

Le changement climatique

La communauté internationale a pris conscience du changement climatique. Les mesures relevées depuis 1860 dans le monde montre que la température a augmenté de 0,6 °C au cours du XX^e siècle. Ce réchauffement, qui s'est accéléré ces 25 dernières années, est plus accentué dans l'hémisphère nord, sur les continents et en période estivale. Avec une augmentation de 0,9 °C/siècle, la France s'est réchauffée plus vite que la moyenne du globe.

Ce réchauffement est lié à l'accroissement des concentrations de gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère*. L'effet de serre, qui est d'origine naturelle, s'est amplifié depuis le début de l'ère industrielle. Du fait des activités humaines, la concentration de certains gaz a augmenté dans l'atmosphère (dioxyde de carbone, protoxyde d'azote, méthane) et d'autres gaz (halocarbures, hexafluorure de soufre) ont été créés par l'homme pour les besoins de la société.

En 2004, la France a émis 562,6 millions de tonnes de GES équivalent (Mteq) CO₂, soit une légère baisse de 0,8 % par rapport à 1990. Les secteurs les plus contributeurs aux émissions de GES en France sont le transport (26,5 %), l'industrie manufacturière (19,94 %) et le résidentiel-tertiaire (19,34 %). Les émissions de transport et du résidentiel ont augmenté de plus de 20 % depuis 1990, de même que celles de la production d'énergie. À l'inverse, les émissions du secteur industriel et de l'agriculture ont considérablement baissé depuis 1990, respectivement -21,6 % et -10 %. La France se place dans le peloton de tête pour les émissions de GES en Europe, après l'Allemagne, le Royaume-Uni et l'Italie. Cependant, avec 9 tonnes par habitant et par an, la France se place au 19^e rang dans l'Union européenne.

Le respect des engagements pris auprès de la communauté internationale exige de stabiliser les émissions de 2012 au niveau de 1990. La France, en mettant en place le plan Climat 2004, s'est fixé comme objectifs de respecter les engagements du protocole de Kyoto signé en 1997 et d'aller au-delà en lançant les bases économiques et techniques d'une division par 4 des émissions de GES à l'horizon 2050.

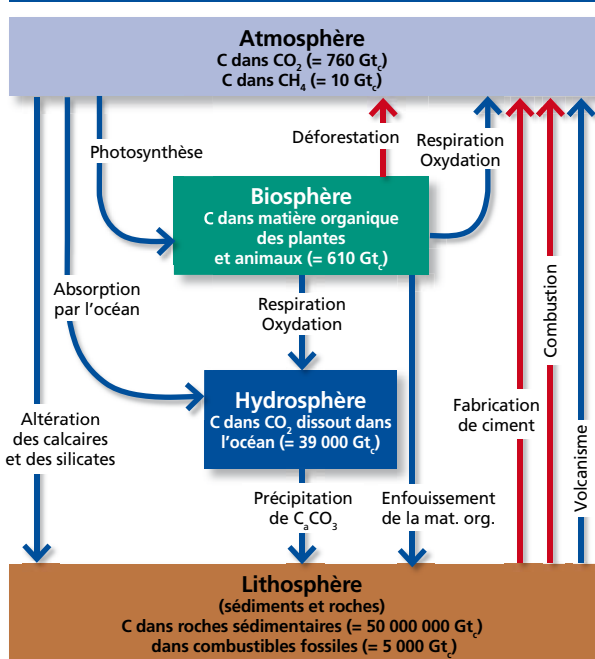
La poursuite du réchauffement au cours de ce siècle ne fait plus de doute au sein de la communauté scientifique, malgré les efforts engagés tant au niveau international qu'europpéen. Mais l'ampleur et la diversité des impacts sur les milieux, l'économie et la santé humaine dépendra de notre capacité à réduire les émissions de GES et à développer des stratégies d'adaptation des populations.

L'augmentation de la température du globe constatée depuis cinquante ans est sans précédent depuis plus de mille ans. Les activités humaines ont contribué à l'émission de GES qui agissent sur les échanges thermiques de l'atmosphère.

Le climat varie naturellement au cours du temps en fonction, notamment, de l'énergie solaire reçue par la Terre liée à des facteurs externes, comme les paramètres astronomiques. Ces variations naturelles sont cycliques et assez bien connues. L'activité solaire fluctue en effet du fait des taches solaires. À cela s'ajoutent des facteurs internes au système terrestre résultant de rétroactions complexes entre l'atmosphère, les océans, les continents et la biosphère.

Le cycle du carbone illustre l'influence des activités humaines dans les perturbations de la composition de l'atmosphère. Le carbone est omniprésent sur la Terre. Sa quantité globale est constante et se répartit entre l'atmosphère, la biosphère, l'hydrosphère* et la lithosphère*. Le cycle du carbone correspond aux échanges entre ces différents réservoirs. Une partie du dioxyde de carbone (CO₂) présent dans l'atmosphère se dissout dans l'océan. Une autre est transformée par la photosynthèse des végétaux en matière organique : celle-ci est ensuite décomposée par les bactéries ou ingérée par les animaux herbivores, puis par les carnivores qui libèrent à leur tour du CO₂ en respirant. Les écosystèmes terrestres, quand ils sont en croissance, absorbent normalement plus de gaz carbonique qu'ils n'en rejettent puisqu'une partie du CO₂ absorbé est stockée dans la biomasse des végétaux. Les combustibles fossiles (charbon, pétrole, gaz), sont issus de la fossilisation de la biomasse au cours de millions d'années, et

Le cycle du carbone dans l'atmosphère



constituent un gigantesque stock de carbone. Lorsque l'homme les brûle pour produire de l'énergie, le carbone qu'ils contiennent retourne à l'état de CO₂ dans l'atmosphère qui perturbe le cycle naturel du carbone et provoque un effet de serre additionnel. Enfin, du carbone est également rejeté dans l'atmosphère par le volcanisme et la respiration des différents éléments de la biosphère (plantes, animaux).

L'atmosphère est la couche gazeuse qui entoure la terre. La biosphère est l'ensemble des écosystèmes de la planète comprenant les êtres vivants et leurs milieux. Elle comprend les portions de l'atmosphère, de l'hydrosphère et de la lithosphère où la vie est présente. L'hydrosphère correspond à la totalité des eaux de la planète comprenant les océans, les mers, les lacs, les cours d'eau et les eaux souterraines. La lithosphère est la partie superficielle du globe terrestre.

Note : Valeurs en giga tonnes (Gt.) de carbone.

Source : Berner R. A. et Berner E. K. 1996. Global environment: water, air and geochemical cycles. Upper Saddle River, Prentice-Hall. 376 p.

L'effet de serre, un phénomène naturel renforcé par les activités humaines

La Terre reçoit du Soleil de l'énergie, essentiellement sous forme de lumière visible. À son tour, elle en émet sous forme de rayonnement infrarouge. La Terre étant beaucoup plus froide que le Soleil, elle émet de l'énergie sous forme de rayonnement infrarouge invisible. Les GES, présents dans l'atmosphère qui est transparente pour la lumière visible venant du Soleil, empêchent les rayonnements infrarouges d'être transmis directement de la Terre vers l'espace. Sans ce phénomène, appelé effet de serre, la température moyenne serait de -18 °C et la vie sur Terre serait impossible. Le bilan radiatif de la Terre montre que sa surface reçoit en moyenne du Soleil 342 watts par mètre carré (W/m²) et qu'elle réfléchit vers l'espace 105 W/m². Si l'atmosphère ne

jouait aucun rôle dans le bilan radiatif, l'énergie absorbée, soit 237 W/m², serait réémise à une température de -18 °C. Grâce à l'effet de serre naturel, une partie du rayonnement émis depuis la surface est absorbée au cours de sa traversée de l'atmosphère, ce qui permet aux températures en surface de se maintenir à une moyenne de 15 °C. L'augmentation des concentrations de GES depuis la fin du XIX^e siècle engendre un effet de serre « additionnel » : elle accroît la capacité de l'atmosphère à retenir les rayons infrarouges, créant un déséquilibre qui provoque une hausse de température du système surface – troposphère. Chacun des GES exerce un effet positif sur le réchauffement, appelé forçage radiatif.



