

Énergie et climat

Pierre Lehmann

La question de l'influence des activités humaines sur le climat a occupé les scientifiques depuis plus d'un siècle. En 1896 déjà, Svante Arrhenius (chimiste suédois, 1859-1927) avait émis l'hypothèse que le gaz carbonique (CO₂) rejeté par la combustion du pétrole et du charbon pouvait provoquer une augmentation de la température moyenne du globe en modifiant ce que l'on a appelé depuis « l'effet de serre » de l'atmosphère. Plus récemment, la découverte du « trou d'ozone », d'abord au-dessus du Pôle Sud, puis aussi au-dessus du Pôle Nord, a montré que, malgré son apparente immensité, l'atmosphère terrestre dans son ensemble pouvait être perturbée par les émissions anthropogènes de gaz polluants.

Devant cette menace pour la stabilité du climat, le monde politique a réagi par des palabres, dont le plus médiatisé a été le Sommet de la Terre en 1992 à Rio de Janeiro au Brésil. Les gouvernements y ont signé une Convention du climat, par laquelle ils s'engageaient à réduire leurs émissions de gaz à effet de serre et de les ramener à leur valeur de 1990 avant l'an 2000. Puis en 1997 à Kyoto (Japon), 55 pays dont les États-Unis se sont engagés à réduire leurs gaz à effet de serre – principalement le CO₂ – de 5% en moyenne par rapport au niveau de 1990 d'ici 2010. C'est peu par rapport à ce qu'il faudrait obtenir puisque, selon les climatologues de l'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, groupe d'experts mis sur pied par l'ONU), il faudrait réduire ces émissions de 60 à 80% d'ici une vingtaine d'années si l'on veut sérieusement prétendre enrayer les changements climatiques. Néanmoins on peut admettre que l'accord de Kyoto représentait un petit pas dans la bonne direction.

La plupart des États n'ont pas tenu les promesses qu'ils avaient faites à Rio. Les États-Unis, responsables à eux seuls du quart des émissions mondiales de CO₂, ont élu à fin 2000 un président (George W. Bush) inféodé aux compagnies pétrolières, qui s'est empressé de dénoncer l'accord de Kyoto sous prétexte qu'il y avait pénurie d'énergie aux États-Unis. Une telle affirmation confine au grotesque, au vu de l'invraisemblable gaspillage d'énergie qui règne dans ce pays. En fait, il s'agissait plus probablement de ne pas compromettre les ventes de pétrole et donc le chiffre d'affaires des sociétés pétrolières qui l'avaient fait élire président. Ce lamentable épisode illustre bien le fait que les tenants du pouvoir économique et politique s'imaginent encore que la croissance économique finira par résoudre tous les problèmes, y compris ceux qu'elle a créés elle-même. Pour soutenir le pouvoir dans cette fuite en avant, l'industrie pétrolière s'adresse des « scientifiques dissidents » pour qu'ils affirment que les émissions de CO₂ n'ont pas d'influence sur le climat. Elle dispose de plus de parlementaires au Congrès et au Sénat américains pour s'opposer à toute réglementation visant à diminuer la production et la consommation de pétrole¹.

Pourtant les indices de dérangement climatique ne manquent pas : récession des glaciers dans les Alpes, réduction des calottes polaires, augmentation de la température

¹ «Climate Crisis», *The Ecologist* 29, n° 2, mars-avril 1999.

moyenne du globe, augmentation de la fréquence d'événements extrêmes (inondations, sécheresses, typhons). Ce qui manque, c'est la volonté de tirer les conséquences de ces constatations et d'agir en conséquence : l'agitation humaine à la surface du globe en cette fin de siècle n'est pas compatible avec la santé de la biosphère et doit être ramenée à un niveau raisonnable. Après tout, l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre est la conséquence directe d'une expansion économique permanente que l'Organisation Mondiale du Commerce (OMC) propose encore d'accélérer.

L'effet de serre et la vie

L'effet de serre de l'atmosphère est un phénomène naturel qui est lié étroitement à la vie et qui détermine le climat. Il est décrit schématiquement dans la Figure 1.

Figure 1

L'EFFET DE SERRE DE L'ATMOSPHERE TERRESTRE

Les valeurs indiquées sont des moyennes sur l'ensemble du globe et sur l'année. L'effet de serre de l'atmosphère retient 39 % du flux tellurique. C'est donc un effet très important dû à la vapeur d'eau et des gaz en trace (CO_2 , CH_4 , N_2O , O_3).

L'augmentation de l'effet de serre due aux activités humaines est estimée à 5 W/m^2 .

