

Changement climatique et gaz à effet de serre^a

La Rédaction¹.

Introduction

La vision négative que l'on peut avoir des gaz à effet de serre (GES) n'est pas de mise ici car, sans eux, la température moyenne sur Terre serait de - 18°C et non + 15°C comme c'est le cas actuellement. Environ 30% du rayonnement solaire (visible et infrarouge surtout) est renvoyé vers l'espace par les nuages. Le solde se partage entre absorption par l'atmosphère et chauffage du sol terrestre. À son tour le sol réémet de la chaleur, (infrarouge qui peut être absorbé par les GES et réémis dans toutes les directions). C'est donc grâce aux GES que toute la chaleur réémise par la Terre ne repart pas vers l'espace. Ce qui est en cause ici c'est l'excès de GES dont la teneur dans l'atmosphère a augmenté de façon radicale depuis quelques décennies.

Selon les chiffres du GIEC (2007), les concentrations atmosphériques de CO₂ sont passées de 275-285 ppm pour la période pré-industrielle (1000-1750) à 379 ppm en 2005. Les chiffres correspondants pour CH₄ sont de 700 et 1 774 ppb et, pour N₂O, de 270 à 319 ppb.

Le deuxième rapport du GIEC² (1995) suggérait pour la première fois que le réchauffement climatique soit une conséquence des activités humaines (combustion des énergies fossiles, déforestations, agriculture, élevage intensif) et soulevait la question de l'implication de l'homme dans l'augmentation de l'effet de serre. Les scientifiques de plus de 130 pays ont participé au dernier et quatrième rapport (GIEC, 2007), qui établit que l'essentiel du réchauffement des cinquante dernières années est « très vraisemblablement dû à l'accroissement de l'effet de serre ». Les experts sont passés de « vraisemblablement » en 2001 à « très vraisemblablement » en 2007.

En février 2007, le GIEC publie le premier volume de l'édition 2007 du rapport Changement climatique : les bases scientifiques physiques, qui établissent la responsabilité humaine dans le réchauffement climatique. C'est le bilan de six années de travaux menés par un réseau de 2 500 scientifiques. Les experts confirment le rôle, très probable, des émissions de gaz à effet de serre et la gravité des changements en cours : perspective d'augmentation moyenne de 1,8°C à 4°C et hausse du niveau des océans de près de 60 cm d'ici à la fin du siècle, généralisation de vagues de chaleur et d'épisodes de fortes précipitations.

En avril 2007, le GIEC publie le deuxième volume : Conséquences, adaptation et vulnérabilité. Celui-ci établit un diagnostic alarmant des impacts du réchauffement climatique, malgré les réticences chinoises et américaines sur les conclusions. Le GIEC insiste sur deux principaux messages : en premier lieu, le réchauffement déjà en cours frappera toutes les régions du monde, mais prioritairement les pays en développement d'Afrique et d'Asie. Par ailleurs, au-delà de 2 à 3 degrés de hausse par rapport à 1990, ce réchauffement aura des impacts négatifs.

En mai 2007, le troisième volume, les mesures d'atténuation, est publié à Bangkok. Le rapport établit qu'une action résolue contre le réchauffement aurait un coût relativement modéré et que les 20 à 30 prochaines années seront déterminantes. Le GIEC examine les principales options pour atténuer le réchauffement au niveau des énergies fossiles, des énergies renouvelables, de l'énergie nucléaire, du captage et stockage du CO₂, de la pollution des transports, de la construction écologique, des émissions de l'industrie, des pratiques agricoles et de la déforestation.

En novembre 2007, paraît le 4^{ème} volume « Changement climatique 2007 : rapport de synthèse » Dans le résumé à l'intention des décideurs, le groupe d'experts sur le changement climatique, met en garde contre les conséquences « soudaines », voire « irréversibles » du réchauffement en cours. Le GIEC prévoit une hausse de température moyenne de 1,8 à 4 degrés, pouvant aller jusqu'à 6,4 degrés en 2100 par rapport à 1990.

Le 12 octobre 2007, le GIEC obtient, avec l'ancien vice-président américain Al Gore, le Prix Nobel de la paix pour « leurs efforts de collecte et de diffusion des connaissances sur les changements climatiques provoqués par l'homme ».

L'effet de serre : définitions et composantes

Les constituants gazeux de l'atmosphère, tant naturels qu'anthropiques absorbent et émettent un rayonnement à des longueurs d'onde données du spectre du rayonnement infrarouge thermique émis par la surface de la Terre, l'atmosphère et les nuages. C'est cette propriété qui est à l'origine de l'effet de serre. La vapeur d'eau (H₂O), le dioxyde de carbone (CO₂), l'oxyde nitreux (N₂O), le méthane (CH₄) et l'ozone (O₃) sont les principaux gaz à

a. Actualise l'article publié dans "Géologues" n°148, mars 2006.