Source : Ducroux R., Jean-Baptiste P., 2004.

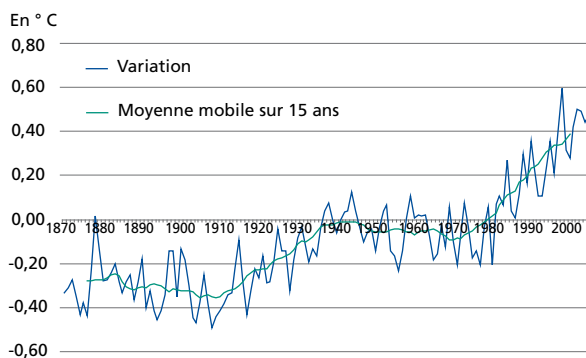
L'effet de serre et les changements climatiques s'amplifient

Le climat s'est réchauffé

Durant le XX^e siècle, le climat a changé. À l'échelle du globe, la température moyenne mondiale a augmenté d'environ 0,6 °C depuis 1860. Ce réchauffement s'est accéléré au cours des vingt-cinq dernières années.

L'évolution de la température directement mesurée dans l'hémisphère nord montre une période stable jusqu'en 1920, suivie d'un réchauffement jusqu'en 1950 puis d'un léger rafraîchissement jusqu'à la moitié des années soixante-dix et, enfin, d'un réchauffement. Les continents se sont réchauffés plus vite que les océans, surtout pendant l'hiver boréal et au printemps.

Température moyenne du globe : écart à la normale 1961-1990



Source : Climatic research Unit, University of East Anglia, Royaume-Uni, 2005.

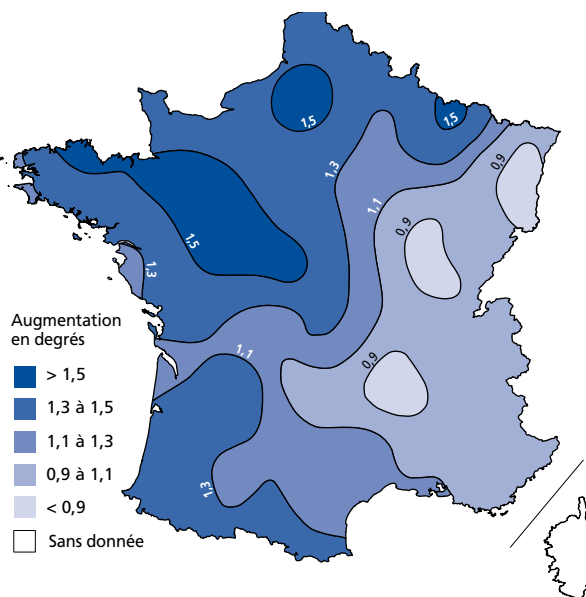
D'après les mesures, l'année 1998 est la plus chaude jamais enregistrée depuis 1860. Les années 2005, 2003 et 2002 sont respectivement les 2^e, 3^e, et 4^e années les plus chaudes. Sur les dix dernières années, à l'exception de 1996, neuf sont parmi les plus chaudes jamais enregistrées. À partir des reconstitutions de températures fournies par des indicateurs indirects, comme les documents historiques, les anneaux des arbres et les carottes de glace, plusieurs études ont conclu au caractère exceptionnel du réchauffement actuel. Son amplitude dépasse les oscillations décennales et séculaires connues ; les températures de la fin du XX^e siècle sont au-delà de celles de l'« optimum médiéval », jusqu'alors la période la plus chaude depuis 1 000 ans.

Le troisième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (Giec) publié en 2001 fait état d'observations convergentes du réchauffement : augmentation de la température de la surface de la mer, réduction de la couverture neigeuse, raccourcissement des saisons de gel, retrait des glaciers et de la glace de mer, augmentation de la température des océans, élévation globale du niveau de la mer et augmentation de la température et de la vapeur d'eau des couches supérieures de l'atmosphère. Des changements dans la circulation atmosphérique amplifient ces évolutions dans certaines régions ou les réduisent dans d'autres.

En France, l'étude par Météo France de plus de 70 stations montre que la température moyenne a augmenté en un siècle de 0,1 °C par décennie. Ce réchauffement s'est accéléré sur la période 1976-2004, à raison de 0,6 °C. Les étés sont devenus de plus en plus chauds depuis 1951 et le nombre de jours de gel a fortement diminué. Il semblerait qu'il y ait de plus en plus de vagues de chaleur en été et moins de vagues de froid en hiver. Les températures minimales ont augmenté plus rapidement que les températures maximales.

Avec une augmentation de la température de l'ordre de 0,9 °C/siècle, la France s'est réchauffée plus vite que la moyenne du globe. La hausse des températures n'est pas homogène. L'Ouest s'est réchauffé plus vite que la moyenne nationale (+1,1 °C/siècle).

Évolution des températures minimales annuelles en France au cours du XX^e siècle



Source : Météo France.

L'évolution des précipitations est moins nette mais montre une augmentation sur les deux tiers nord du territoire, avec des contrastes saisonniers marqués, en hausse en hiver et en baisse en été. Les sécheresses estivales sont en augmentation. Enfin, on ne détecte pas de changement notable sur les événements météorologiques extrêmes comme les tempêtes et les précipitations intenses.

Qu'est ce que le Giec ?^a

Le Giec est le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (IPCC en anglais). Il a été créé en 1988 par le programme des Nations unies pour l'environnement (Pnué) et l'Organisation météorologique mondiale (OMM). Sa mission est « d'expertiser l'information scientifique, technique et socio-économique qui concerne le risque de changement climatique provoqué par l'homme », pour cerner les conséquences possibles de ce changement et envisager des stratégies d'adaptation et d'atténuation. Ses évaluations reposent sur des publications scientifiques et techniques reconnues.

Il est divisé en trois groupes : le premier traite des éléments scientifiques de l'évolution du climat, le second de ses conséquences et des mesures d'adaptation, et le troisième des mesures d'atténuation des émissions.

La principale activité du Giec est d'évaluer et de synthétiser l'état des connaissances relatives au changement climatique sous la forme de rapports périodiques. À ce jour, trois rapports ont été publiés, en 1990, 1995 et 2001. La sortie du quatrième rapport est prévue pour l'automne 2007.

Le Giec aide également la convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC) en améliorant les méthodes et les inventaires nationaux de GES.

a – <http://www.ipcc.ch>

Les activités humaines sont en grande partie responsables

Les GES sont naturellement très peu abondants dans l'atmosphère. Mais du fait de l'activité humaine, leur concentration s'est sensiblement modifiée : l'effet combiné des gaz aujourd'hui présents est équivalent à une augmentation de 50 % du CO₂ dans l'atmosphère depuis l'ère préindustrielle (1750).

Les principales sources des gaz à effet de serre

Le principal gaz à effet de serre naturel est la vapeur d'eau, présente en quantité variable en fonction de la température et de l'humidité de l'atmosphère.

Les autres GES sont :

- **le gaz carbonique** ou **dioxyde de carbone** (CO₂), qui provient essentiellement de la combustion des énergies fossiles et de la déforestation ;
- **le méthane** (CH₄), qui a pour origine principale la digestion des ruminants, la culture du riz, les décharges d'ordures ménagères, les exploitations pétrolières et gazières ;
- **les halocarbures** (HFC, PFC), qui sont des gaz réfrigérants utilisés dans les systèmes de climatisation et la production de froid. Ils servent également de gaz propulseurs des aérosols ;
- **le protoxyde d'azote** ou **oxyde nitreux** (N₂O), qui provient de l'utilisation des engrais azotés et de certains procédés chimiques ;
- **l'hexafluorure de soufre** (SF₆), utilisé dans les transformateurs électriques.

D'autres gaz jouent un rôle indirect sur l'effet de serre : ozone troposphérique (O₃), dioxyde de soufre (SO₂), oxydes d'azote (NOx) et composés organiques volatils (COV).

