

# La France et le changement climatique mondial

ROBERT DAUTRAY ET DOMINIQUE MEYER

---

*Le changement climatique ne connaît pas de frontières. L'augmentation de l'évaporation des océans due à l'élévation des températures accroît l'humidité de l'air, donc les pluies. D'immenses régions du Pendjab sont inondées. Des vagues de chaleur font brûler les forêts russes. L'Australie vit un cauchemar de pluies diluviennes au nord ou de sécheresses ailleurs. L'Afrique du Sahel et celle de l'Est voient leur bétail mourir sur un sol craquelé par l'arrêt persistant des pluies. Les ouragans dévastent les côtes ouest des grands océans. L'eau devient un bien rare. Beaucoup de rivières comme le Rio Grande s'amenuisent ou disparaissent par évaporation. La neige recouvre l'Europe et de grandes parties des États-Unis. Ainsi, tous les aspects du cycle de l'eau sont accrus.*

*Ces phénomènes, qui peuvent paraître contradictoires, se conjuguent, parmi tant de facteurs, avec une augmentation de la démographie et de l'urbanisation mondiales, ainsi qu'avec une raréfaction des ressources entraînant une hausse des prix, bouleversant ainsi des populations déjà trop pauvres.*

*Ces événements climatiques sont jusqu'à présent moins graves en France mais frappent déjà durement nos voisins européens. En se fondant sur les observations scientifiques internationales de ce changement climatique mondial, nous dresserons un diagnostic en ce qui concerne la France et esquissons les options possibles concernant l'avenir de notre pays.*

R. D. ET D. M.

---

**M**ALGRÉ le déluge d'informations, peu de personnes savent que le changement climatique mondial est inévitable, qu'il aura des effets sur la France, qu'il sera durable pour les Français vivant aujourd'hui, et que presque rien n'est fait pour les protéger de cette tragédie en marche. Nous nous proposons ici d'expliquer que la

seule protection que la France puisse espérer face au changement climatique, maintenant inévitable, est de s'y adapter, même s'il est important qu'elle contribue, à son niveau, à la maîtrise de l'augmentation de l'effet de serre, en participant aux efforts louables de l'Union européenne.

## Le changement climatique

**Est-ce exact qu'un changement climatique de la Terre est en cours ?** Depuis 1950 jusqu'à aujourd'hui, suffisamment de mesures directes (sans utiliser de modèles du climat) de la variation climatique de la surface pénétrable de la Terre ont été effectuées. On a ainsi pu établir que, depuis cette date, l'énergie solaire transformée en rayonnement infrarouge par l'effet de serre <sup>(1)</sup> dû au gaz carbonique, au méthane, etc. (gaz à effet de serre) a augmenté l'énergie thermique de la surface de la Terre d'environ  $180.10^{21}$  joules <sup>(2)</sup>, dont environ 90 % ont réchauffé les océans. Ce réchauffement *continu* et *cumulé* des océans est lié à la pénétration des ondes lumineuses ainsi qu'à la convection des eaux qui ont transporté cette chaleur <sup>(3)</sup>. Cela a contribué en grande partie à la montée du niveau des océans. De plus, la croissance de l'évaporation des océans accélère le cycle mondial de l'eau, conduisant à des pluies torrentielles dans les régions déjà humides. Dans les zones tropicales, l'augmentation de la température de l'eau proche de la surface a alimenté l'accroissement des ouragans. Ces réchauffements marins, selon les lieux et en fonction de leur durée, ont modifié ou détruit d'une part le cadre de vie de certains des écosystèmes marins, en particulier les coraux, d'autre part les cycles de reproduction.

Les 10 % restants d'énergie *cumulée* par la surface de la Terre depuis 1950, grâce à l'accroissement de l'effet de serre, ont augmenté la température des sols, donc de la biosphère, des lacs, des rivières, de l'air de la troposphère, des agglomérations urbaines et ont diminué les pics neigeux, les glaciers et les glaces de mer.

(1) L'effet de serre est expliqué in Robert Dautray, Jacques Lesourne, *L'Humanité face au changement climatique*, Odile Jacob, 2009, p. 148-155.

(2) Cette énergie cumulée captée par la planète Terre s'accroît donc continuellement. L'accroissement durant l'année 2009 et celui durant 2010 ont été les plus grands accroissements annuels depuis 1950.

