

*Fig. 1 Modifications constatées de la température moyenne de surface 1860-1994 (écarts par rapport à la moyenne 1951-1980)*

# LE PROBLÈME DE LA MODIFICATION GLOBALE DU CLIMAT

**Bert Bolin**

La menace d'une transformation induite par l'homme, du climat et comment y faire face sont des problèmes de dimension politique globale et font partie du problème politique plus vaste encore du développement durable. La connaissance de base du comportement du système naturel, lorsqu'il est soumis à des perturbations d'origine humaine, ainsi que du système socio-économique global, auquel nous participons tous et qui induit ces perturbations, est fondamentale pour aborder de tels problèmes de façon rationnelle. Certains chercheurs sont attirés par les défis à la science que cela représente et souhaitent les relever, d'autres doutent des possibilités d'analyser effectivement un problème aussi complexe d'une façon significative. Ils tendent par conséquent plutôt à devenir critiques à l'égard des tentatives faites. Les systèmes qui nous préoccupent sont en effet complexes. Une première question se pose tout naturellement : comment allons-nous interpréter les constatations scientifiques actuellement disponibles sur ce problème et nos connaissances sont-elles suffisantes pour lancer des actions ?

## CARACTÉRISTIQUES-CLÉS DU SYSTÈME CLIMATIQUE GLOBAL

Considérons d'abord quelques caractéristiques clés du système climatique. Les connaissances actuelles et les constatations scientifiques récentes dans ce domaine peuvent être résumées de la façon suivante :

La température globale moyenne de surface a augmenté d'environ 0,5 degré centigrade pendant le XX<sup>e</sup> siècle (cf. fig. 1). Pour parvenir à cette conclusion, on a tenu compte avec soin de la possibilité d'effets de distorsion provenant de sources locales ("îlots de chaleur urbains"). A peu près la moitié de la modification observée s'est produite pendant les dernières 50-60 années. Avant cette période, les perturbations anthropiques ne peuvent guère avoir atteint un niveau qui aurait pu modifier sensiblement le climat et, de ce fait, elles sont certainement dues à la variabilité naturelle du système climatique. Ce relevé récent est toutefois trop court et probablement trop peu représentatif pour l'ensemble de la planète pour indiquer grand chose concernant la grandeur de la variabilité naturelle, particulièrement sur une échelle

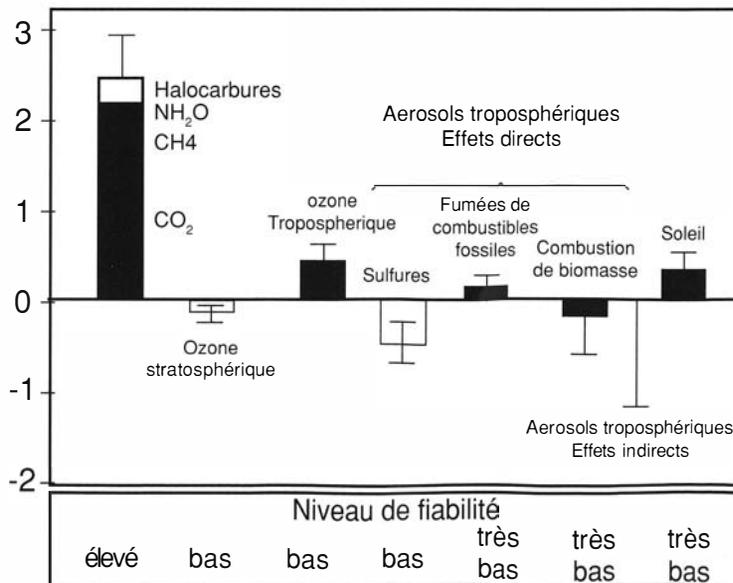
de temps d'un demi-siècle ou plus. Si l'on en juge seulement d'après cette séquence de temps, les changements récents observés pourraient donc être le résultat de variations naturelles.

