ÉDITORIAL

Changement climatique et qualité de l'air*

Gérard MÉGIE**

Depuis la formation de la Terre au sein du système solaire, voilà quatre milliards et demi d'années, la composition de l'atmosphère a continûment évolué à l'échelle des temps géologiques. L'effet de serre naturel, dû pour une large part à la vapeur d'eau et au gaz carbonique, a permis à la planète Terre de bénéficier d'une température moyenne permettant le maintien de l'eau liquide à sa surface, condition indispensable au développement de la vie. Celui-ci a modifié à son tour les équilibres atmosphériques du fait de l'apparition de constituants comme l'oxygène et l'ozone, absents de l'atmosphère primitive. Jusqu'au début du XX^{e} siècle, ces évolutions ont trouvé leur origine dans des phénomènes naturels, liés en particulier aux variations de l'orbite et de l'inclinaison de la Terre dans sa course autour du soleil. L'explosion démographique, le développement des activités industrielles et agricoles, la multiplication des moyens de transport ont entraîné, au cours du dernier siècle, un changement profond de notre environnement, qui affecte aussi bien l'atmosphère que les océans, la biosphère et les surfaces continentales.

Ainsi, l'augmentation, du fait des émissions anthropiques, de la concentration des gaz à effet de serre dans l'atmosphère a conduit, depuis le début de l'ère industrielle, à un accroissement de l'énergie moyenne reçue par notre planète. Celle-ci s'est accrue de 2,45 W.m^{-2} au cours de la période 1750-2000, soit environ 1 % en valeur relative. Simultanément la température moyenne a augmenté au cours du XX^{e} siècle de 0,6 ± 0,2 °C. La reconstruction à partir d'archives climatiques de différentes natures (archives glaciaires et sédimentaires, dendrochronologie, archives historiques) des températures du dernier millénaire montre que la décennie des années 1990 a été la plus chaude depuis l'an 1000, et l'année 1998 une année record en terme de température moyenne. Dans le même temps, le niveau des océans s'est élevé, toujours en valeur moyenne, d'une valeur comprise entre 10 cm et 20 cm au cours du XX^{e} siècle. Si la validité de la notion de valeur moyenne pour des variables comme la température de la Terre ou le niveau des océans reste un sujet de débat compte tenu de la forte variabilité spatiale et temporelle observée des phénomènes climatiques, ces grandeurs n'en constituent pas moins des indicateurs quantitatifs précis du changement climatique en cours.

Le dioxyde de carbone CO_2 est responsable à lui seul de plus de la moitié de cet effet de serre additionnel, et, pour les pays développés, les émissions de CO_2 représentent plus de 70 % des émissions de gaz à effet de serre. La concentration relative en gaz carbonique dans l'atmosphère est aujourd'hui de 360 ppm (parties par million), soit une valeur supérieure de 30 % à celle observée en 1750. Jamais au cours des 400 000 dernières années, cette teneur n'avait dépassé 280 ppm, comme le montrent les données recueillies dans les archives glaciaires. D'autres gaz, à durée de vie longue dans l'atmosphère, jouent également un rôle significatif dans l'effet de serre additionnel comme le méthane, l'hémioxyde d'azote, les hydrofluorocarbures et les perfluorocarbures, et l'hexafluorure de soufre, tous réglementés aujourd'hui par le Protocole de Kyoto.

De plus, les transformations physico-chimiques dans l'atmosphère, qui conduisent d'une part à la formation d'ozone et d'oxydants à partir des hydrocarbures et des oxydes d'azote, et d'autre part à la formation de particules d'aérosols à partir des composés soufrés émis par les activités humaines, ont également une influence sur le forçage radiatif additionnel qui conduit au changement climatique. En effet, l'ozone est un gaz à effet de serre, 1 200 fois plus actif à concentration égale, que le gaz carbonique. L'augmentation de sa concentration dans la troposphère peut donc conduire, à l'échéance de quelques décennies, à une contribution importante au réchauffement global de la planète. Inversement, les particules d'aérosols en diffusant la lumière solaire incidente et en en renvoyant une partie vers l'espace peuvent avoir un effet négatif en termes de forçage radiatif. On pense ainsi que dans l'hémisphère Nord, l'augmentation des aérosols au cours de l'ère industrielle pourrait avoir en partie masqué l'effet des gaz à effet de serre. Les problèmes de qualité de l'air rejoignent ainsi ceux du changement climatique.

