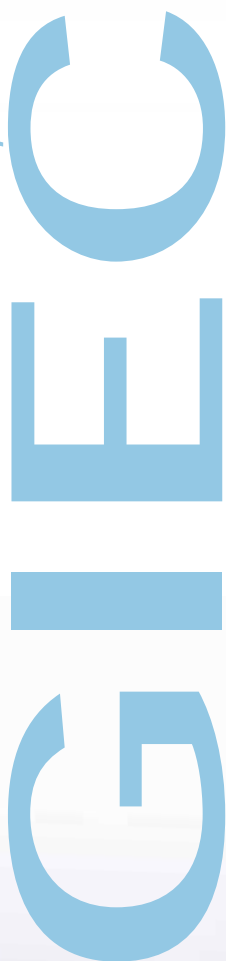


Groupe d'Experts Intergouvernemental

sur l'Evolution du Climat

4^{EME} RAPPORT D'ÉVALUATION DU CLIMAT, 2007



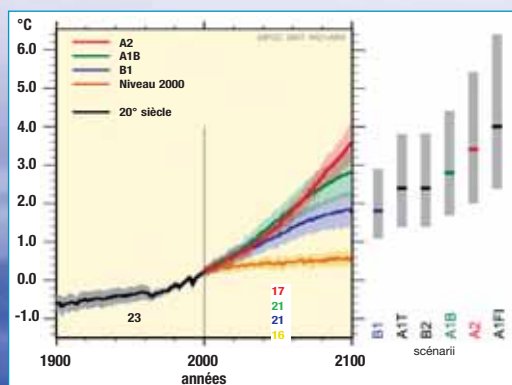
Comment évaluer, synthétiser et rendre accessible la somme d'études scientifiques et économiques sur un domaine aussi complexe que le changement climatique et faire adopter le résultat de ces travaux tous les cinq ou six ans par les représentants des gouvernements de 192 Etats ? C'est ce pari que relève le GIEC depuis sa création.

En 1988, l'Organisation Météorologique Mondiale et le Programme des Nations Unies pour l'Environnement créent le GIEC pour évaluer de façon impartiale les informations internationales scientifiques, techniques et socio-économiques sur l'évolution du climat. Depuis, l'ensemble des rapports du GIEC tient lieu de référence pour les scientifiques et les décideurs du monde entier.

Le GIEC est organisé en trois Groupes de travail, chacun mobilisant des centaines de spécialistes. Le Groupe I fait le point sur l'état de la **recherche scientifique en matière de système et d'évolution climatiques**. Le Groupe II traite des **impacts des changements climatiques et des possibilités de s'y adapter**. Le Groupe III examine les **moyens de réduction des gaz à effet de serre (Ges) et d'atténuation du changement climatique en général**. A ces trois groupes principaux s'ajoutent des groupes de travail spécifiques, pour les inventaires nationaux d'émissions ou certains sujets techniques (séquestration du carbone, transport aérien, couche d'ozone).

Le premier Rapport, publié en 1990, a conduit l'Assemblée générale des Nations Unies à élaborer une Convention-cadre sur les changements climatiques, entrée en vigueur en 1994. Le deuxième Rapport, publié en 1995, a fourni les éléments de base aux négociations du Protocole de Kyoto, dans le cadre de la Convention. Le troisième Rapport, paru en 2001, a confirmé la responsabilité humaine dans le réchauffement constaté au cours de la seconde moitié du 20^e siècle. Il prévoit notamment une aggravation du phénomène conduisant à un réchauffement moyen global de plusieurs degrés entre 1990 et 2100. Enfin, après six années de travail, auxquelles ont participé plus de 2 500 scientifiques internationaux, les conclusions du quatrième Rapport du GIEC ont été rendues publiques en 2007 et encadrent les négociations internationales en cours sur les suites à donner au Protocole de Kyoto, qui expire fin 2012. Les éléments clés de ce dernier rapport sont présentés ci-après.