L'atmosphère terrestre est constituée presque entièrement d'azote N_2 (78,1 %), et d'oxygène (21,0 %). Ces deux gaz ne participent pas à l'effet de serre, lequel dépend entièrement de la vapeur d'eau et de gaz qui ne se trouvent dans l'atmosphère qu'en concentrations très faibles. La vapeur d'eau, qui peut atteindre par moment et par endroit une concentration relativement importante (jusqu'à 4 %), joue un rôle particulier du fait qu'elle peut se condenser en gouttelettes pour former des nuages qui, non seulement participent à l'effet de serre, mais renvoient aussi une partie du rayonnement solaire incident dans le cosmos. La fraction du rayonnement solaire réfléchi par les nuages, les banquises et autres surfaces réfléchissantes, et qui ne contribue donc pas à chauffer la surface du globe, est ce que l'on a appelé l'albédo de la planète. Sa valeur est d'environ 30 %. L'albédo est tout aussi déterminant pour le bilan radiatif de la planète, et donc pour la température moyenne, que l'effet de serre.

Les gaz qui participent à l'effet de serre sont :

- Le gaz carbonique CO_2 . Sa concentration moyenne actuelle est de 355 ppm (partie par million), alors qu'elle était d'environ 280 ppm avant l'ère industrielle. Le taux d'augmentation est aujourd'hui de plus de 1 ppm/an, soit environ 0,3 %/an. Les émissions anthropogènes de CO_2 sont dues principalement à la combustion du pétrole, du gaz naturel et du charbon.
- Le méthane CH_4 . Sa concentration est aujourd'hui de 2 ppm environ. Elle a doublé par rapport à ce qu'elle était au début du siècle et son taux d'augmentation est de l'ordre de 1 %/an. La molécule CH_4 est environ vingt fois plus efficace pour l'effet de serre que celle de CO_2 . L'augmentation des émissions de CH_4 est due à l'excès de

- ruminants, aux fuites des distributions de gaz naturel, à la fonte du permafrost, etc.
- L'oxyde nitreux ou protoxyde d'azote ou encore gaz hilarant N_2O . Sa concentration moyenne actuelle est de l'ordre de 0,4 ppm. Le taux d'augmentation relatif est probablement voisin de celui du CH_4 . Les émissions de N_2O sont dues aux pratiques agricoles, en particulier à l'apport excessif d'engrais azotés.
 - L'ozone O_3 . La concentration moyenne près du sol de ce gaz très toxique est probablement voisine de 0,03 ppm. Elle varie beaucoup d'un endroit à l'autre et avec la saison. Elle peut atteindre en été des pointes horaires de plus de 0,15 ppm. L'apparition de l'ozone dans la troposphère (partie inférieure de l'atmosphère, en gros jusqu'à 10 km d'altitude) a été provoquée par la pollution atmosphérique. La couche d'ozone située dans la stratosphère vers 25 km d'altitude, qui protège la terre des rayons ultraviolets du soleil, est par contre détruite progressivement par la pollution. Les activités humaines détruisent donc l'ozone là où il est nécessaire et le font apparaître là où il est dangereux.
 - En plus des gaz ci-dessus qui sont présents naturellement, l'homme a introduit dans l'atmosphère les chlorofluorocarbones ou CFC (CFCl_3 et CF_2Cl_2), dont les concentrations moyennes sont très faibles (ordre de grandeur 0,001 ppm), mais qui sont au moins 10 000 fois plus efficaces que le CO_2 pour l'effet de serre. En plus, les CFC détruisent la couche d'ozone stratosphérique.

La régulation du climat par le vivant

L'effet de serre naturel est, comme on l'a vu, dû à des gaz en traces, dont les molécules sont formées à partir des éléments H, C, N, O. Ces éléments constituent à eux seuls la plus grande partie de la masse de ce qui vit sur la terre et dans les mers. Un arbre, par exemple, est à 50 % du carbone C, l'eau (H_2O) se retrouve dans tous les êtres vivants et en est souvent la substance dominante. L'azote N et l'hydrogène H sont présents dans toutes les protéines et autres molécules de base du métabolisme des êtres vivants. Du fait de ce métabolisme et des cycles biologiques (naissance, vie, mort), les échanges sont permanents entre le vivant et l'atmosphère, si bien que la concentration des gaz à effet de serre naturels dépend au premier chef de la vie elle-même. Par ailleurs, l'albédo de la planète en dépend aussi. Il s'ensuit que le climat dépend du vivant. Mais le vivant dépend aussi du climat. L'ensemble est infiniment complexe et ne peut pas être simulé de manière complète par des modèles mathématiques. La vie ne peut pas être mise en équations. Nous devons donc admettre que nous ne savons pas prédire l'évolution du climat et que, comme l'a souligné le climatologue américain W. S. Broecker : « La plupart des conséquences des activités humaines sur le climat seront des surprises » La seule chose que l'on peut affirmer avec un minimum de certitude est que l'augmentation de l'effet de serre provoqué par l'homme fait croître l'énergie disponible dans l'atmosphère. Cela doit avoir pour conséquence d'accélérer le cycle hydrologique naturel et la puissance de la machine thermique terre-mer-atmosphère. Il en résulte une augmentation de la fréquence d'événements extrêmes : tornades, inondations, etc. Au-delà de cette