(3) John Lyman *et al.*, « Robust warming of the global upper ocean », *Nature*, 20 mai 2010, p. 334-337 ; Deborah Murphy, Susan Solomon *et al.*, « An observationally based energy balance for the earth since 1950 », *Journal of Geophysical Research*, vol. 114, 9 juillet 2009 ; Susan Solomon *et al.*, « Persistence of climate changes due to a range of greenhouse gases », *PNAS*, octobre 2010, vol. 107, n° 43 ; p. 18354-18359 ; Susan Solomon *et al.*, « Irreversible climate change due to carbon oxide emissions », *PNAS*, février 2009, vol. 106, n° 6, p. 1 704. *PNAS : Proceedings of the National Academy of Sciences of United States*.

Cette variabilité, selon les régions de la surface de la Terre, des effets climatiques dus à l'accroissement de l'effet de serre est fonction des saisons, du taux de réflexion de la lumière par la surface de la Terre, etc., de la présence de moussons <sup>(4)</sup>, d'El Niño (également appelé ENSO : « El Niño Southern Oscillation ») et de « la Niña », de l'« Oscillation nord-atlantique <sup>(5)</sup> », des « Modes annulaires polaires », etc. Ce changement climatique hétérogène augmente en un endroit donné les températures, les précipitations <sup>(6)</sup>, l'humidité ou la sécheresse de l'air, tandis qu'il les diminue ailleurs. Le réchauffement moyen de la Terre est depuis 1950 de l'ordre de 0,1-0,16 °C par décennie, alors que les variations naturelles dans les diverses régions selon les saisons, les heures du jour et de la nuit, sont au moins 100 fois plus grandes. Ce réchauffement de la Terre *cumulé* depuis le début de l'ère industrielle est évalué à 0,6-0,8°C en moyenne.

**Le changement climatique est-il quasi irréversible à l'échelle de notre génération et des suivantes ?** Si, dans quelques décennies, l'humanité parvenait à ne plus augmenter ses émissions de gaz à effet de serre, à continuer d'en absorber par la biosphère et, de plus, à stabiliser la composition de la troposphère, la chaleur qui serait alors stockée dans les océans réchaufferait graduellement la troposphère et donc prolongerait le réchauffement climatique. Un siècle après cet exploit hypothétique, la chaleur cédée par les océans maintiendrait celle de la surface de la Terre (troposphère, sols et biosphère inclus) à environ 65 % de l'échauffement climatique maximum atteint plus tôt.

(4) Edward Cook *et al.*, « Asian failure and megadrought during the last millenium », *Science*, 328, 23 avril 2010, p. 486-489.

(5) Oscillation des pressions de l'air entre le nord de l'océan Atlantique (Islande) et le sud (îles Açores), de période environ dix ans, qui dirige les vents d'ouest soit vers le nord, soit vers le sud de l'Europe (englobant aussi la région méditerranéenne) ; voir Valérie Trouet *et al.*, « Persistent positive North Atlantic oscillation mode dominated the medieval climate anomaly », *Science*, 324, 3 avril 2009, p. 78-80, figure 4. La part due aux variations solaires, au volcanisme, aux aérosols et aux gaz à effet de serre y a été évaluée, mineure.

(6) Quels indicateurs du changement climatique mondial sont les plus pertinents ? Certains auteurs citent les températures, l'ensemble des précipitations, l'acidification des surfaces des océans, la diminution des glaces de mer, etc. Pour ce qui est du changement climatique mondial, un des meilleurs indicateurs serait, d'après Susan Solomon, « le nombre moyen de jours de fortes pluies par an » (Ying Sun, Susan Solomon *et al.*, « How often does it rain ? », American Meteorology Society, *Journal of Climate*, vol. 19, 2006, p. 916-934, et Ying Sun, Susan Solomon *et al.*, « How often will it rain ? », *Journal of Climate*, vol. 20, 2007, p. 4801-4818).

Cela revient à dire qu'à l'échelle humaine, le phénomène de réchauffement climatique est *quasi irréversible*. Il faudra donc que les sociétés humaines, et tout le Vivant, s'en accommodent autant que faire se peut. En plus des dégâts sur les hommes, sur la biodiversité et les écosystèmes, on peut craindre des conflits de toutes sortes.

**Le changement climatique est-il lié à l'augmentation de la population ?** Depuis 1950, l'acteur principal du changement climatique a été, par l'intermédiaire de l'émission de gaz carbonique dans l'atmosphère (7), le fantastique déploiement de l'industrie, de l'agriculture intensive, des services, du standard de vie des pays industrialisés et de ceux qui le sont devenus (Corée, etc.). Ce développement a comporté la réalisation progressive des transports internationaux, des télécommunications, du traitement de l'information, du tourisme, etc., et la diffusion des services de santé. Un des moteurs universels de cette évolution a été le transport à bon marché des matières premières (dont le blé, le riz), des biens et des personnes, grâce à une énergie peu coûteuse et facilement manipulable.