RÉCHAUFFEMENT GLOBAL MOYEN



Une unanimité jamais démentie par aucun pays

Jusqu'à aujourd'hui, la totalité des publications officielles du GIEC a été approuvée à l'unanimité par les 192 pays représentés dans l'assemblée du GIEC, des Maldives aux Etats-Unis, en passant par le Bangladesh et l'Arabie Saoudite. Ce résultat résulte d'une démarche participative et contradictoire menée tout au long du processus d'approbation des travaux par l'organe intergouvernemental. Cette démarche est source d'échanges et de nombreux allers et retours pour permettre à la fois à la communauté scientifique de donner sa caution aux rapports et aux instances politiques de s'appuyer sur ceux-ci pour se fixer des objectifs précis en matière de lutte contre le réchauffement climatique.

1 Les bases **SCIENTIFIQUES PHYSIQUES**

1.1 Quelles sont les caractéristiques du phénomène du changement climatique ?

L'atmosphère de la Terre peut être comparée à une couverture qui retient, en partie, grâce à la présence de gaz à effet de serre, la chaleur rayonnée par la planète. Certains de ces gaz à effet de serre sont émis en proportion croissante par les activités humaines, dont pour 77% le gaz carbonique venant de la combustion d'énergie fossile et de la déforestation, et intensifient donc ce phénomène de « couverture » depuis deux siècles. Il en résulte un réchauffement de la surface de la Terre.

1.2 Quelles sont les tendances des émissions de gaz à effet de serre ?

Depuis l'époque préindustrielle, l'augmentation des émissions de Ges dues aux activités humaines a conduit à une augmentation marquée des concentrations de Ges atmosphériques. Elles sont constituées de rejets de dioxyde de carbone (CO₂) (77% des émissions anthropiques totales en 2004), de méthane (CH₄), de protoxyde d'azote (N₂O) et de différents gaz frigorigènes (HFC, PFC et SF₆). Les émissions globales de Ges ont crû de 70% entre 1970 et 2004, dont une augmentation de 24% entre 1990 et 2004. Les concentrations de gaz carbonique dans l'atmosphère ont atteint des niveaux jamais vus depuis 650 000 ans : 379 ppm* en 2005 contre 280 ppm avant l'ère industrielle.

1.3 Quels sont les effets du changement climatique déjà observés à ce jour ?

Le réchauffement du système climatique est sans équivoque, car il est maintenant évident dans les observations de l'accroissement des températures moyennes mondiales de l'atmosphère et de l'océan, la fonte généralisée de la neige et de la glace, et l'élévation du niveau moyen mondial des océans. La probabilité que les changements climatiques soient dus aux activités humaines est supérieure à 90%.

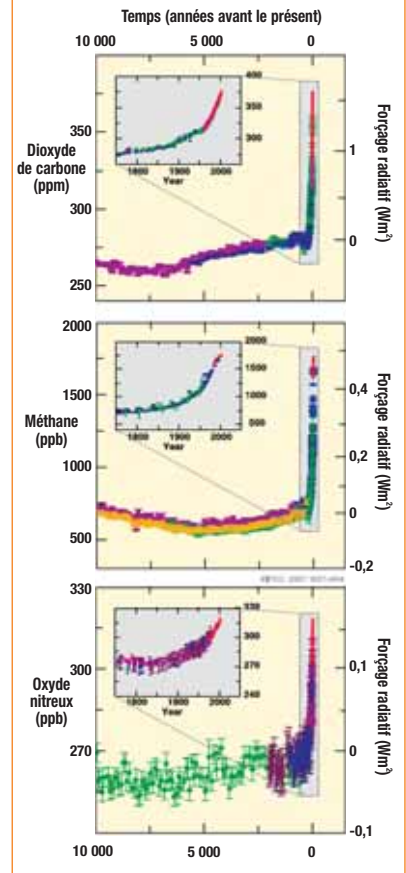
- Au cours des cent dernières années, le climat s'est réchauffé de 0,74°C en moyenne globale.
- Ce réchauffement s'est fortement accéléré au cours des cinquante dernières années, avec un rythme de 0,13°C par décennie.
- Onze des douze dernières années figurent au palmarès des douze années les plus chaudes depuis 1850.
- Le niveau de la mer s'est élevé de 17 cm au cours du vingtième siècle et de 3mm par an entre 1993 et 2003, soit le double de la moyenne enregistrée durant tout le vingtième siècle.
- Une augmentation du nombre des cyclones tropicaux intenses est observée dans l'Atlantique Nord et d'autres régions du Globe depuis 1970.

