

Gérard Lambert

La Terre chauffe-t-elle ?

Le climat
de la Terre
en question



Gérard Lambert

La Terre chauffe-t-elle ?

Illustrations
de Jean-Michel Thiriet



7, avenue du Hoggar
Parc d'Activité de Courtaboeuf, BP 112
91944 Les Ulis Cedex A, France

« Bulles de sciences »
Collection dirigée par Bénédicte Leclercq

En couverture : « La Terre vue par le satellite Météosat ». © ESA.

ISBN : 2-86883-515-5

Tous droits de traduction, d'adaptation et de reproduction par tous procédés, réservés pour tous pays. La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective », et d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (alinéa 1^{er} de l'article 40). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du code pénal.

© EDP Sciences 2001

Préface

La vérification définitive du fait que le climat de la Terre se réchauffe et la mise en place de mesures destinées à ralentir cette évolution sont sans doute les questions les plus importantes pour l'avenir des générations qui viennent. Serons-nous capables, collectivement, de faire les choix sans doute douloureux qui seront nécessaires pour que nos enfants, les enfants de nos enfants et ceux qui viendront après ne soient pas victimes de notre imprévoyance ?

Avant tout, notre Terre se réchauffe-t-elle vraiment ? Les plus âgés ont toujours trouvé que, du temps de leur jeunesse, les hivers étaient plus froids, les étés plus chauds, les tempêtes moins fortes ; en un mot, que tout se dérègle. Mais qu'y a-t-il au fond de vrai ? La grande variabilité du temps qu'il fait d'une année à l'autre, le peu d'archives météorologiques précises dont nous disposons, font qu'il n'est pas facile de vérifier ces impressions. Toutefois cette vérification peut être faite, et elle est concluante : effectivement le climat moyen de la Terre se réchauffe.

Du coup, plusieurs nouvelles questions s'ouvrent. Qu'implique, pour une région donnée, ce réchauffement global : plus de pluie, moins de pluie, une température locale plus

élevée en moyenne, ou le contraire... ? Ce réchauffement est-il la conséquence de phénomènes qui échappent à notre maîtrise (irrégularités du mouvement de la Terre, fluctuations à longue période...) ou, au contraire, d'évolutions dont l'action de la société humaine est la cause (production accrue de gaz carbonique...)? Avons-nous les moyens de corriger cette évolution et le faut-il? Et bien d'autres questions encore.

Toutes ces questions ont des traits communs. Elles sont extrêmement complexes, elles font intervenir de nombreux phénomènes élémentaires relevant de disciplines scientifiques variées, dont les causes et les conséquences s'entremêlent, et seuls des modèles mathématiques compliqués permettent d'en combiner les effets contradictoires. S'ajoute à cela que les conséquences économiques et politiques des décisions à prendre sont si lourdes qu'il est évidemment tentant, pour les représentants des intérêts variés en question, de mettre en cause les analyses et les résultats scientifiques intermédiaires, pour déconsidérer de façon indirecte les conclusions qui dérangent.

C'est donc, en quelque sorte, à une enquête policière que s'attaque la communauté scientifique lorsqu'elle amasse les indices, les compare, les pèse, en fait des synthèses pour savoir, en fin de compte, s'il y a un crime, s'il y a des coupables, comment ils ont agi, et comment réparer. Et, comme dans un procès d'assises, il y a un jury qu'il faut convaincre. En l'espèce, ce jury, c'est nous, ou plutôt ce sont nos représentants dans les grandes conférences scientifiques et politiques internationales qui traitent du réchauffement climatique.

Mais nous sommes, heureusement, en démocratie et, par ailleurs, les décisions qui seront prises concerneront sûrement chacun de nous, par exemple, si des restrictions sévères sont

PRÉFACE

apportées à la consommation des ressources énergétiques fossiles. En cette affaire, chacun est donc à la fois accusé, juré et chargé de l'application des peines. Il est donc de l'intérêt de chacun d'essayer de se faire son opinion. Mais pour cela, il faut d'abord que quelqu'un nous explique un peu plus comment se pose le problème.