constatation, les prévisions à long terme ne sont guère possibles, car on ne sait pas prévoir la réaction du vivant aux perturbations provoquées par les activités humaines dans le fonctionnement de la biosphère.

On connaît quelques mécanismes par lesquels la vie intervient dans la régulation du climat : les plantes poussent plus vite et absorbent donc davantage de CO_2 dans une atmosphère enrichie de CO_2 , le plancton marin produit davantage de diméthyle de soufre si la température de l'eau monte, ce qui peut augmenter l'ennuage et donc l'albédo, et va tendre à refroidir la planète. (Le diméthyle de soufre $(\text{CH}_3)_2\text{S}$ favorise la condensation de la vapeur d'eau en gouttelettes et donc la formation de nuages). Il y a sans doute un très grand nombre d'interactions de ce type. Mais ces mécanismes de régulation ne fonctionnent bien que si la biosphère dans son ensemble reste en bonne santé. Si par exemple le sol est empoisonné par des retombées de polluants, par la radioactivité, etc., les plantes pousseront moins bien, même si l'atmosphère est enrichie en CO_2 . Les pollutions marines peuvent détruire le plancton ou en modifier la composition. L'état du climat reflète l'état de la biosphère dans son ensemble. Il en est une des manifestations.

Les déterminants du climat

Si la vie agit en permanence sur le climat, elle ne peut contrôler les variations dues à des phénomènes à grand échelle capables de modifier complètement les données du problème. Les principaux phénomènes de ce type sont, par ordre d'échelles de temps décroissantes :

- La puissance du soleil. Notre soleil a un comportement remarquablement stable. À court terme, sa puissance ne varie que très peu, les fluctuations n'excédant pas 0,1 %. Mais sur le très à long terme, sa puissance tend à augmenter. L'échelle des temps est ici de l'ordre du milliard d'années.
- La dérive des continents. La position des principales terres émergées à la surface de la terre conditionne le climat de manière déterminante. À titre d'exemple, la position actuelle du continent antarctique au Pôle Sud provoque une accumulation de glace et un refroidissement important. Les durées impliquées dans la dérive des continents se chiffrent en centaines de millions d'années.
- Les paramètres orbitaux de la terre. L'excentricité de l'orbite varie avec une période de 100 000 ans, l'inclinaison de l'axe de rotation sur le plan de l'orbite varie entre 21,5 et 24,5° avec une périodicité de 41 000 ans et la précession des équinoxes (mouvement d'oscillation de l'axe de la terre) a une périodicité de 21 000 ans. Ces périodicités se retrouvent dans les fluctuations climatiques.
- Les courants marins. Ces courants provoquent des échanges de chaleur considérables entre différents océans et entre les hémisphères. Ils sont actionnés par des différences de salinité et de température. Le Gulf Stream, par exemple, amène de la chaleur dans l'Atlantique Nord et assure un climat comparativement doux à la Norvège et à l'Écosse. Il se peut que la vie soit aussi impliquée dans l'existence et l'intensité des

courants marins. Mais de toute façon, l'arrêt ou le démarrage d'un courant marin important aurait des conséquences énormes sur le climat de certaines régions du globe. Les durées impliquées sont de l'ordre de plusieurs dizaines de milliers d'années.

- Le volcanisme. Une éruption volcanique forte peut avoir des conséquences climatiques pendant plusieurs années. Ainsi, l'explosion du mont Tambora en Indonésie en 1815 a provoqué un refroidissement important du globe, qui a fait qu'en 1816 il n'y a pratiquement pas eu d'été dans l'hémisphère Nord. Il est clair que si pour une raison quelconque le volcanisme s'intensifiait, cela rendrait caduques toutes les prophéties climatiques actuelles. Il n'est pas impensable qu'il puisse y avoir une rétroaction du climat sur le volcanisme : la pression exercée par une plaque tectonique sur le magma dépend de la masse de glace qu'elle supporte.