1.4 Quelles sont les prédictions des modèles climatiques ?

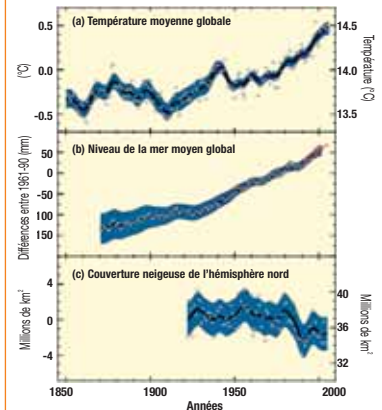
D'après les modèles, la température moyenne annuelle du globe s'élèvera de 0,2°C par décennie au cours des deux prochaines décennies, pour atteindre 1,1°C à 6,4°C d'ici 2100. Une large partie de cette incertitude vient des trajectoires des émissions de Ges, liées aux activités humaines, qui dépendent des politiques qui seront décidées. Pour le scénario le plus optimiste, la fourchette de réchauffement va de 1,1 à 2,9 °C et pour le scénario le plus pessimiste, elle s'étale de 2,4 à 6,4 °C. Le reste de l'écart est dû aux incertitudes dans la modélisation du système climatique, et du cycle du carbone. Les modèles prédisent également une élévation du niveau de la mer entre 18 et 59 centimètres. On estime très vraisemblable (de 90 à 95% de probabilité) que les chaleurs extrêmes, les vagues de chaleur et les événements de fortes précipitations continueront à devenir plus fréquents. Il est également très vraisemblable que les précipitations deviennent de plus en plus intenses et surtout de plus en plus variables d'une année sur l'autre, notamment dans les latitudes moyennes. Les modèles prédisent également une diminution de la couverture neigeuse et de la banquise, et une augmentation de l'acidité des océans. A l'échelle régionale, le réchauffement le plus important est attendu sur les terres émergées et aux latitudes élevées, et le moins important est escompté dans le sud de l'océan Indien et dans certaines parties de l'Atlantique Nord.

*ppm : partie par million soit 1 ppm correspond à une molécule par million.

Evolution des gaz à effet de serre à partir de données provenant des carottes de glace et de mesures récentes



Modifications de température, du niveau de la mer et de la couverture neigeuse dans l'hémisphère Nord



2 IMPACTS, ADAPTATIONS ET

VULNÉRABILITÉS du changement climatique

????

2.1 A quels types d'impacts faut-il s'attendre à l'avenir ?

Les impacts du changement climatique, et donc leurs coûts économiques, augmenteront au fur et à mesure de la hausse de la température mondiale, et de l'augmentation de la fréquence de certains types d'événements extrêmes. Les impacts seront particulièrement importants dans différents domaines :

- Les phénomènes climatiques aggravés : multiplication de certains événements météorologiques extrêmes (canicules, inondations, sécheresses).
- Un bouleversement de nombreux écosystèmes, avec l'extinction possible de 20 à 30% des espèces animales et végétales si la température augmente de plus de 2.5°C, et de plus de 40% des espèces pour un réchauffement supérieur à 4°C. Ceci aurait des conséquences importantes pour les sociétés.
- Des crises liées aux ressources alimentaires : dans de nombreuses parties du globe (Asie, Afrique, zones tropicales et sub-tropicales), les productions agricoles chuteront, ce qui risque de provoquer des crises alimentaires, sources potentielles de conflits et de migrations.
- Des dangers sanitaires : le changement climatique aura vraisemblablement des impacts directs sur le fonctionnement des écosystèmes et sur la transmission des maladies animales, susceptibles de présenter des éléments pathogènes potentiellement dangereux pour l'homme.
- Des déplacements de population : l'augmentation du niveau de la mer (18 à 59 cm d'ici 2100) devrait provoquer l'inondation de certaines zones côtières (notamment les deltas en Afrique et en Asie), provoquant d'importantes migrations dont la gestion sera délicate.