C'est ce que se propose de faire, dans ce livre, Gérard Lambert. Son héros, le détective de cette histoire policière, Charles D. Evans, dit CDE, est doué, pour les besoins de l'intrigue, à la fois d'une très grande compétence scientifique et d'un très grand pouvoir, puisqu'il représente le Président des États-Unis. Mais au fond, il représente chacun d'entre nous : un homme (ou une femme) honnête et de bonne volonté qui essaye de comprendre pour pouvoir agir au mieux. Nous l'accompagnons dans sa quête, nous rêvons de ses aventures, nous bénéficions de ses progrès. Et, au-delà du *happy end* du roman, où nous quittons CDE, nous aurons à construire, non pas une fin heureuse, mais un avenir collectif que l'on espère aussi heureux que possible.

Puisse ce livre y contribuer !

Michel Demazure

Président de la Cité des Sciences et de l'Industrie

Avertissement

D'innombrables problèmes se posent à l'humanité : famine, rareté de l'eau potable, sida, paludisme, chômage, trafic de drogue, violences, et bien d'autres. Si graves qu'ils soient, tous ont en commun de ne concerner qu'une partie du genre humain, même s'il s'agit parfois de centaines de millions d'individus.

En revanche, l'éventualité d'un réchauffement planétaire, dû ou non aux activités humaines, affecte la totalité de la vie sur Terre, hommes, animaux et végétaux confondus dans une même épreuve. C'est ce qui rend indispensable un minimum d'information du public sur la manière dont se présente ce défi majeur, notamment pour ceux qui risquent d'avoir à vivre sur une planète transformée, les jeunes d'aujourd'hui.

Ce livre s'adresse donc d'abord aux jeunes d'une quinzaine d'années. Non pas que les plus jeunes ne soient pas concernés, mais il leur manquerait le minimum de connaissances qui permet une démonstration au lieu d'une simple affirmation. En effet, lorsqu'on expose les problèmes d'environnement, domaine toujours controversé, on doit non seulement expliquer, mais aussi convaincre de l'exactitude des explications. Bien sûr, les moins jeunes sont aussi les bienvenus !

La Terre chauffe-t-elle ?

Telle est la question qui est posée à mon héros imaginaire, Charles D. Evans. Pour y répondre, il entreprend une grande enquête qui le mènera aux quatre coins de la planète, afin de rencontrer les scientifiques concernés, en plein travail.

S'agit-il d'une fiction ? À vous, ami lecteur, d'y répondre, et peut-être de rêver rejoindre un jour ceux dont vous allez faire connaissance. Sachez toutefois que si les noms de personnes sont tous fictifs, en revanche les noms de lieux, d'organismes et de laboratoires sont exacts.

Les textes documentaires sont reproduits, après corrections mineures, de mon précédent ouvrage publié au Seuil en 1995 et intitulé : « L'air de notre temps ; le climat, les hommes et les molécules ».

Si vous êtes paresseux mais que vous désirez vous informer sur ce sujet, ou tout simplement éblouir vos amis par vos connaissances, contentez-vous de lire les chapitres 9 et 18.

Sinon, que faut-il savoir pour lire ce livre ?

1. Savoir lire !
2. 10^3 signifie un 1 suivi de trois zéros, c'est-à-dire 1 000 ; donc 10^6 c'est 1 000 000 (un million) et 10^9 un milliard.
3. Les inverses s'écrivent avec un exposant négatif : un millième, soit 1/1 000, s'écrit 10^{-3} .
4. Les atomes sont tous représentés par une lettre (ou un groupe de deux lettres) : C pour le carbone ; O pour l'oxygène ; H pour l'hydrogène ; N pour l'azote ; Cl pour le chlore.
5. Les molécules qui composent toute matière sont faites d'un certain nombre d'atomes : CO_2 , pour le gaz carbonique (ou dioxyde de carbone), signifie 1 atome de carbone et 2 d'oxygène ; CH_4 , pour le méthane, signifie 1 atome de carbone et 4 d'hydrogène.

Et c'est tout !

partie I

**La colère ne change pas
le temps qu'il fait**



1. Charles D. Evans, alias CDE, subit la colère présidentielle.

Colère noire à la Maison Blanche

« Foutaises que vos histoires de réchauffement planétaire ! Regardez plutôt dehors ! Il paraît que je suis l'homme le plus puissant de la Terre ; je peux envoyer des bombes atomiques à l'autre bout de la planète ; je commande à des centaines d'avions et d'hélicoptères et je ne peux pas aller au coin de la rue acheter un sandwich au plus proche des drugstores. »

Le Président des États-Unis bouillait de colère en raison de la tempête de neige qui paralysait Washington depuis deux jours. De fait, c'était une des pires tempêtes qu'on ait vues depuis longtemps. La couche de neige était si épaisse que même les chasse-neige ne circulaient plus et que toute activité était suspendue dans la capitale fédérale. Cela dit, la colère du président n'y changeait rien.