Aujourd'hui, les gaz à effet de serre continuent de s'accumuler dans l'atmosphère et le système de l'environnement terrestre qui couple à toutes les échelles de temps et d'espace l'atmosphère, les océans, la biosphère, la cryosphère et les surfaces continentales, est en état de déséquilibre, et ce pour plusieurs siècles, compte tenu notamment de l'inertie des océans. Ainsi dans le cas du CO_2, seule la moitié des émissions anthropiques

---

** Texte de l'intervention de M. le Professeur Gérard Mégie au colloque prospective du Sénat le 21 février 2001.*

*** Professeur à l'Université Pierre et Marie Curie. Membre de l'Institut Universitaire de France. Président du Centre national de la recherche scientifique.*

additionnelles, évaluées à 7,1 ± 1,1 milliards de tonnes de carbone (GtC) restent dans l'atmosphère. Une partie du reliquat (2,0 ± 0,8 GtC) est absorbée par les océans, une autre, (1,9 ± 1,9 GtC) par la végétation et les sols. Au-delà des incertitudes importantes sur les flux ainsi mis en jeu, nos connaissances restent limitées quant à la spatialisation de ces flux, à l'impact possible du changement climatique qui s'annonce sur les échanges et nous ne savons donc pas avec précision si le stockage actuel est durable ou transitoire, et à quelle échelle de temps. Même si nous disposons aujourd'hui de modèles couplant atmosphère, océans et biosphère, notre capacité de prédiction à l'échelle du siècle reste incertaine d'autant que nous ne maîtrisons pas les différents scénarios d'émission des gaz à effet de serre envisageables pour le siècle prochain.

Les projections faites à l'aide des modèles couplés prédisent à l'horizon 2100 une élévation moyenne de la température comprise entre 1,4 et 5,8 °C. L'incertitude principale vient de la fourchette actuellement envisagée pour les émissions de gaz à effet de serre qui correspondent à des concentrations de CO_2 comprises entre 540 ppm et 970 ppm. La valeur maximale correspond à une élévation du niveau des mers de 1 m, due principalement à la dilatation des océans. De plus, au-delà de la variation de ces valeurs moyennes, il devient de plus en plus évident qu'une variabilité climatique accrue viendra, à plus court terme, se superposer à la variabilité naturelle du climat. On pourrait ainsi voir augmenter la fréquence des phénomènes extrêmes (sécheresse, pluies diluviennes, tempêtes...). Par ailleurs, une des incertitudes les plus fortes dans notre capacité de prédiction résulte de la possibilité de voir apparaître brutalement, en l'espace de quelques années, des perturbations résultant du caractère non linéaire du système climatique. Certains modèles montrent ainsi que la circulation profonde de l'océan, qui prend naissance dans l'Atlantique Nord, se ralentit lorsque le réchauffement climatique intervient de manière significative. La modification des courants, et en particulier du Gulf Stream, qui pourrait en résulter, aurait certainement des conséquences importantes sur le climat de l'Europe de l'Ouest.

Tous les écosystèmes seraient bien évidemment affectés par le changement climatique. Un tiers des surfaces boisées subirait une vaste mutation des grands types de végétation, notamment aux latitudes élevées. Le cycle de l'eau serait perturbé avec des précipitations accrues aux moyennes et hautes latitudes et des sécheresses plus importantes aux latitudes subtropicales. Celles-ci entraîneront des modifications de la répartition des ressources en eau, sources de conflits potentiels. Les écosystèmes côtiers et de montagne, particulièrement fragiles, seraient profondément atteints. Si la production agricole mondiale pouvait se maintenir au niveau actuel, les risques de disette alimentaire et de famine augmenteraient dans certaines régions. L'élévation du niveau des mers et l'augmentation de la fréquence des événements extrêmes se traduiraient en termes de risques accrus d'inondations et de tempêtes. Enfin, dans le domaine de la santé, on peut penser à un risque de recrudescence des maladies infectieuses et parasitaires (paludisme, fièvre jaune, encéphalites virales). Au-delà de ces atteintes directes, la vulnérabilité des populations dépendra certainement de leur accès aux ressources naturelles, techniques et sociales.

