

D'après le résumé sur les changements climatiques à l'intention des décideurs

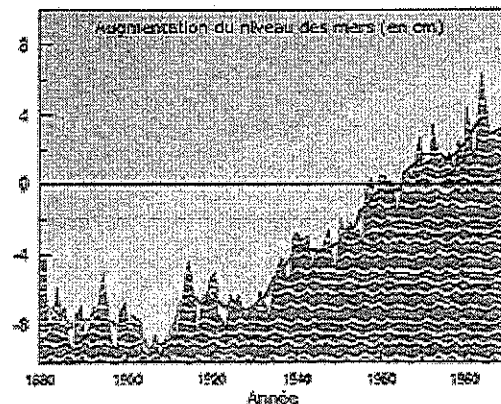
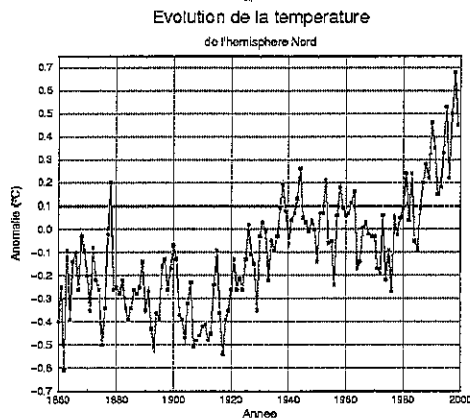
Groupe de travail I du GIEC 1995
Rapport transmis par Jean JOUZEL
<http://www.lsce.cnrs-gif.fr/http://www.lsce.cnrs-gif.fr/>

Le climat a évolué depuis le siècle dernier
Une influence perceptible de l'homme sur le climat global

La concentration de gaz à effet de serre continue d'augmenter
Prevision de l'évolution des concentrations en gaz à effet de serre
Les aérosols d'origine humaine ont tendance à produire un forçage radiatif négatif

On s'attend à ce que le climat continue d'évoluer
Conséquences d'un réchauffement climatique
Les incertitudes restent nombreuses

Le climat a évolué depuis le siècle dernier...



Un faisceau d'éléments suggère qu'il y a une influence perceptible de l'homme sur le climat global

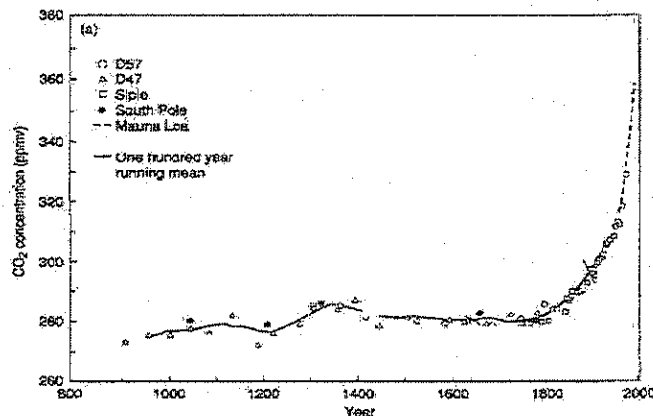
Toute influence de l'homme sur le climat se superpose au " bruit de fond " représenté par sa variabilité naturelle. Celle-ci résulte aussi bien de fluctuations internes que de causes externes telles que de la variabilité de l'activité solaire ou les éruptions volcaniques. Les études de détection et d'attribution s'efforcent d'établir une distinction entre les influences naturelles et celles qui relèvent de l'homme. La " *détection* " est l'opération consistant à démontrer qu'un changement climatique observé est hautement inhabituel au sens statistique. Cette opération ne vise pas à déterminer les motifs du changement. L' " *attribution* " est l'opération consistant à établir des relations de cause à effet et notamment à contrôler le bien fondé de différentes hypothèses plausibles.