1. Remerciements à Jean Jouzel pour le contrôle du texte.

2. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat.

effet de serre (GES) présents dans l'atmosphère terrestre. L'effet de serre naturel est chiffré à 150 Watts par mètre carré, alors que le soleil en moyenne apporte 360 Watts par mètre carré à la planète Terre. C'est un processus de chauffage additionnel, naturel, bénéfique, qui est extrêmement important.

Les activités humaines engendrent des émissions de quatre gaz à effet de serre (GES) à longue durée de vie : CO_2 , CH_4 , N_2O et les hydrocarbures halogénés. Il existe d'autres gaz à effet de serre résultant uniquement des activités humaines, comme les substances contenant du chlore et du brome, dont traite le Protocole de Montréal (1987).

Les mécanismes

Les variations des concentrations³ atmosphériques de gaz à effet de serre et d'aérosols, du couvert terrestre et du rayonnement solaire influent sur le bilan énergétique du système climatique. Elles se répercutent sur l'absorption, l'émission et la diffusion du rayonnement dans l'atmosphère et à la surface de la Terre.

Il s'ensuit des variations positives ou négatives du bilan énergétique appelées **forçage radiatif**. Celui-ci est une mesure de l'influence d'un facteur dans la modification de l'équilibre entre l'énergie qui entre dans l'atmosphère terrestre et celle qui en sort et constitue un indice de l'importance de ce facteur en tant que mécanisme potentiel du changement climatique. Dans le Rapport 2007, les valeurs du forçage radiatif sont données pour l'année 2005 par rapport aux conditions préindustrielles définies comme celles de 1750 et sont exprimées en watt par mètre carré (Wm^{-2}). Celui-ci est utilisé pour comparer l'influence des facteurs de réchauffement ou de refroidissement du climat de la planète.

Le forçage radiatif (Fig. 1) modifie le bilan radiatif de la planète entraînant alors une modification du climat : un réchauffement si le forçage est positif et un refroidissement dans le cas contraire. Ce bilan permet d'affirmer avec un *degré de confiance très élevé* qu'en moyenne, les activités humaines menées depuis 1750 ont eu globalement un effet de réchauffement net, avec un forçage radiatif de $+1,6$ [$+0,6$ à $+2,4$] W/m^2 .

