

François Meynard

LA
LÉGENDE
DE
L'EFFET
DE SERRE

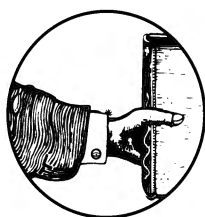
Manuel de démystification des problèmes
et faux problèmes climatiques

FAVRE

François Meynard

LA LÉGENDE DE L'EFFET DE SERRE

Manuel de démystification des problèmes
et faux problèmes climatiques



FAVRE

Avant-propos

L'effet de serre existe, mais c'est « l'Effet de serre » qui n'existe pas. Le premier désigne l'effet d'une couche d'air, un mélange de gaz, qui enveloppe la Terre. Parler d'effet d'atmosphère serait d'ailleurs plus approprié, mais l'expression effet de serre s'est imposée chez les scientifiques et dans le public. Quand à cet « **Effet de serre** », il se réfère à une description de l'effet de serre, acceptée par une grande majorité des climatologues : **c'est le prétendu réchauffement climatique global causé par l'augmentation des émissions de CO₂ d'origine humaine dans l'atmosphère.** Dans cet ouvrage, les guillemets sont employés pour distinguer les deux significations de cette expression. Si l'hypothèse de « l'Effet de serre » était vérifiée, cette distinction serait inutile. **Mais le cœur de cet essai consiste à montrer que « l'Effet de serre » n'a pas de réalité physique.** C'est une bonne raison pour faire cette distinction. Quelle en est la conséquence ? Assez lourde, car « l'Effet de serre » est encore actuellement la clé de voûte de la climatologie, ce vaste champ scientifique qui s'intéresse à l'évolution globale du climat terrestre. Que n'a-t-on pas entendu sur les corrélations entre la théorie du réchauffement climatique et la fréquence de tel ou tel événement météorologique extrême – tempête, tornade, fonte des calottes polaires, sécheresse, forte pluie, recul des glaciers, etc. ? Si « l'Effet de serre » est une légende, tous

ces événements, si dramatiques qu'ils puissent être, perdent de leur importance comme signes avancés d'un basculement du climat dans un chaos sans fin. Cette approche critique de la climatologie évite de se perdre dans l'analyse de corrélations entre des événements particuliers et l'augmentation de « l'Effet de serre », puisqu'on démontre qu'il n'existe pas. Conséquence positive, au sens scientifique, de cette enquête, l'homme se trouve libéré de la culpabilité des changements climatiques. L'information est précieuse, car en début de XXI^e siècle, ce n'est pas un luxe que d'être débarrassé d'une fausse peur. Merci la science !

En quelques décennies, l'idée que les changements climatiques soient fortement influencés par les émissions de dioxyde de carbone (CO₂) d'origine humaine s'est imposée comme une évidence aux quatre coins du monde, au point qu'il est devenu presque impossible de ne pas y adhérer. C'est que, marqués du sceau de la science, le catastrophisme climatique et les plans de sauvetage planétaire qui l'accompagnent inspirent à la fois crainte et respect. La perspective d'un basculement du climat vers des régimes de surchauffe inédits ou vers la fin de la vie sur Terre telle qu'on l'a connue jusqu'ici a provoqué une forme d'hystérie collective qui a atteint son comble en décembre 2009, lors de la conférence sur le réchauffement climatique de Copenhague. De l'avis général, elle s'est en effet soldée par un échec. Depuis, la climatologie et le GIEC¹, son organe de tutelle, sont tombés dans un profond mutisme. Il y a de multiples raisons politiques et économiques pour expliquer l'échec de ce « sommet de la dernière chance ». Elles ont peu à voir avec la climatologie et il n'en sera presque pas question dans cet essai. Il se concentre en effet sur un facteur

¹ Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, est un organe ouvert à tous les pays membres de l'ONU et de l'OMM (www.ipcc.ch/home_languages_main_french.shtml)

reconnu pour avoir contribué à l'explosion de la bulle climatique en décembre 2009, la poussée du climatoscepticisme. Un fait a marqué cette poussée, c'est la médiatisation du *Climategate* – la fuite massive d'e-mails témoignant des pratiques douteuses d'une équipe de climatologues aux résultats hypermédiatisés. Le jeu médiatique qu'a enclenché cet événement n'a pas tourné à l'avantage de la climatologie du GIEC. Voilà ce qui peut expliquer son mutisme actuel. Effectivement, s'il y a des pourris dans le royaume de la climatologie, cela signifierait-il que tous les climatosceptiques ne sont pas pourris ? Bien sûr que non, mais ce climatoscepticisme a été consciencieusement étouffé par le GIEC. L'affaire est documentée et devrait tôt ou tard faire l'objet d'études approfondies qui pourraient consterner les générations futures ou les faire rire, mais de honte, car cette volonté de mettre sous tutelle l'esprit scientifique renvoie à des personnages de sinistre mémoire : Staline ou Hitler, rien de moins. À l'heure actuelle, dans la distribution des rôles, les climatologues sont les gentils, puisqu'ils ont la mission de sauver la planète des ravages de « l'Effet de serre ». Et il revient donc aux climatosceptiques, qui doutent de la réalité de cet « Effet » et s'interrogent sur la pertinence de leurs plans de sauvetage, d'endosser le rôle des méchants. Ces esprits réfractaires sont traités d'antihumanistes, ou pire encore, de négationnistes. C'est bête, les insultes sont grossières, mais ça passe. Les médias ont toléré des écarts de langage qui auraient coûté un procès en diffamation à des politiciens extrémistes. S'il fallait une preuve du statut sacré de la climatologie, en voilà une. À ce stade, comment ne pas s'interroger sur la solidité de son statut de science ?

Cet essai est organisé comme un manuel d'anticlimatologie. Il propose une approche graduelle de la critique de « l'Effet de serre » et montre en fin d'exercice qu'une autre climatologie existe et qu'elle se porte très bien grâce à des scientifiques qui, volontairement ou non, se sont opposés au dogme établi par le GIEC.

Son but est d'arriver à une analyse scientifique, mais il commence par se tracer un chemin dans l'imbroglio politico-scientifique dont la climatologie ne s'est pas encore vraiment sortie et suggère, en passant, quelques réflexions sur la raison, la bêtise et les sciences. Il n'est pas inutile de se promener tant bien que mal dans ce décor vaste et étourdissant, car cet imbroglio est la part visible de la climatologie livrée au citoyen lambda : ceux qui doutent des affirmations du GIEC sont des pourris, des antihumanistes, etc. Le contre-argument est simple : le fait d'être en charge du destin de la planète ne légitime pas le fait d'instrumentaliser la démarche scientifique. Une science qui a quelque chose à dire le dit, sinon elle se tait, ou fait part de ses doutes si elle doute. Le climatoscepticisme ne fait que rappeler cette banalité à une société du savoir prise en flagrant délit de bêtise pour avoir aveuglément adhéré à une doxa que l'air du temps a amplifiée. Ça arrive et c'est en apprenant de ses erreurs qu'une société du savoir peut progresser. Pour l'heure, ce genre d'affirmation relève encore du vœu pieu.

Une deuxième partie présente les notions scientifiques nécessaires à l'analyse critique de « l'Effet de serre ». Pas à pas, on souligne en quoi cet « Effet » peut poser des problèmes aux concepts et lois physiques qui sont introduits. Se dessine ainsi un panorama général de controverses et difficultés qui peuvent éveiller le désir d'aller un peu plus loin dans l'analyse. C'est l'objet de la troisième partie qui est consacrée aux faits scientifiques qui, combinés les uns aux autres, conduisent à la conclusion que cet « Effet de serre » est une légende. Il laisse la place à l'effet de serre sans guillemets, ou simplement effet d'atmosphère, et à une autre climatologie, fondée sur des arguments physiques, intelligibles et vérifiables. Tout n'est pas encore dit sur l'effet d'atmosphère, mais la climatologie n'est de loin pas démunie avec la fin de la conjecture de « l'Effet de serre ». Il existe des modèles alternatifs qui décrivent une atmosphère stable, peu sensible aux émissions de CO₂ d'origine humaine. Et c'est dans une atmosphère libérée

du catastrophisme climatique qu'on aborde, en quatrième partie, un défi que l'humanité devra affronter avec la plus grande lucidité : la fin des ressources fossiles. On ne saute pas du coq à l'âne en abordant cette question, car ces ressources sont les principales sources d'émissions de CO_2 ; un axe majeur de la lutte contre « l'Effet de serre » consiste à en contrôler la consommation. Or, un coup d'œil un peu critique aux scénarios de consommation que se donne le GIEC montre qu'ils supposent l'équivalent de plusieurs planètes en ressources fossiles. Pour une science qui se réclame de l'environnement, supposer plusieurs planètes pour en sauver une seule peut surprendre ! Ce constat nous fait entrer de plain-pied dans le volet économique des activités du GIEC. Il a adopté les données produites par des institutions économiques déconnectées des réalités de l'exploitation. L'interdisciplinarité suppose une confiance. Les économistes n'ont pas les moyens de s'interroger sur la vraisemblance de « l'Effet de serre » et les climatologues, de leur côté, font confiance aux scénarios de consommation des économistes. Résultat, si l'intention de réduire la dépendance de l'économie mondiale aux énergies fossiles est louable, les plans pour y parvenir sont absurdes, quoi qu'on pense de « l'Effet de serre ». Il n'en reste pas moins que le défi énergétique qui se présente est une étape historique. Il n'y aura pas deux fins des énergies fossiles. Son épuisement pose la question de l'après-Révolution industrielle, celle commencée au début du XIX^e siècle. Tous les développements techniques réalisés ne sont qu'une fantastique superstructure qui se greffe sur des infrastructures énergétiques dépendantes encore à plus de 80 % du pétrole, du gaz et du charbon. De ce point de vue, on est encore en plein XIX^e siècle. Voilà pourquoi l'enjeu de cette transition énergétique est prométhéen. Faire croire au citoyen lambda qu'il existe des solutions toutes faites, lui faire prendre des vessies pour des lanternes est un jeu dangereux, alors que l'air du temps bouscule les dogmes.