2.2 Quels seront les impacts par grands secteurs ?

- **Eau** : augmentation de 10 à 40% des risques d'inondations dans les régions humides et diminution de 10 à 30% de la disponibilité en eau dans les régions sèches.
- **Ecosystèmes** : le seuil de 1,5 à 2,5 °C de réchauffement apparaît critique pour le maintien de la biodiversité actuelle. Un réchauffement supérieur entraînera des changements importants dans la structure et la fonction des écosystèmes. A partir de 2°C de réchauffement, les écosystèmes terrestres risquent de relâcher plus de gaz à effet de serre dans l'atmosphère qu'ils n'en stockeront.
- **Agriculture et alimentation** : le potentiel de production alimentaire devrait croître si l'augmentation de la température locale reste inférieure à un seuil compris entre 1 et 3°C, mais à partir de 3°C de réchauffement, cette productivité diminuera.
- **Santé** : l'accroissement des maladies diarrhéiques, des affections dues aux canicules, inondations, tempêtes, incendies et sécheresses sera couplé à l'augmentation de maladies cardiorespiratoires en raison de niveaux plus élevés d'ozone troposphérique.

2.3 Quels seront les impacts régionaux ?

- **Afrique** : un des continents les plus vulnérables à la variabilité et au changement climatique, à cause de multiples pressions et de sa faible capacité d'adaptation (manque d'eau, production agricole sévèrement compromise, malnutrition aggravée...).
- **Asie** : continent aux régions côtières très exposées (inondations côtières) et où la fonte des glaciers de l'Himalaya perturbera les ressources en eau et donc le rendement des cultures entraînant un risque de sous-alimentation très élevé.
- **Régions polaires** : glaciers et calottes glaciaires diminueront en épaisseur et en superficie, entraînant une perturbation du mode de vie des populations locales et des écosystèmes.
- **Petites îles** : territoires et populations menacés par la hausse du niveau de la mer et la possible augmentation de l'intensité des tempêtes, réduction des ressources en eau.
- **Europe** : cohérence entre les changements déjà observés et ceux simulés pour le futur (augmentation des inondations à l'intérieur des terres et des inondations côtières, accroissement de l'érosion, réduction de la couverture neigeuse, extinction d'espèces, diminution des précipitations en été, vagues de chaleur), posant problème à de nombreuses activités économiques.
- **Amérique** : au Sud, remplacement progressif de la forêt tropicale par la savane en Amazonie orientale, disparition des glaciers et baisse de la disponibilité de l'eau pour la consommation humaine, l'agriculture et la production d'énergie. Au Nord, incendies, destruction des forêts ; vulnérabilité accrue des zones côtières à forte croissance de population et risque de l'intensité des tempêtes tropicales et des cyclones.