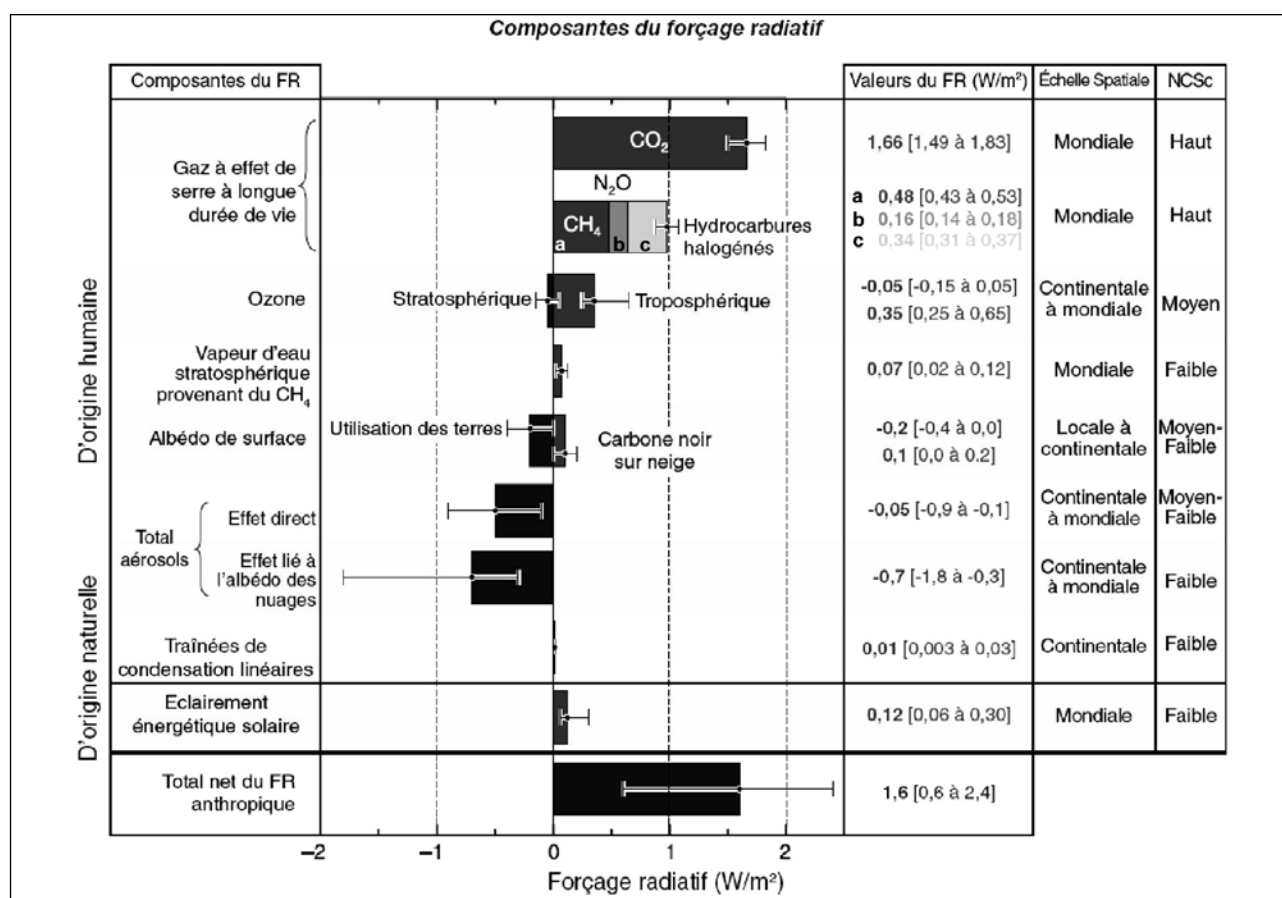


Figure 1. Forçage radiatif (FR) moyen à l'échelle du globe en 2005 (source : rapport du GIEC GT 1, RiD 2⁴). NCSc est un indice sur une échelle de cinq niveaux (haut, moyen, moyen-faible, faible à très faible) servant à caractériser le degré de compréhension scientifique.

3. Les concentrations atmosphériques de CO_2 atteignaient 379 ppm en 2005. La valeur la plus probable de la concentration totale d'équivalent CO_2 pour tous les GES à longue durée de vie s'établissait à 455 ppm environ en 2005, tandis que la valeur correspondante incluant l'effet net de l'ensemble des agents de forçage anthropique était de 375 ppm.

La concentration d'équivalent- CO_2 est la concentration de dioxyde de carbone qui entraînerait un forçage radiatif de même ampleur qu'un mélange donné de CO_2 et d'autres éléments de forçage.

4. Gt1, RiD 2, Groupe de travail 1, Résumé à l'attention des décideurs 2.

L'impact des activités humaines sur le climat et stockage du carbone

Sous l'effet des activités humaines, les concentrations atmosphériques de CO₂, de CH₄ et de N₂O se sont fortement accrues depuis 1750 ; elles sont aujourd'hui bien supérieures aux valeurs historiques déterminées par l'analyse de carottes de glace couvrant de nombreux millénaires. En 2005, les concentrations atmosphériques de CO₂ (379 ppm) et de CH₄ (1 774 ppb) ont largement excédé l'intervalle de variation naturelle des 650 000 dernières années. La cause première de la hausse de la concentration de CO₂ est l'utilisation de combustibles fossiles ; le changement d'affectation des terres y contribue aussi, mais dans une moindre mesure. Il est *très probable* que l'augmentation observée de la concentration de CH₄ provient surtout de l'agriculture et de l'utilisation de combustibles fossiles. Quant à la hausse de la concentration de N₂O, elle est essentiellement due à l'agriculture (Tabl. 1).

En 2001, les prévisions du GIEC tablaient, sur un

Type de gaz	Origine	Contribution aux GES
CO ₂	Combustibles fossiles	56,6%
CO ₂	Déboisement, décomposition de la biomasse	17,3%
CO ₂	Autres	2,8%
CH ₄	Agriculture, déchets énergie	14,3%
N ₂ O	Agriculture et autres	7,9%
Gaz fluorés	Gaz propulseurs des bombes aérosols, liquides réfrigérants, industries diverses	1,1%

Tableau 1. Contributions respectives des différents GES anthropiques dans les émissions totales de 2004, en équivalent-CO₂ (source : rapport GIEC 2007, RID3). Comprennent uniquement les émissions de dioxyde de carbone (CO₂), de méthane (CH₄), d'oxyde nitreux (N₂O), d'hydrofluorocarbones (HFC), d'hydrocarbures perfluorés (PFC) et d'hexafluorure de soufre (SF₆) prises en compte par la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC). Une pondération est appliquée à ces GES en fonction de leur potentiel de réchauffement mondial sur 100 ans, selon les données utilisées dans le cadre de la CCNUCC.

Secteurs d'activité	Contribution
Approvisionnement énergétique	25,9%
Transports	13,1%
Industrie	19,4%
Agriculture	13,5%
Foresterie (déboisement inclus)	17,4%
Déchets et eaux usées	2,8%

Tableau 2. Contribution des différents secteurs aux émissions totales de GES anthropiques en 2004, en équivalent CO₂.

réchauffement compris entre 1,4 et 5,8°C d'ici 2100 et une remontée des mers de 0,4 à 1 mètre. Autre indicateur, le coût des catastrophes naturelles qui est passé de 3,9 milliards de dollars dans les années 1950 à 40 milliards dans les années 1990. En 2007, un réchauffement d'environ 0,2°C par décennie au cours des vingt prochaines années est anticipé dans plusieurs scénarios d'émissions (SRES⁵).