La victime du courroux présidentiel n'était autre que son conseiller scientifique, et jusqu'alors ami, Charles D. Evans que tout le monde appelait par ses initiales CDE, selon l'habitude des journalistes de ce côté de l'Atlantique.

C'était un grand gaillard de 30 ans, mince et sportif. Malgré son jeune âge, CDE était un physicien connu pour ses travaux à la fois théoriques et expérimentaux dans le domaine des particules fondamentales. Un tel sujet, fort éloigné des

applications industrielles, ne le prédisposait guère à devenir le conseiller scientifique du Président, mais ce dernier avait apprécié en diverses circonstances l'esprit ouvert du jeune physicien, et, d'habitude, il lui faisait confiance. La tempête de neige avait tout bouleversé.

« Une tempête de neige n'a pas grand chose à voir avec le réchauffement planétaire, répondit CDE dès qu'il put placer un mot.

– Toujours est-il que la neige ne fond pas », reprit l'irascible Président. Après un court instant, il poursuivit :

« Comment voulez-vous que je fasse avaler au peuple américain que l'heure est venue de faire des économies d'énergie pour sauver le climat de la planète, alors qu'il suffit de regarder dehors pour se persuader que toutes ces craintes ne sont évidemment pas pour demain ? Ils ont bonne mine nos diplomates et nos scientifiques qui ont accepté, lors des conférences internationales sur la modification du climat, de stabiliser et même de diminuer les émissions de gaz à effet de serre. Et d'abord qu'est ce que c'est que ces gaz à effet de serre qu'on ne voit pas, qu'on ne sent pas et qui ne sont même pas dangereux à respirer ; vous parlez d'un drôle de polluant.

– Les accords internationaux qui ont été passés sont tout de même le résultat d'études scientifiques tout ce qu'il y a de sérieuses, et...

– Trêve de baratin ! Moi, ce qui me préoccupe ce sont les conséquences économiques de tout ce fatras soi disant scientifique, les réactions des milieux d'affaires, ce qui en apparaîtra dans les médias et ce qui en résultera lors des prochaines élections. Et quand je vois la vague de froid qui s'est abattue sur les États-Unis, je manque d'arguments pour inciter mes concitoyens à restreindre leur confort, les salariés à admettre

un plus fort taux de chômage et les capitalistes à diminuer leurs profits sous prétexte que nous risquons d'avoir trop chaud dans un certain nombre d'années ou de siècles. Sans compter qu'un certain nombre de vos collègues en sciences s'insurgent contre ce genre de prévision et que d'autres nous annoncent même le retour des glaciers pour le prochain millénaire, ce qui colle beaucoup mieux avec le temps qu'il fait aujourd'hui.

– Oui, mais l'été dernier, nous avons eu une vague de chaleur et un nombre inhabituel de cyclones qui ont ravagé la Floride et la Caroline du Sud, au grand dam de leurs populations et aussi des compagnies d'assurances.

– C'est vrai. Mais mon problème, encore une fois, c'est de prendre ou non les mesures qu'imposent en principe les accords internationaux... et de me faire quand même réélire dans deux ans. Après tout, c'est à vous, mon conseiller scientifique, de me fournir les arguments et, d'abord, d'évaluer comme il faut toutes les thèses en présence.

– Comme vous le savez, j'ai lu très attentivement les rapports du fameux Groupe Intergouvernemental d'Évaluation des Changements Climatiques qui a été institué à la fois par l'ONU (*l'Organisation des Nations Unies*) et par l'Organisation Météorologique Mondiale, et je peux vous affirmer que la quasi totalité de la communauté scientifique internationale est d'accord pour exprimer son inquiétude.