2 IMPACTS, ADAPTATIONS ET VULNÉRABILITÉS du changement climatique



2.4 S'adapter aux impacts du changement climatique, est-ce suffisant ?

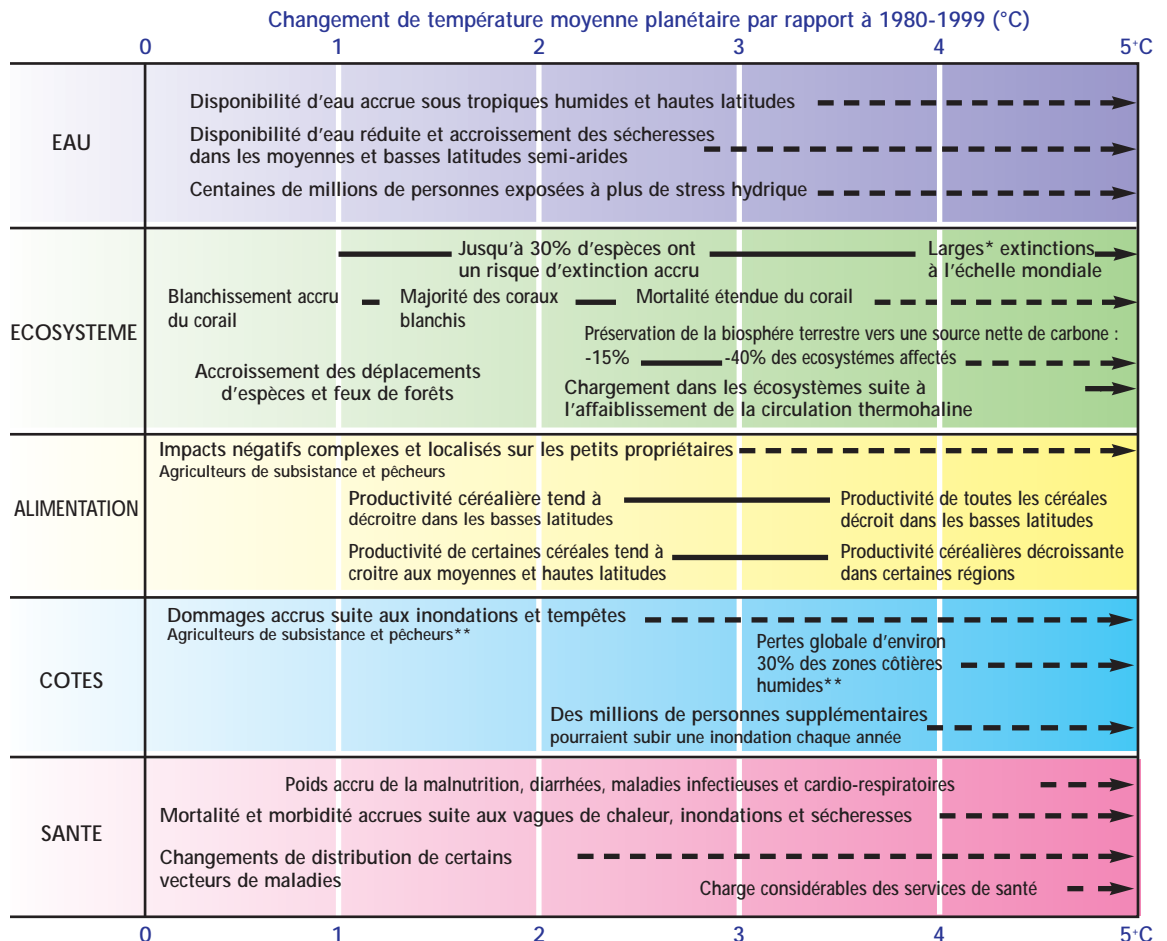
L'adaptation est nécessaire pour répondre aux impacts résultant du réchauffement déjà inévitable en raison des émissions passées (+ 0,6°C d'ici 2100, même si les concentrations atmosphériques en GES restaient au niveau de l'an 2000, ce qui est bien sûr impossible). Une large gamme d'options d'adaptation est disponible : technologie (protections côtières, habitat), modes de vie (alimentation, loisirs ...), modes de gestion (pratiques agricoles...), politiques....

Mais ces efforts d'adaptation ne suffiront pas : la mise en œuvre de mesures d'atténuation réduisant les émissions de Ges est indispensable pour garantir que la capacité d'adaptation de notre planète ne soit pas dépassée. Adaptation et réduction des émissions sont complémentaires, d'autant plus que le système climatique présente une grande inertie. De plus, le développement durable et la réduction de la pauvreté peuvent aider les sociétés à réduire leur vulnérabilité, même si le changement climatique lui-même peut devenir un obstacle au développement.