Approches scientifiques et techniques

L'étude du climat s'appuie sur :

- les processus physiques et le calcul ;
- les modèles climatiques, une planète numérique qui reproduit le climat de la planète réelle ;
- les statistiques depuis 30 ans, les données instrumentales disponibles depuis la deuxième moitié du XIX^e siècle, et les données paléoclimatiques reconstruites à partir de différentes archives.

Les modèles climatiques sont des outils de recherche pour l'étude et la simulation du climat. Les modèles de la circulation générale couplée atmosphère océan (MCGAO) fournissent une représentation du système climatique des plus complètes actuellement. Une évolution vers des modèles plus complexes à biologie et chimie interactive se dessine et conduit à l'élaboration des scénarios SRES : six scénarios illustratifs de référence sont présentés dans le rapport 2007.

Le sigle SRES renvoie aux scénarios décrits dans le Rapport spécial du GIEC sur les scénarios d'émissions (SRES, 2000). Ils sont regroupés en quatre familles (A1, A2, B1 et B2), qui étudient différentes voies de développement en fonction d'un large éventail de facteurs démographiques, économiques et technologiques ainsi que des émissions de GES qui en résultent. Seules les politiques climatiques actuelles sont prises en considération dans ces scénarios. Les émissions anticipées dans les projections sont largement utilisées pour estimer les changements climatiques à venir et les hypothèses d'évolution socio-économique, démographique et technologique sur lesquelles elles se fondent sont prises en compte dans de nombreuses évaluations récentes de la vulnérabilité au changement climatique et des incidences de celui-ci.

Le canevas A1 fait l'hypothèse d'un monde caractérisé par une croissance économique très rapide, un pic de la population mondiale au milieu du siècle et l'adoption rapide de nouvelles technologies plus efficaces. Cette famille de scénarios se répartit en trois groupes qui correspondent à différentes orientations de l'évolution technologique du point de vue des sources d'énergie : à

forte composante fossile (A1FI), non-fossile (A1T) et équilibrant les sources (A1B).

Le canevas B1 décrit un monde convergent présentant les mêmes caractéristiques démographiques qu'A1, mais avec une évolution plus rapide des structures économiques vers une économie de services et d'information. Le canevas B2 décrit un monde caractérisé par des niveaux intermédiaires de croissances démographique et économique, privilégiant l'action locale pour assurer une durabilité économique, sociale et environnementale.

Le canevas A2 décrit un monde très hétérogène caractérisé par une forte croissance démographique, un faible développement économique et de lents progrès technologiques. Aucun scénario SRES ne s'est vu affecter un niveau de probabilité.

Selon la majorité des scénarios évalués, les concentrations de GES se stabilisent entre 2100 et 2150.

Limites

Les estimations relatives à l'influence des diverses rétroactions sur le système climatique varient considérablement selon les modèles, notamment en ce qui concerne les rétroactions liées à la nébulosité, à l'absorption de chaleur par les océans ou au cycle du carbone, malgré les progrès réalisés dans ce domaine. En outre, le degré de confiance accordé aux projections est plus élevé pour certaines variables (par exemple la température) que pour d'autres (par exemple les précipitations), et il l'est également plus dans le cas des grandes échelles spatiales et des périodes de longue durée pour la détermination des moyennes temporelles.

Le GIEC estime que le niveau de compréhension

scientifique des effets climatiques des aérosols est faible. Beaucoup d'efforts sont aujourd'hui mis en œuvre pour mieux comprendre ces effets. Les scientifiques tentent également de mieux comprendre les effets de l'ozone, tant dans la troposphère où il a un forçage radiatif positif (effet de serre) que dans la stratosphère où ses effets radiatifs sont moins bien connus. De plus, le rôle de la stratosphère sur le changement climatique est encore mal connu. Les projections relatives aux changements climatiques et à leurs incidences au-delà de 2050 environ dépendent dans une large mesure des scénarios et des modèles. Une meilleure compréhension des sources d'incertitude et un renforcement des réseaux d'observation systématique permettraient de les améliorer.

Mesures d'atténuation

Une fois identifiées la réalité du réchauffement climatique et ses causes, le GIEC a pour mission de proposer les mesures d'atténuation qui permettraient de ne pas franchir certains seuils, pour le moment considérés comme difficilement réversibles, et surtout qui donnent le temps de s'adapter.