– Cessez de me jeter à la tête des noms d'organismes officiels. Je sais tout ça. Mais ça ne me suffit pas. Vous savez bien qu'on soupçonne ce comité de n'avoir choisi ses membres que parmi les chercheurs déjà convaincus et d'avoir éliminé les autres. De plus, tous ces rapports sont illisibles par les profanes dont je suis. Ce qu'il me faudrait, c'est que vous repreniez

vous-même l'ensemble de la question, en allant chercher les informations de base, à leur source même, et en critiquant au besoin leur signification. Après tout, les données numériques sont peut-être incertaines voire truquées, et les modèles qu'on en tire dénués de signification. J'ai appris à me méfier des conclusions des gros ordinateurs et, plus encore, des lobbies qui ont des intérêts parfois inavouables.

– C'est un sacré travail que vous demandez là ; il faudrait plusieurs années pour parvenir à des conclusions inattaquables du genre de celles que vous exigez.

– Et alors ? Après tout, vous êtes payé pour conseiller le Président, oui ou non ?

– Pourquoi ne confiez vous pas ce travail à la NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) ? C'est bien dans leurs attributions.

– Justement, ils font partie du groupe impliqué dans ces fameux rapports. Ils ne peuvent pas me dire autre chose que ce qu'ils ont contribué à écrire. Vous, vous avez l'avantage de venir d'un tout autre domaine de la science tout en étant capable, du moins je le crois, de comprendre le charabia des chercheurs. Vous êtes l'homme idéal. Et le temps ne vous manquera pas puisque les élections ne sont que dans deux ans. Je vous donne un an pour revenir me voir avec des conclusions claires et compréhensibles par tout un chacun. Passez demain matin au secrétariat de la Présidence et vous y trouverez votre lettre de mission... Si toutefois mes secrétaires arrivent à la Maison Blanche en dépit de la neige. À propos, comment avez-vous réussi à venir ce matin ?

– J'habite à seulement deux blocs d'ici, et j'ai utilisé mon équipement de sports d'hiver ; je me suis changé en arrivant pour passer un costume plus conforme aux traditions de la

Maison Blanche. Maintenant, j'accepte volontiers quoique sans enthousiasme le travail que vous me demandez, mais cela va me conduire à voyager un peu partout pour rencontrer les chercheurs qui travaillent dans ce domaine et visiter leurs laboratoires. Vous allez devoir me remplacer pendant toute cette année.

Le Président se mit à rire et congédia CDE avec une tape amicale en disant :

« Ne vous inquiétez pas : il y aura pléthore de candidats pour vous remplacer, en dépit de mon mauvais caractère. »

2

Questions de météorologie

(Première lettre de CDE au Président des États-Unis)

Monsieur le Président,

La première action que j'ai entreprise dans le cadre de la mission que vous m'avez confiée a été de suivre moi-même le conseil que je vous avais suggéré, à savoir : consulter d'abord l'administration spécialisée. J'ai donc organisé une rencontre avec le Professeur J.L. Andersen (dit JLA) qui dirige les services météorologiques fédéraux, et je me suis rendu au siège de cet organisme, 1325 East West Highway, à Silverston dans le Maryland.

Les lignes qui suivent sont la retransmission exacte de notre entretien, dont je n'ai retranché que les formules de politesse et les remarques sans intérêt du genre « Voulez-vous du café ? ». Voici donc cet entretien.

« Comment les météorologues interprètent-ils la tempête de neige exceptionnelle qui sévit actuellement sur Washington ? Pensez-vous qu'un tel événement remette en cause les conclusions des climatologues sur le réchauffement de la planète ?

– Je réponds à votre première question. Une tempête de neige sur Washington n'est pas du tout exceptionnelle en hiver. Celle-ci est forte, mais on a déjà vu pire. On a une tempête de neige lorsque des masses d'air chargées d'humidité, donc en provenance de mers chaudes, rencontrent une région où la température au niveau du sol, et *a fortiori* en altitude, est inférieure à zéro degrés Celsius. Alors, la vapeur d'eau se condense en cristaux de glace qui forment des flocons de neige; celle-ci tombe et s'accumule tout simplement parce qu'elle ne fond pas.

– Vous venez de m'expliquer COMMENT se forme une tempête de neige, mais pas POURQUOI? Pouvez-vous aller plus loin dans votre explication ?