Tous ces progrès ont permis aux pays en développement, souvent issus de la décolonisation, d'augmenter leur hygiène de vie, donc leur population, et leurs aspirations à la transmission des outils de la prospérité (révolution verte, médicaments, stockage de la nourriture au froid, etc.), en prenant comme modèles les privilégiés de l'OCDE.

À partir d'aujourd'hui et pendant des décennies, l'émission des gaz à effet de serre sera principalement due à la modification démographique des pays en développement et à leur essor économique. Au contraire, la quantité d'énergie nécessaire pour produire une unité de Produit national brut (dite « intensité énergétique ») a diminué dans les pays développés. De plus, sauf pour les États-Unis, la population de ces derniers stagne ou diminue, et de plus vieillit.

Les remèdes proposés pour diminuer les rejets de gaz à effet de serre prendront du

temps, au mieux, deux à trois décennies, pour les pays les plus industrialisés. En effet, ces remèdes sont basés sur des équipements nouveaux de production d'énergie (éoliennes, solaire, thermique, photovoltaïque, hydrogène, batteries) (8), alors qu'il faut aussi remplacer des systèmes (réseaux de transport, de distribution, de stockage, etc., d'énergie). L'augmentation de l'effet de serre empire tous les jours. La démographie et le développement ne permettent pas de modifier ces systèmes sans une stratégie à long terme consentie par tous les acteurs après l'examen des options possibles.

Il faut souligner que la menace la plus rapprochée dans le temps concerne les ressources essentielles comme l'eau (9) (potable, domestique, agricole, industrielle). Le manque d'eau douce sera le premier et le plus grave des événements liés à la modification de la démographie mondiale.

## La situation de la France

**Quels sont les impacts en France du changement climatique ?** Les effets les plus voyants du changement climatique mondial sont aujourd'hui, en métropole, la diminution des glaciers, l'augmentation de la fréquence, de l'intensité et de la durée des phénomènes de vagues de chaleur, d'inondations, de tempêtes, de chutes massives de neige et, en outre-mer, d'ouragans.

Pour ce qui est de la météorologie du quotidien (précipitations, température, pressions, vents, etc.), l'augmentation de ces caractéristiques en France est du même ordre de grandeur que celle vécue par notre pays durant le

(8) Signalons toutefois le potentiel et déjà les succès du photovoltaïque pour capter la lumière solaire et la transformer en courant électrique. Cependant, le déploiement de cet équipement bientôt compétitif avec les autres productions d'électricité est freiné et limité (au plus à quelques pour-cent de l'énergie d'un pays) dans son déploiement par le « système » qui doit lui être associé (pour les usagers des résidences, des services, des industries et des transports par les réseaux de stockage, de transmission, de distribution, de modification de la nature du courant, tant dans les zones urbaines qu'agricoles, etc.).

(9) Environ 40 % des précipitations terrestres proviennent de l'évaporation de ces surfaces ; près de 60 % de toutes les évaporations terrestres retournent comme précipitations sur les terres. Mais, entre l'évaporation et la précipitation de la même parcelle d'eau, la distance peut être grande. Ainsi environ 80 % des ressources en eau de la Chine, proviennent de l'évaporation des terres de l'Asie et de l'Europe (Ruud van der Ent *et al.*, *Water Resources Research*, American Geophysical Union (AGU), janvier 2011).

(7) Des relâchements massifs et courts de gaz carbonique ont déjà eu lieu dans un tout autre contexte, celui de l'amplification du réchauffement de la Terre mettant fin au dernier âge glaciaire. Voir Kathryn Rose, « Upper-ocean-to-atmosphere radiocarbon offsets imply fast deglacial carbon oxide release », *Nature*, 466, 26 août 2010, p. 1093-1097 ; Hai Cheng *et al.*, « Ice age terminations », *Science*, 326, 9 octobre 2010, p. 248-252.

bel optimum climatique médiéval décrit par les historiens. Ainsi, le climat présent n'est pas ressenti par les Français au jour le jour comme une anomalie.

**Parmi les vulnérabilités de la France**, citons la sensibilité au climat de ses activités principales, notamment dans la partie sud du pays (agriculture, élevage, agroalimentaire, forêts, tourisme, etc.), de ses réseaux urbains, de ses côtes, de ses bassins fluviaux, de ses aquifères déjà très exploités.