Climatoscepticisme et humanisme

EN BREF

Trois chapitres permettent de passer de l'imbroglia politico-scientifique à la question scientifique qui est au cœur de la climatologie. Le premier montre que le monde des climatosceptiques n'est pas peuplé que de monstres et de scientifiques pourris à la solde des lobbies sans foi ni autre loi que celle du profit. D'excellents scientifiques et parmi eux des climatologues de renom sont climatosceptiques. Les crispations, l'arrogance et les outrances des défenseurs de la théorie de « l'Effet de serre » laissent plutôt penser que la raison est plutôt du côté des climatosceptiques. La raison ? Quand on la soumet à des impératifs jugés d'ordre supérieur, c'est le monde de 1984 d'Orwell qui se profile, cette terrifiante fiction qui relate sans concession les mécanismes d'abrutissement à l'œuvre dans le nazisme et le stalinisme. La climatologie nous y conduirait ? C'est exagéré, mais à l'origine de cette discipline, il y a une intention claire de mettre en œuvre des mécanismes de formatage collectif à partir d'affirmations catastrophistes et, si possible, scientifiques. Mais les intentions ne suffisent pas. L'air du temps des années 70, marqué par le premier choc pétrolier et le rapport du Club de Rome sur les limites de la croissance, a permis leur essor. Près de nous, le film d'Al Gore

sur les « vérités qui dérangent » est un exemple de propagande catastrophiste époustouflant. Mais quels que soient les enjeux, ces logiques de manipulation sont en conflit profond avec la liberté de penser qu'exige l'esprit scientifique. La climatologie est née d'une intrication entre science et politique dont elle n'en est pas encore sortie. Tombée de son piédestal depuis l'échec de la conférence de Copenhague en 2009, elle est actuellement en plein désarroi. Les arguments des climatosceptiques s'accumulent, sont de plus en plus tranchants et reconnus comme tels. Si elle ne veut pas sombrer dans la bêtise, la climatologie doit s'ouvrir aux thèses des climatosceptiques. C'est-à-dire redonner au scepticisme scientifique usuel la place qui lui revient, quitte à déranger les intérêts qui se sont nourris de ses affirmations.

Peut-on être contre le projet de préserver, sinon sauver, la vie humaine sur Terre ? Non, ce serait faire preuve d'antihumanisme. Que dire alors de scientifiques qui remettent en question le bien-fondé d'un tel projet ? Sont-ils antihumanistes ? Non, car dans un projet de vie ou de société, il ne faut pas confondre les buts avec les moyens. Un scientifique ne peut apporter de contribution qu'au niveau des moyens, rien de plus. Même s'il en va de la vie sur Terre ? La question tombe à pic, car depuis la conférence de Copenhague de décembre 2009, la bulle climatique a explosé. Les mois ont passé et il se confirme que cette conférence marquera une transition dans l'histoire de la climatologie. Ce n'est peut-être pas encore tellement perceptible au quotidien, mais sur le plan médiatique, il y a clairement eu un avant et un après Copenhague. Avant, que n'a-t-on pas entendu sur la fin du monde ! Et quel silence après. Pourtant, aucun accord majeur n'a été signé à ce sommet de la dernière chance pour la planète. Que s'est-il passé ? « L'Effet de serre » aurait-il explosé avec cette bulle ? Est-il possible que le genre humain soit à ce point inconscient qu'il oublie

que l'atmosphère était sur le point de basculer dans un régime chaotique dans les mois ou années à venir ? Le sentiment que tout se passe comme si un feu d'artifice médiatique d'ampleur planétaire venait conclure un grand spectacle est déroutant. L'affaire est compliquée et les questions posées sérieuses. La thèse défendue ici c'est que l'esprit scientifique est une des aiguilles qui a fait exploser cette bulle et que, dans une société qui se réclame du savoir, ce fait est un événement heureux.

1.1 Une science anarchiste ? Rien de neuf sous le ciel

« Ainsi il arrive que des experts qui s'expriment publiquement sur des questions controversées tendent à parler plus clairement qu'ils ne pensent. Ils font avec assurance des prédictions sur l'avenir et finissent par y croire. Ces prédictions deviennent des dogmes (...). C'est pourquoi on a besoin d'hérétiques qui remettent en question les dogmes. »

Freeman J. Dyson¹

Qu'est-ce qu'une bulle ? Les enfants en produisent à partir d'eau savonneuse et d'un objet en plastique qu'ils tiennent par un bout, terminé à l'autre d'un petit anneau hérissé en son pourtour intérieur de petites pointes. Plongé dans une eau savonneuse, l'anneau s'en charge et il suffit de souffler avec délicatesse au travers pour créer des chapelets de bulles aux reflets arc-en-ciel et mordorés. Ce phénomène fascine toujours, enfants comme adultes d'ailleurs. Avant d'être un phénomène médiatique de masse, comme la bulle associée au catastrophisme climatique, une bulle c'est ça et d'abord

¹ *La vie dans l'univers*, Gallimard, 2007, p. 77.

ça : un objet mou et fragile qui a valu son Prix Nobel au physicien curieux et hétérodoxe qui a réussi à montrer que les sciences dures pouvaient la décrire². Faut-il alors s'étonner que l'un des proches collaborateurs du grand physicien qui a décrit la physique des bulles ait animé un site web consacré au climatoscepticisme parmi les plus visités au monde ? Pas vraiment, la physique, et l'esprit scientifique en général, se nourrissent de curiosité, de la faculté de s'étonner et progresse par scepticisme. L'adresse et le nom du site web, www.pensee-unique.fr, révèle un programme : combattre le dogme et l'argument d'autorité. C'est une lutte périlleuse qui n'est jamais gagnée d'avance. En témoigne le fait que l'auteur du site ait préféré rester anonyme pendant plusieurs années. Ce n'est en effet que le 21 avril 2010 qu'il s'est démasqué et a expliqué les raisons de son anonymat : *« Jean Martin est, en réalité, Jacques Duran. Je suis Directeur de Recherche de première classe du CNRS en retraite depuis 2004, ancien Directeur des Études (1996-2003, maintenant Honoraire) de l'École Supérieure de Physique et Chimie de Paris (ESPCI), auprès de Pierre-Gilles de Gennes, et ancien Vice-président, Chargé de la Recherche, de l'Université Pierre et Marie Curie (1986-1992) (...). Lorsque j'ai entrepris la rédaction de ce site en 2005-2006, je venais de quitter la Direction de l'ESPCI, en même temps que Pierre-Gilles de Gennes, et je ne souhaitais pas impliquer de quelque manière que ce soit, ni cette honorable institution à laquelle je reste très attaché, ni mes anciens collègues, dans une démarche qui m'était, à l'époque, strictement personnelle. En ce temps-là, émettre le moindre doute sur le caractère anthropique du réchauffement climatique, évoquer le rôle du soleil, des oscillations océaniques, etc. vous faisait immédiatement vouer aux gémonies et je me sentais bien*

² Pierre-Gilles de Gennes (1932-2007), ancien directeur de l'École supérieure de physique et de chimie industrielles.

*seul avec Charles Muller du site Climat-Sceptique³. Cependant, le temps a passé et cet argument qui était valable en 2005-2006, ne l'est plus à présent. En matière de Science, il existe un grand principe : il n'y a pas d'argument d'autorité. Ce qui importe ce sont d'abord les observations et les mesures, puis les théories et les calculs, éventuellement numériques. L'autorité supposée de celui qui les rapporte (avec des sources vérifiables) s'efface devant le contenu des informations. À la différence de certains qui abusent de leurs diplômes pour emporter la conviction (comme si les gens diplômés ne commettaient pas d'erreur !), je ne voulais pas utiliser l'argument d'autorité pour convaincre. Les faits devaient suffire, me semblait-il. » Des témoignages comme celui-là, on peut les multiplier, ils viennent d'Europe des États-Unis et d'ailleurs. La liste des scientifiques et climatologues affichant ouvertement leur scepticisme ne cesse de s'enrichir de prestigieux transfuges, on y reviendra au paragraphe suivant. Le site *pensée-unique* dédie une page « *paroles de grands chercheurs* »⁴, éloquente. Et voilà comment, d'un site web à l'autre, apparaît une impressionnante constellation de scientifiques climatosceptiques qui ont tous en commun d'être des chercheurs reconnus qui publient leurs résultats dans des revues de qualité. Il y a parmi ces scientifiques une part non négligeable de climatologues. Certains sont des sceptiques de la première heure, qui ont très tôt refusé de jouer le jeu de la politisation de la climatologie. D'autres, plus sensibles à la perspective de mêler science et grandes causes environnementales, se sont d'abord engagés corps, âme et esprit dans cette activité scientifique émergente, pour s'en détacher au fur et à mesure qu'elle dérivait vers l'arrogance dogmatique sous laquelle elle s'est popularisée. C'est le cas de Judith Curry, professeur à l'École de sciences de l'atmosphère et de la Terre de l'Institut de technologie*

³ climat-sceptique.over-blog.com/

⁴ Des scientifiques du calibre de Pierre-Gilles de Gennes en font partie.

de Géorgie. Climatologue reconnue, notamment pour ses travaux sur les nuages et surtout sur l'origine et la fréquence des ouragans, elle se définissait elle-même comme « la grande prêtresse du réchauffement climatique ». Gourou ou grand prêtre sont, en sciences, des expressions plutôt respectueuses, voire affectueuses, quand elles signifient l'importance qu'a acquis un chercheur dans un domaine grâce à ses résultats. Cette expression est aussi utilisée en sport, en gestion et dans d'autres activités professionnelles. Elle n'en reste pas moins ambiguë et le jeu peut demander des clarifications quand ce genre d'expressions tend à ne plus devoir être pris au sens figuré mais propre. Il y a des caractères qui aspirent à la consécration, d'autres pas. Judith Curry est une scientifique qui n'y aspire pas et qui a eu le courage de le faire savoir. Ses prises de positions sceptiques ont évidemment déclenché au sein de la communauté des climatologues de violentes réactions de rejet. Voici comment elle en rend compte sur son blog : « *Des parallèles entre le monstre McIntyre⁵ et le monstre Curry. Le statut de « monstre » vient du fait que nous remettons en question la science du GIEC et la question des incertitudes. Tandis que le monstre McIntyre est bien plus éminent dans le débat public, le monstre Curry semble beaucoup plus irritant pour la communauté des gens du milieu (des climatologues).* » L'affaire a interpellé le célèbre *Scientific American* qui lui consacre un article dont le titre serait étonnant s'il ne s'agissait pas de climatologie, « Hérétique du climat : Judith Curry agace ses collègues »⁶, mais dont le sous-titre situe parfaitement l'enjeu : « Pourquoi ne pouvons-nous pas avoir de débat civil à propos du climat ? » Si l'on n'ose pas encore trop parler de

⁵ Qui a montré que les reconstructions de températures censées établir le réchauffement exceptionnel du XX^e siècle étaient scientifiquement infondées.