La concentration atmosphérique actuelle de CO₂ est la plus élevée de ces 20 derniers millions d'années. Elle a augmenté de 35 % depuis 1750 et de 0,4 % par an au cours des vingt dernières années. La concentration atmosphérique de méthane (CH₄) s'est accrue de 155 % depuis 1750 et continue d'augmenter. Depuis 420 000 ans, la concentration de méthane n'avait jamais atteint le niveau actuel. La concentration atmosphérique d'oxyde nitreux (N₂O) a augmenté de 18 % depuis 1750 et continue de croître. Elle n'avait jamais atteint ce niveau depuis au moins les 1 000 dernières années. Depuis 1995, les concentrations atmosphériques de plusieurs des gaz halocarbonés, qui sont à la fois des gaz qui appauvrissent la couche d'ozone et des GES, augmentent de manière moins rapide ou diminuent, du fait de la réduction des émissions dans le cadre de la réglementation prévue par le protocole de Montréal et ses amendements. Leurs gaz de substitution ainsi que les composés synthétiques (hydrocarbures perfluorés – PFC* – et hexafluorure de

soufre – SF₆–), qui sont eux aussi des GES, voient aujourd'hui leurs concentrations augmenter.

Tous ces gaz ont des pouvoirs réchauffants qui varient selon leur concentration et leur durée de vie dans l'atmosphère. Le pouvoir de réchauffement global (PRG) détermine pour chaque GES, en référence au CO₂, l'effet du réchauffement qu'induirait une tonne d'émission sur 100 ans. Les facteurs d'équivalence sont : 1 pour le CO₂, 21 pour le CH₄, 310 pour le N₂O et des valeurs variables selon les composés fluorés, soit 23 900 pour le SF₆, de 140 à 11 700 pour les hydrofluorocarbures* (HFC), et de 2 100 à 9 200 pour les PFC.

Effet de serre et couche d'ozone, deux problématiques étroitement liées

Le troisième rapport du Giec sur le changement climatique met l'accent sur la complexité des interactions entre réchauffement climatique et appauvrissement de la couche d'ozone.

D'une part, les changements climatiques entraînent un réchauffement de la troposphère et corrélativement un refroidissement de la stratosphère. Cette situation provoque la formation de nuages stratosphériques polaires, vecteurs des gaz détruisant l'ozone. Ainsi, le réchauffement climatique engendre un ralentissement de la reconstitution de la couche d'ozone malgré la réduction des chlorofluorocarbures (CFC) dans l'atmosphère.

D'autre part, la lutte contre l'appauvrissement de la couche d'ozone a des effets positifs contre le réchauffement climatique. Les CFC et les hydrochlorofluorocarbures (HCFC) ont été remplacés progressivement par des halocarbures qui ont en moyenne un potentiel de réchauffement global* moindre. Le Giec a estimé que les gaz appauvrissant la couche d'ozone ont été responsables de 12 % du réchauffement climatique constaté. On peut supposer que le remplacement des CFC et des HCFC par des gaz à réchauffement potentiel moindre ou nul aura un effet bénéfique sur l'ampleur du réchauffement attendu.

Un réchauffement lié à l'augmentation des concentrations de gaz à effet de serre

L'augmentation observée du forçage radiatif est pour l'essentiel liée aux activités humaines. Les facteurs naturels y ont peu contribué. Entre 1750 et 2000, le

forçage radiatif dû aux augmentations des GES est estimé à +2,43 W/m² : 1,46 W/m² serait dû au CO₂, 0,48 W/m² au CH₄, 0,34 W/m² aux gaz halocarbonés et, enfin, 0,15 W/m² au N₂O. L'accroissement du volume total de l'ozone dans la troposphère a engendré un forçage radiatif de 0,35 W/m². Mais il s'agit là d'un ordre de grandeur, l'ozone variant considérablement d'une région à l'autre et ayant une durée de vie dans l'atmosphère très brève. Au cours du XX^e siècle, l'augmentation due à la variation du rayonnement solaire ne serait que de +0,3 W/m².

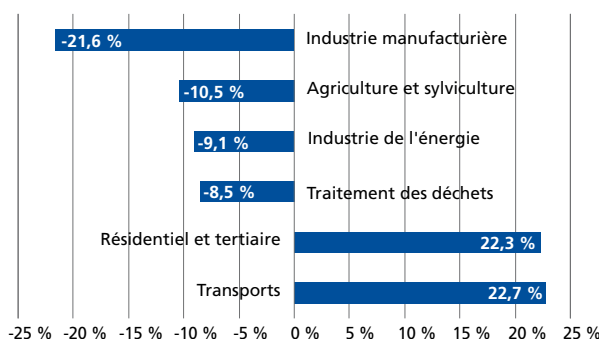
Les émissions de gaz à effet de serre en France

La stabilisation des émissions de gaz à effet de serre

D'après les estimations du Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique (Citepa), la France a émis en 2004 des GES équivalant à 562,6 Mt de CO₂ (émissions brutes). La prise en compte des absorptions par le secteur de l'utilisation des terres, leurs changements et la forêt (UTCF)*¹ fait baisser les émissions françaises de 10 %.

Hors UTCF, le pouvoir de réchauffement global des émissions par la France des six principaux GES est inférieur de 0,8 % à celui des émissions de 1990. Cette légère baisse résulte d'évolutions très contrastées : la nette baisse des émissions de CH₄ (-14,4 %),

Évolution 1990-2004 des émissions de gaz à effet de serre (France entière)



Note : En pourcentage des émissions de 1990.

Source : Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique (Citepa), format CCNUCC, décembre 2005.

1 – UTCF désigne l'accroissement du stock de biomasse d'un écosystème et non le stock déjà existant. Parfois, le terme de piège à carbone, plus compréhensible car plus proche de la réalité, est utilisé.

de N₂O (-23,6 %), des PFC (-47,2 %) et du SF₆ (-33,7 %) est quasiment compensée par les accroissements de CO₂ (+5,6 %) et des HFC (+217 %).

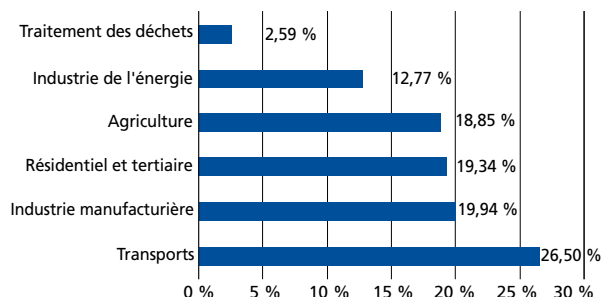
Entre 1990 et 2004, la part des émissions de CO₂ dans les émissions nationales de GES ont augmenté, passant de 69 % à plus de 74 % alors que celles de CH₄ (de 12 à 10 %) et de N₂O (de 16 à 12 %) ont diminué. C'est surtout l'augmentation des émissions du transport qui explique l'augmentation du CO₂. Quant à la diminution des émissions de CH₄ et de N₂O, elle résulte de la baisse des émissions des industries chimiques et de l'arrêt de l'exploitation des mines de charbon.

Une évolution par secteur très hétérogène

Avec près de 27 % des émissions de GES en 2004, les transports constituent le principal émetteur,

suivis par l'industrie manufacturière, le résidentiel et l'agriculture (près de 20 % pour chaque secteur).

Contribution des secteurs aux émissions de gaz à effet de serre en 2004 (France entière)



Source : Citepa, format CCNUCC, décembre 2005.

