

Andrew Ferrone

Deux degrés de plus : une aubaine ?

De nos jours, la communauté scientifique est unanime : le climat de notre planète se réchauffe. Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a conclu dans son quatrième rapport (AR4) publié en 2007 que « l'essentiel de l'accroissement observé sur la température moyenne globale depuis le milieu du XX^e siècle est très probablement¹ dû à l'augmentation observée des concentrations des gaz à effet de serre anthropiques² ».

Dans le but d'installer un cadre politique global pour réaliser et coordonner une réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES), la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC) a été créée. Un des objectifs de cette convention est « de stabiliser [...] les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau qui prévient toute perturbation anthropique dangereuse³ du système climatique ».

Dans ce cadre, le protocole de Kyoto constitue la première étape contraignante de mise en œuvre de réductions des émissions de GES des pays développés (repris dans l'Annexe B au protocole). Le protocole fixe les objectifs de réduction d'émissions entre 1990 et la période 2008-2012. L'encadré 1 p.18 explique le pourquoi de ces réductions. On espère qu'à la fin de cette année 2009 à Copenhague, les parties à la CCNUCC adopteront de nouveaux objectifs de ré-

duction d'émissions, probablement sous la forme d'engagements précis à l'horizon 2020 et placés dans une ligne d'évolution à plus long terme (2050).

Mais où situer un seuil au-delà duquel une « perturbation anthropique dangereuse du système climatique » soit à craindre ? Il y a plusieurs critères possibles, mais J. Hansen, le directeur du GISS (Godard Institute for Space Studies, NASA) et climatologue mondiale-

ment reconnu, estime que « le critère le plus important est la probabilité de maintenir le niveau d'élévation à long terme des océans proche du niveau actuel ».

En se basant sur les éléments scientifiques disponibles alors, l'Union européenne a estimé, en 1996, que l'objectif devrait être de ne pas excéder 2°C en moyenne de réchauffement global par rapport au niveau préindustriel. Récem-

L'auteur Andrew Ferrone, supporté par le Fonds de la recherche scientifique belge (FNRS) dans le cadre d'une bourse du Fonds pour la formation à la recherche dans l'industrie et dans l'agriculture (FRIA), aimerait remercier Ralph Lescroart, Philippe Marbaix, Nabila Bounceur et Jean-Pascal van Ypersele de l'université catholique de Louvain (UCL/ASTR) en Belgique ainsi que Fernand Ferrone pour leur aide précieuse dans la rédaction de cet article.





Photo : Laurent Federspiel/180grad

Le **cycle du carbone** regroupe les échanges continuels de carbone entre l'atmosphère, la biosphère terrestre (êtres vivants) via la respiration et la photosynthèse, les sols, et les océans via des processus d'absorption et d'émission de CO₂. Pendant l'ère préindustrielle, ces échanges étaient plus ou moins en équilibre et les concentrations de carbone dans l'atmosphère variaient peu.

Depuis l'utilisation massive des combustibles fossiles, une source anthropique importante de CO₂ s'est ajoutée. Le cycle naturel s'est partiellement adapté à cette nouvelle source en absorbant actuellement environ la moitié du carbone anthropique émis. Le temps de résidence du dioxyde de carbone dans l'atmosphère étant de plusieurs siècles, la partie non absorbée s'accumule dans l'atmosphère et la concentration de CO₂ est ainsi passée de 280 ppm à 388 ppm.

Comme le CO₂ est un **gaz à effet de serre**, il absorbe et renvoie vers la surface terrestre une partie du rayonnement infrarouge émis par la Terre, ce qui conduit à un réchauffement (l'effet est comparable à l'action de la couverture nuageuse pendant la nuit : la température baisse moins pendant une nuit couverte que pendant une nuit étoilée).

Pour quantifier cet effet, les scientifiques utilisent la notion de **forçage radiatif**, qui est la mesure du déséquilibre entre les rayonnements entrant et sortant au sommet de l'atmosphère. Un forçage radiatif positif force le système climatique vers un état plus chaud et vice-versa. Le forçage nous donne une mesure instantanée du déséquilibre, mais le système climatique mettra plusieurs centaines d'années avant d'arriver à un nouvel équilibre. La lenteur de la réaction du système climatique est due à sa grande **inertie**.

Si on veut **stabiliser la température de surface**, il faut que les concentrations de CO₂ dans l'atmosphère cessent d'augmenter. Il faut donc ramener les émissions en dessous du niveau de ce qui est absorbé par le cycle naturel du carbone.