⁶ Du 25 octobre 2010. Cf. www.scientificamerican.com/article.cfm?id=climate-heretic

mythe climatologique, d'hystérie collective, ce genre de question est désormais posé de plus en plus ouvertement, et les sites animés par des scientifiques sceptiques, toujours à l'avant-garde de ce qui se dit et se sait, comptent les points, observent la propagation des fissures dans la calotte climatologique et se réjouissent de voir les quelques beaux icebergs qui s'en détachent pour se fondre dans la communauté scientifique classique. Récemment encore, Judith Curry s'est fait remarquer sur son blog pour avoir relayé une critique du concept de sensibilité climatique. C'est une grandeur clé dans la caractérisation de l'effet des émissions de CO₂ sur le climat. La climatologie repose en effet sur l'idée que l'atmosphère est hypersensible aux émissions de CO₂, c'est-à-dire qu'une petite augmentation de la concentration de CO₂ peut engendrer des effets catastrophiques. La critique relayée par Judith Curry porte sur le fait que cette sensibilité n'a pas de sens physique. Ce fait est connu et documenté de longue date par des scientifiques de qualité. Mais il est remarquable qu'une climatologue aussi en vue que Judith Curry relaie une critique aussi dure que déstabilisante pour la climatologie. Comment en effet croire aux prédictions catastrophistes si cette hypersensibilité n'est que chimérique ? On documentera en deuxième partie, articles scientifiques à l'appui, le fait qu'il n'y a plus aucune raison de croire à ces calculs.

Le mouvement de dissidence que symbolise la démarche courageuse de Judith Curry se développe. Pour preuve, le récent bilan d'un autre scientifique qui pourrait également revendiquer le grade de grand prêtre de la climatologie. Dans un article intitulé « L'année où la science climatique a été définie »⁷, Michael Hulme, professeur de climatologie de l'Université d'East Anglia en Angleterre, dresse un bilan très mitigé de l'année qui vient de passer entre l'après Copenhague 2010 : *« Il y aura une année demain, plus d'un millier d'e-mails entre les scientifiques de "Climatic*

⁷ *The Guardian*, 16 novembre 2010.

Research Unit at the University of East Anglia” et leurs collègues internationaux ont été téléchargés de manière non autorisée, sur une server FTP russe. L’histoire a immédiatement connu une propagation virale avec d’atroces accusations de déception et d’il-légalité, rapidement récupérée par les grands médias. Comment l’histoire du changement climatique a changé depuis ? Et quelle importance a eu ce «Climategate » comme catalyseur de ce changement ? (...) D’abord il y a eu un changement notable dans la pratique des sciences climatiques. Le plus évident a été l’ouverture à de nouvelles analyses des ensembles d’observations qui étayent la détection des tendances aux changements climatiques (...) Des appels pour une plus grande transparence autour de l’analyse scientifique ont relancé le projet embryonnaire du “Climate Code Foundation” et ses efforts de rendre tous les codes climatiques en accès libre. » Cette déclaration de Michael Hulme n’annonce, en fait, qu’un retour aux bonnes pratiques scientifiques. Michael Hulme et Judith Curry contribuent, chacun à leur manière, à briser une sorte de loi du silence, phénomène que les premiers chapitres du *Mythe climatique*⁸ décrivent, évoquant l’inéluctable effet d’une armée de l’ombre sur laquelle les médias se sentent de plus en plus autorisés à braquer quelques projecteurs. Toutefois, les défenseurs du catastrophisme climatique sont encore nombreux à opposer aux sceptiques la même logique argumentaire : douter du réchauffement climatique d’origine humaine, c’est être à la solde de lobbies qui ont tout intérêt à ne pas reconnaître ces faits. Qu’il y ait quelque chose à étudier, établir ou surveiller à ce propos ne fait pas de doute, mais cela n’apportera pas grand-chose au débat scientifique. En plus d’être intellectuellement pauvre, cette stratégie est désormais risquée. Pauvre parce qu’elle consiste à refuser de faire face à une série de problèmes scientifiques déterminants

⁸ De Benoît Rittaud, coll. Sciences ouvertes, Éd. Seuil, févr. 2010.

pour l'avenir des sociétés industrielles et risquée parce que tous ces problèmes sont sur la place publique.

L'accusation de produire une science corrompue se documente avec des faits. Or, un parfum de scandale se médiatise tout aussi bien qu'un vent de catastrophisme et tout se passe en effet comme si un petit groupe d'expression libre avait fini par faire entendre sa voix et gagnait en audience. Résultat, des déclarations comme celles que l'on vient de citer et surtout des médias qui prennent un peu de distance par rapport aux événements courants. En Europe, l'hiver 2010 a commencé tôt et de manière abrupte, les USA connaissent des tempêtes de neige et vagues de froid exceptionnelles, l'Australie est submergée par des pluies torrentielles, etc. Il y a quelques mois à peine, ces événements auraient été interprétés comme autant de preuves démontrant la culpabilité de l'activité humaine dans les dérèglements climatiques. Mais on observe que si les micros des médias restent tendus vers les experts en climatologie, ceux-ci proposent des explications où, soudainement, ces événements météorologiques s'expliqueraient par des phénomènes naturels pouvant se confondre, voire même dépasser, ceux attendus en raison de l'accroissement de « l'Effet de serre ». Scientifiquement, tout cela n'est pas trop sérieux, il s'agit d'effets de manche conjoncturels. Ce qui est par contre clair, c'est qu'en quelques mois, la conjoncture a bien changé. Et ce changement retient l'attention : qui sont les climatologues, qu'est-ce que la climatologie ?

Le mot climatologie aurait été créé par des journalistes. Peut-être, mais ce n'est pas très important. C'est en tout cas sous ce vocable que se regroupent depuis quelques décennies des milliers de chercheurs aux spécialités et profils très divers qui tentent de combiner leurs compétences pour documenter l'effet de l'activité humaine sur le réchauffement climatique. La climatologie peut donc être perçue comme un grand projet plus que comme une discipline aux champs bien définis.

Le scepticisme peut émerger de toutes les disciplines scientifiques qui interviennent dans l'élaboration des résultats de la climatologie. C'est ce qui se passe. La bulle climatique en a souffert au point d'exploser au sommet de Copenhague, fin 2009. Une victoire de l'esprit scientifique ? Oui, mais ce n'est que le début d'un long processus, car cette victoire ne fait pas que des heureux dans notre société du savoir. Elle pourrait se sentir mal à l'aise de découvrir que des scientifiques, qui ont mis un frein à une forme d'obscurantisme, ont été au moins intimidés, sinon muselés. Une fois passée cette phase de bilan, elle devrait mieux réaliser que ce qui la définit, c'est sa capacité à cultiver les anticorps qui luttent contre ce genre de dérives. Une société du savoir n'est en effet pas mue par un désir universellement partagé de savoir. La peur de savoir y a aussi beaucoup de succès. C'est donc une construction fragile dont l'héroïne du moment, sur le dossier de la climatologie, est cette bonne vieille raison, cette culture du bon sens pratiquée et raffinée depuis des millénaires. Le mot fait ringard, surtout lorsqu'on s'en sert au singulier. Parler de raisons, de rationalités, passe encore, chacun pouvant construire la sienne à son goût ! Mais évoquer la raison, n'est-ce pas dépassé, réducteur et abrutissant ? La raison évoque souvent la rationalisation industrielle ou administrative, des mises en forme mathématiques, informatiques du monde, des cadences, des horaires et des objectifs dénués de richesse humaine. Mais la raison dont il est question ici, c'est celle qui est à l'œuvre dans le climatoscepticisme. Il est bon de l'évoquer dans ce contexte d'après bulle climatique, car la climatologie promue par le GIEC est une grande et puissante construction logique qui s'effondre avec les hypothèses qui la fondent. Cet effondrement n'est pas une défaite de la raison, mais au contraire une de ses manifestations les plus classiques. S'en méfier, l'abandonner par crainte du monde d'incertitudes qui accompagne sa pratique, c'est refuser de voir que l'humanité a vécu pendant des centaines de siècles *« sans connaître vraiment*

son propre passé, ses origines, la cause de ses succès : elle attribuait ceux-ci, soit à la bienveillance des dieux, soit au hasard, soit au pouvoir sacralisé. Et elle enfantait sans cesse des mythes pour s'expliquer à elle-même sa naissance et son destin. De ces mythes découlaient des morales et des politiques le plus souvent rigides, favorisant ainsi à la fois le conservatisme des structures sociales et l'impérialisme des pouvoirs. L'humanité comprend qu'elle s'est lentement dégagée de l'animalité par un effort technique, scientifique, politique et culturel qui révèle une capacité mentale d'adaptation, d'organisation, d'expérimentation et de critique, qu'on appelle la raison. La raison n'est pas tout l'homme ; mais c'est en perfectionnant sa raison que l'homme devient homme. »⁹

Cette raison-là, c'est une aventure qui commence par le constat que certaines affirmations sont intelligibles, d'autres moins ou pas du tout. Toute personne qui éprouve le sentiment de comprendre et d'être comprise participe à cette aventure. Les débuts ne sont pas sorciers, puisqu'ils consistent à faire l'expérience du sens commun : il existe des mots pour se faire comprendre, des dictionnaires, pour passer d'une langue et d'une culture à l'autre. Se développe petit à petit le constat qu'on possède une faculté qui permet de démentir, de confirmer, de raffiner ce bon sens, voire de le dépasser complètement. Cet élan aboutit parfois à des théories ou faits expérimentaux contre-intuitifs, inattendus, parfois dérangeants. Oui, il y a des faits qui dérangent et des remises en question dont on se passerait. Si on pouvait les choisir ou les fabriquer de A à Z, eh bien on les aurait fait autrement ! Untel aurait voulu être plus grand, telle autre plus belle, celui-là plus doué en sport, en musique, etc. Il existe des faits qui sont le lot commun de l'humanité. On n'a pas choisi de tourner autour du soleil, ni le fait que le pourtour de la planète soit d'environ 40'000 km. N'aurait-il pas été préférable que la Lune ne soit habitable, avec une atmosphère

⁹ Définition de l'union rationaliste : www.union-rationaliste.org/

propre et respirable, regorgeant de ressources naturelles, de paysages charmeurs avec plages ? Il a fallu déchanter, ce constat ne date pas d'hier, celui qu'il y a de l'inconnu et que l'homme peut apprendre, non plus. Mais la démarche n'est pas sans risque, car elle ne va pas de soi. L'erreur est humaine, c'est comme ça. Lutter contre est astreignant. Un coup de fatigue et la bêtise peut prendre ses quartiers chez tout un chacun et à tous les échelons de la société, fût-elle la plus avancée des sociétés du savoir. La bêtise, le mot est d'un usage courant, mais pas inoffensif. Il faut le comprendre ici comme une forme sclérosée de l'esprit qui se traduit par une peur du doute et de la reconnaissance de faits qui troublent ou dérangent des croyances et des postures confortables. *« Si la bêtise ne ressemblait pas à s'y méprendre au progrès, au talent, à l'espoir ou au perfectionnement, personne ne voudrait être bête. »*¹⁰ La bêtise peut donc être docte et sophistiquée. Elle prospère d'autant mieux que s'installe la peur de répondre « je ne sais pas » à la question « que va-t-il se passer, que faut-il faire ? ». En dogmatisant son discours sous la houlette du GIEC, la climatologie est devenue un modèle de bêtise collective. Et c'est grâce au travail et à l'obstination de personnalités éprises de raison et de liberté que le vent a commencé à tourner *« Si les hommes sont en réalité des êtres indéfiniment malléables, complètement plastiques, si leur esprit est dépourvu de structures innées et s'ils n'ont pas de besoins intrinsèques de nature culturelle ou sociale, alors ils sont les sujets appropriés pour le « formatage du comportement » par l'État autoritaire, le chef d'entreprise, le technocrate, ou le comité central. Ceux qui ont une certaine confiance dans l'espèce humaine, espéreront qu'il n'en est pas ainsi, et ils tenteront de déterminer les caractéristiques humaines intrinsèques qui offrent un cadre pour le développement intellectuel, le progrès de la conscience morale, la réalisation de soi à travers la culture, et*

¹⁰ *De la bêtise*, Robert Musil, (1937), Éd. Allia, 2002.

la participation à une société libre. C'est à peu près de la même manière que, selon la tradition classique, le génie artistique se développe au sein d'un système de règles que simultanément il conteste. »¹¹ Au fond, le climatoscepticisme est une manifestation classique de ce génie artistique classique, simplement parce qu'il est caractéristique de l'esprit scientifique.