Etude de cas : LA CANICULE 2003

La vague de chaleur d'amplitude sans précédent qui a sévi en Europe durant l'été 2003 a permis de renseigner plusieurs conséquences du changement climatique, notamment au plan sanitaire. Cet événement marqué par le dépassement de 3 à 5 degrés les normales dans la plus grande partie de l'Europe du Sud et de l'Europe centrale, ressemble aux simulations des températures d'été, qui ont été faites pour la fin du 21^{ème} siècle par des modèles climatiques régionaux utilisant le scénario à fortes émissions de GES. Cette canicule a fragilisé les systèmes de santé, les approvisionnements en eau, les systèmes énergétiques et a eu de multiples impacts écologiques.

Impacts fondamentaux en fonction de l'accroissement de température moyenne planétaire (les impacts varieront en fonction de l'étendue de l'adaptation, du rythme de variation de température, du scénario socio-économique)



* large, correspond ici à plus de 40%

**sur la base d'une élévation moyenne du niveau de la mer de 42 mm/an de 2000 à 2080

3 L'ATTÉNUATION

des changements climatiques



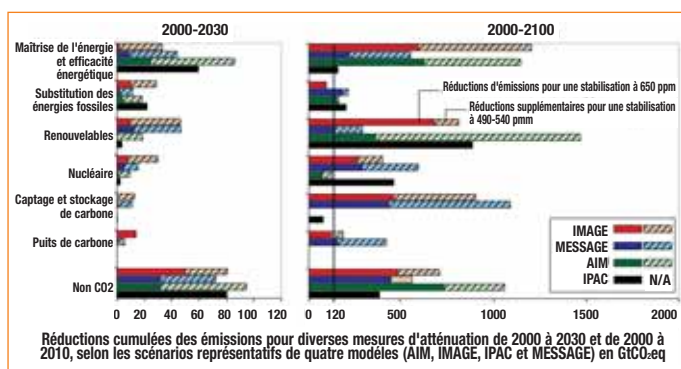
- Taux de croissance des émissions de GES entre 1970 et 2004 : + 70 %
 - CO₂ : + 80 %
 - Fourniture d'énergie : + 145 %
 - Transport* : + 120 %
 - Industrie* : + 65 %
 - Utilisation des terres, changements d'usage des terres et foresterie* : + 40 %
- * en émissions directes

3.1 Quelle hausse des émissions passées et quelle tendance à venir ?

La forte hausse des émissions est principalement alimentée par la croissance de la population et du produit intérieur brut par habitant. Elle n'a été que faiblement compensée par la baisse continue de l'intensité énergétique. Les pays industriels, avec 20% seulement de la population mondiale, sont responsables de 46 % des émissions. Les politiques mises en place pour réduire les émissions de GES ont commencé à limiter la hausse générale des émissions, mais elles restent insuffisantes : sans mesures supplémentaires, les émissions mondiales continueront de croître dans les prochaines décennies. En 2030, elles pourraient dépasser les émissions de 2000 de 25% à 90%, atteignant entre 49 et 77 milliards de tonnes d'équivalent CO₂ au lieu de 43 milliards de tonnes d'équivalent CO₂ en 2000. La majeure partie de cette hausse proviendra des pays en développement.

3.2 Quelles sont les actions possibles d'atténuation et à quel coût ?

Les études indiquent qu'il existe des potentiels d'atténuation des émissions globales de GES qui pourraient être suffisants pour compenser, au cours des prochaines décennies, la croissance des émissions globales ou pour les réduire en dessous des niveaux actuels, à un coût inférieur à 100 dollars par tonne de CO₂. Il est donc possible de réduire dès maintenant les émissions à un coût limité*. En particulier, il existe un potentiel de réduire les émissions mondiales d'environ 6 milliards de tonnes d'équivalent CO₂ par an en 2030, pour un coût négatif. Mais, pour un objectif de stabilisation ou de réduction choisi pour



2030 les mesures seront plus contraignantes et risquent d'être plus coûteuses si elles sont prises tardivement. Pour des objectifs ambitieux (par exemple, contenir le réchauffement entre 2°C et 2,5°C d'ici 2100), les politiques de réduction pourraient diminuer le produit intérieur brut mondial (PIB) de moins de 3% en 2030 et de moins de 5% en 2050, par rapport à la valeur qu'il atteindrait sans politique climatique. Pour un objectif moindre (un réchauffement à 3,5 °C), ce PIB reculerait de 0,2 à 2,5% en 2030 et de 0,5 à 4% en 2050.