**Quelles seront les conséquences sur le climat en France du changement climatique mondial ?** Aujourd'hui, en France, l'augmentation des températures moyennes (0,6 à 0,8 °C) depuis le début de l'ère industrielle, n'a probablement pas dépassé celle des années les plus chaudes de l'anomalie médiévale (1100 à 1400 : voir la note 5 pour le phénomène dans la zone de l'Atlantique nord et la note 4 pour son absence en Chine) qui fut une période de prospérité agricole pour la France. Les Français ne sentent pas actuellement qu'ils vivent une période exceptionnelle du point de vue du « temps qu'il fait » quotidien. Une différence majeure existe pourtant. L'anomalie médiévale était probablement liée à des fluctuations naturelles de l'« Oscillation nord-atlantique » et de l'activité solaire. Elle n'impliquait ni l'augmentation de l'effet de serre, ni l'énergie cumulée supplémentaire stockée dans les océans. Elle ne correspondait pas à un changement climatique mondial. Elle ne comportait pas d'augmentation des événements climatiques extrêmes. La nouveauté actuelle est liée à ces divers aspects qui entraînent par exemple des vagues de chaleur ou de graves inondations.

Quelle influence le réchauffement climatique mondial en cours aura-t-il sur la France durant les prochaines décennies <sup>(10)</sup> ? Outre un accroissement moyen de la température qui pourrait atteindre 0,21 °C par décennie, les précipitations de pluies lourdes devraient augmenter dans la moitié nord et le centre de la France. Toutefois, dans les régions de la Méditerranée, une pénurie de précipitations, qui frappe déjà de la Turquie à l'Espagne

(10) Pour la France, les études de climatologie ont le privilège de pouvoir partir pour les dernières décennies de l'ensemble des données de Météo-France, transformées en « séries dites homogénéisées », c'est-à-dire pour lesquelles Météo-France a identifié et supprimé les biais dus aux changements dans les conditions de mesure.

méridionale, toucherait aussi le sud de la France.

Il est habituel de dire que, puisque la météorologie ne peut pas prévoir le temps à cinq jours, comment pourrait-elle le faire dans une ou plusieurs décennies, et de plus dans chaque région de la France, voire chaque terroir ?

On peut tenter non pas de prédire le temps qu'il fera d'ici une décennie dans une région donnée, en Alsace ou dans le Languedoc par exemple, mais de répondre à certaines questions touchant la vulnérabilité de ces régions par exemple aux fortes précipitations. Ces réponses seront faites avec des probabilités dites « empiriques » <sup>(11)</sup>. Ainsi, on peut étudier la « prédictabilité » d'une réponse à une question sur le futur climat d'une région, d'un terroir <sup>(12)</sup>, d'une zone humide, sèche ou urbaine. Si on a divers modèles de réponses à une question, on peut analyser comment améliorer les conditions de résistance à tel ou tel phénomène climatique ; il est donc nécessaire d'étudier la *sensibilité* <sup>(13)</sup> des modèles vis-à-vis de deux catégories de variables. La première catégorie comporte celles qui nous *sont imposées* par les variations du climat mondial dues aux scénarios de comportement des autres pays. La seconde comprend l'ensemble de nos degrés de liberté pour nous *adapter* à ces multiples évolutions climatiques possibles.

## Quelles sont les solutions pour la France ?

Il existe deux orientations possibles : contribuer à diminuer l'effet de serre mondial et/ou s'adapter au changement climatique en cours.

**Contribuer à diminuer l'effet de serre global de la planète :** dans ce domaine, la France a devancé l'effort mondial, tant par sa

(11) Probabilité empirique : édiflée à partir de séries d'observations (en utilisant la théorie de l'information), réduites à des moyennes et différentes catégories de marges d'erreur. Voir Andrew Majda, Xia Wang, *Nonlinear Dynamics and Statistical Theories for Basic Geophysical Flow*, Cambridge University Press, 2006.

(12) Pour un terroir donné, il faut bien connaître les vents qui dévalent dans les couloirs comme celui du Rhône (ce vent est le mistral) ainsi que tous les autres vents débouchant sur cette mer. Ces vents mettent puissamment en mouvement l'eau superficielle, commandant par ce biais les convections profondes de la mer Méditerranée (par exemple dans le golfe du Lion). Voir Karin Beranger *et al.*, « Impact of the spatial distribution of the atmospheric forcing on water mass formation in the Mediterranean sea », *Journal of geophysical research*, vol. 115, 17 décembre 2010.