1.1.1 Pourris les climatosceptiques ? Réponse en quelques portraits

La série de portraits suivante peut se trouver sur internet. Elle a été un peu complétée et ne cesse de se développer. Elle comporte peu de femmes. Avant de conclure qu'il s'agit là d'une preuve que le climatoscepticisme est une affaire d'hommes vendus à des lobbies, rappelons que ce domaine scientifique est encore dominé par le genre masculin, mais que l'honneur revient à une femme, Judith Curry, qui se qualifiait elle-même de grande prêtresse de la climatologie, d'avoir osé afficher et documenter publiquement les raisons de son basculement dans le climatoscepticisme.

La petite galerie de portraits qui va suivre pourrait faire penser que ces scientifiques appartiennent à une sorte d'académie d'anticlimatologie. C'est l'inverse qui est vrai. La climatologie est en effet une science de l'environnement, reconnue comme telle aux quatre coins de la planète. Quant aux climatosceptiques, ils représentent surtout l'esprit scientifique dans ce qu'il a de libre et d'anarchisant et n'ont en commun que le fait de s'être opposés, sur un point ou sur un autre, au dogme de « l'Effet de serre ». Encore une fois, la question de savoir s'ils l'ont fait pour des raisons politiques, en étant financés par l'industrie pétrolière ou par d'autres lobbies, mérite peut-être analyse, mais est sans intérêt ici.

¹¹ *Raison et liberté*, Noam Chomsky, Agone, 2010, p. 27.

Khabibullo Abdusamatov, mathématicien et astronome à l'Observatoire de Pulkovskaya de l'Académie des sciences de Russie: il montre que l'évolution de la température peut être en grande partie imputée à l'activité solaire. Elle a été inhabituellement élevée ces dernières années et est entrée dans une phase beaucoup plus calme depuis peu.

Arun D. Ahluwalia, géologue à l'Université de Punjab, membre du comité international «Year of the Planet» parrainé par l'ONU. Il déclare que «le GIEC fonctionne en circuit clos, il n'écoute pas les autres. Ses membres manquent de largeur de vue (...) Je suis étonné que le Prix Nobel ait été donné pour des conclusions inexactes par des gens qui ne sont pas des géologues.»

Ralph B. Alexander, physicien, diplômé d'Oxford. Ralph Alexander a été chercheur dans différents laboratoires en Europe et en Australie et professeur à l'Université d'État de Wayne, Détroit. Il est auteur du livre *Global Warming False Alarm*.

Syun-Ichi Akasofu, ancien professeur de géophysique, fondateur de l'International Arctic Research Center au sein de l'Université d'Alaska: «La méthode d'étude adoptée par le GIEC est déficiente à la racine, ce qui entraîne des conclusions sans fondement. [...] Contrairement à ce qu'affirme le GIEC, il n'y a à ce jour aucune preuve définitive que «la plupart» du réchauffement actuel soit dû à l'effet de serre. [...] [Le GIEC] aurait dû reconnaître que les variations climatiques passées ne devaient pas être ignorées et donc que leurs conclusions étaient très approximatives. Le terme «la plupart» dans leurs conclusions est sans fondement.»

Yves Lenoir, ingénieur de recherche au Centre automatique et systèmes de l'École des mines de Paris. Il est l'auteur de *Climat de panique* (Favre, 2001), un ouvrage de vulgarisation fouillé sur les dérives

de la climatologie. Il est engagé dans un militantisme écologique qui dénonce les tendances totalitaristes de l'écologie politique.

Claude Allègre, géochimiste, lauréat de nombreux prix de premier plan, dont l'équivalent du Nobel de la géologie, Institut de physique du globe (Paris), souligne que l'on ne connaît à peu près rien du rôle du CO₂ d'origine humaine dans le réchauffement climatique et que d'autres facteurs sont bien plus importants : vapeur d'eau, formation des nuages, nuages de poussières et activité volcanique, le plus important facteur étant l'activité solaire.

David Archibald, scientifique australien, spécialiste de l'activité solaire et de son interaction avec le climat : il estime que c'est le soleil qui est le véritable responsable de l'évolution du climat et prédit un refroidissement climatique au vu de l'évolution de l'activité solaire.

Robert H. Austin, docteur en physique à Princeton : signataire de l'Oregon Petition, il signe une lettre ouverte dans laquelle est écrit que « les enregistrements de températures, mesurées ou reconstruites, indiquent que les changements climatiques des XX^e et XXI^e siècles ne sont ni exceptionnels, ni persistants, et les relevés historiques ou géologiques montrent de nombreuses périodes bien plus chaudes qu'aujourd'hui (...). Les modèles climatiques actuels semblent insuffisamment fiables pour mesurer la part respective des contributions naturelles et humaines aux changements climatiques passés et, plus encore, futurs. »¹²

Roy Spencer, a obtenu un doctorat en météorologie à l'Université du Wisconsin-Madison en 1981. Avant de devenir chercheur

¹² Regarding the National Policy Statement on Climate Change of the APS Council : An Open Letter to the Council of the American Physical Society.

à l'Université de l'Alabama, il a été *senior scientist* en étude climatique au NASA's Marshall Space Flight Center, où il a obtenu avec John Christy un prix pour ses contributions exceptionnelles dans la surveillance des températures globales par satellite. Il tient un blog www.drroyspencer.com où il exprime régulièrement ses analyses et doutes sur les thèses privilégiées par le GIEC.

Sallie Baliunas, astronome au Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, docteur en astrophysique à Harvard. Elle a reçu de nombreuses récompenses et a écrit plusieurs dizaines d'articles scientifiques dans des revues de premier plan et a souligné l'impossibilité que le réchauffement climatique soit causé par les rejets humains de CO₂.

Tim Ball, docteur en climatologie, ancien professeur à l'université de Winnipeg (Canada), rappelle les faiblesses des modes de mesure de la température et l'absence de fondement scientifique à la théorie liant émissions de CO₂ et réchauffement climatique.

Reid Bryson, professeur émérite de météorologie à l'université du Wisconsin, un des pères fondateurs de la climatologie moderne, considère que les variations climatiques ont toujours existé et que le réchauffement climatique depuis le XIX^e siècle est dû à la sortie du petit âge glaciaire.

Bob Carter, paléoclimatologue australien, professeur à la James Cook University (Australie), rappelle « qu'il y a tout lieu de douter que le moindre réchauffement climatique soit en train d'avoir lieu, et plus encore qu'il soit causé par l'activité humaine. »¹³

¹³ In "High price for load of hot air".

John Christy, professeur de sciences de l'atmosphère et directeur du centre des sciences de la Terre à l'Université de l'Alabama, ancien rédacteur des rapports du GIEC, déclare qu'il ne voit venir «ni la catastrophe qu'on nous annonce, ni la preuve évidente que l'activité humaine doive être mise en cause dans le réchauffement que l'on peut observer. Il voit plutôt «l'utilisation aveugle de modèles climatiques (utiles mais qui ne sont jamais des «preuves») et la coïncidence entre augmentation de la concentration en CO₂ et réchauffement qui fonctionne de moins en moins avec le temps. »

Ian Clark, hydrogéologue, professeur à l'Université d'Ottawa et auteur de plus d'une cinquantaine d'articles académiques, écrit que les modèles climatologiques fondés sur l'augmentation du CO₂ et de la vapeur d'eau sous-estiment l'effet des nuages qui font baisser la température atmosphérique et que c'est le soleil et la variation de son activité qui sont les principaux responsables des changements climatiques, comme dans le passé.

Piers Corbyn, astrophysicien, spécialiste de la prévision météorologique à long terme dont il fait une activité commerciale, notamment par le site www.weatheraction.com.

Vincent Courtillot, géophysicien, docteur en physique, professeur à l'Université de Paris VII et auteur de nombreux articles scientifiques dans *Science et Nature* a récemment publié un ouvrage *Nouveau voyage au centre de la Terre* (Odile Jacob, 2009) où il relate pour les dénoncer les profondes lacunes des recherches climatologiques relatives aux reconstructions de températures.

Delgado Domingos, professeur en science environnementale au Portugal, plus de 150 publications à son actif, il affirme que «créer une idéologie à partir du dioxyde de carbone est un

non-sens dangereux... L'alarmisme actuel sur le changement climatique est un instrument de contrôle social, un prétexte pour des batailles politiques et économiques. Cela devient une idéologie préoccupante. »

Diane Douglas, paléoclimatologue, auteur et éditeur de plus de 200 rapports scientifiques, maintient que les facteurs naturels et non les émissions anthropiques de CO₂ dominent l'évolution des changements climatiques.

Geoffrey G. Duffy, physicien, professeur de mécanique des fluides au Department of Chemical and Materials Engineering de l'Université d'Auckland déclare que « même si l'on double ou triple la quantité de dioxyde de carbone, cela aurait virtuellement peu d'impact, car la vapeur d'eau a dominé et domine tout l'effet de serre. » L'effet de serre évoqué ici n'étant pas « l'Effet de serre ».

Jacques Duran, physicien, directeur de recherche au CNRS, ancien vice-président chargé de la recherche de l'Université Pierre et Marie Curie (1986-1992) et auteur du site climatosceptique de référence en langue francophone www.pensee-unique.fr. Ses déclarations sur son expérience de scientifique climatosceptique ont ouvert le chapitre précédent.