Pour des objectifs ambitieux, tous les secteurs, et en particulier la construction, l'industrie, la production d'énergie, l'agriculture, les transports, la gestion des forêts et celle des déchets peuvent et doivent contribuer ensemble aux actions d'atténuation. Des changements dans les modes de vie favorisent également l'atténuation du changement climatique. Efficacité énergétique et chasse au gaspillage d'énergie sont les plus grandes sources de réduction des émissions. Le secteur du bâtiment offre un potentiel de réduction évalué à 6 milliards de tonnes de GES d'ici 2030 et ce avec un bénéfice économique net. Les pratiques agricoles peuvent aussi, pour un faible coût, apporter une contribution significative à l'augmentation du stockage de carbone dans le sol, aux réductions des émissions de GES et à la production de biomasse à finalité énergétique. Les énergies renouvelables devront jouer un rôle croissant après 2030 tout comme le stockage géologique du CO₂. Le nucléaire peut représenter également une option pour réduire les émissions du secteur électrique. Enfin, le transport offre de multiples options d'atténuation, même si ces dernières s'avèrent plus longues à mettre en œuvre du fait de l'inertie de nos systèmes de transport et d'organisation spatiale.

* 100 dollars par tonne de CO₂ : 50 dollars par baril de pétrole, 0,25 dollars par litre d'essence, 3 centimes par kWh produit à base de gaz naturel)

3.3 Quels sont les leviers politiques possibles pour réduire les émissions ?

Une large palette de politiques nationales et d'instruments est à la disposition des gouvernements pour créer des incitations à la réduction des émissions. Cette palette comprend des mesures tels que la fiscalité, les systèmes de quotas échangeables, la réglementation, les mécanismes de projets, les accords volontaires. La faisabilité de ces politiques dépend bien sûr des circonstances nationales, l'expérience montre que chaque instrument présente des avantages et des inconvénients. Par exemple, les taxes peuvent réellement induire une réduction des émissions mais sans garantir un niveau d'émission fixé à l'avance ; la réglementation et les normes peuvent fixer un niveau d'émission maximal mais avec moins d'incitation à l'innovation et la recherche technologique.

Il est de plus reconnu que la mise en place de la CCNUCC et du protocole de Kyoto sont favorables à la réduction des émissions globales, notamment grâce aux mécanismes de flexibilité mis en place (marché de quotas, MDP, JI). Des politiques de développement durable non spécifiques au problème climatique peuvent aussi contribuer efficacement à limiter les émissions.

LES CHERCHEURS FRANÇAIS

impliqués dans les travaux du GIEC

La rédaction du quatrième rapport du GIEC a été une nouvelle fois l'occasion de rassembler les spécialistes internationaux les plus renommés, parmi lesquels de nombreux chercheurs français. Plus d'une vingtaine d'auteurs français ont contribué à la préparation et à l'aboutissement de ces travaux. Pleinement engagée dans la démarche du GIEC, la communauté française s'implique en effet activement dans les recherches sur le changement climatique, ses conséquences, et les outils pour le limiter. A l'occasion de la réalisation du quatrième Rapport, un effort important a été mené par les experts français pour poursuivre le développement des modèles de climat et participer à l'élaboration de simulations autour de différents scénarios. C'est en effet la première fois que la communauté scientifique française a participé à un ensemble aussi important de simulations en vue de l'élaboration des 11 scénarios climatiques présentés dans ce quatrième rapport. Les travaux réalisés dans ce cadre par les centres de calcul français (Institut du Développement et des Ressources en Informatique Scientifique/IDRIS, Commissariat à l'Energie Atomique/CEA, Centre de Météo-France) ont permis d'améliorer toutes les composantes des modèles climatiques et d'en accroître la résolution. Un projet représentant plus de 20 000 heures de calcul pour l'Institut Pierre Simon Laplace (IPSL) et Météo-France et un volume de données de 25 teraoctets pour l'IPSL. Les laboratoires français ont également participé aux autres groupes de travail. En particulier, le CIRED et le LEPII ont participé à l'évaluation du coût économique des stratégies de réduction des émissions en fournissant des résultats de modèles énergétiques et/ou macro-énergétiques.

