

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.

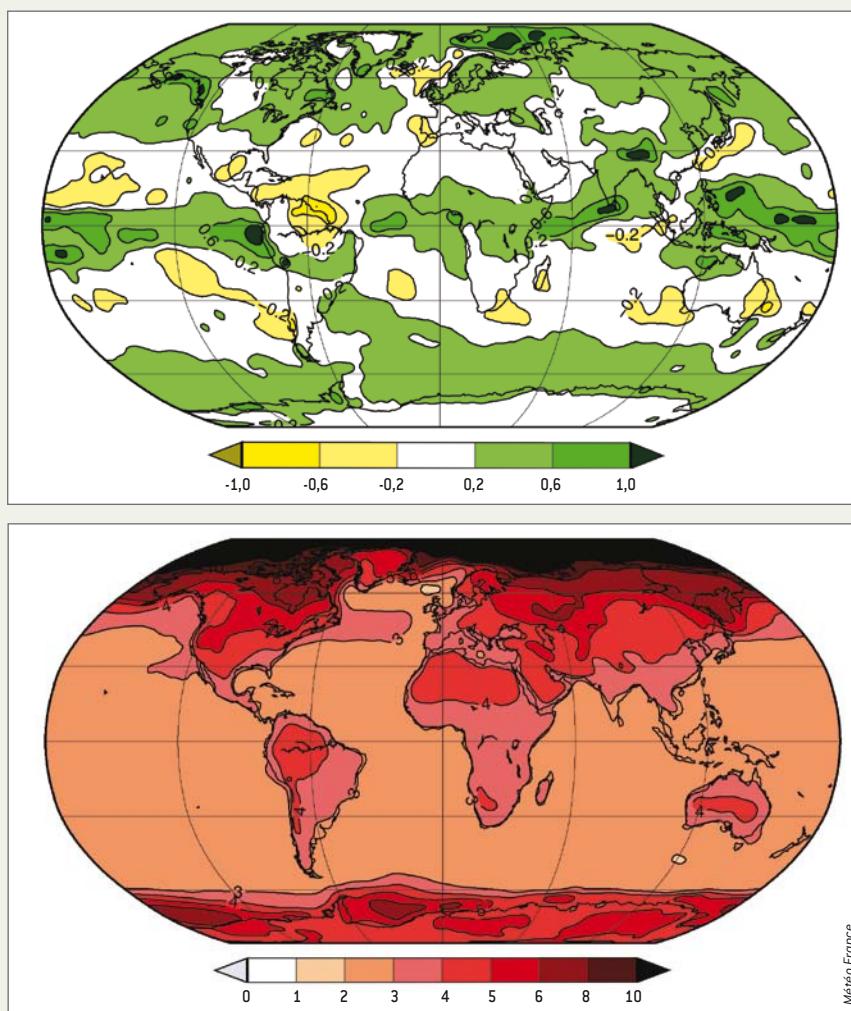
Mais à côté de ces chiffres inquiétants, les recherches révèlent qu'il existe des « amortisseurs » limitant l'ampleur de ces augmentations. Ainsi, on ne retrouve dans l'atmosphère que la moitié environ des quantités de dioxyde de carbone émises. Ce phénomène s'applique aux bilans réalisés au cours de 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.