Les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère (dioxyde de carbone, méthane, oxyde nitrique, halo carbures, ozone troposphérique) continuent à augmenter et tendent à réchauffer l'atmosphère. Leurs effets combinés équivalent aujourd'hui à une augmentation de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) d'environ 50 %, dont 30 % sont dus à des concentrations augmentées du dioxyde de carbone lui-même. La plupart de ces gaz ont une durée de vie moyenne entre 10 et 150 ans et, de ce fait, s'accumulent. Leur long temps de vie implique qu'ils deviennent parfaitement mélangés et l'augmentation de leur concentration est à peu près semblable en tous les points du globe. Nous pouvons estimer avec une raisonnable exactitude le changement du forçage radiatif du système du climat global que ce changement dans la concentration des gaz de serre a entraîné à ce jour (environ 2,4 W/m<sup>2</sup>). De ce fait, environ 1 % du forçage radiatif est causée par la radiation solaire (fig. 2). Il faudrait noter que le forçage représenté dans cette figure comprend le feedback indirect positif dû à l'augmentation des émissions des gaz de serre, qui influence directement le forçage radiatif.

L'augmentation des concentrations de sulfates sous forme d'aérosols, provenant de la combustion des combustibles fossiles et la fumée provenant de celle de la biomasse tendent à rafraîchir globalement l'atmosphère.

Fig. 2. Modifications du forçage radiatif (W/m<sup>2</sup>) en 1990, dues à

- 1) des concentrations augmentées de gaz à effet de serre
- 2) de la réduction de l'ozone dans la stratosphère par suite de concentrations augmentées d'halocarbures
- 3) des modifications des concentrations d'aérosols
- 4) des modifications dans les radiations solaires au cours du 20<sup>e</sup> siècle.



Ces aérosols sont, toutefois, répartis inégalement sur la planète, à cause d'émissions variables selon les lieux et de courtes vies atmosphériques (environ quelques semaines). Cet effet rafraîchissant est toutefois localisé et diminue rapidement quand les émissions des gaz qui forment des aérosols sont réduites. Environ 90 % des émissions de soufre viennent de la combustion de pétroles riches en soufre. Ces aérosols contribuent aussi à l'acidification des précipitations, des eaux pures et des sols et ces émissions sont, pour cette raison, en voie de réduction dans les pays industrialisés. Une utilisation plus réduite des combustibles fossiles dans le but de stabiliser les concentrations de dioxyde de carbone dans l'atmosphère (voir ci-après) entraînerait une réduction massive de la pollution par les aérosols sulfures.

Par suite (1) de l'inertie du système climatique et (2) du rafraîchissement dû aux aérosols, le changement potentiel du climat global dû aux émissions des gaz de serre est partiellement dissimulé et l'augmentation de la température moyenne globale due aux émissions, jusqu'à présent, a probablement été retardés (de 40 à 70 %) ce qui évidemment rend plus difficile la détection d'un changement climatique d'origine anthropique en cours. Les types de modification qu'apportent les émissions d'aérosols, sont, d'autre part, utiles pour l'analyse des changements observés du climat et de leur attribution possible à des facteurs externes spécifiques.

Notre capacité à déterminer une possible influence anthropique sur le climat global est encore limitée, car les indices attendus, c'est à dire les types de changement, commencent seulement maintenant à être distingués de l'effet de la variabilité naturelle. En dépit de ces incertitudes, le GIEC a conclu que "la pondération des constatations suggère qu'il y a maintenant une influence anthropique discernable sur le climat global".

La sensibilité du système climatique au forçage des gaz à effet de serre n'est, toutefois, pas très bien connue. Les premières estimations du point d'équilibre dans le réchauffement provoqué par un doublement de la concentration du dioxyde de carbone dans l'atmosphère (ou à un changement équivalent pour d'autres gaz à effet de serre) présentent encore de grandes marges d'incertitude (1,5 à 4,5 degrés centigrades).

La modification escomptée du climat sera très probablement répartie inégalement sur le globe. Nous ne pouvons pas dire quelles régions subiront des modifications importantes, ni dans lesquelles le forçage pourrait être faible, sauf que le réchauffement sera plus prononcé dans les latitudes septentrionales en hiver, et dans l'intérieur des continents. En outre, le cycle hydrologique sera intensifié, ce qui implique plus de précipitations et une évaporation plus rapide. A la fois inondations et sécheresse seront plus fréquents. De récentes observations montrent que la fréquence des précipitations intenses a augmenté pendant les toutes dernières décennies, dans certaines régions.