Freeman Dyson, physicien, professeur émérite à l'Université de Princeton, récompensé par de très nombreux prix, pense que la menace du réchauffement climatique est « largement exagérée ».¹⁴ On reviendra sur quelques-unes de ses idées et déclarations dans cet essai.

¹⁴ U. S. Senate Minority Report : More Than 700 International Scientists Dissent Over Man-Made Global Warming Claims. / "The Civil Heretic", *The New York Times*, 25 mars 2009.

Don J. Easterbrook, professeur émérite de géologie à l'Université de Western Washington, spécialiste en glaciologie, auteur de huit livres et de 150 papiers scientifiques. Même s'il croit à la nécessité d'une réduction des gaz à effet de serre, il critique les projections de températures du GIEC. Lors d'une présentation à la conférence annuelle de la Société de géologie américaine, en 2006, il affirma que «si les cycles continuent comme par le passé, le cycle de réchauffement actuel va bientôt se terminer et la température va se refroidir légèrement jusqu'en 2035 environ.»¹⁵

David Evans, mathématicien, ex-collaborateur du Bureau australien sur l'effet de serre. Il a mis au point des modèles du cycle du carbone destiné au mécanisme de réduction de CO₂ dans le cadre du protocole de Kyoto (1999-2005). Sur la base de nouvelles données, il a déclaré ne plus croire à l'influence du CO₂ dans le réchauffement climatique.

Chris de Freitas, professeur au sein de la Faculté de géographie, de géologie et de sciences de l'environnement de l'université d'Auckland, pense «qu'il y a des preuves du réchauffement climatique mais ce réchauffement ne confirme pas que c'est le dioxyde de carbone qui en est à l'origine. Le climat se réchauffe ou se refroidit perpétuellement.»

Serge Galam, physicien, docteur en physique, École polytechnique (France), estime que la cause des évolutions climatiques actuelles est encore inconnue et que le seul lien entre CO₂ et réchauffement climatique est une coïncidence temporelle: «L'homme a été déclaré coupable simplement parce que pour

¹⁵ In "The cause of global warming and predictions for the coming century".

l'heure on n'a pas trouvé d'autre coupable et aussi parce que les apparences sont contre lui. »¹⁶

David Gee, géologue, président du Comité des sciences du Congrès international de géologie, avec à son actif plus de 130 publications. Selon lui, la théorie du réchauffement anthropique ne relève pas de la science falsifiable : « Combien d'années la planète doit-elle se refroidir pour que nous commençons à comprendre qu'elle ne se réchauffe pas ? »

Ivar Giaever, Prix Nobel de physique, s'oppose tout particulièrement aux dévoiements de l'écologie à des fins politiques qu'organisent des individus comme Al Gore, Phil Jones ou James Hansen et des organismes comme le GIEC. Il a ainsi déclaré « je suis un sceptique, le réchauffement climatique est devenu une nouvelle religion. »¹⁷

Stanley Goldenberg, météorologue à la division de recherche sur les ouragans de la NOAA, ex-directeur au National Hurricane Center, déclare que « c'est un mensonge éhonté colporté par les médias que de faire croire qu'il n'y aurait qu'une frange marginale de scientifiques sceptiques sur l'origine humaine du réchauffement climatique. »

Thomas B. Gray, météorologue américain au National Oceanic and Atmospheric Administration, s'est opposé à la théorie de l'origine humaine du réchauffement climatique sur la base de ses travaux sur le climat passé, en insistant sur la dimension naturelle

¹⁶ « Pas de certitude scientifique sur le climat », *Le Monde*, 7 février 2007.

^{17-17b} U. S. Senate Minority Report : More Than 700 International Scientists Dissent Over Man-Made Global Warming Claims.

du phénomène. Il qualifia ainsi en 2007 le changement climatique de «phénomène naturel». Il rappelle que «rien de ce qui est en train d'arriver sur le plan climatique ne peut être considéré comme anormal à la lumière de notre connaissance des variations climatiques passées.»^{17b}

Vincent R. Gray, scientifique britannique, docteur en chimie, fondateur de la New Zealand Climate Science Coalition, estime que les mesures du GIEC sont biaisées et affirme que rien ne montre un réchauffement exceptionnel du globe et, plus encore, une éventuelle origine humaine.

William M. Gray, spécialiste des ouragans, auteur de très nombreux articles académiques dans lesquels il démontre que le réchauffement climatique est essentiellement un phénomène naturel et non lié à l'activité humaine. Il a ainsi rappelé que les ouragans suivaient généralement un cycle multidécennal et qu'il n'y avait rien d'anormal à observer des variations dans leur nombre et leur intensité.

Michael Griffin, ancien directeur de la NASA, astrophysicien réputé, «ne doute pas qu'une tendance actuelle au réchauffement climatique» mais ne pense pas «qu'il soit adapté de dire que le réchauffement climatique est un problème qu'il faut combattre. Supposer que c'est un problème, c'est supposer que le climat de la Terre actuellement est le climat optimal, le meilleur climat que nous puissions avoir ou ayons jamais eu, et que nous devons prendre des mesures pour qu'il ne change plus.»

William Happer, physicien, Faculté de physique atomique de l'Université Princeton, déclara à propos des tenants de la théorie de l'origine humaine du réchauffement climatique et en particulier du GIEC que «ce qui était une science est devenue une religion».

Howard Hayden, professeur émérite de physique à l'Université du Connecticut. Il a écrit une lettre ouverte au Département d'État américain pour exprimer son scepticisme, en déclarant que «les activistes du réchauffement climatique, comme des fourmis qui considèrent que le monde est fait de rochers de 1 mm de diamètre, regardent les 3 derniers millièmes de 1 % de l'histoire de la Terre et font des conclusions extravagantes sur le climat et en particulier sur leur compréhension du climat.»¹⁸

Craig Idso, docteur en géographie de l'Université d'État d'Arizona, fondateur du Center for the Study of Carbon Dioxide, éditeur du site CO2science.org. Il fait la promotion du CO₂ qui, selon lui, n'influence pas la température et est bénéfique à la croissance des plantes.

Kiminori Itoh, docteur en chimie industrielle, diplômé de l'université de Tokyo, actuellement au Département d'ingénierie de l'Université de Yokohama, contributeur au rapport 2007 du GIEC (AR4), auteur de quatre livres sur le changement climatique dont le dernier s'intitule *Mensonges et tromperies dans l'affaire du réchauffement climatique* (en japonais).

Zbigniew Jaworowski, président du Conseil scientifique et professeur au Laboratoire central de protection radiologique de Varsovie, spécialiste de l'étude des carottes glaciaires. Après avoir réalisé onze expéditions polaires entre 1972 et 1980 pour analyser des carottes glaciaires en vue d'étudier les disséminations radioactives dues aux essais des bombes nucléaires dans l'atmosphère, il a conclu que les mélanges gazeux contenus dans les glaces subissent des transformations physiques telles que leur composition ne correspond plus à celle de l'atmosphère captée à l'origine. Il conteste

¹⁸ Lettre ouverte au Département d'État américain.

ainsi les mesures du GIEC, fondées pour une part importante sur des extrapolations issues de l'étude de ces carottes. Il parle de « manipulation impropre de données » et dénonce les supercheries dans la présentation statistique des résultats.¹⁹

Andrei Kapitsa, géographe, spécialiste de l'Antarctique, membre de l'Académie des sciences de Russie. Selon lui, « les théoriciens de Kyoto ont mis la charrue avant les bœufs. [L'étude des carottes glaciaires démontre que] c'est le réchauffement global qui est la cause de hauts niveaux de CO₂ dans l'atmosphère et non le contraire. »

Richard Keen, climatologue américain au sein du département des sciences atmosphériques et océanographiques de l'université du Colorado: il est très critique vis-à-vis de l'existence même d'un réchauffement climatique et rappelle que les températures depuis 1998 ont baissé et que 2007 a été l'année la plus froide de la décennie.

Madhav Khandekar, docteur en météorologie de l'Université d'État de Floride, il a travaillé plus de cinquante et un ans dans la climatologie, la météorologie et l'océanographie. Il a exercé la fonction d'expert dans la rédaction du rapport du GIEC de 2007. Mais selon lui, « le réchauffement des années 80 et 90 a été principalement d'origine naturelle et la contribution du CO₂ d'origine humaine est et sera très faible. »

¹⁹ "Climate change, incorrect information on pre-industrial CO₂", 19 mars 2004.

William Kininmonth, ancien directeur du Centre national du climat australien, il a dirigé pendant douze ans son centre national du climat et a représenté l'Australie à l'Organisation météorologique mondiale pendant seize ans (1982-1998): il s'oppose à la théorie de l'origine humaine du réchauffement climatique actuel et met en valeur les phénomènes naturels qui l'expliquent, aujourd'hui comme au cours des variations passées du climat. Il critique par conséquent le simplisme des modèles climatiques du GIEC, qui partent du présupposé, non démontré, que c'est l'homme qui affecte le plus le climat, et occulte les facteurs naturels comme l'activité solaire.

Christopher Landsea, météorologue à la National Oceanic and Atmospheric Administration, spécialiste des ouragans: «Le réchauffement climatique augmente peut-être la force du vent des ouragans, mais de sûrement pas plus que 1 ou 2 %.» Ancien rédacteur du rapport du GIEC, il l'a quitté en en dénonçant l'instrumentalisation: «Je ne peux pas continuer, en conscience, à contribuer à un processus que je considère être et conduit par des objectifs préconçus et scientifiquement non valables.»

David Legates, climatologue américain, professeur associé à l'Université du Delaware et climatologue de l'État. Il considère que l'homme a une influence sur le climat mais qu'il faut la minorer fortement et que les modèles climatiques actuels, utilisés pour prévoir des situations apocalyptiques, occultent les phénomènes naturels bien plus importants comme l'activité solaire. Il a signé l'Oregon Petition, qui liste plusieurs dizaines de milliers de scientifiques et de spécialistes qui rejettent cette thèse et l'existence d'un «consensus scientifique».

Marcel Leroux, climatologue français, décédé en 2008. Professeur émérite de climatologie à l'Université Jean-Moulin – Lyon-III,

il était directeur du Laboratoire de climatologie, risques et environnement. Marcel Leroux (2003) résumait ainsi son point de vue sur la théorie du réchauffement climatique : « Le réchauffement global est une hypothèse issue de modèles théoriques et fondée sur des relations simplistes, qui annonce une élévation de la température, proclamée mais non démontrée. Les contradictions sont nombreuses entre les prédictions et les faits climatiques directement observés, l'ignorance délibérée de ces distorsions flagrantes constituant une imposture scientifique. »

Horst Malberg, professeur en météorologie et climatologie, ancien directeur de l'Institut de météorologie de l'Université de Berlin. Il a été cosignataire d'une lettre ouverte de plus de 100 scientifiques allemands à la chancellerie allemande en juillet 2009 qui dénonce la croyance du réchauffement anthropique comme une pseudoscience.