Les perturbations apportées par l'homme à l'environnement de la Terre vont donc se traduire par un changement climatique à l'échéance des prochaines décennies. Elles conduisent à poser la question de la survie de l'espèce humaine dans le nouvel état d'équilibre qu'atteindra l'environnement terrestre au cours des prochains siècles. Notre avenir dépend certainement en partie de notre capacité à anticiper cette évolution, en maîtrisant notre impact sur l'environnement, et en prenant en compte le fait que nous ne savons pas encore quantifier précisément les couplages entre l'atmosphère, les océans et la biosphère. D'autant que la modification de ces composantes se poursuit à un rythme tel, du fait de l'ampleur de la perturbation apportée, qu'elle devance souvent l'avancée des connaissances scientifiques et le progrès technologique.

Numéro spécial 20e anniversaire

POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE

Commission Économique pour l'Europe des Nations Unies

United Nations, Economic Commission for Europe

HERALDING 20 YEARS OF INTERNATIONAL COOPERATION TO REDUCE AIR POLLUTION



20e anniversaire de la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance

20th Anniversary of the Convention on Long-range Transboundary Air Pollution

GÖTEBORG, 1er décembre 1999, signature du Protocole relatif à la réduction de l'acidification, de l'eutrophisation et de l'ozone troposphérique

GÖTEBORG, 1 December 1999, Signature of the Protocol to Abate Acidification, Eutrophication and Ground-level Ozone

ISSN 0032-3632

Décembre 1999

ADEME

Publié avec le concours du Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, et de l'Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie

MINISTÈRE DE L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE ET DE L'ENVIRONNEMENT

NUMÉRO SPÉCIAL 20e ANNIVERSAIRE DE LA CONVENTION SUR LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE TRANSFRONTIÈRE À LONGUE DISTANCE

- Éditorial
  Développement de la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance sous les auspices de la CEE-ONU
  Convention on Long-range Transboundary Air Pollution under the auspices of UN/ECE
  L. NORDBERG
- Déclaration ministérielle de Göteborg - 1er décembre 1999
  Gothenburg ministerial declaration - 1 December 1999
- Historique de la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance
  The history of the Convention on Long-range Transboundary Air Pollution
  A. JAGUSIEWICZ
- EMEP
  Dr M. WILLIAMS
- Inventaires des émissions de polluants
  Air pollutant emission inventories
  J.-P. FONTELLE, R. BOUSCAREN
- Modèle RAINS, un outil d'évaluation des stratégies régionales de contrôle des émissions en Europe
  The RAINS model : a tool for assessing regional emission control strategies in Europe
  M. AMANN, J. COFALA, C. HEYES, Z. KLIMONT, W. SCHÖPP
- Questions posées par l'emploi du modèle RAINS pour l'étude des stratégies de réduction de la pollution atmosphérique transfrontière
  Questions concerning the use of the RAINS model for the study of strategies for the reduction of transboundary atmospheric pollution
  G. LANDRIEU
- Effets des polluants sur l'environnement et activités de recherches de la Convention de Genève sur la pollution de l'air à longue distance
  Effects of pollutants of the environment and research activities conducted by the Geneva Convention on Long-range air pollution
  C. ELICHEGARAY
- CEE-ONU et ADEME : une longue et fructueuse coopération dans le domaine de l'industrie
  UN/ECE and ADEME : A long lasting and fruitful cooperation in the industrial field
  A. MILHAU
- Aspects économiques des travaux engagés dans le cadre de la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance
  Economic aspects of the work under the Convention on Long-range Transboundary Air Pollution
  Dr H. WUESTER
- Analyse technico-économique des techniques de réduction des émissions de polluants atmosphériques
  Technico-economic assessment of abatement techniques for air pollutants
  O. RENTZ, S. NUNGE, T. HOLTMANN, M. LAFORSCH, T. ZUNDEL
- Forum Pollution Transfrontière
  Transboundary Pollution Forum
  R. BOUSCAREN
- Une coopération innovante, mais est-ce efficace ?
  Innovative co-operation, but is it effective?
  C. ÅGREN
- 1999 : Nouvelle phase – nouveaux objectifs
  1999: New phase – new objectives
  V.-G. SOKOLOVSKY
- Perspectives des États-Unis sur le Protocole visant à réduire l'acidification, l'eutrophisation et l'ozone troposphérique
  Perspective of United States on Protocol to Abate Acidification, Eutrophication and Ground-level Ozone
  J. CLARK, W. HARNETT, K. SCAVO

Prix de ce numéro spécial : France 209 F TTC - 31,86 €
Étranger 209 F - 31,86 €