Tableau 1

## Modification de la température

Forçage des radiations et modification de la température au moment de la stabilisation à divers niveaux de concentration en dioxyde de carbone On a considéré que les émissions de méthane, d'oxyde nitrique et de dioxyde de soufre jusqu'en 2100 correspondront à ce qui est indiqué dans le scénario 1892a, et ensuite resteront constantes. On admet que la fourchette de sensibilité du système climatique est entre 1,5 et 4,5 degrés centigrades pour un doublement de la concentration du CO<sub>2</sub> atmosphérique.

Niveau de stabilisation (ppmv)	Forçage radiatif (W/m <sup>2</sup> )	Limite inférieure (degré cent.)	Valeur moyenne (degré cent.)	Limite supérieure (degré cent.)
450	3,6	1,2	2,1	3,6
550	5,0	1,7	2,9	5,2
650	6,2	2,1	3,5	6,4
750	7,1	2,5	4,1	7,4

La convention sur le climat donne comme but ultime de stabiliser les concentrations de gaz de serre dans l'atmosphère, mais aucun accord n'a été atteint au sujet du niveau à atteindre. L'Union Européenne a admis que la modification de la température globale moyenne ne devrait pas dépasser environ 2 degrés centigrades. Ceci entraîne que la stabilisation du dioxyde de carbone devrait être réalisée à un niveau ne dépassant pas 60-80 % du niveau de la période préindustrielle, c'est à dire entre 450 et 500 parties par million (ppmv) (cf. tableau 1) même si la sensibilité du système climatique était dans le bas de la fourchette d'incertitude indiquée ci-avant. L'augmentation du dioxyde de carbone a été jusqu'à présent d'environ 30 % (les concentrations préindustrielles étaient d'environ 280 ppmv, et la concentration actuelle est d'environ 360 ppmv). Les émissions globales devraient commencer à se réduire bientôt, afin d'atteindre l'objectif de stabilisation vers la fin du prochain siècle. La Nature impose une limite à l'ampleur des émissions pendant le prochain siècle, ampleur qui est fonction du niveau de concentration visé (voir plus loin, ci-après). Cette ampleur peut être déduite avec une certaine crédibilité.

Les incertitudes des constatations scientifiques à ce jour impliquent qu'un changement futur du climat devrait être considéré comme une question à risque. Dans ce contexte, il est important de rappeler toutefois, le fait que le forçage sur le système climatique, dû à des concentrations accrues de gaz à effet de serre, persistera longtemps après qu'il se sera produit, même si des progrès nouveaux étaient réalisés pour réduire les émissions de gaz. Les incertitudes montrées sur le tableau 1 sont évidemment troublantes, mais le risque n'est pas réduit par les incertitudes, il est simplement plus difficile à estimer.

## IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

A cause des possibilités réduites de prévoir plus précisément la probable répartition d'un changement climatique, il est, bien sûr, difficile d'évaluer ses impacts avec précision. Les évaluations du GIEC (groupement d'experts gouvernemental sur l'évolution du climat) ont,

de ce fait, été centrées sur des analyses de la sensibilité de divers secteurs de la société à des modifications imposées du climat de l'ampleur qui peut être envisagée. De telles analyses devraient être lancées au niveau national, car une connaissance approfondie des caractéristiques environnementales, sociales, et économiques du pays est nécessaire. Certaines considérations générales présentent toutefois de l'intérêt dans le contexte présent.

Les dégâts, et parfois d'éventuels avantages, dûs au changement du climat, dépendent beaucoup des modifications des processus selon lesquels se produisent actuellement les intempéries extrêmes, telles que orages, vagues de chaleur, sécheresse, inondation, gel, etc. Un plus grand degré de résolution des modèles obtenus par les satellites, est indispensable pour déduire, théoriquement, les caractéristiques d'un futur changement du climat, et on ne peut pas tirer beaucoup de conclusions précises des expériences de modélisation qui ont été faites jusqu'à présent.