GROUPE DE TRAVAIL I

- **Chapitre 1 : Historique de la science des changements climatiques**
Principaux auteurs et coordinateurs : Hervé Le Treut (LMD/IPSL)
- **Chapitre 2 : Evolutions des constituants atmosphériques et du forçage radiatif**
Principaux auteurs : Michael Schulz (LSCE/IPSL)
- **Chapitre 5 : Observations : évolution du climat océanique et du niveau de la mer**
Principaux auteurs : Anny Cazenave (LEGOS-CNES)
Responsables des recensions Laurent Labeyrie (LSCE/IPSL)
- **Chapitre 6 : Paléoclimat**
Principaux auteurs : Jean-Claude Duplessy (LSCE/IPSL)
Valérie Masson-Delmotte (LSCE/IPSL)
Dominique Raynaud LGGE (CNRS-UJF)
Responsables des recensions Jean Jouzel (LSCE/IPSL)
Vice-président du Groupe de travail I
- **Chapitre 7 : Liens entre les changements du système climatique**

et les cycles biogéochimiques

- Principaux auteurs : Philippe Ciais (LSCE/IPSL)
Didier Hauglustaine (LSCE/IPSL)
- **Chapitre 8 : Les modèles climatiques et leur évaluation**
Principaux auteurs : Sandrine Bony (LMD/IPSL)
 - **Chapitre 9 : Comprendre et attribuer les changements climatiques**
Principaux auteurs : Pascale Braconnot (LSCE/IPSL)
Responsables des recensions Serge Planton (CNRM, Météo-France)
 - **Chapitre 10 : Projections climatiques planétaires**
Principaux auteurs : Pierre Friedlingstein (LSCE/IPSL)

GROUPE DE TRAVAIL II

- **Chapitre 1 : Impacts observés**
Principaux auteurs : Bernard Seguin (INRA)
- **Chapitre 5 : Impacts sur l'agriculture et la forêt**

Principaux auteurs :

- Jean-François Soussana (INRA)
- **Chapitre 7 : Impacts économiques, industriels et sociaux**
Principaux auteurs : Jean Pierre Ceron de (Uv de Limoges)
 - **Chapitre 12 : Impacts régionaux Europe**
Principaux auteurs : Eric Martin (Météo-France/CNRM)

GROUPE DE TRAVAIL III :

- **Chapitre 2 : Les sujets de référence**
Principaux auteurs : Minh Ha Duong (CIRED)
- **Chapitre 3 : L'atténuation à long terme**
Principaux auteurs : Jean-Charles Hourcade (CIRED)
- **Chapitre 6 : Bâtiment**
Principaux auteurs : Jacques Rilling (CSTB)
- **Chapitre 12 : Développement durable et atténuation**
Principaux auteurs : Franck Lecoq (Banque mondiale)

POUR EN SAVOIR PLUS :

- www.ipcc.ch
- www.effet-de-serre.gouv.fr
- www.onerc.gouv.fr
- www.meteofrance.com

- www.ipsl.jussieu.fr
- www.cnes.fr
- www.inra.fr
- www.cnrm.meteo.fr

- www.centre-cired.fr
- <http://web.upmf-grenoble.fr/lepii/pagesfr/accueil.htm>
- www.cnrs.fr

Ce document n'est pas un document officiel du GIEC et n'engage en rien sa responsabilité. Il vise uniquement à rendre accessibles au plus grand nombre les principaux enseignements du 4^{ème} rapport de l'organisation.