L'Allemagne, premier pays émetteur de gaz à effet de serre en Europe

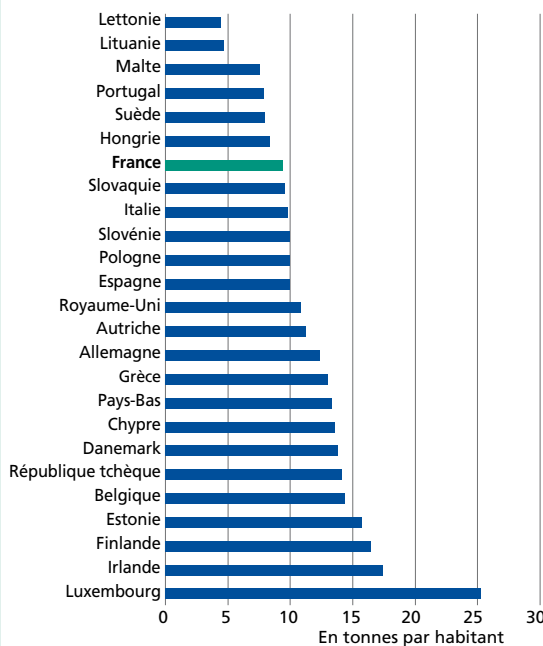
En 2003, l'Union européenne a émis 4 924 MteqCO₂. L'Allemagne est le premier émetteur de GES avec plus de 20 %, suivi du Royaume-Uni (13 %), de l'Italie (12 %) et de la France (11 %).

Le Luxembourg (25 t/hab.), l'Irlande (17 t/hab.) et la Finlande (16 t/hab.) sont les plus gros émetteurs par habitant. La France, avec 9 t/hab., se classe au 19^e rang. La moyenne de l'Union européenne est de 10,84 t/hab.

Les augmentations les plus importantes depuis 1990 ont été observées en Espagne (+41 %), au Portugal (+36 %), en Irlande (+25 %) et en Grèce (+23 %). Hormis l'Allemagne (-18 %), le Royaume-Uni (-13 %) et le Luxembourg (-11 %), les plus fortes baisses ont été enregistrées par les nouveaux adhérents de l'Europe de l'Est. Dans l'Europe des Quinze, la diminution est de 1,7 % alors qu'elle est de 8 % dans l'Europe des Vingt-Cinq.

Les principales raisons de la diminution des émissions en Allemagne sont l'accroissement de l'efficacité des centrales électriques et de chauffage suite à la restructuration économique des nouveaux länder de la réunification et à la substitution énergétique (passage progressif du charbon au gaz). Au Royaume-Uni, la libéralisation du marché de l'énergie a eu pour conséquence le remplacement du charbon par le gaz. Cette substitution, avec la réduction des émissions de N₂O dans la chimie, explique la baisse constatée.

Émissions de gaz à effet de serre par habitant dans l'Union européenne en 2003



Source : Agence européenne pour l'environnement (AEE), 2005.

Émissions nationales de gaz à effet de serre dans l'Europe des Vingt-Cinq

En millions de tonnes

Pays	1990	2003	Variation
Lituanie	50,9	17,2	-66,2 %
Lettonie	25,4	10,5	-58,5 %
Estonie	43,5	21,4	-50,8 %
Pologne	565,3	384	-32,1 %
Hongrie	122,2	83,2	-31,9 %
Slovaquie	72	51,7	-28,2 %
République tchèque	192,1	145,4	-24,3 %
Allemagne	1 248,3	1 017,5	-18,5 %
Royaume-Uni	751,4	651,1	-13,3 %
Luxembourg	12,7	11,3	-11,5 %
Suède	72,3	70,6	-2,4 %
Slovénie	20,2	19,8	-1,9 %
France	568	557,2	-1,9 %
Belgique	146,8	147,7	+0,6 %
Pays-Bas	213,1	214,8	+0,8 %
Danemark	69,6	74	+6,3 %
Italie	510,3	569,8	+11,6 %
Autriche	78,5	91,6	+16,6 %
Finlande	70,4	85,5	+21,5 %
Grèce	111,7	137,6	+23,2 %
Irlande	54	67,6	+25,2 %
Malte	2,2	2,9	+31,8 %
Portugal	59,4	81,2	+36,7 %
Espagne	286,1	402,3	+40,6 %
Chypre	6	9,2	+52,8 %
Europe des Vingt-Cinq	5 352,4	4 925,1	-8 %

Source : AEE, 2005.

Une forte baisse pour le secteur industriel

Les émissions du secteur industriel sont en baisse de 21,6 % entre 1990 et 2004. Les réductions sont importantes également pour l'agriculture (-10,5 %), la production énergétique (-9,1 %) et le traitement des déchets* (-8,5 %).

Les bons résultats de l'industrie s'expliquent surtout par la baisse des émissions de N₂O essentiellement. Les émissions de la production d'électricité ont diminué avec l'accroissement de l'utilisation de l'énergie d'origine nucléaire.

L'intensification de la production laitière, caractérisée par la diminution du cheptel et l'augmentation du rendement, est en partie responsable de la forte baisse des émissions de CH₄ de l'agriculture.

L'incinération des déchets (-27,7 %) ou leur mise en décharge (-10,8 %) sont responsables de la baisse des émissions dans le secteur du traitement des déchets.

Une hausse dans le résidentiel-tertiaire et les transports

Les transports constituent désormais la première source d'émissions de GES en France, l'utilisation des combustibles fossiles contribuant fortement aux émissions de CO₂. Par ailleurs, si les pots catalytiques permettent de réduire certaines émissions de polluants chimiques, ils émettent en revanche du N₂O. Entre 1990 et 2004, les émissions du transport ont augmenté de 22,7 %. Les émissions des voitures particulières représentent 57 % des émissions du transport routier, les véhicules utilitaires 17 %, et les poids lourds 26 %.

L'habitat résidentiel et le tertiaire connaissent également une croissance notable de leurs émissions de GES : +22,3 % de 1990 à 2004, mais dépendent de la rigueur de l'hiver de l'année considérée.

Le poids de l'énergie

Deux tiers des émissions nationales sont liés à l'utilisation de combustibles fossiles. L'extraction, la production, la transformation, le transport et l'utilisation de combustibles fossiles sont responsables de 70 % des émissions de GES. Les 30 % restants sont liés au traitement des déchets (mise en décharge, incinération), au traitement des eaux usées, à l'agriculture, aux consommations de gaz fluorés (HFC, PFC) et à certaines réactions chimiques dans les processus industriels.

Les réponses

La lutte contre le réchauffement climatique et ses conséquences est devenue une priorité pour les gouvernements des pays développés. Elle fait l'objet de politiques publiques nationales, européennes et internationales qui visent à limiter ou réduire les émissions de GES en favorisant la maîtrise de l'énergie et à accroître les puits de carbone, en encourageant la conservation et le piégeage du carbone. Elle passe aussi par des politiques d'adaptation consistant à mettre en place une démarche de changements structurels sur le long terme.

Le plan Climat, une mesure-phare au niveau national

Au niveau national, les premières mesures pour réduire les émissions de GES ont été prises dès le

début des années quatre-vingt-dix. Suite au protocole de Kyoto, un plan national de lutte contre le changement climatique (PNLCC) a officiellement été adopté en janvier 2000. Celui-ci a été renforcé en 2004 par le plan Climat. Tous ces programmes de lutte contre le changement climatique ont pour but de permettre à la France de respecter les engagements qu'elle a pris au titre du protocole de Kyoto.

Le PNLCC identifiait une centaine de mesures permettant à la France d'économiser 58 MteqCO₂. Le bilan fait en 2002 montrait que les émissions de GES avaient baissé de 2,7 % en 2001 par rapport à 1990. Il constatait que toutes les mesures du PNLCC n'avaient pas été appliquées et que d'autres étaient devenues indispensables pour respecter les objectifs du protocole de Kyoto.

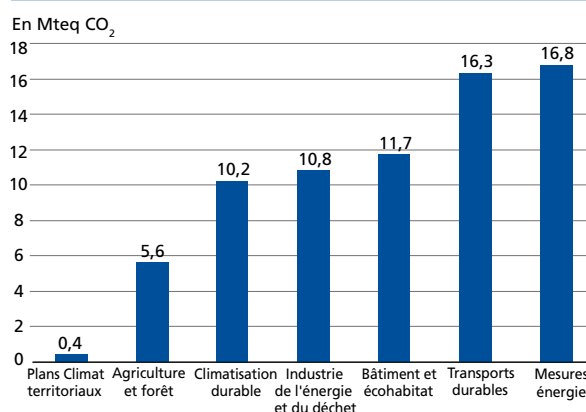
Au moment où les prévisions tendancielles montrent une augmentation des émissions françaises de 10 % à l'horizon 2010, le plan Climat 2004 s'est proposé d'agir dans différentes directions : sensibilisation, transports, bâtiment et écohabitat, industrie, énergie et déchets, agriculture et forêts, climatisation, mise en place de plans Climat territoriaux, prise en compte du changement climatique dans les pratiques des services de l'État, recherche et prospective. Les ambitions fixées par le plan sont d'économiser 54 Mteq CO₂, ce qui permettrait d'infléchir singulièrement la tendance des émissions de GES et même, au-delà de 2010, de jeter les bases d'une division par 4 des émissions à l'horizon 2050. Tous les secteurs sont couverts par des objectifs de réduction, même si l'énergie (16,8 MteqCO₂) et les transports (16 MteqCO₂) sont les principaux sollicités.