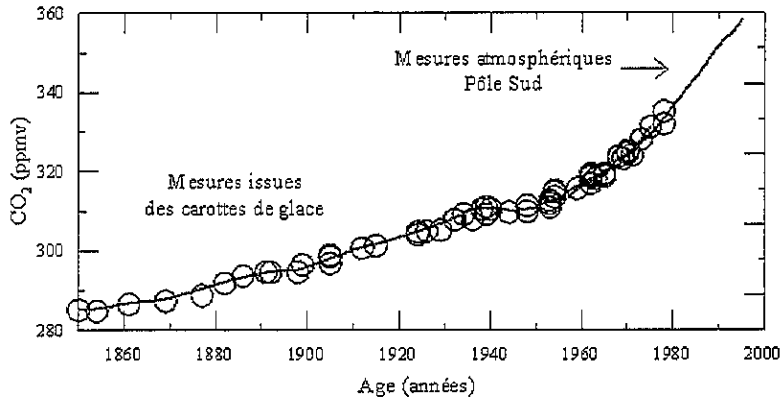
Depuis la parution du Rapport de 1990 du GIEC, la distinction entre les influences naturelles qui s'exercent sur le climat et celles qui relèvent de l'homme a considérablement progressé. De tels progrès ont été accomplis en tenant compte de l'effet des aérosols soufrés en plus de celui des gaz à effet de serre. Ceci a permis d'aboutir à une évaluation plus réaliste du forçage radiatif dû aux activités humaines. Ces effets ont été intégrés dans des modèles climatiques pour obtenir des simulations plus complètes du signal climatique d'origine anthropique. En outre, des renseignements précieux sur la variabilité naturelle interne du climat, à des échelles de temps allant de la décennie au siècle, ont été obtenus grâce à de nouvelles simulations par des modèles couplés océan-atmosphère. D'autres progrès sensibles ont été réalisés en passant de l'étude des changements en moyenne globale à une comparaison des caractéristiques spatiales et temporelles entre les changements climatiques modélisés et observés.

Les résultats les plus importants obtenus en matière de détection et d'attribution sont les suivants :

- Selon les informations limitées fournies par différents indicateurs climatiques, la température de l'air, en moyenne globale, est au moins aussi élevée au XXe siècle qu'elle ne l'a été à toute autre époque entre la période actuelle et 1400 apr. J.-C. Les données antérieures à 1400 sont trop fragmentaires pour permettre une évaluation fiable de la température moyenne du globe.
- Pour déterminer la signification statistique de l'évolution de la température moyenne globale au cours du siècle dernier, il a été fait appel à de nouvelles évaluations de la variabilité naturelle du climat, qu'elle soit interne ou forcée par des processus externes. Ces évaluations sont fondées sur des mesures, sur des données paléoclimatiques, sur les résultats obtenus à partir de modèles climatiques simples ou complexes, et sur des modèles statistiques appliqués aux observations. La plupart de ces études ont permis de détecter des changements significatifs démontrant que la tendance au réchauffement observée n'est vraisemblablement pas uniquement d'origine naturelle.
- Les indications récentes les plus convaincantes de l'influence de l'homme sur le climat viennent de la comparaison des caractéristiques (géographiques, saisonnières et verticales) des changements de températures observés, d'une part, et prédits, en tenant compte de l'effet combiné des gaz à effet de serre et des aérosols soufrés d'origine anthropique, de l'autre. Ces études montrent que la concordance entre ces caractéristiques s'améliore progressivement, comme on peut s'y attendre, à mesure que le signal d'origine anthropique s'intensifie. Il existe, en outre, une très faible probabilité pour qu'une telle concordance se produise par hasard, comme le résultat de la seule variabilité interne et naturelle du climat. De plus, le profil vertical du changement observé ne correspond pas à celui attendu pour les forçages solaire et volcanique.
- Notre capacité à mesurer l'influence de l'homme sur le climat global reste limitée car le signal attendu est encore difficile à distinguer du bruit de fond lié à la variabilité naturelle, et à cause d'incertitudes sur divers facteurs importants. Ces incertitudes ont trait à l'ampleur et aux caractéristiques de la variabilité naturelle à long terme, de l'évolution temporelle du forçage lié aux gaz à effet de serre, aux aérosols et aux changements à la surface des continents, et de la réponse à ce forçage. Malgré ces incertitudes, le faisceau d'éléments disponibles suggère qu'il y a une influence perceptible de l'homme sur le climat global .

La concentration de gaz à effet de serre continue d'augmenter...





L'augmentation de la concentration de gaz à effet de serre depuis l'époque préindustrielle (c'est-à-dire depuis 1750 environ) a conduit à un *forçage radiatif positif du climat* (perturbation, en Wm^{-2} , du bilan énergétique du système sol-atmosphère) qui tend à réchauffer la surface du globe et à produire d'autres changements climatiques.