(13) Voir David Neelin *et al.*, « Consideration for parameter optimization and sensitivity in climate models », *PNAS*, juillet 2010.

production d'électricité grâce à ses installations électronucléaires<sup>(14)</sup> que par l'utilisation de cette électricité pour les immeubles, les transports par chemin de fer et pour beaucoup d'applications industrielles ou agricoles. Actuellement, cette production d'électricité se prolonge par le passage progressif du parc de voitures à moteurs à combustion interne vers des voitures à propulsion soit complètement électriques, soit d'abord hybrides (suivant les constructeurs français concernés). Il s'y ajoute un effort considérable en matière d'économies d'énergie que faciliterait la réalisation d'un réseau de distribution d'électricité « intelligent » – dit *smart grid*<sup>(15)</sup>. Enfin, les études et réalisations en cours en matière de surgénérateurs<sup>(16)</sup> permettraient de pérenniser, à l'échelle des millénaires, les ressources de matières fissiles nécessaires.

À la suite de ce qu'on a appelé le Grenelle de l'Environnement rassemblant les compétences et les acteurs concernés de la France, la loi qui a été votée à la quasi-unanimité par le Parlement conforte toutes les avancées décrites ci-dessus. Toutefois, la France ne contribue qu'à environ 1 % des émissions de gaz à effet de serre du monde. Nous pouvons donner un bon exemple, nous ne pouvons pas changer les objectifs des nations qui privilégient leur développement économique.

**La France est-elle préparée et adaptée au changement climatique en cours et futur ?** Le mot « adaptation au changement climatique en cours » a des sens bien différents pour les agences officielles nationales, européennes et internationales (dont le GIEC : « Groupe d'experts international sur l'évolution du climat »), pour les scientifiques, pour les milieux officiels de toutes catégories et pour les acteurs de la société. Nous nous référons dans ce document à un article des PNAS :

« *L'adaptation comporte les changements*

(14) Robert Dautray, *L'Énergie nucléaire civile dans le cadre temporel des changements climatiques*, rapport à l'Académie des sciences, 2001 ; TEC DOC Lavoisier.

(15) Grille intelligente (*smart grid*) : on appelle ainsi un réseau qui relie tous les producteurs et tous les usagers d'électricité d'une région en assurant à chacun les services les meilleurs au moindre coût et avec la plus grande sécurité, faisant circuler l'électricité ainsi que l'information et permettant à chacun d'optimiser à tout moment ses souhaits.

(16) Robert Dautray, Jacques Friedel, « Surgénérateurs : l'état des matériaux aux hautes irradiations, hautes puissance locales et températures, leurs gradients et propriétés mécaniques adaptées aux contraintes qui en résultent », *Comptes rendus Mécanique de l'Académie des sciences*, 338, décembre 2010, p. 649-655, publié par Elsevier Masson.

*apportés dans les systèmes socio-écologiques en réponse aux impacts du changement climatique, que ces impacts soient actuels ou attendus. Le cadre de ces impacts comporte également toutes les modifications non climatiques qui interagissent. Les stratégies d'adaptation et les actions qui en découlent vont du court terme jusqu'au long terme*<sup>(17)</sup>. Elles peuvent comporter des transformations profondes. Ces stratégies d'adaptation et les actions qui en découlent doivent dépasser les seuls objectifs liés au changement climatique et peuvent prendre en compte tant la diminution des dérivés que l'exploitation d'opportunités bénéfiques ».

L'adaptation en France au changement climatique mondial se heurte actuellement, comme presque partout dans le monde, à la *barrière*<sup>(18)</sup> suivante : on ne peut s'adapter à une évolution du « temps qu'il fait » qu'à une *échelle locale* (région, terroir agricole comme les vignobles du couloir rhodanien et du Languedoc, zone d'urbanisation particulière, partie d'un massif montagneux, etc.), et cela, à une *saison donnée* et pour un climat donné, avec les variations *naturelles* des températures (de l'ordre d'une dizaine de degrés au moins), des pluies, des vents, et celles provoquées par la très lente dérive de l'effet de serre (de l'ordre de 0,1-0,16 °C par décennie).

Or tout cela nous est insuffisamment connu, du moins avec les observations, les instruments de mesure actuels et les modèles mathématiques qui rassemblent ces connaissances. Malgré l'immense travail déjà fait par les laboratoires français (dont le Centre national de recherches météorologiques de Météo-France et l'Institut Pierre-Simon Laplace) et la grande qualité des tests de ces modèles sur le présent, le passé et les propriétés physiques et chimiques de l'atmosphère, de l'océan, des sols, de la biosphère et des glaces, il reste des incertitudes<sup>(19)</sup> sur les prévisions du climat pour les prochaines décennies et encore plus pour celles par région. Cela représente un

(17) « Adapting to the impacts of climate change », 2010, publié par la National Academy of Sciences (NAS) des États Unis.