Mais avec l'augmentation des températures, l'absorption par le cycle du carbone a tendance à diminuer (plus chauds, sols et océans absorbent moins de CO₂). Ceci mène à un renforcement du forçage et constitue un exemple de **rétroaction positive** dans le système climatique.

ment (juillet 2009) cet objectif a été repris par le G8 et par le G20. Comme ce choix politique date de 1996, il est basé sur le deuxième rapport du GIEC (publié en 1995). Or, aujourd'hui, une meilleure connaissance scientifique des composants physiques du système climatique, de leurs interactions et des effets sur les sociétés ou écosystèmes fait craindre que ce critère soit à revoir. La question est donc de savoir si limiter le réchauffement à 2 °C peut toujours mettre le système climatique à l'abri d'une perturbation anthropique dangereuse.

Plus risqué que la roulette russe ?

Comme expliqué dans l'encadré 1, pour stabiliser la température à une certaine valeur, il faut ramener les émissions anthropiques de CO₂ et de CH₄ à un niveau qui soit inférieur aux quantités absorbées par le cycle du carbone. Le GIEC a conclu que pour stabiliser la température entre 2,0 °C et 2,4 °C au-delà du niveau préindustriel, la concentration de CO₂ à long terme ne devrait pas dépasser les 350-400 ppm (parties par million⁴). Comme en juillet 2009, la concentration était déjà de 388 ppm. Tenir cet objectif suppose que les émissions cessent de croître (pic d'émission) le plus vite possible (avant 2015) et diminuent rapidement ensuite pour cesser complètement à terme (voir encadré 1 et figure 1).

Toujours dans le cadre d'un réchauffement à 2 °C, le GIEC a estimé que les réductions globales d'émissions de CO₂ devraient atteindre 50 à 85 % en 2050 par rapport à l'an 2000. Cette conclusion est valable pour la meilleure estimation actuelle de la sensibilité climatique, une sensibilité climatique plus élevée ne pouvant toutefois pas être exclue⁵. En utilisant des modèles climatiques de différentes sensibilités, les scientifiques ont trouvé que, pour une réduction de 50 % des émissions globales des GES telle que proposée par le G8⁶, la probabilité de dépasser les 2 °C serait, dans le cas le plus favorable (sensibilité faible) de 12 % et dans le cas le moins favorable (sensibilité haute) de 49 %.

Afin de donner une idée de ce que signifie ce risque, considérons le jeu de la roulette russe où le perceur a 5 chances sur 6 pour se trouver devant une chambre vide, ce qui représente 16,7 % de chance, ou de malchance, de ne pas survivre au jeu. Joueriez-vous à ce jeu ? Bien

sûr, 2 °C en plus, ce n'est pas l'extinction de toute vie sur Terre, mais les risques sont déjà substantiels et peuvent inclure une mortalité accrue, comme lors de la vague de chaleur de 2003 en Europe.

Quels sont les changements attendus dans un monde plus chaud de 2 °C ?

2 °C ne constituent donc pas une barrière physique dans le système climatique, mais les climatologues craignent que passé un seuil de cet ordre, les conséquences pour les écosystèmes et les hommes puissent s'amplifier dangereusement et de façon imprévisible.

La température n'augmentera pas partout de façon uniforme. A cause de la grande inertie thermique de l'eau, les températures au-dessus des océans augmenteront moins que la moyenne globale, au contraire des continents. Le réchauffement des continents vaut en règle générale environ une fois et demie la moyenne globale alors que celui des régions polaires en vaut le double. Pour 2 °C en moyenne globale, l'Europe se réchauffera d'environ 3 °C et les régions polaires de 4 °C.

Un changement des températures entraînera aussi un changement dans la répartition des précipitations. En Europe du Sud, les projections montrent une diminution prononcée des précipitations tandis que pour les pays scandinaves une augmentation est prévue. Dans nos régions, on s'attend à des étés plus secs et des hivers qui pourraient être plus humides.

La probabilité des événements extrêmes évoluera également. Le nombre de jours et de nuits froids diminuera alors que le nombre de jours et de nuits chauds augmentera. La diminution des précipitations mènera à une augmentation de la fréquence des canicules en été. En outre, il faut s'attendre à ce que, dans nos régions, le nombre de jours pluvieux diminue, mais que les pluies soient plus intenses. Conjugué à l'assèchement des sols résultant du réchauffement, ceci fera croître les risques d'inondation.