- Un accroissement notable de la teneur atmosphérique des gaz à effet de serre a été observé, notamment du gaz carbonique (CO_2 : accroissement de 30 % environ), du méthane (CH_4 : 14 % environ) et du protoxyde d'azote (N_2O : 15 % environ) (chiffres de 1992). Cette évolution est largement imputable aux activités humaines et, pour l'essentiel, à l'utilisation de combustibles fossiles, à la modification de l'utilisation des sols, et à l'agriculture.

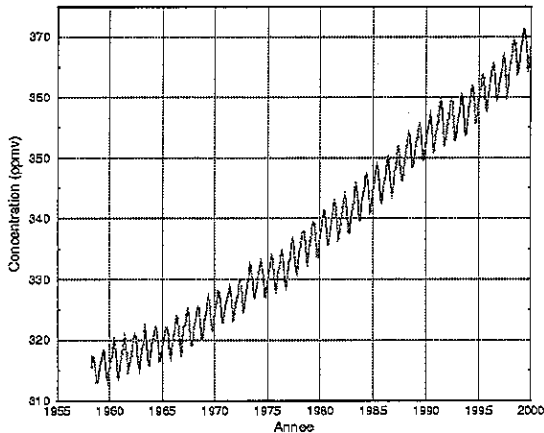
- L'accroissement des concentrations de CO_2 , de CH_4 et de N_2O s'est ralenti au début des années 90. Cette variation apparemment naturelle n'est, à ce jour, pas complètement expliquée mais des données récentes indiquent que le rythme d'accroissement actuel est comparable à celui observé en moyenne pendant les années 80.

- Le forçage radiatif direct imputable aux gaz à effet de serre à durée de vie longue est de $2,45 Wm^{-2}$. Il est dû essentiellement à l'accroissement de la concentration de CO_2 ($1,56 Wm^{-2}$), de CH_4 ($0,47 Wm^{-2}$), et de N_2O ($0,42 Wm^{-2}$) (chiffres de 1992).

- De nombreux gaz à effet de serre restent très longtemps dans l'atmosphère (de plusieurs dizaines d'années à plusieurs siècles pour le CO_2 et le N_2O); ils influent sur le forçage radiatif sur des échelles de temps longues.

- Le forçage radiatif direct lié à l'action combinée des CFC et des HCFC totalise $0,25 Wm^{-2}$. Le forçage radiatif *net* qui leur est imputable est, cependant, réduit de $0,1 Wm^{-2}$ environ, car ces gaz produisent une diminution de l'ozone stratosphérique qui induit un *forçage radiatif négatif* (refroidissement de la surface).

Evolution du CO_2 atmosphérique
à Mauna Loa



Source : Jean François ROYER , Météo-France

Quelques gaz à effet de serre d'origine anthropique

Unités

Avant la période industrielle (1850)

Actuellement

Accroissement annuel de la concentration

Durée de séjour dans l'atmosphère

Concentration estimée en 2030

	CO_2	CH_4	N_2O	CFCs
Unités	ppmv	ppmv	ppbv	pptv
	10 ⁻⁶ en volume	10 ⁻⁶ en volume	10 ⁻⁹ en volume	10 ⁻¹² en volume
Avant la période industrielle (1850)	280	0,8	288	0
Actuellement	365	1,7	310	800
Accroissement annuel de la concentration	0,5 %	0,5 %	0,25 %	4 % jusqu'en 1990 0% actuellement
Durée de séjour dans l'atmosphère	50-200 ans (1)	10 ans	150 ans	60 à 120 ans
Concentration estimée en 2030	400 à 450	2,2 à 2,5	330 à 350	700