Jean-Louis Le Mouél, géophysicien français, ancien directeur de l'Institut de physique du globe de Paris, médaille d'argent du CNRS, lauréat de la Flemming Medal, spécialiste du magnétisme terrestre. Il souligne que l'origine humaine du réchauffement climatique n'est qu'une hypothèse et qu'un débat scientifique est nécessaire. Il estime en particulier que le rôle de l'activité solaire et du magnétisme terrestre sont très sous-estimés.

Richard Lindzen, climatologue au MIT, docteur en climatologie à Harvard, il a publié plus de 200 livres et articles dans des revues à comité de lecture : il est sceptique de la réalité d'un réchauffement exceptionnel et écrit : « Les générations futures se demanderont avec une stupéfaction amusée pourquoi, au début du XXI^e siècle, le monde développé s'est plongé dans une panique hystérique à propos d'une augmentation globale moyenne de température de quelques dixièmes de degré, et, sur la base

d'exagérations grossières, de projections informatiques hautement incertaines, combinées en déductions improbables, il s'est trouvé en face d'un recul de l'âge industriel. »²⁰

Anthony Lupo, professeur de sciences de l'atmosphère à l'Université du Missouri : « Je ne crois pas que le changement climatique soit une urgence, ou qu'il y ait de preuves valides pour accuser l'humanité du réchauffement climatique actuel. Il est indéniable que le réchauffement climatique a lieu, mais il pourrait ne rien devoir (0 %) ou très peu (10 %) à l'activité humaine. »²¹

Augusto Mangini, paléoclimatologue et physicien à l'Université de Heidelberg : sur la base de l'étude des climats anciens, il montre que les variations actuelles n'ont rien d'anormal : « Le GIEC estime que le CO₂ a une influence déterminante sur les températures et que les variations naturelles sont négligeables. Or mes travaux montrent que le climat a toujours été soumis à des variations considérables, parfois lentes, parfois brutales. »²²

Ryan Maue, Florida State University : il a montré que l'activité cyclonique était en baisse depuis trente ans, et que les prévisions alarmistes du GIEC étaient infondées.

Stephen McIntyre, mathématicien à l'Université de Toronto : avec Ross McKittrick, il a fait reculer le GIEC sur l'utilisation de la

²⁰ Cité par Václav Klaus dans "Freedom, not climate, is at risk", *Financial Times*, 13 juin 2007.

²¹ U. S. Senate Minority Report : More Than 700 International Scientists Dissent Over Man-Made Global Warming Claims.

²² Augusto Mangini, physicien : « Ce débat est trop émotionnel », *Le Matin*, 17 janvier 2009.

courbe en crosse de hockey de Michael E. Mann, qui s'est révélée être une manipulation totale.

Patrick Moore, cofondateur de Greenpeace : il estime que le lien entre activité humaine et réchauffement n'est pas fondé scientifiquement.

Nils-Axel Mörner, océanographe suédois, ancien directeur du département de paléogéophysique et de géodynamique de l'université de Stockholm. Mörner s'oppose fermement à l'alarmisme d'organismes comme le GIEC sur une éventuelle montée du niveau des océans liée au changement climatique.²³ Il pointe également les lacunes des modèles informatiques sur lesquels est fondée l'hypothèse de l'origine humaine du réchauffement et dénonce l'instrumentalisation du GIEC à des fins politiques.

Kary Mullis, Prix Nobel de chimie. Il est sceptique sur l'alarmisme actuel, pointant en particulier du doigt l'erreur de croire que l'on peut prévoir le climat à dix ou trente ans, alors que notre connaissance du climat est très parcellaire.

Tad Murty, océanographe indo-canadien, spécialiste des tsunamis et ancien président de la Tsunami Society. «Au début, je croyais fermement au réchauffement global d'origine humaine, jusqu'à ce que j'y travaille moi-même.»

James Peden, physicien atmosphérique, anciennement de la Space Research and Coordination Center à Pittsburgh. Il affirme que «de nombreux scientifiques cherchent maintenant une manière de s'en sortir facilement sans ruiner leur carrière professionnelle».

²³ "Estimating future sea level changes from past records", *Global and Planetary Change*, 40, 1-2, 2004, p. 49-54.

Ian Plimer, est un des géologues les plus connus d'Australie, il est professeur à l'Université d'Adélaïde. Auteur de plus d'une centaine d'articles scientifiques, il a également écrit six livres et reçu de nombreuses récompenses. Interviewé en juin 2009 par ABNNewswire, il déclara : « Le CO₂ a un effet sur l'atmosphère et il en a un dès les premières 50 parties par million (ppm), et une fois qu'il a fait son job, c'est fini et tu peux le doubler ou le quadrupler et cela n'a pas d'effet parce que c'est ce qu'on a vu dans le passé géologique comme on l'a vu autrefois, lorsque la concentration de carbone était 100 fois supérieure à la concentration actuelle. »

Tom Quirk, docteur en physique : il a montré que le CO₂ émis par les activités humaines était très largement absorbé par l'écosystème et que la hausse des concentrations en CO₂ atmosphériques ne pouvait pas être imputée à l'action humaine.

Denis Rancourt, professeur de physique à l'Université d'Ottawa, spécialiste en spectroscopie. Rancourt, qui se déclare activiste de gauche, pense que les écologistes ont été trompés par la promotion du réchauffement climatique au rang de crise planétaire. Son essai contre la théorie du réchauffement climatique sur son blog a été qualifié par le journaliste Alexander Cockburn comme « un des meilleurs essais sur la fabrication du mythe de l'effet de serre dans la perspective d'un homme de gauche ».

Hilton Ratcliffe, mathématicien et astrophysicien sud-africain, auteur du best-seller *Confessions of a Dissident Astronomer*. Pour Ratcliffe, qui se considère écologiste, le « réchauffement anthropique est un mythe » et « ceux qui y croient n'ont pas regardé les nombres mais répètent une propagande politique ».

Josef Reichholf, directeur du Département des vertébrés au Conservatoire national zoologique de Munich, professeur en science environnementale et de conservation dans les deux

universités munichoises. Selon Reichholf, un climat plus doux est bon pour la diversité et ne va poser aucun problème majeur à l'humanité dans l'ensemble.²⁴

Benoît Rittaud, enseignant-chercheur en mathématiques, maître de conférences à l'Université Paris 13, au sein du laboratoire d'analyse, géométrie et applications (Institut Galilée). Auteur de l'essai *le Mythe climatique* (2010), cité dans cet ouvrage.

Tom V. Segalstad, géologue norvégien au Muséum géologique de l'Université d'Oslo. Ancien directeur du Muséum d'histoire naturelle et du Jardin botanique d'Oslo, il a enseigné la géochimie et la géophysique à l'Université d'Oslo et à l'Université d'État de Pennsylvanie (États-Unis). Il s'appuie sur des dizaines d'études de cycle de vie du CO₂ atmosphérique pour mettre en avant que le CO₂ d'origine humaine n'aurait qu'un effet de serre faible car la majorité de ce CO₂ est absorbée par les océans bien plus rapidement que ne laisse entendre le GIEC.²⁵

Nir Shaviv, physicien américano-israélien, professeur associé à l'Université de Jérusalem, spécialiste d'astrophysique et du changement climatique. Auteur de nombreux articles dans des revues de premier plan, il a été honoré par de nombreux prix. Il souligne le rôle de l'activité solaire et des rayons solaires pour expliquer le changement climatique, qui ne dépendrait que peu du CO₂.

Joanne Simpson, météorologue américaine à la NASA, première femme docteur dans cette discipline, récompensée par de nombreux honneurs et auteur de plus de 190 articles académiques : elle estime que la théorie de l'origine anthropique du réchauffement

²⁴ In « Nous sommes originaires des tropiques ».

²⁵ CO₂ and the "Greenhouse Effect" Doom, www.CO2web.info

climatique ne s'appuie que sur des modèles informatiques à la fiabilité douteuse : « La thèse qui attribue le réchauffement climatique aux émissions de gaz à effet de serre par l'homme se fonde quasi exclusivement sur des modèles climatiques. Nous connaissons tous la fragilité de ces modèles concernant le système air-Terre. »²⁶

Hajo Smit, météorologiste hollandais, ancien membre du comité hollandais du GIEC. Il a déclaré : « Gore m'obligea à plonger dans la science de nouveau et je me retrouvai rapidement dans le camp sceptique. Les modèles climatiques sont utiles tout au plus à expliquer après-coup les changements climatiques. »

Willie Soon, astrophysicien américain au Solar and Stellar Physics Division du Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics. Il a montré que le principal facteur influençant le climat était le soleil et non les gaz à effet de serre.

Oleg Sorochtin, scientifique russe, institut océanologique de l'Académie des sciences de Russie : il est très critique de la théorie de l'origine humaine du réchauffement climatique et insiste sur le rôle de l'évolution de l'activité solaire pour expliquer les variations de la température terrestre. Il écrit ainsi dans le journal russe *Ria Novosti* du 9 octobre 2007 que « l'augmentation de température a une origine humaine prononcée et n'est pas déterminée par l'« effet de serre » ou les « gaz à effet de serre ». »

Gerald Stanhill, climatologue britannique, professeur au département de physique environnementale de l'institut des sols, de l'eau et des sciences environnementales d'Israël : il estime que

²⁶ U. S. Senate Minority Report : More Than 700 International Scientists Dissent Over Man-Made Global Warming Claims.

le GIEC occulte l'influence solaire, en particulier le phénomène de *global dimming* (assombrissement mondial) et considère qu'il ne peut absolument pas être représentatif de la communauté scientifique : « Cette omission de référence à ces changements dans les rapports du GIEC amène à se poser la question de la confiance que l'on peut placer dans un système de consensus scientifique imposé par le haut (top-down) qui ignore un élément aussi majeur et significatif dans le changement climatique. »

Henrik Svensmark, physicien danois, directeur du Center for Sun-Climate Research au Centre de la recherche spatiale danoise, lauréat de nombreux prix : il souligne que l'activité humaine a un effet négligeable par rapport aux effets du soleil sur le climat.

Kunihiko Takeda, vice-chancelier de l'Institut des sciences et technologies, Université de Chubu, Japon. Selon lui, « le CO₂ n'a rien à voir avec le réchauffement global, quelle qu'en soit la quantité produite par l'activité humaine ».