Accords internationaux pour la lutte contre le réchauffement climatique

Que s'est-il passé depuis le 16 février 2005, date de l'entrée en vigueur du protocole de Kyoto, signé en 1997. Le protocole de Kyoto, qui vise à réduire les émissions de gaz à effet de serre des pays industrialisés durant la période 2008-2012 en deçà des niveaux de 1990, prend effet après avoir été ratifié par 141 pays. Ainsi, 36 pays industrialisés, à l'exception des États-Unis et de l'Austra-

Les six scénarios SRES de référence, comparaison avec le niveau 2000	Variation de température (en °C, pour 2090-2099 par rapport à 1980-1999)		Élévation du niveau de la mer (en m, pour 2090-2099 par rapport à 1980-1999) Intervalle basé sur les modèles sauf évolution dynamique rapide de l'écoulement glaciaire	Concentrations approximatives (en équivalent-CO ₂) du forçage radiatif calculé pour les GES et les aérosols anthropiques en 2100 (ppm)
	Valeur la plus probable	Intervalle probable		
Concentrations constantes, niveaux 2000b	0,6	0,3 – 0,9	Non disponible	
Scénario B1	1,8	1,1 – 2,9	0,18 – 0,38	600
Scénario A1T	2,4	1,4 – 3,8	0,20 – 0,45	700
Scénario B2	2,4	1,4 – 3,8	0,20 – 0,43	800
Scénario A1B	2,8	1,7 – 4,4	0,21 – 0,48	850
Scénario A2	3,4	2,0 – 5,4	0,23 – 0,51	1250
Scénario A1FI	4,0	2,4 – 6,4	0,26 – 0,59	1550

Tableau 3. Projections des valeurs moyennes du réchauffement en surface et de l'élévation du niveau de la mer à la fin du XXI^e siècle, à l'échelle du globe (source RiD.1).

lie qui comptent pour plus d'un tiers des émissions de gaz à effet de serre du monde industrialisé mais n'ont pas ratifié le protocole, seront dans l'obligation de réduire de 5,2% en moyenne leurs émissions de CO₂ et de cinq autres gaz réchauffant l'atmosphère. Les 107 pays en développement qui ont ratifié le protocole auront de simples obligations d'inventaire d'émissions polluantes. La chronologie présentée ci-après se réfère à celle préparée par « La Documentation Française ».

2005

Entre le 28 novembre et le 10 décembre, se tiennent, à Montréal, la 1^{ère} réunion de suivi du protocole de Kyoto et la 11^{ème} Conférence des Nations unies sur les changements climatiques. La conférence, qui a mobilisé près de 10 000 personnes et une centaine de ministres de l'environnement, entérine une série d'accords (accords de Marrakech) qui établissent les règles de fonctionnement du Protocole de Kyoto, permettant la totalité de sa mise en œuvre. Les marchés du carbone deviennent ainsi une réalité.

Par ailleurs, la décision est prise de négocier un prolongement du Protocole au-delà de son échéance de 2012. L'accord de dernière minute prévoyant que les négociations seront menées dans le cadre plus large de la convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques, les États-Unis, qui n'ont pas ratifié le Protocole, acceptent finalement de s'y associer.

2006

Un rapport émanant de la NASA (24 janvier 2006) constate que l'année 2005 a été la plus chaude depuis la fin du XIX^e siècle. L'organisation météorologique mondiale (OMM) classait pour sa part, l'année 2005 dans les deux plus chaudes depuis 1861, date du début des relevés de température. La Terre s'est réchauffée de 0,8 degré Celsius depuis un siècle et de 0,6 degré depuis 30 ans.

Les 11 et 12 janvier 2006 se tient à Sydney (Australie) la première réunion du Partenariat Asie-Pacifique sur le développement propre et le climat. Ce partenariat, formé en juillet 2005, regroupe les États-Unis, l'Australie et quatre pays d'Asie : Chine, Japon, Inde et Corée du Sud. Ces pays représentent près de la moitié des émissions de gaz à effet de serre dans le monde, l'Australie et les États-Unis ayant pour leur part refusé de ratifier le protocole de Kyoto sur la réduction des gaz à effet de serre. Le communiqué final mentionne que la lutte contre le réchauffement climatique ne doit pas freiner la croissance économique et que la plus grosse partie de la lutte contre le réchauffement climatique reviendra au secteur privé.

C'est entre le 7 et le 17 novembre 2006 que se tient

à Nairobi (Kenya) la 12^{ème} Conférence des Nations unies sur les changements climatiques. La conférence des 168 États parties au traité décide que la révision du protocole de Kyoto devra commencer en 2008. Cette révision, fondée notamment sur le 4^{ème} rapport du GIEC, doit permettre de définir les implications du protocole au-delà de 2012. La question de l'élargissement de l'accord à des pays comme la Chine ou l'Inde, non concernés par la première phase, est posée. La conférence est également centrée sur le renforcement des mécanismes de soutien aux pays en développement, avec la mise en œuvre du Mécanisme de développement propre (MDP), qui permet à des pays industrialisés d'investir dans des pays du Sud pour contrebalancer leurs émissions de gaz à effet de serre ainsi que sur les modalités de fonctionnement du Fonds d'adaptation, destiné à parer aux impacts du réchauffement dans les pays pauvres. Les participants décident d'aider l'Afrique à obtenir des fonds pour des énergies « propres » éolienne ou hydro-motrice notamment.

