormais d'hiverner en Europe tempérée, donc en France, jusque dans le sud de la péninsule scandinave. Son trajet migratoire s'est raccourci de manière significative (28 342 oies cendrées ont hiverné en France en janvier 2011 contre 10 en 1968).
- L'indicateur de sécheresse annuelle en métropole ne mesure pas la sécheresse météorologique (le déficit lié aux précipitations), mais la sécheresse des sols. Les données sont issues de modélisation (projet ClimSec) et non de mesures

directes in situ. Cet indicateur rend compte de la sécheresse agricole en France métropolitaine calculé comme le pourcentage en moyenne sur l'année de la surface du territoire où l'on a observé des conditions anormales d'humidité du sol. Par exemple, 92 % de l'Hexagone était affecté par la sécheresse en mai 2011. Son évolution sur la période 1959-2014 permet d'identifier les années où la sécheresse affectait une part conséquente du territoire. La sécheresse 1989-1990 a été l'événement le plus fort sur notre territoire depuis au moins 1959 pour les déficits d'humidité des sols suivi par les années 2011 et 2003. 1976 encore présent dans les mémoires est au cinquième rang. En regard, la moyenne décennale tracée permet de matérialiser l'accentuation de l'extension spatiale des sécheresses des sols depuis les années 1990. Notamment au cours de la dernière décennie 2005-2014, 8 années sur 10 ont dépassé la moyenne des surfaces touchées par la sécheresse sur la période 1961-1990.

- L'évolution des dates de pleine floraison et de vendanges est une illustration régionale de changements manifestes du climat. Depuis 1987, ces deux stades gagnent en précocité. Aujourd'hui, en Champagne, les vendanges ont lieu deux semaines plus tôt qu'il y a vingt ans. Au cours de cette période, les rendements agronomiques n'ont pas diminué, au contraire, tandis que la maturité moyenne à la vendange a gagné 0,8%vol. d'alcool probable, à la faveur d'une maturation décalée sur des journées plus longues, plus chaudes et des teneurs en CO2 atmosphérique plus élevées, améliorant l'efficacité de la photosynthèse.
- Les incidences de phénomènes climatiques extrêmes naturels survenus récemment (vagues de chaleur, sécheresses, inondations, tempêtes, cyclones et feux de forêt) mettent en évidence la grande vulnérabilité et le degré élevé d'exposition de certains écosystèmes et de nombreux systèmes humains à la variabilité actuelle du climat. En 2014, 18 % des communes françaises métropolitaines sont fortement exposées aux risques climatiques, ce chiffre s'élevant à 49 % si on y adjoint les communes moyennement exposées. A l'échelle régionale, les régions les plus concernées sont les territoires ultramarins avec une exposition forte pour plus de 90 % de leurs communes : Mayotte (100 %), Guadeloupe (97 %), Martinique (94 %) et Réunion (92 %). La situation insulaire en zone tropicale entraîne une très forte exposition aux aléas d'origine météorologique (cyclones et tempêtes). Pour la métropole, les régions les plus exposées sont l'Alsace (50 %) et PACA (43 %). Dans les deux cas, la densité élevée de population en est la cause, renforcée par un nombre de communes à plus de 3 risques climatiques particulièrement élevé en PACA (89 %).
- Le changement climatique agit sur les températures et l'humidité de l'air. Il favorise les vecteurs de maladies (moustiques, pollens). Aujourd'hui, on admet que 20 % des Français sont allergiques, dont environ la moitié souffre d'allergies au pollen (ou pollinoses). Les quantités de pollens de Bouleau qui sont libérés en mars-avril dépendent des températures et du temps qu'il a fait

avant à partir du mois de juillet de l'année précédente. Le réchauffement climatique et la hausse des températures conduit à une modification des dates de floraisons et de pollinisations surtout pour les espèces qui pollinisent à la fin de l'hiver et au début du printemps comme le cyprès, le frêne, le bouleau... Cette pollinisation précoce est liée à la température. Par exemple de décembre 1987 à février 1988 les températures moyennes ont été supérieures aux normales saisonnières sur une grande région nord de la France, la pollinisation a été avancée de 4 à 6 semaines par rapport à la normale pour la plupart des espèces d'arbres qui pollinisent au début de l'année. Cette évolution des températures n'a fait qu'entraîner une hausse de la quantité de pollens de Bouleau émis et donc une augmentation des allergies. En 2015, la saison pollinique a été courte mais très intense. Le changement climatique a aussi une influence sur la durée de la saison pollinique en l'augmentant même si ce dernier paramètre est moins visible que le précédent. De plus, un déplacement vers le Nord ou en altitude de l'aire d'extension de certaines espèces est observable en lien avec le changement climatique.