D'autres phénomènes comme, par exemple, les variations du champ magnétique terrestre, du rayonnement cosmique, de la position du système solaire dans la galaxie, etc. peuvent éventuellement avoir une incidence sur le climat, mais de tels effets seraient difficiles à préciser et ne sont pas à première vue déterminants à l'horizon du prochain siècle, qui est celui pour lequel les modélistes du climat font leurs prévisions.

Les conséquences catastrophiques du dérèglement climatique

Même si l'influence des activités humaines sur le climat n'est plus guère contestée que par un dernier carré d'obstinés inféodés pour la plupart à l'industrie pétrolière, les conséquences possibles d'un dérèglement climatique sont encore traitées à la légère dans presque tous les médias. On fait comme s'il ne s'agissait que d'un problème parmi d'autres que l'humanité rencontre sur le chemin du «développement» et que l'on arrivera bien à résoudre en y mettant les moyens scientifiques et techniques adéquats. Il a même été proposé de mettre en orbite des milliers de gigantesques miroirs pour renvoyer une partie du rayonnement solaire dans le cosmos, de manière à tenir la Terre au frais malgré l'augmentation continue des émissions anthropogènes de gaz à effet de serre ².

Tout cela est naïf. Le dérèglement climatique est porteur de catastrophes presque inimaginables ³. Jusqu'à aujourd'hui, nous n'en avons eu que les signes avant-coureurs, avec des ouragans très violents (Mitch, Lothar entre autres), des inondations de plus en plus fréquentes et persistantes (comme dans la vallée de la Somme au printemps 2001), des sécheresses de longue durée (Afrique, Mongolie). D'autres calamités sont au programme, comme la montée du niveau des mers avec la perte concomitantes de vastes zones côtières dans presque tous les continents (Floride, Louisiane, Thaïlande, Vietnam, Hollande, etc.). Les nombreuses populations vivant près des côtes vont perdre leur habitat et se transformeront en cohortes de millions de réfugiés qu'on ne saura pas héberger ni comment nourrir. Le réchauffement de la planète, plus marqué dans les zones

² Edward Goldsmith et Jerry Mander (eds), *The Case Against the Global Economy and For a Turn Towards Localization*, Londres, Earthscan 2001. Le chapitre 26 cite le chiffre de 5000 miroirs de 100 km² chacun, ce qui représente 1% de la surface du globe.

³ Climate Crisis, op. cit.

tempérées et polaires, va aussi poser des problèmes de santé. En particulier du fait que les insectes et les rongeurs, vecteurs de maladie, vont pouvoir coloniser des espaces situés sous des latitudes plus élevées et précédemment trop froids pour eux. Le réchauffement risque aussi de condamner de nombreuses espèces animales et végétales à l'extinction, du fait des modifications considérables que vont subir les écosystèmes qui les font vivre (augmentation/diminution des précipitations, des températures, de l'ensoleillement, de la couverture végétale, etc.). Et cela en plus des dangers auxquels ces espèces sont déjà exposées avec la pollution généralisée de l'eau, de l'air et des sols.

Si l'on voulait chiffrer les coûts que va provoquer le changement climatique – ce qui n'est possible que de manière limitée, car comment quantifier en termes d'argent la misère humaine ou la disparition d'espèces? – on constaterait que les efforts nécessaires pour réduire de 60 à 80% les émissions de CO₂ et d'autres gaz à effet de serre sont comparativement bon marché. Au vu de la gravité de la situation, il y aurait lieu de mettre en place un plan d'urgence pour obtenir ce résultat dans un délai de vingt à trente ans. L'alternative est de voir cesser ces émissions avec l'effondrement de la civilisation technique.

Pourtant les gouvernements des pays industrialisés, au premier rang desquels se trouve celui des États-Unis, préfèrent manifestement prendre le risque de perdre la planète plutôt que de renoncer à une croissance économique toujours accélérée, déjà responsable aujourd'hui de la dégradation de la biosphère et de la dégénérescence de la société. Le pouvoir est devenu fou et criminel. Si les citoyens reprennent leur destin en mains, il y a encore un espoir, concrétisé aujourd'hui dans la résistance à la mondialisation.

Que faire ?

En fait, il faudrait arrêter le développement et devenir, comme l'a suggéré Cornelius Castoriadis ⁴, les jardiniers de la planète et «la cultiver comme elle est et pour elle-même. Et trouver notre vie, notre place relativement à cela». On retrouve ici un peu la manière de voir des sociétés de subsistance (voir le chap. Le Mythe du développement, p. 00). Comme le dit encore Castoriadis, il s'agit d'une tâche énorme qui pourrait libérer les gens d'un travail stupide, productif, répétitif – mais l'imaginaire de notre époque est celui de l'expansion illimitée, de l'accumulation de la camelote.