– Je peux aller beaucoup plus loin, mais cela ne répondra pas encore à votre attente. Les conditions de formation de la tempête de neige que je vous ai décrites sont le résultat de la circulation atmosphérique à l'échelle de tout le Globe, c'est-à-dire de la répartition des températures, des pressions atmosphériques, des vents, et de l'évaporation au-dessus des océans ainsi qu'au-dessus de la végétation et même des déserts. Mais, en disant cela, je continue à répondre à la question COMMENT et non pas POURQUOI. J'ai envie de dire que c'est comme ça et pas autrement.

– Mais cette répartition globale des pressions et des vents, elle résulte bien de l'évolution déterminée de la situation précédente, et, de proche en proche, de toutes les situations météorologiques du passé. Cela fait que vous étiez en mesure de prévoir la tempête, ce que vous avez fait.

– Oui et non. En fait, l'évolution du temps est un phénomène qu'on appelle chaotique. Cela veut dire que dans n'importe quelle situation, une perturbation si petite qu'on ne

peut pas la percevoir peut modifier de façon très importante l'évolution future.

– Je sais; c'est le fameux paradoxe du papillon qui bat des ailes en Australie et qui provoque une tempête à Washington.

– Ce serait vrai s'il n'y avait au monde qu'un seul papillon. Mais des causes de perturbation aussi petites, il en existe des milliards, si bien que vous ne pourrez jamais rattacher une conséquence importante (nous disons macroscopique) à une toute petite cause (dite microscopique). C'est pourquoi la prévision météorologique est si difficile alors que la science de base est assez simple.

– La météorologie simple, vous me surprenez.

– Mais si! Il suffit de connaître quatre lois très simples:

1. L'air chaud est plus léger que l'air froid et a donc tendance à monter.

2. Transformer de la glace ou de l'eau liquide en vapeur absorbe une grande quantité de chaleur (dite chaleur latente) qui est libérée au contraire quand cette vapeur se condense.

3. L'air chaud peut se charger de beaucoup plus de vapeur d'eau que l'air froid: en fait quatre fois plus à 30 °C qu'à 0 °C.

4. Enfin, il ne faut pas oublier que la Terre tourne et que pour cette raison, tout mouvement un peu rapide par rapport au sol se transforme en tourbillon (*voir la figure 32, page 191*).

Avec ça, vous devenez un météorologue distingué, capable de faire des prévisions, à condition de disposer du plus gros ordinateur du monde, et de recevoir de tous les coins du monde, en temps réel, des informations sur le temps qu'il y fait.

– Par exemple, vous expliquez la formation des cyclones et vous prévoyez leur itinéraire.

– On prévoit plus ou moins bien leur itinéraire, mais on explique bien leur formation. Quand la température superficielle

Table des matières

Préface	3
Avertissement	7
Partie I. La colère ne change pas le temps qu'il fait	
1. Colère noire à la Maison Blanche	11
2. Questions de météorologie	17
Partie II. Le passé recomposé	
3. Un vrai roman : l'histoire de la Terre	27
4. Une rencontre inattendue	37
5. Glaces	41
<i>Aperçu de la géochimie des isotopes de l'oxygène</i>	
6. Un accueil importun	53
7. Une vérité dans la boue	57
<i>Un carbone radioactif</i>	
8. Une glace qui pétille	71
9. Effet de serre et alternance des climats	81
10. La Terre est une grosse toupie	85
Partie III. Chauffage aux gaz	
11. La Terre est un énorme lézard	97
<i>Équilibre radiatif et effet de serre</i>	
12. Une station scientifique dans les îles Hawaii	111
<i>Mesurer le gaz carbonique</i>	

13. Un visiteur intempestif	121
14. Pourquoi le gaz carbonique augmente-t-il? <i>Croissance du CO₂ atmosphérique et cycle du carbone</i>	125
15. Du méthane en Tasmanie	137
16. Seconde entrevue avec le Président	149
17. Du grisou dans l'agriculture <i>Opuscule du Pr Khaleb</i>	151
18. Conférence capitale au Capitole <i>Qui, de la Nature ou de la technologie, se chargera de ralentir la croissance du CO₂?</i>	159
 Partie IV. L'avenir de la planète	
19. Le colloque international de Harvard <i>Prévision météorologique et « GCM »</i>	181
20. Coup de chaleur et coup de froid	195
21. Futur incertain	203
22. Retour à la Maison Blanche	211
Remerciements	219
Bibliographie	221