Le plan Climat a ciblé sa démarche autour de quelques actions-phares : atteindre 5,75 % d'incorporation des biocarburants dans les carburants d'ici 2010, soit une multiplication par 5 ; renforcer le crédit d'impôt sur les équipements performants de 25 à 40 % ; favoriser l'exemplarité de l'État dans le domaine de la construction et de la réhabilitation de logements aidés ; respecter les vitesses autorisées ; utiliser les étiquettes d'énergie pour les véhicules neufs ; utiliser de manière raisonnable la climatisation. Toutes ces actions sont censées s'accompagner de campagnes de sensibilisation de manière continue afin de créer une rupture des comportements. Au regard des résultats du PNLCC, la question est de savoir si ces actions seront suffisantes pour atteindre les objectifs ambitieux fixés.

Les principales mesures du plan climat 2004

Transports durables	<ul style="list-style-type: none"> – Amélioration des techniques de motorisation – Mise en œuvre de la directive sur les biocarburants – Information sur les consommations (étiquette énergie) – Respect des vitesses de circulation – Sensibilisation à la conduite apaisée – Développement des transports collectifs urbains et de l'intermodalité – Amélioration de la logistique des entreprises et de leur plan de déplacement – Développement du fret ferroviaire, réseau TGV, du cabotage maritime – Renforcement de la recherche
Bâtiment et écohabitat	<ul style="list-style-type: none"> – Amélioration de la performance thermique des logements et des bâtiments du tertiaire privé et public – Certificats d'économie d'énergie – Réduction des émissions de GES liés à la climatisation – Renforcement de la recherche
Industrie de l'énergie Industrie du déchet	<ul style="list-style-type: none"> – Marché de quotas d'émissions – Réduction des émissions de N₂O – Réduction des émissions de SF₆ dans les équipements électriques et dans les fonderies de magnésium – Amélioration de l'efficacité énergétique dans l'industrie – Maîtrise de la climatisation et du froid
Mesures énergie	<ul style="list-style-type: none"> – Maîtrise de la demande d'énergie : certificat d'économie d'énergie, étiquette énergie, éco-conception*, électricité habitat et tertiaire, consommation – Énergies renouvelables – Renforcement de la recherche sur les énergies renouvelables et les nouvelles technologies de l'énergie – Maîtrise des émissions spécifiques des filières gazières et pétrolières...
Mesures déchets	<ul style="list-style-type: none"> – Valorisation énergétique du biogaz – Diminution des émissions de biogaz des décharges – Optimisation du recyclage* des matériaux et des matières organiques
Agriculture et forêts	<ul style="list-style-type: none"> – Modification des pratiques agricoles – Collecte et valorisation des déjections animales et industries agroalimentaires – Développement de la valorisation énergétique de la biomasse (bois) – Développement du bois dans la construction – Optimisation de la gestion des puits de carbone
Climatisation durable	<ul style="list-style-type: none"> – Climatisation des transports – Amélioration de la qualification des opérateurs de la climatisation et du froid – Équipements frigorifiques fixes – Amélioration des mélanges HFC

Réductions attendues par la mise en œuvre des mesures du plan Climat



Source : Mission interministérielle de l'effet de serre (Mies).

Le « facteur 4 » ou la division par 4 des émissions de gaz à effet de serre

Le troisième rapport du Giec a conclu à la nécessité de limiter les concentrations de CO₂ à 450 ppm dans le but de contenir le réchauffement de la Terre entre 1,5 et 3,9 °C. Or, les engagements du protocole de Kyoto étant insuffisants pour atteindre cet objectif, il faudrait pour cela émettre à l'horizon 2050 une quantité de CO₂ correspondant aux absorptions par les puits représentés par les océans et la biomasse. Une réduction beaucoup plus exigeante des émissions de GES est donc nécessaire. Elle correspondrait à une division par 4 des émissions actuelles des pays de l'OCDE et par 2 des émissions mondiales.

Une étude de la Mission interministérielle de l'effet de serre (Mies) publiée en mars 2004 conclut que le principal levier réside dans les économies d'énergie. En France, les enjeux sont énormes et remettent en cause tout notre mode de vie : les émissions actuelles du transport représentent à elles seules 1,3 fois les objectifs d'émissions de 2050 dans le cadre du facteur 4. L'analyse de l'évolution des différents secteurs a permis de dégager :

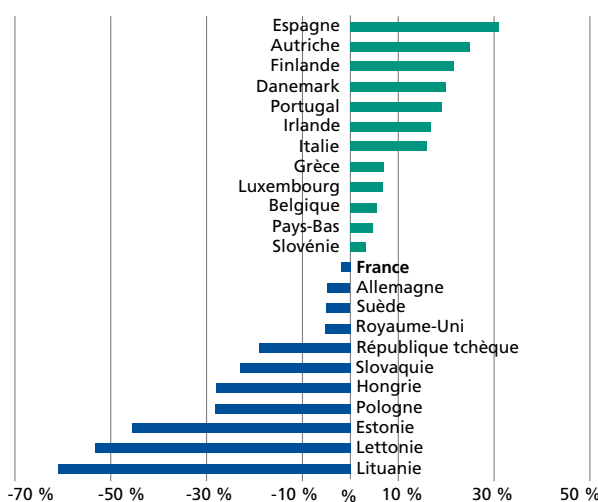
- **des points « durs »**, qui sont des usages pour lesquels les combustibles fossiles sont les moins substituables et qui seront donc prioritaires dans l'allocation du potentiel d'émission du facteur 4 (exemple du transport à longue distance) ;
- **des choix interdits**, incompatibles avec une division par 4 des émissions de GES tels que l'utilisation massive de combustibles fossiles pour la production d'énergie thermique dans l'industrie, l'habitat et le tertiaire ;
- **des choix incontournables**, qui sont des évolutions obligatoires (amélioration des comportements) ;
- **des ruptures technologiques**, qui permettraient d'élargir les marges de manœuvre (séquestration du carbone) ;
- **des opportunités réelles** (choix entre les énergies non carbonées, nucléaire ou renouvelables).

Plusieurs directives pour atteindre les objectifs de Kyoto

L'Europe des Quinze s'est engagée à réduire ses émissions de GES de 8 % en 2008-2012 par rapport à leur niveau de 1990. En vertu d'un « accord

de partage de la charge » adopté en juin 1998, les Quinze se sont ensuite réparti cette obligation globale entre États membres, en prenant en compte le niveau de développement de chaque pays et les potentiels de réduction, notamment dans le domaine de la production électrique.

Distance à l'objectif : écart des émissions 2003 par rapport à l'objectif 2008-2012



Source : AEE, 2005.

La notion de distance à l'objectif de Kyoto repose sur une évolution linéaire des émissions entre 1990 et 2012. Sept pays de l'Union sont très loin de l'objectif de Kyoto : Espagne, Autriche, Finlande, Danemark, Portugal, Irlande et Italie. À l'exception de la Slovaquie, les nouveaux pays de l'Union respectent leurs objectifs, en raison des changements économiques de la dernière décennie. Le Royaume-Uni, la Suède et l'Allemagne sont en passe d'atteindre leurs objectifs. Quant aux émissions de GES de la France, elles sont proches de l'objectif de stabilisation.