(18) Voir la documentation sur toutes les barrières successives à l'adaptation in Susanne C. Moser et Julia A. Ekstrom, « A framework to diagnose barriers to climate change adaptation », *PNAS*, 5 novembre 2010.

(19) L'étude de l'influence des nuages sur le climat progresse substantiellement et est maintenant calculable avec ses marges d'erreurs. Voir Dessler Andrew, « A determination of the cloud feedback from climate variations over the past decade », *Science*, 330, 10 décembre 2010, p. 1523-1 527.

handicap pour les prévisions du climat dans des régions de caractères contrastés comme celles de la France, pour une décennie ou *a fortiori* les décennies suivantes <sup>(20)</sup>.

C'est dire qu'on devra s'adapter dans l'*incertitude*, tant pour le climat, et donc le destin futur de telle région de notre territoire, que pour la nature, l'amplitude, la fréquence, la durée et l'intensité des événements climatiques extrêmes. La diminution de ces incertitudes exige de continuer à progresser dans la science du climat <sup>(21)</sup>.

**Évaluation des risques** (*risk assessment*) Choisir une ou des mesure(s) d'adaptation dans un cadre et un contexte donnés, c'est prendre des *risques* d'inadéquation de ces mesures par rapport aux phénomènes réels qui se produiront localement, avec une gravité inconnue. Ces *risques*, il faut les évaluer, afin de pouvoir s'en protéger, et sélectionner ceux auxquels on va devoir faire face. Choisir entre ces risques est donc une *gestion des risques* (*risk management*) pour s'adapter au changement climatique. Mais nos ressources humaines et matérielles sont limitées. Gérer les risques, cela veut donc aussi dire les répartir, dans le temps, entre les Français vivant aujourd'hui et, dans le futur, entre ceux qui vont naître. Il faut bien comprendre que l'adaptation au changement climatique est inévitable, et aussi que les responsables politiques compétents devront proposer rapidement des *options* et une *stratégie*. Si notre pays semble encore relativement épargné par le changement climatique, ce n'est pas le cas de la Grande-Bretagne, de l'Espagne, de l'Australie, du sud-ouest des États-Unis, du sous-continent indien. Plus on retardera cet examen lucide des risques en France, plus leurs conséquences seront graves et plus le

coût pour chaque Français sera considérable. En outre, certains dégâts deviendront irréversibles.

## Exemples de mesures d'adaptation

Parmi toutes les mesures d'adaptation possibles dont certaines ont été décrites ci-dessus, celles relatives à l'*eau douce* sont à prendre en considération prioritairement en France et dans le monde entier. L'*eau*, pour différentes raisons citées ci-dessus <sup>(22)</sup>, sera notre première et notre plus grave vulnérabilité et le restera longtemps. Il serait donc nécessaire que toutes les *infrastructures* concernées du pays se préparent à l'adaptation au changement climatique, par exemple dans les secteurs suivants :

**Énergie** : les centrales électriques (avec leurs transmissions de puissance à haute tension, leurs transformateurs électriques, leur distribution) ; les transports (rail, route, avion, mer, transports en commun urbains) ; la distribution des énergies pétrolières. Assurer tous les services qui nécessitent de l'énergie, même en cas d'arrêt de l'eau nécessaire aux centrales électriques : isolation thermique de l'immobilier, ascenseurs des immeubles, unités de production d'hydrogène pour servir les raffineries de pétrole, etc.

### Télécommunications

**Hôpitaux et système de santé** (dont les ambulances et le transport des personnes âgées, des enfants et leurs familles), distribution de la nourriture et de l'eau potable, domestique, industrielle, fonctionnement des sanitaires pour contenir les maladies infectieuses, infrastructures spécifiques pour temps de crise, y compris pendant les événements climatiques extrêmes.

Il nous faut augmenter la *résilience* des équipements et des secours humains de la vie quotidienne en France pour faire face aux périls déjà cités, liés au changement climatique.