Les observations faites, durant les dernières décennies, indiquent, toutefois, que les orages et les inondations semblent avoir augmenté dans certaines régions, quoique probablement pas globalement. Ceci confirme aussi que le risque de dommages liés à la modification globale de climat varie d'une région à l'autre. L'augmentation constatée des dommages dans les dernières décennies, par suite d'intempéries extrêmes a été remarqué aussi par les compagnies d'assurances. On sait bien que les pertes principales ont affecté la région des Caraïbes et le Pacifique. En fait, les primes d'assurance sont devenues très élevées dans certaines régions, avec la conséquence que peu nombreux sont ceux qui ont les moyens de contracter une assurance. Il est évidemment difficile aux compagnies d'assurance de se prémunir contre un futur changement du climat. L'utilisation des statistiques de ce qui est arrivé dans le passé, n'est plus une approche possible. Les changements observés peuvent être le résultat d'un forçage accru d'origine anthropique sur le climat, mais on ne peut l'affirmer avec certitude.

Il est possible aussi de prévoir assez raisonnablement la probabilité accrue de températures élevées pendant les vagues de chaleur pour une modification donnée de la température pendant la saison la plus chaude et aussi d'estimer l'augmentation corrélatrice probable de morbidité et de mortalité. Il y a un certain nombre d'évaluations de cette sorte (en particulier pour les principales villes des États-Unis), qui sont intéressantes.

De même, les menaces accrues sur les petites îles et les régions côtières par suite de l'élévation du niveau de la mer peuvent être évaluées raisonnablement bien. La plupart des dommages sont causés par des inondations associées à des orages et des cyclones. Il faut noter que le risque de dommages augmente même si des intempéries aussi extrêmes devenaient

moins fréquentes. La question la plus importante est, toutefois, dans quelle mesure l'agriculture et l'industrie forestière peuvent être sérieusement touchées. Certaines régions subtropicales ont subi de longues périodes de sécheresse pendant les dernières décennies. Même s'il est impossible d'affirmer que ces modifications climatiques ont pour origine des émissions anthropiques de gaz à effet de serre, on peut en tirer des enseignements précieux sur la sensibilité de l'industrie agricole au climat. L'agriculture peut s'adapter dans une certaine mesure en changeant les spéculations et les méthodes de culture, mais des précipitations convenables restent toujours une nécessité préalable même en dépit du fait qu'une concentration plus forte de dioxyde de carbone dans l'atmosphère réduit les pertes d'eau au cours de la photosynthèse.

Des modélisations prospectives des changements futurs du climat régional ont été mises en œuvre pour déterminer comment la répartition actuelle des forêts sur le globe pourrait changer. Même si les modifications de détail envisagées par ce moyen sont incertaines, les statistiques qui peuvent en être tirées sont d'un grand intérêt. Le GIEC conclut que "comme conséquence des modifications possibles pour la température et pour la disponibilité en eau, sous des conditions d'équilibre correspondant à un doublement du dioxyde de carbone, une fraction importante (en moyenne globale un tiers, variant selon les régions de un septième à deux tiers) des superficies forestières existantes dans le Monde, présenteront des transformations majeures touchant d'importants types de végétation, les plus grandes transformations se produisant dans les latitudes élevées, et les moindres dans les régions tropicales".

En conclusion, nous ne sommes pas encore capable de dire avec précision en quelle mesure une modification climatologique induite par l'Homme sera "dangereuse", et il ne sera pas possible non plus de conclure si de tels changements se produiront dans quelques dizaines d'années, ou si ce sera un processus plus lent et moins menaçant. La question qui se pose alors est : "Que faudrait-il faire actuellement ? Il faut alors se rappeler que l'inertie du système climatique est telle que cela signifie qu'un changement climatique qui s'est produit sera avec nous pendant une durée variant de quelques décennies à un siècle, peut-être même plus, et que des changements potentiels qui ne peuvent pas encore être vus sont inévitables. Ce sont donc de bonnes raisons d'appliquer la politique du sans-regret. Bien des choses peuvent être faites qui sont bénéficiaires pour d'autres raisons et le risque de dommages encore plus étendus, dans une perspective à long terme justifie que le principe de précaution soit adopté.

**Bert Bolin**

Président de la  
Commission intergouvernementale  
sur les modifications climatiques