Pour contribuer à respecter ses engagements de Kyoto, l'Union européenne a développé dans le cadre du programme européen sur le changement climatique (PECC) un système interne d'échange de quotas d'émission. Il vise à limiter les émissions de GES provenant de la production d'électricité et des entreprises grandes consommatrices d'énergie. Ce système, qui a démarré au 1^{er} janvier 2005, concerne plus de 11 428 installations dans les 25 États membres. Ces installations se sont vu allouer 2 190 MteqCO₂ annuellement. En France, 1 139 installations sont couvertes et se sont vu allouer 156,4 MteqCO₂ annuellement.

Un programme européen pour lutter contre le changement climatique

L'Union européenne a mis en place un programme européen sur le changement climatique (PECC). Il définit des mesures par secteur et des mesures transversales afin que l'Union puisse atteindre l'objectif de Kyoto (-8 %). L'Union européenne s'est déjà fixé comme objectif de limiter l'augmentation de la température mondiale moyenne à 2° C. Selon le Conseil européen, il faut que les émissions mondiales de GES diminuent considérablement pour parvenir, d'ici à 2050, à une baisse des niveaux qui soit au moins de 15 %, voire de 50 %, par rapport à ceux de 1990. Comme point de départ pour les négociations, l'Union européenne considère qu'il conviendrait d'envisager pour le groupe des pays développés des profils de réduction de l'ordre de 15 à 30 % d'ici 2020 et de 60 à 80 % d'ici 2050 par rapport au niveau de 1990.

Adopté en juin 2000, ce programme estime que les mesures transversales et sectorielles (transport, habitat, industrie et énergie) devraient permettre à l'Union européenne de respecter son objectif de Kyoto.

Certaines de ces mesures se sont déjà traduites par des directives ou propositions de directives :

- **la directive 2003/87/CE du 13 octobre 2003** « Quotas » ou « ETS » (*Emissions Trading Scheme*), qui a mis en place, au 1^{er} janvier 2005, un système communautaire d'échange de quotas d'émission de GES. Cette directive a été complétée par la directive projet qui permet aux industriels d'utiliser les crédits provenant des mécanismes de flexibilité du protocole de Kyoto pour remplir leurs engagements ;
- **la directive 2004/101/CE du 27 octobre 2004**, qui intègre le recours aux mécanismes de projet (mise en œuvre conjointe – MOC – et mécanisme de développement propre – MDP –) dans le système d'échange de quotas ;
- **la directive 1999/31/CE du 26 avril 1999** sur la mise en décharge des déchets, qui permet de poursuivre les

efforts réalisés en terme de réduction des émissions de CH₄ ;

- **la directive 2001/77/CE du 27 septembre 2001** sur l'électricité produite à partir d'énergies renouvelables, qui fixe à la France un objectif de 21 % d'électricité d'origine renouvelable d'ici 2010 ;
- **la directive 2003/30/CE du 8 mai 2003** « Biocarburants », qui fixe la part des biocarburants sur le marché national des carburants : 2 % en 2005 puis 5,75 % en 2010 ;
- **la directive 2002/91/CE du 16 décembre 2002** sur la performance énergétique des bâtiments, qui vise à promouvoir l'amélioration de la performance énergétique des bâtiments ;
- **la directive 2004/8/CE du 11 février 2004** sur la cogénération, qui vise à promouvoir la cogénération dans l'Union européenne.

Par ailleurs, une directive sur l'efficacité énergétique* a été proposée. Elle vise à favoriser le développement des activités de services d'efficacité énergétique pour renforcer la maîtrise de la demande d'énergie. Une autre directive visant à promouvoir la cogénération dans l'Union européenne est également en discussion. De plus, une directive sur les émissions de gaz fluorés à effet de serre (GFES) a été proposée en octobre 2005 par le Parlement européen. Elle vise à éliminer les GFES utilisés dans certains appareils et produits selon un calendrier précis et à interdire l'utilisation des GFES s'il existe des substituts sûrs, techniquement réalisables et acceptables du point de vue environnemental.

Enfin, le 24 octobre 2005, un deuxième PECC a été lancé pour constituer un nouveau cadre pour la politique européenne de lutte contre le changement climatique au-delà de 2012, dans l'optique d'identifier des trajectoires de réduction d'ici 2020.

De Rio à Kyoto, la communauté internationale se mobilise

Au niveau international, deux accords majeurs ont été adoptés : la convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC), adoptée en 1992 à Rio, et le protocole de Kyoto, adopté en 1997.

« Afin de prévoir, prévenir ou atténuer les causes du changement climatique et en limiter les effets néfastes », 153 pays sur les 186 représentés à l'ONU ont signé, en 1992, la CCNUCC de Rio. Elle a été ratifiée à ce jour par 189 États. La CCNUCC, qui est entrée en vigueur

en 1994, a pour but de stabiliser la concentration des GES dans l'atmosphère à un niveau empêchant toute perturbation dangereuse du système climatique pour l'homme. Pour les pays industrialisés, l'objectif était de stabiliser, avant l'an 2000, les émissions de GES à leur niveau de 1990. Les signataires se sont engagés à réaliser des inventaires nationaux de leurs émissions.

Lors de la troisième Conférence des parties à la CCNUCC à Kyoto en 1997, certains pays signataires se sont fixé des objectifs quantitatifs à travers un protocole d'application de la convention. Les pays industrialisés se sont engagés, pour la période 2008-

2012, à réduire de 5,2 % leurs émissions des principaux GES par rapport à leur niveau de 1990 : dioxyde de carbone, méthane, protoxyde d'azote et gaz fluorés, hors gaz couverts par le protocole de Montréal. L'Union européenne a par exemple un objectif collectif de réduction de -8 % ; le Japon, le Canada et la Hongrie de -6 % ; la Russie, la Nouvelle-Zélande et l'Ukraine de 0 %. Quant aux pays en développement, ils ont été exemptés d'engagements chiffrés.

Le protocole de Kyoto est entré en vigueur le 16 février 2005, suite à la ratification russe. Au 10 juillet 2006, il a été ratifié par 164 États mais pas par les États-Unis et l'Australie. Les objectifs de Kyoto sont devenus contraignants pour les pays industrialisés ayant ratifié le protocole, notamment pour ceux de l'Union européenne. Ces pays doivent mettre en œuvre des politiques et mesures nationales afin d'atteindre les objectifs fixés, ou avoir recours aux mécanismes de flexibilité prévus par le protocole. Trois instruments de flexibilité visent à rendre

moins coûteux l'effort de réduction des émissions : l'échange de permis d'émission négociables*, la mise en œuvre conjointe (MOC) et le mécanisme de développement propre (MDP). Chaque pays ayant un objectif dans le protocole de Kyoto est autorisé à émettre une certaine quantité de gaz qui font l'objet de permis pouvant être achetés et vendus. Les pays dont les émissions iront au-delà de ce qu'autorisent les permis qu'ils détiennent devront se procurer des permis supplémentaires sous peine d'une amende non libératoire. Ceux qui émettront moins que le montant autorisé pourront revendre leurs permis sur le marché. La MOC permet aux pays industrialisés d'acquérir des unités de réduction des émissions en finançant des projets destinés à réduire les émissions de GES dans d'autres pays développés ou en transition (pays de l'Europe centrale et orientale). Le MDP permet d'acquérir des crédits d'émission en investissant dans des projets de diminution des émissions dans les pays en développement qui ont ratifié le protocole de Kyoto.

Chronologie des principales négociations internationales sur le climat : un long cheminement

1988 : Création du Giec par l'Organisation météorologique mondiale (OMM) et le programme des Nations unies pour l'environnement (Pnu). Ce groupe est chargé du suivi scientifique des processus de réchauffement climatique.

1990 : 1^{er} rapport du Giec.

1992 : Sommet de la Terre à Rio de Janeiro, création de la convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques.

1994 : Entrée en vigueur de la convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques. Une Conférence des parties est prévue chaque année.

1995 : 1^{re} Conférence des parties à Berlin. Elle adopte le « mandat de Berlin » aux termes duquel les pays industrialisés devront prendre des engagements quantitatifs de limitation des émissions de GES.