Le changement climatique n'est pas un cataclysme pour la planète Terre, mais une grave détérioration pour les hommes et la

(20) Y a-t-il des limites naturelles à la « prédictabilité » du climat ? En choisissant certains indicateurs de ce climat, pourrait-on faire des prévisions ? La réponse est positive car les questions que nous posons aux modèles mathématiques du climat futur sont différentes de celles que les usagers posent aux modèles mathématiques de la Météorologie nationale. Andrew Majda, « *Introduction to Partial Differential Equations and Waves for the Atmosphere and the Ocean ; Quantifying Predictability Using Relative Entropy* », AMS, 2003, p. 452-482. À Cambridge (UK), dans l'« Isaac Newton Institute for Mathematical Sciences », il a été créé des « Mathematical and statistical approaches to climate modeling and prediction ». Météo-France et les mathématiciens français ont été des précurseurs et le restent.

(21) Diminuer l'incertitude sur la science du climat, c'est mieux connaître le fonctionnement de celui-ci. C'est un immense effort international auquel participent, à un niveau d'excellence qui les place au premier rang mondial, des laboratoires français spécialisés dans les diverses disciplines qui concourent à l'exploration du climat actuel et passé.

(22) Dans les pays en développement, c'est la modification de la démographie qui est la principale cause des manques d'eau domestique, agricole, etc. Voir Charles Vörösmarty *et al.*, « Uncertainties in precipitation and their impacts on runoff estimates », *Journal of climate*, American Meteorological Society, vol. 17, janvier 2004 ; 10 versions jusque 2010.

biodiversité<sup>(23)</sup>, car il y a un paradoxe. Ce sont les sociétés humaines urbaines des pays développés et l'agriculture intensive qui sont très fragiles. Pourtant, au cours de plus de dix mille ans, on a pu voir que les sociétés humaines sont très résilientes<sup>(24)</sup>, s'adaptant aussi bien aux climats polaires, aux déserts, aux savanes et aux forêts. À nous de naviguer entre ces deux vérités. Une fois de plus, constatons que s'adapter au changement climatique est avant tout un dessein humain. Est-ce pour cela que nos sociétés techniques le repoussent inconsciemment ? Citons toutefois les études faites actuellement par les organismes publics concernés.

Limitons-nous à trois exemples de mesures d'adaptation dans d'autres pays : le premier est celui du Royaume-Uni. La séparation entre l'atténuation de l'effet de serre et l'adaptation à ses conséquences sont réalisées par le *Committee on Climate Change Adaptation* qui donne des avis indépendants au gouvernement et aux administrations concernées afin de mettre en route le *National Adaptation Programme* et tous les réseaux parlementaires, gouvernementaux, administratifs, régionaux, scientifiques, industriels et économiques qui s'appuient sur cette structure ([www.theccc.org.uk](http://www.theccc.org.uk))<sup>(25)</sup>. Le second exemple est celui de l'Australie où l'adaptation à la sécheresse dans certaines régions et aux inondations « bibliques » dans d'autres est devenue l'enjeu du choix électoral entre deux programmes sur ce sujet.

Notons aussi la résolution de l'*United Nations Environment Programme* (UNEP)<sup>(26)</sup>

(23) La protection de la biodiversité est étroitement liée à la stratégie des acteurs sociaux dont nous parlons pour la gestion de l'adaptation. Sandra Diaz *et al.*, « Linking functional diversity and social actors strategies in a framework for interdisciplinary analysis of nature's benefits to society », *PNAS*, septembre 2010.

(24) Patricia McAnany, Norman Yoffee, *Questioning Collapse ; Human Resilience, Ecological Vulnerability, and the Aftermath of Empire*, Cambridge University Press, 2009.

(25) Pour le Royaume-Uni, ces questions sont traitées par la puissance publique dans *How Well Prepared is the UK for Climate Change ? Adaptation sub-committee* (septembre 2010) dont le premier chapitre a pour titre « Preparing for a changing climate », le deuxième « What should be happening today to prepare for climate change », le troisième « Progress in adapting to climate change » et le quatrième « The ASC's advice on further adaptation action and next step ». L'*Adaptation Sub Committee (ASC) of the Committee on Climate Change* a été établi par le Climate Change Act 2008. Il dépend du *Department for Environment, Food and Rural Affairs* (DEFRA). Une nouvelle évaluation de l'avancement de la préparation de l'adaptation sera effectuée et publiée en 2011, comme l'exige le *Climate Change Risk Assessment*, d'après le Climate Change Act 2008.

(26) « La convention de Cancun crée un nouveau cadre d'adaptation au changement climatique mondial avec un "Comité d'adaptation" associé. Ensemble, ces deux entités de l'ONU marquent l'im-

portance accrue que nécessite l'adaptation, sa mise en œuvre concrète et la résolution de questions encore ouvertes » (ONU, 2010).