Incidences futures à grande échelle

Se référer au panneau « Ce que l'on projette » de l'exposition Le climat change (voir annexes).

Incidences futures en France

Se référer à la fiche 4 (p12-13) « Modèles climatiques et impacts en France » du livret Les territoires en route pour la COP21 (voir annexes).

Faire face au changement climatique, c'est possible grâce à l'atténuation et à l'adaptation !

Compte tenu de la très grande inertie du système climatique, de nombreux aspects du changement climatique et de ses répercussions continueront de se manifester pendant des siècles, même si les émissions anthropiques de gaz à effet de serre sont stoppées. Les risques de changements abrupts ou irréversibles augmentent à mesure que le réchauffement s'amplifie. Pour réduire et maîtriser les risques liés au changement climatique, cela nécessite d'adopter dès maintenant deux stratégies complémentaires : l'une visant à atténuer le changement, l'autre consistant à s'adapter.

S'attaquer à la cause du changement climatique en cours et à venir en maîtrisant les forçages radiatifs d'origine anthropique, c'est ce qu'on appelle l'atténuation du changement climatique. Elle passe par un ensemble de mesures et politiques engagées afin de réduire les émissions anthropiques de gaz à effet de serre dans tous les secteurs, ou d'augmenter les puits de gaz à effet de serre. Il s'agit, par exemple, de favoriser le développement des énergies renouvelables ou de soutenir les modes de transports les moins émetteurs (se référer au schéma en bas à gauche de la planche 7 sur 8 « Comment agir ? L'atténuation » de l'infographie COP21, Késako ? (voir annexes)).

Pas plus de 2 °C par rapport à l'ère préindustrielle, c'est l'objectif des pays signataires de la convention cadre des Nations unies sur le changement climatique (CCNUCC), qui se réunissent à la fin de chaque année pour la « conférence des parties » (COP) au cours

desquelles sont prises les décisions majeures (négociations climatiques internationales), jugeant qu'une élévation supérieure de la température aurait des impacts dévastateurs.

En France, la politique d'atténuation est orchestrée par la stratégie nationale bas carbone instituée par la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte. La mise en œuvre des orientations qui y sont prévues doit permettre :

- des économies d'énergie dans tous les secteurs.
- le développement des énergies renouvelables.
- un virage vers la bioéconomie (valorisation du bois, des produits et des résidus agricoles).
- une amplification de l'économie circulaire (écoconception, réemploi et recyclage).

L'adaptation est une réponse aux impacts du changement climatique. Elle vise à anticiper et réduire les risques climatiques qui pèsent sur des systèmes en agissant sur leur exposition aux aléas ou sur leur vulnérabilité – i.e. le degré auquel le système peut-être affecté négativement par un impact. L'adaptation rend également les systèmes plus résilients, c'est-à-dire mieux préparés à absorber les perturbations.

Mis à part certains cas extrêmes (climats désertiques, par exemple), il est difficile de dire que certains climats sont mieux adaptés que d'autres à l'Homme. En revanche, la densité de la population, les modes de vie, les infrastructures, les techniques agricoles y sont fort différents car adaptés aux climats locaux : c'est lorsque, pour une raison ou pour une autre, une société n'est pas bien adaptée à son climat qu'elle commence à être vulnérable. La canicule de 2003 en est une très bonne illustration : ses dégâts furent extrêmement importants à Paris, alors qu'il s'agissait de températures couramment observées l'été dans le sud de l'Espagne, où elles ne provoquent pas de conséquences aussi tragiques. Le véritable enjeu du changement climatique est ainsi de savoir comment la transition peut être gérée, autrement dit comment passer de territoires adaptés à notre climat actuel à des territoires adaptés au climat futur et ce, en quelques décennies. Deux écueils principaux rendent l'adaptation particulièrement difficile. Tout d'abord, le climat évolue progressivement. L'objectif n'est ainsi pas d'être parfaitement adapté au climat de 2050 ou de 2100, mais d'être adapté à un climat naturellement variable, qui évoluera progressivement sous l'action de l'Homme. Le deuxième écueil est l'incertitude sur le climat futur, qui fait que même si l'on sait qu'il faut anticiper, on ne sait pas très bien à quoi se préparer. Cette incertitude a deux causes bien distinctes : d'une part notre connaissance imparfaite des mécanismes climatiques et d'autre part l'impossibilité de prévoir les émissions futures. Une solution serait de privilégier le principe de précaution : choisir de s'adapter systématiquement au pire des cas possibles. Ce choix a un sens, mais il est difficilement généralisable en pratique, car il porte en lui le risque de payer trop cher pour un résultat qui n'en valait pas la peine. Une autre mesure d'adaptation consisterait simplement à commencer par mieux gérer la situation actuelle. C'est ce que l'on appelle une mesure « sans-regret », c'est-à-dire qu'elle est bénéfique dans tous les cas, à court terme aussi bien qu'à long terme, et ce, quelle que soit l'ampleur future du changement climatique. Ce type de mesures n'est pas simple à mettre en place (elles l'auraient déjà été, sinon) et ne permet pas de s'adapter à l'ensemble des impacts climatiques. Mais elles constituent une première étape efficace.