Prevision de l'évolution des concentrations en gaz à effet de serre

- L'accroissement de la concentration de CFC s'est ralenti et est pratiquement nul. Ceci n'est pas le cas des HCFC. On s'attend à ce que les concentrations de CFC et de HCFC – ainsi que la diminution d'ozone que ces gaz occasionnent – diminuent sensiblement d'ici 2050 grâce à l'application du Protocole de Montréal et aux amendements et ajustements qui lui ont été apportés.
- Jusqu'à présent, certains gaz à effet de serre à durée de vie longue (particulièrement les HFC (gaz de remplacement des CFC), les PFC et le SF₆) contribuent peu au forçage radiatif. Cependant, l'accroissement de leur concentration pourrait conduire à une augmentation du forçage radiatif de quelques pourcents au cours du XXI^e siècle.
- *Si les émissions de gaz carbonique se maintenaient approximativement à leur niveau actuel (1994), la concentration de CO₂ dans l'atmosphère s'élèverait de façon pratiquement constante pendant au moins 200 ans. Elle atteindrait 500 ppmv environ à la fin du XXI^e siècle, soit près du double de la concentration de 280 ppmv observée avant l'ère industrielle.*
- Les modèles du cycle du carbone indiquent que la teneur de l'atmosphère en CO₂ ne pourrait se stabiliser - autour de 450, 650 ou 1 000 ppmv - que si les émissions de CO₂ d'origine humaine revenaient au niveau de 1990 d'ici respectivement 40, 110 ou 240 ans, et si elles diminuaient nettement au-dessous de ce niveau par la suite.
- La stabilisation des concentrations dépendra davantage des émissions cumulées de CO₂ d'origine humaine au moment de la stabilisation que de l'évolution de ces émissions d'ici que celle-ci soit atteinte. Ceci implique que, si les émissions restent plus élevées dans un premier temps, il faudra, pour obtenir la stabilisation des concentrations à un certain niveau, les réduire davantage ultérieurement. Selon certains des scénarios envisagés, les émissions anthropiques cumulées de 1991 à 2100 devront s'établir à 630, 1 080 ou 1 410 GtC pour que les concentrations se stabilisent à 450, 650 ou 1 000 ppmv respectivement (à plus ou moins 15 % dans chaque cas). A titre de comparaison les émissions cumulées correspondantes variaient de 770 à 2 190 GtC dans les scénarios IS92 du GIEC.
- La stabilisation des concentrations de CH₄ et de N₂O aux niveaux actuels exigerait une réduction des émissions anthropiques de 8 et 50 % respectivement.
- Il apparaît que, dans l'hémisphère Nord, la concentration d'ozone troposphérique due aux activités humaines s'est accrue depuis l'ère préindustrielle entraînant un *forçage radiatif positif*. Ce forçage, encore mal caractérisé, est évalué à environ 0,4 Wm⁻² (soit 15 % de celui imputable aux gaz à effet de serre à durée de vie longue). Cependant, les observations effectuées au cours des dix dernières années indiquent que cet accroissement s'est nettement ralenti ou même, qu'il s'est arrêté.

Les incertitudes restent nombreuses...

Actuellement, de nombreux facteurs limitent notre capacité à prévoir et à détecter les changements climatiques à venir. Pour réduire les incertitudes, il convient d'approfondir les connaissances dans les domaines prioritaires suivants :

- évaluation des futures émissions et des cycles biogéochimiques, des gaz à effet de serre (y compris les sources et les puits), des aérosols et des précurseurs d'aérosols ; de leur concentration future et de leurs propriétés radiatives ;
- prise en compte des processus climatiques dans les modèles, et notamment des rétroactions

liées aux nuages, aux océans, à la glace de mer et à la végétation, afin d'affiner les projections concernant la rapidité et les caractéristiques régionales des changements climatiques ;

- collecte à long terme et systématique d'observations directes et reconstitution, à partir d'indicateurs indirects de leurs variations dans le passé, de certains paramètres du système climatique (énergie solaire, éléments du bilan énergétique de l'atmosphère, cycle hydrologique, caractéristiques des océans et changements des écosystèmes, etc.) afin de vérifier la validité des modèles, d'évaluer la variabilité de ces paramètres dans le temps et à l'échelle régionale, et de les utiliser dans le cadre d'études de détection et d'attribution.

Des fluctuations inattendues, rapides et de grande ampleur du système climatique (comme il s'en est produit par le passé) sont difficiles à prévoir de par leur nature même. La future évolution du climat risque donc de nous réserver des "surprises", dues notamment au *caractère non linéaire du système climatique*. En cas de forçage rapide, les systèmes non linéaires sont particulièrement susceptibles de comportements inattendus. Il est possible de réaliser des progrès en étudiant les processus et les composantes non linéaires du système climatique. *On peut citer, parmi ces phénomènes non linéaires, les fluctuations rapides de la circulation dans l'Atlantique Nord et les rétroactions liées aux modifications des écosystèmes terrestres.*