à Cancun en décembre 2010. Un comité sur l'adaptation dans le cadre de l'UNEP y a été créé, avec un *adaptation fund board*, soutenu par la France, l'Allemagne, la Finlande, le Japon, la Norvège et la Suisse.

Ajoutons que les mesures d'adaptation au changement climatique mondial seront encore plus indispensables après le drame qui s'est produit en mars 2011 dans une centrale électronucléaire au Japon.

## Proposition d'un plan d'action

*Contenu scientifique et technique.* Il faudrait d'abord examiner toute la surface de la France, y juger, pour chaque « zone » (entité géographique ou générique significative), de l'impact que pourront avoir, à diverses époques (une, deux et trois décennies), divers scénarios de changements climatiques. Pour ces impacts, il faudra évaluer la vulnérabilité des « zones » du territoire français, outre-mer inclus. Les orientations les meilleures parmi les diverses adaptations à retenir devraient être choisies. Pour effectuer ces choix, il faudra des programmes, des calendriers, des estimations de coûts, des avantages escomptés et des risques encourus en fonction de chaque choix (y compris de ne rien faire d'avance). Ainsi les Français, dans le cadre des institutions existantes, pourront effectuer leurs choix parmi ces éventuelles options.

*Méthodes.* Afin de permettre aux Français de fonder leurs choix entre les diverses possibilités d'action pour l'adaptation, il faudrait qu'ils disposent d'un bilan détaillé de la situation du territoire français, « zone » par « zone », comportant les impacts, les vulnérabilités ainsi que les *infrastructures*. Ce bilan devrait comprendre, d'une part, le bilan des impacts climatiques des dernières décennies ; d'autre part, la situation des impacts climatiques au moment de prendre les décisions sur le contenu des mesures d'adaptation. Les stratégies des acteurs sociaux contribueront aux canevas d'adaptation possibles. Tout le contenu du programme d'adaptation, de son déroulement, de son contrôle, des propositions de réorientations, pourrait être confié à un comité consultatif pour l'adaptation de la France. Il serait nommé, relèverait des hautes

portance accrue que nécessite l'adaptation, sa mise en œuvre concrète et la résolution de questions encore ouvertes » (ONU, 2010).

autorités du pays et présenterait un rapport annuel public. Les décisions seraient prises suivant les méthodes des institutions de la France. Les ressources nécessaires seraient évaluées et tenues à jour par qui de droit.

*Personnes.* Un examen des métiers nécessaires à ces programmes d'adaptation serait tenu à jour et des mesures pour former les hommes seraient prises par les autorités concernées.

Le changement climatique en cours dans le monde entier, conjugué aux modifications démographiques, à l'épuisement de certaines ressources (dont les surfaces de terres cultivables) et aux évolutions sociales et économiques de la mondialisation (dont celles des prix), persistera longtemps, avec des impacts divers suivant les régions, les saisons, les comportements des sociétés humaines. Ces impacts détérioreront de plus en plus les sociétés, aussi bien développées qu'en développement. Tout cela entraînera des crises de toute nature concernant en particulier divers aspects des chaînes alimentaires (avec, au premier rang, l'accès à l'eau). Cela aura de plus en plus des répercussions sur la santé. Il en résultera des migrations et des conflits. Ces changements climatiques pourraient être quasi irréversibles à l'échelle des hommes vivant aujourd'hui.

L'action de la France pour diminuer sa contribution au changement climatique mondial est largement en marche dans un contexte européen contrasté. Toutefois, ce changement climatique mondial irréversible étant inévitable, il faudrait que la France commence dès maintenant à s'y adapter.

Pour cela, il faut déterminer la liste des impacts et des vulnérabilités se déroulant dans le temps sur le territoire français (métropole et outre-mer). On pourra alors les comparer et évaluer les défis scientifiques pour tenter de les diminuer. Un pas décisif sera d'estimer les options possibles d'adaptation dans l'incertitude de ces variations climatiques, tant quotidiennes qu'extrêmes. Il faut s'appuyer sur toutes les sciences, y compris les sciences humaines, avec la détermination et la cohésion de tous les citoyens concernés. Nous en avons les moyens matériels. Reste à en avoir la volonté. C'est le but de ce texte d'en décrire les avantages et les difficultés et de proposer des orientations possibles pour adapter notre pays à ces risques. Nous sommes entrés dans une société de répartition des risques. Ensemble, maîtrisons-la.

ROBERT DAUTRAY ET  
DOMINIQUE MEYER