C'est bien là le problème. Pour l'instant, les tenants du pouvoir se sont montrés incapables de se sortir de cet imaginaire-là, si bien que même les propositions modestes de réduction des émissions de CO₂ (Kyoto) n'arrivent pas à être concrétisées. C'est à qui poussera l'autre à réduire ses émissions pour éviter d'avoir à diminuer les siennes, voire de pouvoir les augmenter. Une des raisons de la stérilité des négociations actuelles est que chaque État cherche à défendre d'abord ce qu'il considère comme son propre intérêt économique, alors qu'il s'agit à l'évidence d'un problème d'environnement global. Pour sortir de l'impasse, le GCI (Global Commons Institute) a proposé d'aborder la question

⁴ Cornelius Castoriadis, «Stopper la montée de l'insignifiance», *Le Monde Diplomatique*, août 1998.

par un programme appelé «Contraction et Convergence»⁵. On commence par fixer, sur la base d'un consensus scientifique, la concentration de CO₂ dans l'atmosphère à ne pas dépasser si on veut éviter la bascule climatique (par exemple 4000 ppmv). À partir de là, on détermine à l'aide de modèles un budget global des émissions de CO₂ à même d'assurer de manière raisonnablement certaine que la concentration limite ne sera pas dépassée. Ce budget peut changer au fur et à mesure que les connaissances climatiques s'améliorent et que les modèles liant émissions et concentrations se perfectionnent.

Intervient alors l'aspect social: l'émission globale considérée comme admissible doit être distribuée de manière équitable, ce qui signifie que chaque habitant de la planète doit avoir droit à la même émission – convergence. Il est clair que, les émissions actuelles de CO₂ et d'autres gaz à effet de serre étant bien trop grandes, elles devront diminuer avec le temps – contraction – jusqu'à ce qu'on atteigne un point où la végétation marine et terrestre soit à même d'absorber les émissions anthropogènes de CO₂ et que sa concentration dans l'atmosphère reste stable.

«Contraction et Convergence» est une base de négociation qui met tout le monde sur pied d'égalité et permet d'éliminer les objections du genre de celles formulées par les États-Unis, qui ne veulent pas réduire leurs émissions si les pays du Sud n'acceptent pas de limiter les leurs. Ici, tout le monde est finalement logé à la même enseigne et se bat pour la même cause: maintenir le climat mondial dans un état suffisamment stable pour assurer la production de nourriture et la pérennité de la vie et des conditions de vie en général.

Pour qu'un programme comme celui-ci ait une chance, il est probablement nécessaire de revenir à des économies de proximité, ce qui suppose l'annulation de la dette des pays dits pauvres – appelons-les plutôt endettés – et un changement complet des priorités du Fonds monétaire international, de l'OMC et de la Banque mondiale, institutions qui font aujourd'hui encore la promotion des importations et exportations pour augmenter le commerce mondial... et les émissions de CO₂. Il faudra se débarrasser de principes désastreux comme «l'avantage comparatif» et aider les économies régionales à devenir performantes et stables. La stabilité du climat exige manifestement celle des sociétés qui peuplent la terre. Elles ne peuvent l'être que si elles connaissent et respectent la région qu'elles habitent et qu'elles l'utilisent sans compromettre sa biodiversité et ses capacités de production.

La problématique du climat confronte l'homme aux conséquences de son manque de respect pour la biosphère. Victimes du fétichisme du profit, les décideurs politiques et économiques semblent incapables d'envisager un monde en équilibre et en paix, une société humaine reposée et vivant en harmonie avec la nature. Tout doit être sacrifié à l'expansion économique et tous les moyens, y compris la guerre, sont bons pour la promouvoir. Plutôt que de programmer la diminution de la consommation d'énergie déjà largement excessive, on cherche à développer des projets aberrants comme la surgénération, la fusion nucléaire contrôlée, projets incapables d'aboutir parce que trop compliqués et trop dangereux. On maintient le citoyen dans l'illusion que, grâce à la

⁵ Climate Crisis, p. 141.

science, il pourra toujours consommer toute l'énergie qu'il voudra et que cette consommation est une mesure de sa prospérité. Tout cela est naïf, voire franchement criminel. Espérons que ce château de cartes s'écroulera avant que le climat ne se dérègle au point de rendre la vie impossible. La biosphère est un tout dont nous faisons partie. Elle laisse à tous les êtres vivants un espace d'activités suffisant mais limité. L'homme a manifestement dépassé le sien. Il doit retrouver ses limites.