



Face au réchauffement enregistré à la surface du globe depuis quelques décennies et à la multiplication des événements extrêmes, l'heure n'est plus seulement à la lutte contre l'effet de serre et à l'estimation de l'amplitude du changement climatique. Il s'agit aujourd'hui d'évaluer les conséquences des modifications pour anticiper les adaptations qu'il convient d'envisager. Dans ce cadre, l'Institut national de la recherche agronomique, INRA, a créé un métaprogramme nommé Adaptation au changement climatique de l'agriculture et des forêts, ACCAF.

La parution du cinquième rapport du GIEC fournit l'occasion d'un tour d'horizon des principales recherches réalisées sur l'adaptation au changement climatique. Ainsi, le texte introductif présenté dans ce numéro sera suivi, dans ceux de mars et d'avril 2014, d'une série d'articles faisant un bilan des adaptations des différents types de milieux ou d'activités (forêts, milieux aquatiques, agriculture, élevage) et des principaux enjeux pour les sociétés (ressources en eau, santé, migrations humaines, économie).

AGRICULTURE, FORÊTS ET ÉCOSYSTÈMES

L'adaptation au changement climatique

Jean-Marc Guehl

Directeur du métaprogramme ACCAF de l'INRA,
Directeur de l'UMR Écologie et écophysiologie forestières
INRA-Université de Lorraine à Nancy

Jean-François Soussana

Directeur scientifique environnement de l'INRA

Le premier volume du cinquième rapport d'évaluation du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, le GIEC, a été publié le 27 septembre 2013. Il porte sur le système climatique et l'évolution du climat. Ce rapport confirme le réchauffement observé depuis les années 1950 (0,6°C). Les projections pour 2100 dépendent des activités humaines et des incertitudes sur les modèles, de sorte que le réchauffement prévu varie entre 1,1 et 4,8°C. Un deuxième volume sera publié le 29 mars 2014 et sera consacré aux impacts du changement climatique, aux adaptations possibles et à la vulnérabilité des systèmes et des populations humaines exposées. Un troisième volet consacré aux recherches visant à atténuer les impacts du changement climatique paraîtra le 11 avril 2014. Enfin, en octobre 2014, une synthèse sera diffusée. Ses conclusions seront examinées par la Conférence des parties sur le climat, à Paris en 2015.

Cet exercice d'expertises scientifiques collective et de raisonnement prospectif a impliqué plus de 800 chercheurs de par le monde. Il est fondé sur l'analyse minutieuse des publications scientifiques et des méthodes utilisées. Chaque conclusion est caractérisée par un indice de confiance et un indice d'incertitude. Si le premier rapport de 1990 n'avait impliqué que des spécialistes des sciences du climat, le nouveau met en relief le caractère interdisciplinaire des approches. Sciences de la nature et sciences de la société y ont participé, ce qui dénote le souci d'éclairer au mieux les orientations politiques, économiques et sociales que les impacts du changement climatique, variant notablement selon les régions du monde, imposeront de prendre.

Les surfaces continentales, dans leur diversité de nature ou d'usage, qu'elles soient cultivées ou proches des milieux naturels (forêts, prairies

permanentes, milieux aquatiques, zones humides et sauvages), ont un statut complexe quand il s'agit de changement climatique. D'abord, les impacts et les risques potentiels sont considérables, puisqu'ils touchent les ressources végétales et animales, les milieux, les activités économiques qui y sont liées, la sécurité alimentaire, le fonctionnement des écosystèmes, la biodiversité, les ressources en eau, la santé. Ensuite, ces surfaces sont émettrices de gaz à effet de serre (dioxyde de carbone, méthane, protoxyde d'azote), en raison de processus naturels, mais aussi du fait des activités humaines (agriculture, élevage, déforestation). Mais nous verrons que, simultanément, elles peuvent absorber et séquestrer des quantités importantes de carbone et ainsi atténuer l'importance du changement climatique.

Le chimiste suédois Svante Arrhenius a été le premier à prévoir, en 1896, que l'accumulation du

dioxyde de carbone dans l'atmosphère liée à l'utilisation de combustibles fossiles entraînerait un réchauffement de la planète. Mais c'est en 1958, à l'occasion de l'année géophysique internationale, que les géochimistes Charles Keeling et Roger Revelle, de l'Institution Scripps d'océanographie, ont installé à l'Observatoire de Mauna Loa, situé au sommet de l'île volcanique de l'archipel d'Hawaii, le premier système de mesure en continu de la concentration du dioxyde de carbone atmosphérique. Ces mesures représentent la série la plus longue dont on dispose aujourd'hui.

Des sources et des puits de dioxyde de carbone en évolution

Quels en ont été les principaux résultats ? La concentration atmosphérique du dioxyde de carbone augmente de façon spectaculaire depuis 1958. Voisine de 315 ppm (nombre de molécules par million de molécules d'air hormis la vapeur d'eau) en 1958, elle a dépassé 400 ppm pour la première fois en mai 2013. Les valeurs obtenues à partir de bulles d'air emprisonnées dans la glace de l'Arctique et de l'Antarctique avant l'ère industrielle (à la fin du XVIII^e siècle), sont proches de 280 ppm. La vitesse d'augmentation de la concentration de dioxyde de carbone croît aussi : de 0,7 ppm par an au début des années 1960, elle est passée à 2,0 ppm par an entre 2000 et 2010. Cette accélération est à rapprocher de l'emballement des émissions de dioxyde de carbone d'origine fossile (charbon, pétrole, gaz), dû notamment à la production de ciment : ces émissions ont atteint 35 gigatonnes (milliards de tonnes) en 2011. La déforestation, autre source d'émission de dioxyde de carbone, présente une contribution par les forêts tropicales de quatre gigatonnes de dioxyde de carbone par an.