2^e rapport du Giec prévoyant un réchauffement moyen de 1 à 3,5 °C d'ici à 2100, ainsi qu'une augmentation du niveau de la mer de 15 à 95 cm.

1996 : 2^e Conférence des parties à Genève qui fixe des objectifs quantifiés de réduction des émissions de GES.

1997 : 2^e Sommet de la Terre à New York. Il fait le bilan des engagements pris à Rio en 1992.

1997 : 3^e Conférence des parties à Kyoto. Elle débouche sur l'adoption d'un protocole à la convention sur le climat, dit « protocole de Kyoto ».

1999 : 5^e Conférence des parties à Bonn. Les négociateurs débattent de la mise en œuvre du protocole de Kyoto dont l'entrée en vigueur est envisagée en 2002.

2000 : 6^e Conférence des parties à La Haye. Les États échouent à fixer les règles d'application du protocole de Kyoto.

2001 : 3^e rapport du Giec et 7^e Conférence des parties à Marrakech. Des moyens techniques et financiers sont débloqués en faveur des pays en développement.

2002 : Ratification du protocole de Kyoto par l'Union européenne (31 mai 2002).

2005 : Entrée en vigueur du protocole de Kyoto (16 février 2005).

2005 : 11^e Conférence des parties et 1^{re} Réunion des parties au protocole de Kyoto à Montréal, réflexion sur l'après-2012.

2007 : 4^e rapport du Giec prévu en automne.

Évaluation de quelques impacts du changement climatique

D'après le troisième rapport du Giec, selon différents scénarios liés au rythme de développement de la société, le réchauffement pourrait atteindre, d'ici à 2100, de 1,4 à 5,8 °C.

L'augmentation de température sera conséquente à l'échelle de la planète : à titre de comparaison, on estime que la différence de température entre une aire interglaciaire (comme aujourd'hui) et une aire glaciaire est de 5 à 6 °C. Des niveaux de température inédits sur les 400 000 dernières années risquent d'être atteints : les analyses paléoclimatiques nous apprennent que la température la plus haute jamais atteinte sur cette période, il y a 130 000 ans, était seulement supérieure de 1 à 2 °C à la température d'aujourd'hui.

Les simulations faites pour le XXI^e siècle par Météo France montrent que la hausse des températures dans le pays risque d'être plus importante que la moyenne du globe. Elles concluent ainsi à une augmentation de la température en toutes saisons, une augmentation des pluies en hiver, une diminution en été et une réduction du contenu en eau des sols sauf en hiver. Tout cela devrait s'accompagner d'une augmentation des fréquences de canicules (températures supérieures à 35 °C) et des épisodes de chaleur (températures supérieures à 30 °C pendant dix jours consécutifs). Des canicules du type de 2003 sont susceptibles d'être cinq fois plus fréquentes en France au cours du XXI^e siècle. La hausse des températures dans le pays devrait être plus importante que la moyenne du globe.

Les conséquences attendues sur les différents milieux et tous les secteurs de l'économie seront variables suivant l'ampleur, l'intensité et le rythme du changement climatique : même une faible augmentation de la température peut avoir des impacts sur l'environnement.

Les impacts sur les milieux

Le Giec a estimé que le changement climatique va engendrer une élévation du niveau de la mer comprise entre 9 et 88 cm, en raison de la dilatation thermique et de la fonte des glaciers de montagne et de l'Arctique. Or, la moitié de la population mondiale vit sur les littoraux. Les impacts du changement climatique pourraient entraîner le déplacement de 150 millions de personnes d'ici 2050 en raison des inondations causées par l'élévation du niveau de la mer et les tempêtes.

L'élévation du niveau de la mer provoquerait l'inondation permanente des espaces côtiers aujourd'hui à peine ou incomplètement émergés. En Métropole, les régions les plus concernées sont les espaces deltaïques de la Camargue ainsi que les rivages à lagunes du Languedoc et du Nord. L'élévation de la température entraînerait également une nette diminution (de 20 à 30 %) de la durée de l'enneigement dans les Alpes à basse altitude (1 500 m). Outre-mer, la hausse des températures des eaux marines pourrait être néfaste aux coraux qui, pour beaucoup d'entre eux, ne survivent pas au-delà de 29-30 °C. Elle est également susceptible d'accroître la fréquence et l'amplitude des cyclones. Ces prévisions ne préjugent pas de l'apparition d'effets de grande ampleur qui pourraient être liés par exemple à des bouleversements de la circulation océanique.

Les modélisations réalisées par Météo France sur la Métropole montrent qu'un réchauffement de 2 °C par rapport à la période 1980-1990 aurait des effets marqués sur la moyenne montagne. À 1 500 m d'altitude, la durée d'enneigement passerait de 5 à 4 mois dans les Alpes du Nord et de 3 à 2 mois dans les Alpes du Sud et les Pyrénées. Un réchauffement plus important affecterait aussi les Hautes-Alpes. Dans le cas d'un réchauffement supérieur à 3 °C, la plupart des glaciers français disparaîtraient, à l'exception des plus hauts glaciers du massif du Mont-Blanc qui se réduiraient fortement.

Sur les eaux continentales, les scénarios montrent une diminution des étiages en été à l'horizon 2100 en raison de l'évaporation due à la hausse des températures, et une augmentation des crues. La fréquence et l'intensité des événements climatiques extrêmes (précipitations, vent, sécheresse, température) sont de nature à amplifier l'impact du changement climatique sur la disponibilité de la ressource en eau.

Sur la forêt, plusieurs impacts sont attendus : modification de la production et disparition de certaines essences, amplification de l'impact des parasites thermophiles, apparition de nouvelles maladies et réduction du stock de carbone de la biomasse. D'ici 2050, le Sud serait plus menacé.

La hausse des températures devrait provoquer des cycles hydrologiques plus vigoureux, c'est-à-dire, selon les régions, des sécheresses ou une augmentation des précipitations. Une évolution rapide et soutenue du climat pourrait également modifier la répartition et l'équilibre des espèces et provoquer un dépérissement des forêts qui affaiblirait leurs fonctions de puits de carbone. Ces projections n'ont pas

toutes le même degré de fiabilité : les projections à l'échelle d'un hémisphère ou d'un continent sont plus fiables qu'à l'échelle d'un pays, les prévisions concernant la température sont plus fiables que celles concernant le cycle hydrologique.

Pour l'Europe, les projections concluent à un réchauffement, accompagné d'une intensification des cycles hydrologiques dont l'amplitude augmenterait dans la partie nord de l'Europe et diminuerait dans la partie sud.

Les impacts sur la biodiversité

Le changement climatique s'accompagne de modifications dans la biodiversité : déplacements en altitude et en latitude de certaines espèces animales et végétales, et migration dans le temps en plus de la disparition de certaines espèces. Des adaptations sont d'ores et déjà visibles. Une étude britannique a montré que près de 200 espèces d'oiseaux nicheurs recensées sur 435 en Europe avaient migré vers le nord depuis la fin du XIX^e siècle. D'après une étude sur l'impact du changement climatique sur la flore européenne, 27 à 42 % des espèces végétales pourraient disparaître en Europe en raison de la baisse de la fertilité des sols et des ressources en eau, liée à une hausse de température comprise entre 1,8 °C et 3,6 °C entre 2000 et 2080. Selon ces scénarios, le taux de renouvellement de la flore européenne atteindrait 42 à 63 % pendant la même période.

Les impacts sur la santé humaine

Les études sur les impacts du changement climatique sur la santé montrent une résurgence globale de maladies liées à des vecteurs. Le Centre national de la recherche scientifique (CNRS) estime que 60 % de la population mondiale vivra à l'horizon 2050 dans des zones infestées de paludisme. Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), le climat va devenir propice au développement d'insectes et de maladies à vecteur (paludisme, dengue*, fièvre jaune), qui trouveront de nouveaux terrains favorables à leur expansion. L'OMS a estimé qu'actuellement, 150 000 décès dans le monde sont liés au changement climatique. Ce chiffre risque de doubler d'ici 2030.