Le réchauffement entraînera aussi un retrait progressif des glaciers et des zones recouvertes de neige. Cette tendance s'observe déjà aujourd'hui avec des saisons de ski plus courtes et une

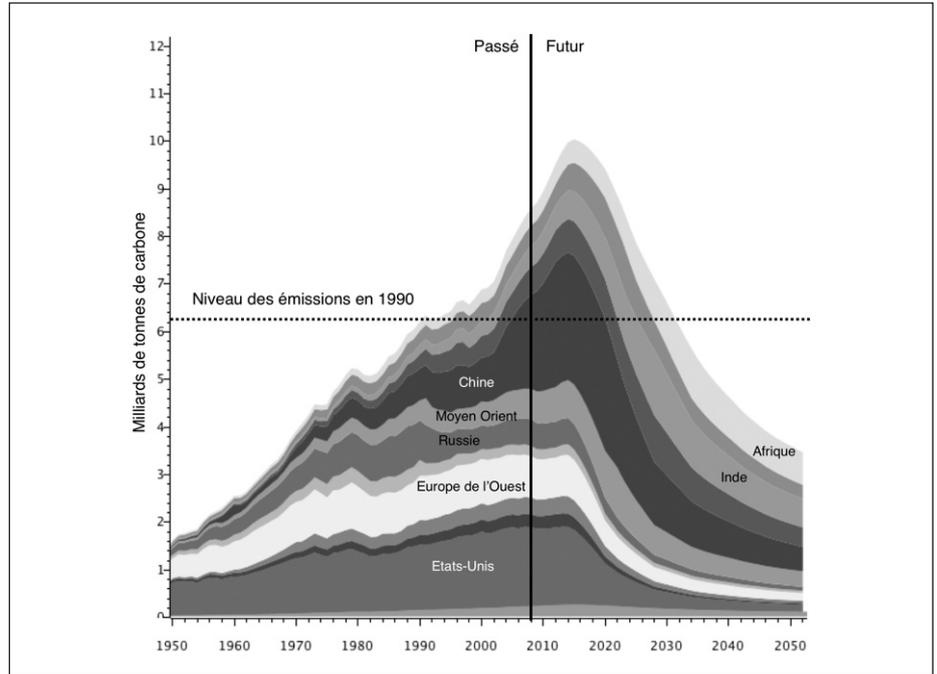
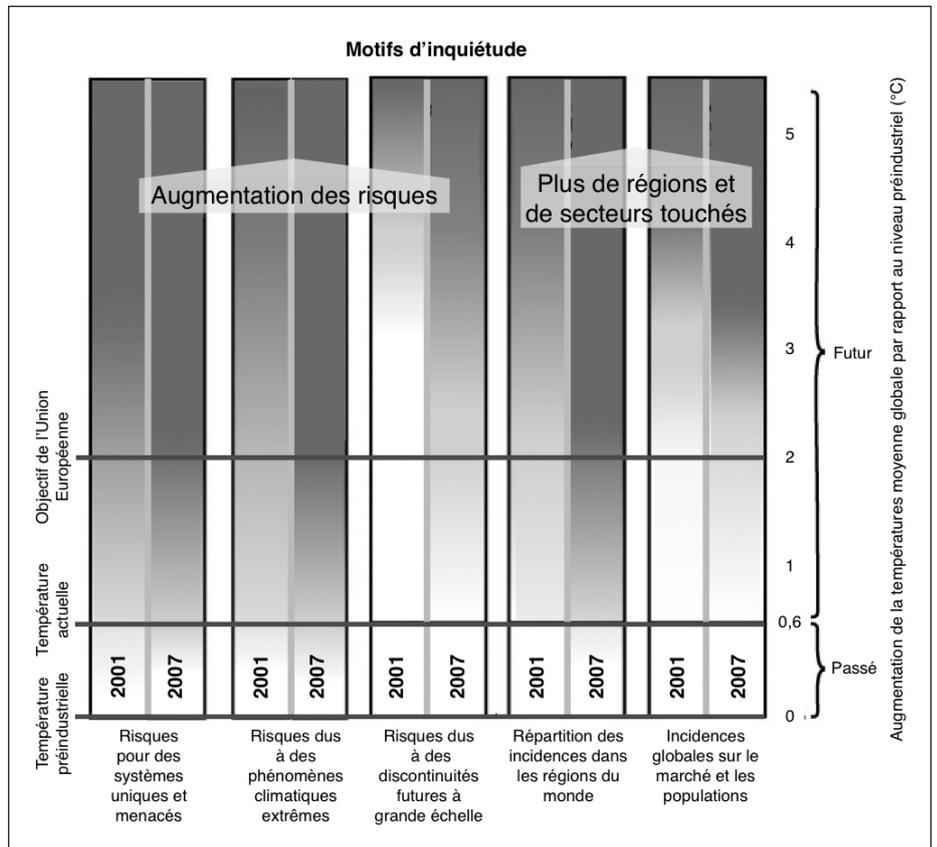


Fig. 1 : Evolution des émissions de carbone anthropique depuis 1950 et un scénario possible pour atteindre une stabilisation des températures à 2 °C (environ 50 % des réductions en 2050 par rapport à 1990). Les différentes teintes de gris indiquent les émissions des différents pays. De haut en bas : Afrique, Amérique latine, Inde, Asie, Chine, Moyen-Orient, Russie, Europe de l'Est, Europe de l'Ouest, Japon, Nouvelle-Zélande, Canada et Australie, Etats-Unis et les émissions du secteur aérien et maritime international (fait avec JCM www.climate.be/jcm).