La France s'est dotée en 2011 d'un plan national d'adaptation au changement climatique, premier plan de cette ampleur publié dans l'UE. Il comprend 230 mesures concrètes et opérationnelles, parmi lesquelles :

- Détection et réduction des fuites dans le réseau de distribution d'eau.
- Révision des référentiels de construction.
- Exploitation et entretien des réseaux de transport pour les rendre à l'épreuve de l'évolution du climat
- Surveillance de l'évolution des insectes vecteurs de maladies et de la production de pollen allergisant en lien avec le changement climatique
- Préparation de l'avenir de la forêt, en améliorant sa résistance au changement climatique (fréquence des événements exceptionnels, progression de certaines espèces animales, hausse des températures, baisse des précipitations) par l'identification de variétés d'arbres mieux adaptées, un bon état écologique des forêts et une diversité génétique aussi large que possible.

Météo-France accompagne le développement de politiques d'adaptation, depuis l'étude de la climato-sensibilité d'un environnement ou d'une activité jusqu'à l'évaluation des différentes stratégies possibles. Pour répondre aux nombreuses demandes d'études d'impacts du changement climatique sur des zones spécifiques dans les différents secteurs d'activité (urbanisme, aménagement des territoires, normes de construction, infrastructures d'énergie et de transport, agriculture, etc.), Météo-France cherche à régionaliser les scénarios climatiques établis à l'échelle du globe : passage d'une résolution globale de l'ordre de 150 km, utilisée dans les rapports du GIEC, à une résolution allant de 8 à 50 km pour les modèles régionaux de Météo-France et de l'Institut Pierre Simon Laplace pour étudier l'impact du changement climatique sur des secteurs spécifiques, le plus souvent en partenariat avec d'autres établissements de recherche.

En particulier, Météo-France mène des projets de recherches sur les villes face au changement climatique : quels seront les effets locaux, sur une ville précise, du changement climatique global ? Comment évolue le microclimat urbain lorsqu'une ville se développe ? Quelle sera l'énergie nécessaire pour assurer le confort thermique des habitants ? Comment évolueront les émissions de CO₂ ? Comment adapter la structure urbaine au changement climatique ?

Concentrant plus de la moitié de la population mondiale et des activités économiques, les villes sont particulièrement concernées par les conséquences du changement climatique. Ces impacts sont détaillés dans les fiches suivantes :

- Canicules et vagues de chaleur.
- Formation d'îlots de chaleur urbains.
- Sécheresses avec des questions de rareté et de qualité de la ressource en eau,
- Inondations urbaines et côtières principalement du fait de la vulnérabilité des zones urbaines à la montée du niveau de la mer, des crues des cours d'eau et des précipitations intenses.
- Risques sanitaires et notamment augmentation de la pollution de l'air liée à l'ozone (source d'asthme) et développement de maladies infectieuses (en particulier dans les pays en développement en zone tropicale).