Victor Manuel Velasco Herrera, physicien, Institut de géophysique du National Autonomous University of Mexico (UNAM) : « Les modèles et les prévisions du GIEC sont incorrects car fondés uniquement sur des modèles mathématiques et les résultats prétendus de scénarios qui n'incluent pas, entre autres, l'activité solaire. »

Frank Tipler, physicien-mathématicien, professeur à l'Université de Tulane. Pour lui, « la théorie du réchauffement anthropique est un parfait exemple de pseudoscience, comme l'astrologie, car n'importe quel événement confirme cette théorie, selon ses défenseurs. »

Anastasios Tsonis, physicien, spécialiste de la théorie du chaos appliquée à la météorologie, professeur au département de sciences

mathématiques à l'Université de Wisconsin-Milwaukee, responsable du groupe de recherche en science atmosphérique. Il a déclaré en 2009 : « La température a atteint un plateau et est en fait en baisse. Nous assistons à un nouveau changement de régime vers des températures plus basses qui va durer probablement trois décennies. »

William W. Vaughan, spécialiste de l'atmosphère à la NASA, ancien chef de division au Marshall Space Flight Center, récipiendaire de la médaille de la NASA pour service exceptionnel et auteur de plus de cent articles dans des revues à comité de lecture. Selon lui, les changements climatiques récents sont de causes naturelles : « Les causes de ces changements globaux sont dues au soleil et aux mouvements de la Terre sur son orbite. Pas les activités humaines. »

Robert Vivian, glaciologue, docteur en glaciologie : il souligne que les glaciers sont plutôt en extension qu'en recul, mais que l'on occulte les endroits où ils se développent pour se focaliser sur les reculs locaux. Il rejette l'explication du réchauffement climatique par l'activité humaine : « [...] Ce disant, c'est oublier que les hommes ne sont pas grand-chose au regard des vicissitudes de la planète-Terre dans l'univers. [...] La part du réchauffement provoquée par les industries humaines est tout à fait insuffisante pour expliquer, seule, les variations glaciaires. Elle n'en est pas la cause première. »²⁷

Duncan Wingham, professeur de physique climatique à University College London et directeur du Centre pour l'observation polaire et la modélisation, docteur en physique : il a montré que, contrairement à l'idée reçue propagée par des organismes comme le GIEC, la banquise antarctique était en stable ou en expansion.

²⁷ « Ne faisons pas dire aux glaciers ce qu'ils ne disent pas », virtedit.free.fr/article1.html

D'après ses travaux de 2006, 72 % de la banquise antarctique croît, au rythme de cinq millimètres par an.

Frederick Wolf, climatologue américain qui a enseigné la météorologie et la climatologie au Keene State College dans le New Hampshire pendant vingt-cinq ans. Il est très critique par rapport à la théorie de l'origine humaine du réchauffement climatique. Il insiste en particulier sur la compréhension très incomplète que les scientifiques ont actuellement de l'atmosphère terrestre et rappelle que les variations climatiques de bien plus grande ampleur qu'aujourd'hui ont toujours existé.

Antonino Zichichi, professeur émérite de physique nucléaire à l'Université de Bologne et président de la World Federation of Scientists : il souligne que l'alarmisme du GIEC n'est fondé que sur des modèles informatiques qui sont « incohérents et invalides d'un point de vue scientifique ».²⁸

Hendrik Tennekes, ancien directeur de la recherche de l'institut météorologique hollandais, pionnier de la modélisation climatique, il dénonce l'utilisation de ces modèles, peu fiables selon lui, pour imposer le « dogme du réchauffement climatique » alors que le climat est à la « limite de la prévisibilité scientifique ». Il s'est illustré pour avoir analysé en détail et soutenu la théorie de l'effet de serre saturé de Ferenc Miskolczi et a démissionné avec fracas de son institut début 2010 en déclarant dans la presse : « Je m'inquiète beaucoup ces jours. Je m'inquiète de l'arrogance de scientifiques qui annoncent allègrement qu'ils sont là pour résoudre les problèmes du climat, aussi longtemps qu'ils reçoivent des augmentations de financement massives. Je m'inquiète de la façon dont ils convoitent de nouveau superordinateurs. D'autres parlent

²⁸ "Global Warming Natural, Says Expert", *Zenit*, avril 2007.

de « stabiliser le climat ». Je suis terrifié par l'arrogance, la vanité et l'insouciance de ces mots. Pourquoi est-il si difficile de faire preuve d'un peu d'humilité ? »²⁹

Pour terminer, signalons l'existence de déclarations et pétitions signées par quantité de scientifiques dont le message principal est de dénoncer le risque d'une approche trop dogmatique de la climatologie. Il y a par exemple le Global Warming Petition project, www.petitionproject.org/ C'est une initiative de pétition et documentation sceptique en ligne américaine. Elle a attiré jusqu'à présent plus de 31'000 scientifiques dont plus de 9000 docteurs. Enfin, en 1992 à la veille du Sommet pour la Terre de Rio de Janeiro, une initiative d'origine européenne s'est inquiétée des mêmes dérives : l'Appel de Heidelberg³⁰. Signé par près de 4000 intellectuels et scientifiques, il fut appelé par les médias « l'appel des Prix Nobel », parce qu'ils étaient plus d'une cinquantaine à le signer.

La question qui se pose est en fin de compte la suivante : qu'ils soient payés par quiconque, ces scientifiques, et quel que soit leur niveau de compétences, ont-ils intérêt à risquer leur réputation en affirmant ou souscrivant à n'importe quoi à propos de leur métier ? Et s'il y en a, doit-on partir de l'idée qu'ils sont majoritaires ? Pour en avoir le cœur net, il faut, tôt ou tard, aller voir ce que ces scientifiques disent dans leurs publications scientifiques.

1.2 Une science sous influence ? Et le ciel s'obscurcit.

« Nous avons parfaitement le droit d'établir un lien de causalité entre les bouleversements climatiques et l'action humaine

²⁹ Citation extraite de *De telegraaf* de février 2010.

³⁰ Dont le texte se trouve à l'adresse : www.global-chance.org/IMG/pdf/GC1p24.pdf

[...]. Une fois cette décision prise (car c'est une décision), les climatosceptiques ne sont pas irrationnels, ce sont simplement des adversaires politiques, parfaitement respectables. » Bruno Latour, philosophe, dans *Libération* du 20 décembre 2010.

Au cœur de la dynamique de la question sur le réchauffement climatique, il y a actuellement le Groupe intergouvernemental d'experts sur le climat (GIEC). Les événements qui ont conduit au blocage actuel n'ont pas encore fait l'objet d'études approfondies. Toutefois, des ouvrages commencent à retracer son évolution, de sa naissance jusqu'à sa perte d'influence³¹. Ils donnent, comme on va le faire ci-après, quelques éléments sur le contexte social, économique et culturel dans lequel est né puis s'est développé le GIEC. Créé en 1988 sous les auspices du Programme des Nations Unies pour l'environnement et de l'Organisation mondiale de la météorologie, sa mission consiste à « *évaluer, sans parti pris et de façon méthodique, claire et objective, les informations d'ordre scientifique, technique et socio-économique qui nous sont nécessaires pour mieux comprendre les fondements scientifiques des risques liés au changement climatique d'origine humaine, cerner plus précisément les conséquences possibles de ce changement et envisager d'éventuelles stratégies d'adaptation et d'atténuation* ». Le GIEC est actuellement structuré en un bureau exécutif qui pilote les travaux de trois groupes de travail auxquels participent des milliers de scientifiques provenant d'horizons très divers. Le premier s'occupe de la science du climat, le deuxième des impacts du changement climatique sur la biosphère et sur les systèmes socio-économiques, le troisième des stratégies de réduction des conséquences du changement climatique. La création d'un tel organisme est un événement sans équivalent dans l'histoire des

³¹ *Salé temps pour GIEC* d'Etienne Dubuis, Favre, 2010, présente une analyse sans concession de l'émergence, de l'essor, de la splendeur puis de la chute du GIEC.

sciences. Ce fait n'a pas manqué d'intéresser des chercheurs spécialisés par les régimes *d'hybridation de dynamiques scientifiques propres et de dynamiques politiques*³². L'expression est précise et souligne l'ambiguïté de la mission du GIEC. Une hybridation, c'est davantage qu'un dialogue. Cela suppose que quelque chose d'inédit émerge d'un assemblage d'éléments hétérogènes. Le GIEC est l'institution en charge de catalyser le processus. Il gère la production de groupes de travail spécialisés et très hétérogènes en charge de répondre à l'attente des milieux politiques, inquiets ou intéressés par le destin de la planète. À la base du processus que pilote le GIEC, des milliers de chercheurs qui, d'une manière ou d'une autre, analysent et documentent le phénomène global du réchauffement climatique. Ces chercheurs doivent idéalement suivre le caractère propre de la démarche scientifique et le GIEC a la responsabilité de procéder à des évaluations faites « *sans parti pris et de façon méthodique, claire et objective* ». L'ennui, c'est que dans les lignes suivantes, la mission du GIEC privilégie une orientation politique, celle consistant à mieux comprendre *les fondements scientifiques des risques liés au changement climatique d'origine humaine*. Tout est dans la formulation. Une option scientifique légitime consisterait à s'intéresser à l'hypothèse de l'influence de l'homme sur les changements climatiques. Mais la mission du GIEC, c'est de mieux comprendre les fondements scientifiques des risques de l'influence humaine, ce qui suppose que ces risques existent et par conséquent que l'influence humaine sur le climat est un fait admis. Il y a peu de place dans la mission du GIEC pour la remise en question de l'existence de risques associés à l'activité humaine. Toutefois, l'hypothèse est parfaitement légitime sur le plan scientifique et souvent, le fait de chercher à la falsifier permet

³² « Changement climatique : dynamiques scientifiques, expertise et enjeux géopolitiques, Amy Dahan Dalmenico, Hélène Guillemot preprint, centre Alexandre Koyré, EHESS-CNRS, 2006.

de mieux en comprendre la solidité ! Mais l'opération est ici délicate car elle revient à nier la mission de l'institution qui dirige les recherches. Dès lors, le dialogue entre sciences et politique est cadré, contraint, en clair politisé. C'est contre cette intrication qu'ont réagi et continuent de réagir les scientifiques climatosceptiques, tout en produisant des résultats qui dérangent. Récemment, un rapport du Conseil Inter-académique³³, une autorité de prestige et mondialement respectée, formule en termes diplomatiques mais très clairs des accusations sévères sur la façon dont le GIEC a mené sa tâche d'évaluation du travail scientifique. Ce Conseil réunit les présidents de dix-huit académies nationales et conclut ses recommandations par une demande de réforme fondamentale dans le fonctionnement du GIEC. Après avoir été si excessif et arrogant dans sa communication, comment revenir à l'ouverture d'esprit et à la pondération typique de l'esprit scientifique usuel ? Fin 2009, le sommet de Copenhague a été celui de tous les débordements médiatiques, avec le peu de résultats qu'on sait. L'année suivante, celui de Cancun s'est déroulé dans une grande discrétion. C'est probablement le signe du désarroi dans lequel se trouve le GIEC, dans le meilleur des cas celui d'un prélude au retour à des pratiques scientifiques plus classiques. Actuellement, quelques fantassins de la climatologie de « l'Effet de serre » donnent encore çà et là de la voix, mais le grand élan est brisé. L'espace médiatique se reconfigure. Aux attaques débridées d'un grand scientifique et ancien ministre de l'éducation qui ose un livre sur *L'imposture climatique, ou la fausse écologie*³⁴, ne répond que la plume de quelques journalistes. L'un relève les imprécisions et exagérations du scientifique dans *L'imposteur, c'est lui – réponse à*

³³ Climate Change Assessments, Review of the Processes & Procedures of the IPCC, IAC, août 2010.