En France métropolitaine, les effets dus au stress thermique lié au changement climatique aura plus d'impacts que le développement des maladies à vecteur. Si un léger réchauffement (de l'ordre de 1,5 °C) aura un effet bénéfique en hiver, il risque de s'accompagner d'une augmen-

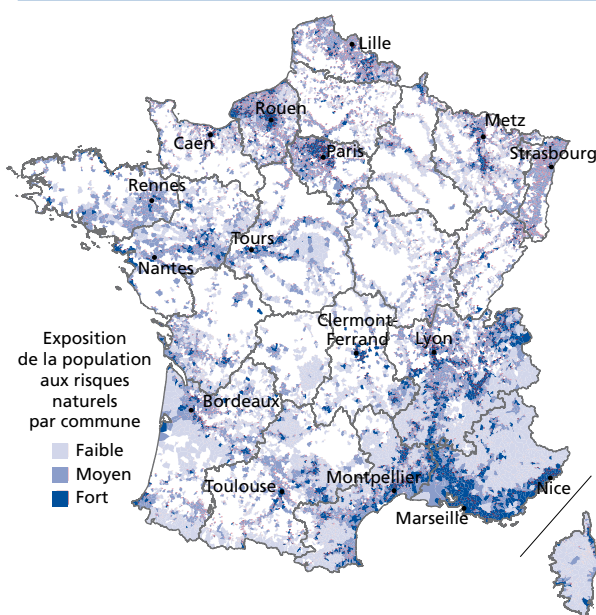
tation de la mortalité estivale accrue par le vieillissement de la population. Les études montrent que le réchauffement climatique va inverser le rythme annuel de la mortalité, accroître le nombre de décès et conduire à une diminution de l'espérance de vie. Elles soulignent aussi le risque de recrudescence de pathologies cardiovasculaires, de rhinites et de crises d'asthme liées à la migration d'espèces végétales fortement allergisantes.

Vulnérabilité et risque*

Le Giec définit la vulnérabilité* comme le « degré par lequel un système risque de subir ou d'être affecté négativement par les effets néfastes des changements climatiques, y compris la variabilité climatique et les phénomènes extrêmes. La vulnérabilité dépend du caractère, de l'ampleur et du rythme des changements climatiques auxquels un système est exposé, ainsi que de sa sensibilité et de sa capacité d'adaptation ».

La vulnérabilité dépend donc d'abord de l'enjeu considéré : la population, les biens, les entreprises, l'activité touristique d'une région, un écosystème... Elle dépend aussi des aléas* susceptibles d'affecter cet enjeu comme, par exemple, l'évolution des dates des gelées, la fréquence et l'intensité des tempêtes, les températures extrêmes d'été... Le changement climatique est susceptible de faire évoluer les probabilités de survenue de ces aléas.

Exposition de la population aux risques naturels susceptibles d'être influencés par le changement climatique



Source : Insee, Recensement de la population 1999 – ministère de l'Écologie et du Développement durable (DPPR), base de données Corinte au 1^{er} avril 2004 – Ifen – Onerc.

En France, selon une étude de l'Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique (Onerc)², le changement climatique va accroître certains risques (inondations, feux de forêts, tempêtes, avalanches et mouvements de terrain) qui vont affecter différemment les régions. Le croisement à l'échelle de la commune des données relatives à la densité de population et au nombre de risques naturels prévisibles permet de prévoir ces impacts.

La carte de la page précédente décrit le degré par lequel la France métropolitaine risque d'être affectée négativement par les effets du changement climatique. L'enjeu considéré ici est la plus ou moins grande concentration de la population sur le territoire : plus celle-ci s'élève, plus l'impact des risques naturels prévisibles (aléas) susceptibles d'être influencés par le changement climatique va être important, et cela d'autant plus que le nombre de risques recensés est élevé. Les risques pris en compte sont les inondations, les feux de forêt, les tempêtes, les cyclones, les

avalanches et les mouvements de terrains. L'indice calculé ici dépend du nombre de risques recensés et de la densité de population. Il ne préjuge pas de l'intensité du risque et des éventuelles mesures d'adaptation prises localement. Il ressort de ce travail que 7 % des communes françaises métropolitaines pourraient être, selon les critères retenus, considérées comme fortement vulnérables. Ce chiffre s'élèverait à 29 % si on y adjoignait les communes moyennement vulnérables. Les régions les plus concernées seraient les régions Rhône-Alpes (478 communes où l'indice est élevé), Paca (327), Île-de-France (254), Languedoc-Roussillon (224), Haute-Normandie (189), Nord – Pas-de-Calais (168) et Lorraine (124).

Les impacts dépendront à la fois de l'amplitude et du degré de changement climatique, ainsi que de la capacité d'adaptation des populations, ce qui demande une meilleure connaissance des impacts aux échelles régionale et locale, d'où l'effort fourni par le Giec pour son prochain rapport.

Pour en savoir plus

- Adolphe N., 2004. *2050 : rendez-vous à risques*. Paris, Belin. 190 p.
- Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique, 2004. « Inventaire des émissions de gaz à effet de serre en France au titre de la Convention-Cadre des Nations unies sur les changements climatiques » (*rapport d'inventaire national, format CCNUCC*). Paris, Citepa. 307 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 et 2100 » (*rapport fait au nom de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, n° 3603 de l'Assemblée nationale et n° 224 du Sénat*). 2 tomes : 296 (rapport) + 195 (auditions) p. (disponible en ligne : <http://www.senat.fr>).
- Dubois P.-J., Lefèvre P., 2003. *Un nouveau climat : Les enjeux du réchauffement climatique*. Paris, éditions La Martinière. 255 p. (coll. *Nature Écologie*).
- Ducroux R., Jean-Baptiste P., 2004. *L'effet de serre : réalités, conséquences et solutions*. Paris, CNRS Éditions. 95 p.
- Greenpeace, collectif, 2005. « Changements climatiques : quels impacts en France ? » (*rapport réalisé par Climact pour le compte de Greenpeace*). Paris, Greenpeace. 140 p. (disponible en ligne : <http://www.impactsclimatiquesenfrance.fr>).
- Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2001. « Bilan 2001 des changements climatiques : les éléments scientifiques » (*rapport de synthèse du Giec*). Genève, Giec. 97 p.
- Jouzel J., Debroise A., 2004. *Le climat : jeu dangereux*. Paris, Dunod. 212 p. (coll. *Quai des sciences*).
- Le Treut H., Van Ypersele J.-P., Hallegatte S., Hourcade J.-C. (sous la dir.), 2004. *Science du changement climatique : acquis et controverses*. Paris, Institut du développement durable et des relations internationales. 104 p.

• Mission interministérielle de l'effet de serre, 2004. *Plan Climat 2004 : face au changement climatique, agissons ensemble*. Paris, ministère de l'Écologie et du Développement durable. 88 p.

• Mission interministérielle de l'effet de serre, 2004. « La division par 4 des émissions de dioxyde de carbone en France d'ici 2050 : introduction au débat » (*rapport rédigé par Radanne P.*). Paris, ministère de l'Écologie et du Développement durable. 36 p.

• Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique, 2005. « Un climat à la dérive : comment s'adapter ? » (*rapport au Premier ministre et au Parlement*). Paris, La documentation Française. 109 p.

• Royer J.-F., Cariolle D., Chauvin F. et al., 2002. « Simulation des changements climatiques au cours du XXI^e siècle, incluant l'ozone stratosphérique », *Comptes Rendus Géoscience*, Vol. 334, n° 3, mars 2002, pp. 147-154.

Sites Internet

- Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe) : <http://www.ademe.fr>
- Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique (Citepa) : <http://www.citepa.org>
- Centre national de recherches météorologiques (CNRM) : <http://www.cnrm.meteo.fr>
- Institut Pierre-Simon Laplace (IPSL) : <http://www.ipsl.jussieu.fr>
- Météo France : <http://www.meteofrance.com>
- Ministère de l'Écologie et du Développement durable : <http://www.ecologie.gouv.fr>
- Mission interministérielle de l'effet de serre (Mies) : <http://www.effet-de-serre.gouv.fr>
- Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique (Onerc) : <http://www.onerc.gouv.fr>
- Réseau action climat France : <http://www.rac-f.org>

2 – Onerc, 2005.