2007

C'est l'année du 4^{ème} rapport du GIEC. Le volume 1 est publié le 2 février 2007, le second le 6 avril, le 3^{ème} le 4 mai et le 4^{ème} le 17 novembre.

En mai 2007, le président Bush lance le Forum des économies majeures sur le climat (FEM), dans le but de concurrencer les négociations menées sous l'égide des Nations unies. Celui-ci rassemble les principaux pays pollueurs de la planète : Afrique du Sud, Allemagne, Australie, Brésil, Canada, Chine, Corée du Sud, France, Inde, Indonésie, Italie, Japon, Mexique, Russie, Royaume-Uni, ainsi que l'Union européenne et les Nations unies.

Du 16 au 22 septembre 2007, 190 pays plus l'Union européenne (UE), réunis à Montréal, signent un accord destiné à accélérer l'élimination des HCFC (hydrochlorofluorocarbones), substances chimiques appauvrissant la couche d'ozone. Cet accord contribuera à la lutte contre le réchauffement climatique. En vertu de cet accord, la production de ces substances sera gelée en 2013 à son niveau de 2009-2010, avant leur élimination totale, avancée à 2020 pour les pays développés et 2030 pour les pays en développement. La conférence marque aussi le 20^{ème} anniversaire du Protocole de Montréal signé en 1987, considéré comme l'accord environnemental le plus efficace, qui a réussi à pratiquement éliminer une première génération de substances appauvrissant la couche d'ozone, les CFC (chlorofluorocarbones), et qui prévoyait l'élimination de la deuxième génération de gaz réfrigérants moins nocive, les HCFC, en 2030 pour les pays développés et 2040 pour les pays en développement.

Le 12 octobre 2007, le prix Nobel de la paix est attri-

bué à l'ancien vice-président américain Al Gore et au GIEC, pour « leurs efforts de collecte et de diffusion des connaissances sur les changements climatiques provoqués par l'homme ». Al Gore a réalisé un documentaire « Une vérité qui dérange ».

Le 3 décembre 2007, le Protocole de Kyoto est ratifié par l'Australie suite à l'élection de Kevin Rudd qui en a fait un argument de campagne. Les États-Unis sont désormais le seul pays industrialisé à n'avoir pas ratifié le protocole. Du 3 au 14 décembre 2007 se tient à Bali (Indonésie) la 13^{ème} Conférence des Nations unies sur les changements climatiques. À l'issue de deux semaines de négociations difficiles, un accord est trouvé *in extremis* sur la « feuille de route » qui doit aboutir en 2009, à Copenhague, à un nouveau traité. Celui-ci prendra la suite du Protocole de Kyoto sur la réduction des émissions des gaz à effet de serre, qui vient à échéance en 2012. Si les parties reconnaissent que « des réductions sévères des émissions mondiales devront être conduites », elles ne reprennent pas l'objectif de réduction de 25% à 40% des émissions de gaz à effet de serre d'ici à 2020 par les pays industrialisés, proposé par l'UE, et rejeté par le gouvernement américain.

2008

Du 31 mars au 4 avril 2008, les délégués de 161 pays ouvrent, à Bangkok (Thaïlande), un nouveau cycle de négociations sur le climat, dans le cadre de la Convention cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CNUCC). Celui-ci est prévu aboutir, lors de la conférence de Copenhague fixée à décembre 2009, à un accord mondial de réduction des émissions polluantes, censé prendre le relais du protocole de Kyoto qui expire en 2012.

Les négociations se poursuivent lors de la 14^{ème} Conférence des Nations unies sur le climat, qui se tient à Poznan (Pologne), du 1 au 13 décembre 2008. Un des principaux acquis de cette conférence réside dans la création d'un fond d'aide aux pays pauvres menacés par les conséquences du réchauffement. Mais ce fond ne devrait permettre de recueillir que 80 millions de dollars. Les pays en développement, notamment le Brésil et l'Inde, accusent les pays riches de ne pas suffisamment les aider à faire face aux conséquences du dérèglement climatique comme les sécheresses, les inondations, les épidémies et la montée du niveau des mers.

Dernier évènement 2008, l'adoption, le 12 décembre, du « Paquet énergie climat » par le Conseil européen de Bruxelles, plan de lutte contre le réchauffement climatique pour la période 2013-2020 : diminution de 20% des émissions de gaz à effet de serre (GES), aug-

mentation à 20% de la part des énergies renouvelables dans la consommation énergétique totale de l'UE et amélioration de 20% de l'efficacité énergétique de l'UE.

2009

Du 1^{er} au 12 juin, se tient à Bonn (Allemagne) la 2^{ème} session de négociations du futur accord sur le changement climatique. Les délégués de 183 pays (sur les 192 parties à la CNUCC) font le constat de leurs nombreux désaccords en entamant la lecture du premier texte de négociations qui leur est soumis. Le clivage se creuse entre les pays industrialisés et les pays émergents soutenus par les pays en développement : tant que les pays industrialisés n'auront pas adopté les réductions d'émissions – moins 40% en 2020 par rapport à 1990 – préconisées par le GIEC, le Brésil, la Chine, l'Inde et l'Afrique du Sud ne souscriront pas au futur traité et refuseront des objectifs domestiques de baisse de leurs propres émissions.