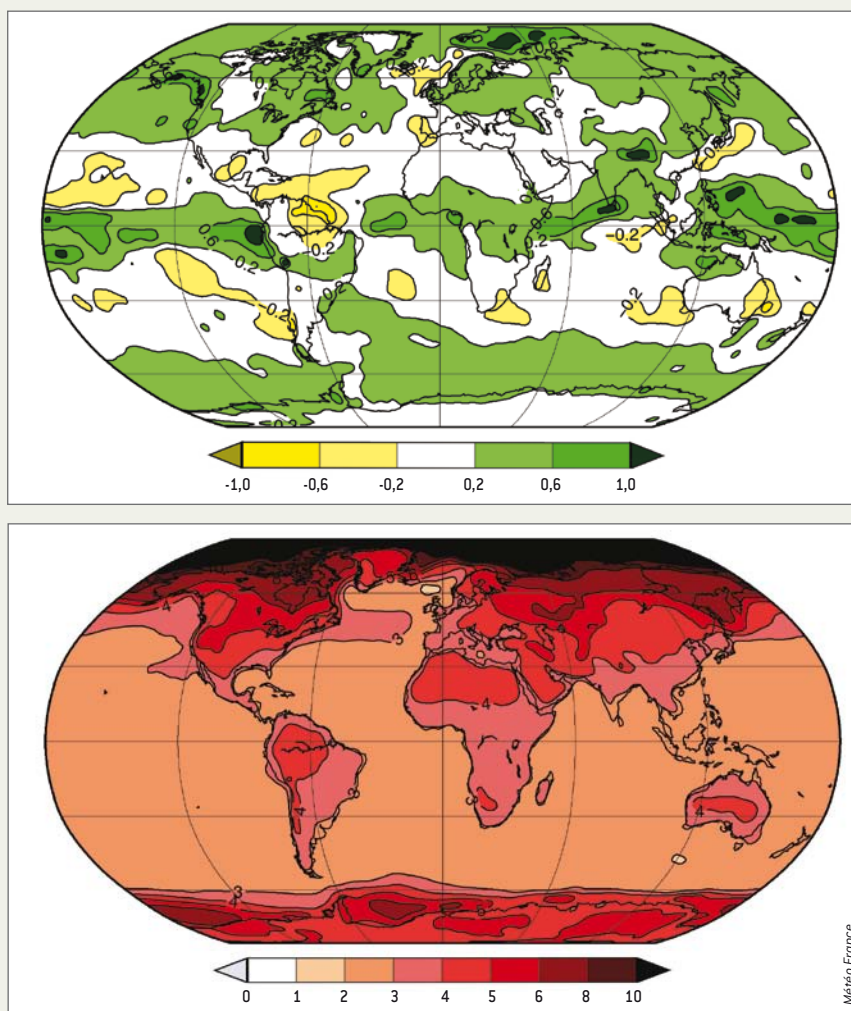
Mais à côté de ces chiffres inquiétants, les recherches révèlent qu'il existe des « amortisseurs » limitant l'ampleur de ces augmentations. Ainsi, on ne retrouve dans l'atmosphère que la moitié environ des quantités de dioxyde de carbone émises. Ce phénomène s'applique aux bilans réalisés au cours de la dernière décennie, mais aussi aux chiffres enregistrés depuis le début de l'ère industrielle. On estime que 2000 (± 312) gigatonnes de dioxyde de carbone ont été émises dans l'atmosphère de 1750 à 2011, du fait des acti-

vités humaines, dont 1340 (± 110) sont attribuées à l'utilisation de combustibles fossiles et à la production de ciment, et 660 (± 295) à la déforestation et au changement d'usage des terres ; 880 gigatonnes « seulement » se sont accumulées dans l'atmosphère.

Les progrès réalisés dans l'évaluation des flux et des bilans de carbone à l'interface océan-atmosphère et à l'interface continents-atmosphère, par des mesures et la modélisation des processus, ont permis d'élucider ce phénomène. Il existe des échanges de dioxyde de carbone intenses entre les océans et les surfaces terrestres, d'une part, et l'atmosphère, d'autre part. Ces échanges qui ont lieu dans les deux sens sont de l'ordre de 290 gigatonnes de dioxyde de carbone par an pour les océans et de 440 pour les surfaces

terrestres. Toutefois, le bilan fait apparaître un léger déséquilibre se traduisant par une accumulation nette de l'ordre de 9 gigatonnes par an dans les océans et à peu près autant dans les systèmes terrestres. Ainsi, ces systèmes atténuent l'augmentation du dioxyde de carbone atmosphérique.

La décomposition des flux par régions a révélé que les forêts tempérées et boréales de l'hémisphère Nord représentent un puits de carbone important. De fait, ces surfaces sont globalement en expansion, accroissant le stock de carbone dans la biomasse. En outre, l'augmentation de la concentration du dioxyde de carbone a un effet « fertilisant », c'est-à-dire qu'elle stimule la photosynthèse et la productivité forestière, donc améliore l'efficacité du « piège ». De surcroît, les dépôts



Résultats des modélisations (modèle CNRM-CM5) indiquant en moyenne annuelle la différence des précipitations (en millimètres par jour, en haut) et des températures (en °C, en bas) entre la période 1970-2000 et la période 2071-2100 dans le scénario RCP8.5 du V^e rapport du GIEC. Il pleuvrait moins sur certaines régions intertropicales, dont l'Amazonie. La température pourrait augmenter de dix degrés dans les régions les plus septentrionales.