Fig. 2 : Dans le 3^e rapport de 2001, le GIEC a publié un graphique avec des motifs d'inquiétude dans différentes parties du système (partie de gauche). Plus une colonne est foncée, plus la probabilité augmente que pour la température indiquée, les impacts mentionnés se réalisent. A droite dans chaque colonne, on trouve la mise à jour de ce graphique basé sur le 4^e rapport du GIEC (2007) (d'après un graphique publié dans PNAS, vol. 106, n° 11, pp. 4133-4137).



Le **GIEC** a été créé en 1988 par l'Organisation météorologique mondiale (OMM) et le Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE) et est ouvert à tous les pays membres de l'ONU et de l'OMM. Il a pour mission d'évaluer les informations nécessaires pour mieux comprendre les fondements scientifiques des risques liés au changement climatique d'origine humaine. Il publie environ tous les 6 ans des rapports d'évaluation, le dernier (AR4) en 2007.

La Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (**CCNUCC**) a été adoptée à Rio de Janeiro en 1992 par 154 états, plus la Communauté européenne. Elle est entrée en vigueur le 21 mars 1994. En 2004, elle a été ratifiée par 189 pays. Cette convention est la première tentative, dans le cadre de l'ONU, pour mieux cerner les moyens de lutter contre le changement climatique.

migration progressive des régions recouvertes de neige vers le haut. Comme les glaciers et les régions recouvertes de neige constituent dans certaines régions du globe (p.ex. l'Himalaya et les Alpes) une source importante d'eau douce pour les fleuves, les débits de ceux-ci ont déjà diminué et tendent à s'affaiblir davantage. Ceci entraînera des problèmes de distribution d'eau dans les régions qui dépendent de ces réserves.

Limiter le réchauffement à 2 °C, est-ce un but ambitieux ?

Si l'on veut avoir une chance de rester en deçà des 2 °C de réchauffement, les émissions globales de GES devront être réduites en 2050 de 50 % par rapport à

1990, et plus, si on veut avoir plus d'une chance sur deux d'éviter un réchauffement au-delà de 2 °C. Pour être équitable, l'effort doit être encore plus grand dans les pays développés, et cela demandera un changement radical de l'économie et des comportements.

De plus, le chiffre des 2 °C a été fixé par l'Union européenne en 1996 et est basé sur le deuxième rapport du GIEC. Ce rapport estimait que cet objectif laisserait une certaine marge de manœuvre pour éviter toute « perturbation anthropique dangereuse du système climatique ».

Une réévaluation des critères utilisés alors montre que même à ce niveau de stabilisation, on doit s'attendre à de fortes perturbations de certains écosys-

tèmes et à des impacts généralement négatifs sur les marchés mondiaux (voir figure 2, p. 19). Des discontinuités importantes et irréversibles du système climatique (p.ex. la désintégration totale ou partielle de la calotte glaciaire du Groenland ou de l'Antarctique de l'Ouest, pouvant entraîner pour chacune une montée du niveau des mers allant jusqu'à 7 mètres à l'échéance de plusieurs millénaires) ne peuvent à présent plus être exclues.

Donc, même s'il faut déjà des moyens importants pour stabiliser la température à 2 °C au-dessus du niveau préindustriel, les connaissances scientifiques actuelles ne permettent pas d'assurer que cet effort sera suffisant et des mesures d'adaptations à un climat plus chaud devront dès à présent être envisagées. ♦

¹ Il y a 90 % de chances que se soit vrai.

² dû à l'homme

³ Il est possible de définir une perturbation anthropique et dangereuse comme une perturbation irréversible qui engendre des impacts globaux néfastes et importants pour les activités humaines.

⁴ Sur un million de molécules d'air il y a 350-400 molécules de CO₂.

⁵ L'augmentation de la température dans un scénario donné ne peut pas être déterminée avec exactitude à cause des rétroactions qui existent dans le système climatique et dont l'ampleur est difficile à cerner (on trouvera un exemple de rétroaction dans l'encadré 1).

⁶ La date de référence n'ayant pas été citée, les calculs sont faits par rapport à 1990 et 2000.