Le 22 septembre, à l'initiative du secrétaire général de l'ONU, Ban Ki-Moon, une centaine de chefs d'État se retrouvent à New-York pour tenter de trouver un compromis dans les négociations internationales sur le changement climatique dans l'impasse depuis plusieurs mois. À cette occasion, 42 petites îles de la planète, réunies au sein de l'Alliance des petits États insulaires (AOSIS), tirent la sonnette d'alarme sur le risque de montée des océans qui menacerait l'existence de plusieurs d'entre elles. Du 28 septembre au 8 octobre, les négociations reprennent à Bangkok, avec l'avant-dernière réunion préparatoire à la conférence de Copenhague, qui regroupe 1 500 délégués de 180 pays.

Du 7 au 18 décembre 2009, le sommet des Nations Unies sur les changements climatiques, réuni à Copenhague, s'achève sur un accord à minima. Faute de consensus entre les délégués des 193 pays réunis pour conclure un accord devant prendre le relais du Protocole de Kyoto en 2012, la 15^{ème} Conférence mondiale des Parties sur le climat se termine par l'adoption d'un texte juridiquement non contraignant, mis au point par les États-Unis et quatre pays émergents : Chine, Brésil, Inde et Afrique du Sud. Ce texte affirme la nécessité de limiter le réchauffement planétaire à 2°C par rapport à l'ère préindustrielle mais ne comporte aucun engagement chiffré de réduction des émissions de gaz à effet de serre. Toutefois, les pays industrialisés s'engagent collectivement à apporter des ressources nouvelles aux pays les plus vulnérables, pour un montant total de 30 milliards de dollars sur trois ans (2010-2012), afin de leur permettre de s'adapter aux effets du réchauffement climatique.

2010

La démission du secrétaire exécutif de la CCNUCC, Yvo de Boer, annoncée le 8 février et devenue effective à partir du 1^{er} juillet, fait suite au semi-échec de Copenhague. Dans le même temps, le GIEC fait l'objet de controverses concernant le débat scientifique ou la publication de données inexactes et commence à être accusé de catastrophisme et de sensationnalisme. Différents audits indépendants ont blanchi le GIEC de toute malversation et aucun ne remet en cause les conclusions du 4^{ème} rapport (même si les deux erreurs qui y ont été identifiées sont à mettre à son débit).

Viennent ensuite, les négociations climatiques de l'ONU à Bonn (Allemagne) du 31 mai au 11 juin et la prochaine conférence sur le climat qui se tiendra à Cancun (Mexique) du 29 novembre au 10 décembre 2010. Déjà le GIEC a entamé la préparation de son cinquième rapport, dont la parution est prévue en 2014.

L'organisation française

Au travers du protocole de Kyoto, la France s'est engagée à stabiliser son niveau d'émission de gaz à effet de serre par rapport à celui de 1990, soit 564 Mt CO₂/an, sur la période 2008-2012, selon la répartition adoptée lors du Conseil des ministres de l'environnement de l'UE le 18 juin 1998. La loi de Programme fixant les orientations de la politique énergétique (Pope) du 13 juillet 2005 détermine comme objectif la division par 4 des émissions nationales d'ici 2050.

Le Plan climat, réactualisé en 2006, présente les mesures d'adaptation choisies par la France au travers des projets domestiques, comme la réalisation de projet « puits de carbone », adopté par la filière bois sur la base de l'estimation de la captation réalisée par sa forêt nationale (65 Mt CO₂ par an), la France a officiellement décidé d'inclure l'activité « gestion forestière » dans le périmètre d'application du protocole de Kyoto dès 2008-2012.

La France et l'Europe sont plutôt les bons élèves pour le suivi des prescriptions du GIEC, et participent pour moins de 10% aux émissions de GES.

Conclusion

Les « conclusions robustes et incertitudes clés » sont détaillées dans le dernier rapport du GIEC (2007) et servent de référence actuelle. Il faut toutefois noter que l'accès aux rapports successifs du GIEC n'est pas aisé pour le non spécialiste et que la lecture transverse des rapports, même organisé autour d'un système de réponses à des questions posées, reste difficile. Ce déficit de com-

munication accessible à plusieurs niveaux est probablement une des raisons qui a pu jouer dans la mise en cause par certains de la qualité des travaux scientifiques restitués au niveau du GIEC. Aujourd'hui, si le débat persiste, médiatisé et politisé, et il persistera comme dans toute démarche scientifique, les questions soulevées relèvent plus de la place que la réduction des émissions de gaz à effet de serre prendra aux côtés de la diversification du bouquet énergétique au XXI^e siècle, et du niveau de mobilisation internationale pour réduire les émissions face aux risques de déséquilibre climatique résultant de l'augmentation radicale du niveau de gaz à effet de serre dans l'atmosphère depuis quelques décennies.