La recherche progresse à grand pas sur l'adaptation des villes au changement climatique, les exercices de modélisation permettant de mieux comprendre les interactions entre le climat global et des systèmes anthropiques comme les villes :

- Le projet ANR-VURCA (Vulnérabilité urbaine aux épisodes caniculaires et stratégies d'adaptation) a analysé la vulnérabilité des villes à des épisodes futurs de canicules, afin de proposer des stratégies d'adaptation.
- Le projet EPICEA (Etude pluridisciplinaire des impacts du changement climatique à l'échelle de l'agglomération parisienne), financé par la Ville de Paris, avait pour objectif de quantifier l'impact du changement climatique sur l'agglomération parisienne. Des projections climatiques ont été élaborées à l'échelle de l'agglomération parisienne grâce au modèle de ville de Météo-France TEB (Town Energy Balance). Les chercheurs ont aussi évalué les effets de plusieurs scénarios théoriques d'adaptation (modification des propriétés réfléchissantes des façades et toitures des bâtiments, végétalisation de l'espace urbain, humidification des chaussées).
- Le projet MUSCADE (Modélisation urbaine et stratégies d'adaptation au changement climatique pour anticiper la demande et la production énergétique) a permis d'évaluer l'impact de différents scénarios d'évolution de la ville de Paris à l'échelle du siècle sur le climat urbain et sur la consommation énergétique des bâtiments. Ses résultats apportent les éléments d'évaluation nécessaires aux concepteurs de la ville de demain.
- Le projet EPICURE (Etude paramétrique de la Performance de dispositifs Urbains pour un Rafraîchissement Environnemental) s'intéresse, quant à lui, plus particulièrement aux systèmes de rafraîchissement urbains (aménagement urbain, climatisation, isolation, végétalisation, etc.).
- Le projet MApUCE (Modélisation Appliquée et droit de l'Urbanisme : Climat urbain et Énergie) vise à intégrer dans les politiques urbaines et les documents juridiques les plus pertinents des données quantitatives de microclimat urbain, climat et énergie, dans une démarche applicable à toutes les villes de France.

Météo-France mène en parallèle des projets de recherches sur d'autres secteurs d'activités face au changement climatique pour que des mesures d'adaptation puissent être définies par la suite :

- L'agriculture : le projet CLIMATOR (Changement climatique, agriculture et forêt en France : Simulations d'impacts sur les principales espèces) est l'étude la plus récente et la plus complète menée en France sur les impacts potentiels du changement climatique sur les systèmes de culture. Il vise à fournir des méthodes et des résultats concernant l'impact du changement climatique sur des systèmes cultivés variés, à l'échelle de la parcelle, et dans des climats contrastés français. Sont concernés des systèmes annuels (principalement : monocultures et rotations de blé, tournesol, maïs, sorgho, colza) à divers niveaux d'intrants (sec et irrigué, conventionnel et biologique) et des systèmes pérennes (prairies, forêt, banane, canne à sucre et vigne).
- L'hydrologie : le projet Cyprim (CYclogénèse et PRéCipitation Intenses en Méditerranée) vise à étudier l'impact sur l'hydrologie sur la zone méditerranéenne et l'impact du changement climatique sur les événements

fortement précipitants. Le projet CLIMSEC permet de caractériser la typologie des sécheresses en Métropole sur la période 1958-2008 et d'établir un diagnostic sur leurs évolutions attendues au cours du XXI^e siècle.

- La nivologie : le projet SCAMPEI (Scénarios climatiques adaptés aux zones de montagne, phénomènes extrêmes et incertitudes) vise à étudier la vulnérabilité des régions montagneuses françaises au changement climatique, en évaluant l'évolution temporelle d'un certain nombre d'indices locaux de phénomènes néfastes comme le manque de couverture neigeuse hivernale ou les précipitations intenses.
- Les feux de forêts : L'Indice Feu Météo (IFM), calculé par Météo-France, permet de quantifier quotidiennement la propension à l'éclosion et à la propagation initiale des feux, en fonction des seules variables météorologiques. Il peut donc être déduit des prévisions météorologiques pour le lendemain et les jours à venir. Il peut aussi être simulé par les modèles de climat jusqu'à des horizons lointains et, pour le demi-siècle passé au moins, être recalculé à partir des analyses de données anciennes.

Le changement climatique ne doit pas être perçu comme une menace mais comme une opportunité (c'est l'occasion de mieux gérer la situation actuelle). Nous sommes tous acteurs pour relever le défi du changement climatique !

(Se référer à la fiche thématiques « Les citoyens à la manœuvre : 10 bons gestes pour réduire individuellement nos émissions de gaz à effet de serre » issue du site Internet de la COP21 (voir annexes)).