Pour en savoir plus

GIEC

- GIEC, Rapports d'évaluation : 1990 (1^{er}), 1995 – publié 1996 (2^{ème}), 2001 (3^{ème}), 2007 (4^{ème}). Tous les rapports comportent un rapport détaillé par chacun des 3 groupes de travail et un rapport de synthèse pour les décideurs. Tous ces rapports sont sur le site Internet : www.ipcc.ch
- Secrétariat du GIEC : Organisation météorologique mondiale, 7 bis avenue de la Paix, BP 2300, CH-1211 Genève 2, Suisse. Tél. : 41 22 730 82 84. Fax : 41 22 730 80 25. Courriel. : ipcc_sec@gateway.wmo.ch Site internet : www.ipcc.ch

Documents, ouvrages, articles

- Audibert N., 2003 : Limiter les émissions de CO₂ pour lutter contre le réchauffement climatique. Enjeux, prévention à la source et séquestration. Rapport BRGM/RP 52406 FR, 275 p. Consultable sur le site BRGM.
- Barbault R., Cornet A., Jouzel J., Mégie G., Sachs I., Weber J., 2002 : Johannesburg, Sommet du développement durable 2002. Quels enjeux ? Quelle contribution des scientifiques ? Ministère des affaires étrangères, adpf, 206 p.
- Bradley R. S., 1999: Paleoclimatology - Reconstructing climates of the Quaternary. 2nd ed. Intern. Geophys. Ser. 64. Academic Press, 613 p.
- Chappellaz J., Godard O., Huet S., Le Treut H., 2010 : Changements climatiques : les savoirs et les possibles. Éd La ville brûle, coll. 360 p.
- Coll., 2006 : Le changement climatique. Géosciences n°3. BRGM, 112 p.
- Deneux M., 2002 : L'évaluation de l'ampleur des changements climatiques, de leurs causes et de leur impact prévisible sur la géographie de la France à l'horizon 2025, 2050, 2100. Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, 296 p.
- Duplessy J.-C., Morel P., 2000 : Gros temps sur la planète. Odile Jacob, 340 p.
- EPICA⁷ Community Members, 2004 : Eight glacial cycles from an Antarctica ice core. Nature, 429, 623-628.
- Fellous J.-L., 2002: Avis de tempête : la nouvelle donne clima-

7. European Project for Ice Coring in Antarctica.

Questions sur le changement climatique et réponses proposées

La Rédaction¹.

La question s'est posée du bien fondé d'aborder la question du réchauffement climatique dans "*Géologues*", certains membres de l'UFG considérant qu'il n'incombe pas à la revue de s'aventurer sur un tel thème qui sort, pour l'essentiel, de notre compétence. Néanmoins, alors que le sujet a déjà été abordé par "*Géologues*" (n°148, mars 2006, actualisé dans l'article précédent), il nous a paru utile, maintenant que le rapport 2007 du GIEC est sorti (ce qui n'était pas le cas pour l'article de 2006) et sans rentrer dans les prises de position et les polémiques récentes², d'apporter des réponses sur un certain nombre de questions majeures soulevées par les uns ou les autres, en nous appuyant sur des lectures et surtout des entretiens avec des chercheurs travaillant effectivement sur ces sujets.

Ces questions relèvent de trois domaines qui s'enchevêtrent, ce qui malheureusement revient souvent à masquer la situation de connaissance réelle à laquelle on est parvenu et les incertitudes qui demeurent. Ces trois domaines relèvent respectivement de la science, de l'usa-

ge de la science et des priorités politiques. En adoptant le choix de tenter de répondre à des questions, nous ne faisons d'ailleurs que poursuivre une pratique du GIEC et, plus récemment, le chemin tracé par Jean Jouzel lors de sa conférence sur le changement climatique présentée à la suite de l'assemblée générale de la Société Française de Météorologie, le 4 mars 2010, au Palais de la découverte.

Le résultat que nous vous proposons n'a aucune prétention particulière, sinon d'essayer de voir plus clair sur la réalité de la recherche réalisée. La question centrale posée aux scientifiques s'occupant de modélisation du climat est de savoir si l'accumulation du CO₂ dans l'atmosphère comporte des risques pour l'humanité ou pas. Face à cette question, la prise en compte de divers paramètres n'a de justification que dans la mesure où ces paramètres ont une incidence par rapport à la question posée. Ceci nous conduit naturellement à aborder en premier la question des modèles climatiques.

1. Remerciements à Hervé le Treut, Jean Jouzel et Serge Planton pour leur aide dans l'élaboration de ce document.

2. Ouvrages de CJ Allègre (Plon, 2009), S Huet (Stock, 2010). Articles dans le Monde, pétition des chercheurs français...