³⁴ Claude Allègre, aux Éditions Plon, 2010.

*Claude Allègre*³⁵. Un autre donne une analyse du jeu politique auquel se livre l'ancien ministre dans *Le populisme climatique ou Claude Allègre et cie, enquête sur le populisme climatique*³⁶. Des échauffourées de ce genre, il en existe sous d'autres cieus. Mais ici comme ailleurs, rien dans les réponses données aux provocations ou argumentaires factuels des climatosceptiques n'ébranle le cœur des problèmes scientifiques soulevés. Le débat est encore très viscéral et les défenseurs du catastrophisme climatique font face, depuis quelque temps, à des adversaires de poids dans un paysage médiatique qui, auparavant leur était entièrement acquis. Que déduire de ces orages médiatiques ? Que si la climatologie dominante avait tout juste, elle aurait très probablement profité de l'opportunité offerte par ces critiques excessives pour venir expliquer en quoi la science de « l'Effet de serre » était vraiment établie. Certes, il est compréhensible de la part de scientifiques de ne pas vouloir polémiquer sur la place publique sur des sujets complexes, mais le terrain n'a pas été choisi par les climatosceptiques, tant s'en faut. En France, à la suite du remue-ménage provoqué par la parution de *L'imposture climatique*, treize éminents climatologues ont pris l'initiative de s'en remettre officiellement à leur ministre de tutelle afin qu'il exprime publiquement sa confiance en leur intégrité et sérieux de leurs recherches. S'il fallait donner l'image d'une science politisée, c'est réussi et le fait a été relevé : « *que les signataires jugent nécessaire de faire appel aux pouvoirs politiques et administratifs pour conforter leurs positions revient à reconnaître le manque d'indépendance qui leur est reproché par leurs adversaires, et qui obère la fiabilité des travaux du GIEC, organisme d'experts gouvernementaux. La « communauté» des climatologues marque un but (de plus) contre son*

³⁵ Sylvestre Huet aux Éditions Stock, 2010.

³⁶ Stéphane Fourcart, aux Éditions Denoël, 2010.

propre camp ». ³⁷ Depuis l'échec de Copenhague, le débat s'enrichit et s'élève, beaucoup plus vite sur internet que sur les grandes scènes médiatiques. De l'autre côté de l'Atlantique, la réaction des médias est bien différente.



Figure 1 : au début du *Climategate*, le message véhiculé par ce dessin (repris de www.pensee-unique.fr) s'appliquait à la presse européenne francophone en général. Mais la situation évolue.

Dans la culture anglo-saxonne, on plaisante moins avec la liberté d'information. En marge d'inévitables remous médiatiques, une véritable vie scientifique autour des questions climatiques semble refaire surface outre-Atlantique. Citons par exemple un grand débat que le prestigieux Massachusetts Institute of Technology de Boston (MIT) a organisé en décembre 2009, peu après le *Climategate*. Pendant près de deux heures, un débat contradictoire confronte des professeurs de climatologie, dont l'un est un célèbre climatosceptique, et des spécialistes en politique environnementale

³⁷ «Le scientifique, le climat et le politique», Jean-Marc Levy Leblond, *Libération* du 8 avril 2010.

et internationale. Le débat a été enregistré en public dans un auditoire de cette université. Il est disponible sur internet³⁸. Le débat est digne, factuel et pas vraiment à l'avantage de la climatologie. La déclaration de son représentant qui associe le scepticisme climatique à celui du scepticisme sur les méfaits du tabac tombe à plat. On en est déjà plus là, et dans une université technologique comme le MIT, l'amalgame entre deux situations scientifiques qui n'ont rien en commun ne convainc pas. Le climatosceptique n'a pas de problème pour distinguer et faire distinguer à l'assistance les faits qu'il met sur la table des éventuelles intentions ou intérêts politiques dont il est implicitement accusé de dépendre. En France, l'Académie des sciences a récemment rendu un rapport au Ministère de l'éducation et de la recherche sur un état de l'art en matière de climatologie. Ce rapport est le fruit d'un colloque tenu à huis clos entre climatologues et climatosceptiques. Ce fait est exceptionnel, car s'il ne s'était agi que de science, le colloque aurait pu être ouvert au public, ou au moins à la communauté scientifique. Le rapport est bien moins alarmiste que ceux du GIEC³⁹, censé pourtant dire la science sur le sujet. Tout le monde y trouve son compte, les climatologues n'en ressortent pas ébréchés, les arguments des sceptiques n'y sont ni éludés ni diabolisés. Il faut souhaiter et s'attendre à d'autres exercices de ce genre, car il y a un urgent besoin de catharsis et de réconciliation collective.

Le *Climategate*, cette fuite ou piratage d'e-mails compromettant pour deux grands centres de climatologie dont on a parlé au chapitre précédent, est certainement un élément déclencheur du mouvement de remise en cause que traverse la climatologie, car

³⁸ <http://mitworld.mit.edu/video/730>

³⁹ «Le changement climatique», synthèse des interventions prononcées lors du débat sur le climat le 20 septembre 2010 à l'Académie des sciences, des contributions écrites qui l'ont précédé et des nombreux échanges et commentaires qui l'ont suivi, (26.10.10).

il met très directement en cause la notion d'intégrité scientifique. Certains e-mails laissent en effet très clairement entendre que d'éminents climatologues se sont livrés à des opérations frauduleuses sur les données relatives aux courbes de reconstruction de la température terrestre globale. Pièce essentielle de la théorie anthropique du réchauffement climatique, elles ont été popularisées sous le nom de courbes en forme de canne de hockey en raison de la montée rapide des températures qu'elles affichent à partir de l'ère industrielle. Elles ont fait la une de journaux scientifiques aussi prestigieux que *Nature* et Al Gore s'en est fait le champion dans son film *Une vérité qui dérange*⁴⁰. Sont-elles le résultat d'une maladresse involontaire ou d'une fraude monstrueuse ? On y reviendra plus loin, au chapitre 3.4.1, et contentons-nous à ce stade de relever que ces courbes étaient présentées comme un argument massue en faveur de l'accroissement de « l'Effet de serre » dans le 3^e rapport du GIEC de 2001 (AR3) et qu'en 2007 elles ont été renvoyées dans les profondeurs du rapport suivant (AR4) et remplacées par un bouquet de courbes moins percutant, plus vague et moins réfutable selon les sceptiques.

Symboliquement, l'épisode du *Climategate* a marqué un moment clé dans l'histoire de la production de ces courbes en canne de hockey. Un véritable roman y a été consacré⁴¹ qui montre que les e-mails qui ont été dévoilés ne révèlent qu'une petite partie d'une étonnante dérive scientifique. La critique de « l'Effet de serre » qu'on propose ne donne à ces reconstructions de température qu'un rôle mineur. Par la force des choses, elles le sont

⁴⁰ Film de 2006 mondialement célèbre sur les causes et conséquences du réchauffement climatique. Réalisé par David Guggenheim, Al Gore en est le présentateur principal.

⁴¹ *The Hockey Stick Illusion* de A.W Montford (Stacey, 2010) présente la chronique de la lutte de deux hommes, Michael Mann, père des célèbres courbes et Steve McIntyre, statisticien méticuleux et critique qui les a cassées les unes après les autres.

également devenues pour les défenseurs des thèses du GIEC. Mais il faut quand même souligner le rôle majeur dans la présentation émotionnelle et médiatique de la climatologie. La scène de *Une vérité qui dérange* où Al Gore présente ces fameuses courbes est, à ce titre, emblématique. Commentant l'évolution conjointe des courbes de températures moyennes de l'atmosphère et de concentrations de CO₂, une mise en scène lui permet de s'élever au-dessus de la scène d'où il parle sur une petite plateforme qu'il dirige afin de mieux pointer la hauteur des courbes et signifier le vertige de leur croissance depuis le début de l'ère industrielle. Du haut de cette chaire savamment improvisée, l'effet d'annonce est saisissant, écrasant même : « Mesdames et messieurs, voici les températures que devraient connaître vos enfants lorsqu'ils auront à peu près mon âge. » Dans cette scène, Al Gore poursuit en décrivant « l'Effet de serre » comme un phénomène complexe. C'est juste, mais là où il se trompe ou trompe son monde, c'est quand il affirme qu'il peut néanmoins se réduire à la logique suivante : plus de CO₂ dans l'atmosphère => plus de chaleur retenue dans l'atmosphère => élévation de sa température moyenne => recrudescence de catastrophes en tout genre. Scientifiquement, l'argument est simplement faux, on le verra. Alors, sauver la planète dans le sillage de grands leaders, pourquoi pas ? Le monde en manque désespérément, mais le bon sens invite à se demander à qui profite une propagande basée sur une science hésitante voire complètement corrompue. Al Gore a, comme d'autres financiers, de gros intérêts⁴² dans la mise à prix du CO₂. À trop stigmatiser les lobbies qui se réjouissent de progrès du climatoscepticisme, on oublie les appétits vertigineux aiguisés par les milliards de

⁴² Dans une interview donnée en 2009, Michel Clerin, économiste (Uni Chicago) décrit les cachotteries derrière les grandes déclarations sur le sauvetage de la planète : www.cfo-news.com/Les-cachotteries-de-Copenhague_a12834.html

dollars que les bourses du CO₂ ont commencé à faire circuler. Ce n'est pourtant que de la fumée financière. **Le fait d'associer des flux financiers à des flux de molécules de CO₂ que personne ne désire, ne crée aucune valeur économique en temps réel, c'est d'abord renchérir le prix de ressources énergétiques clés et potentiellement générer une inflation globale qui peut se retourner tôt ou tard sur le consommateur moyen. Il n'est pas sûr que des personnages de la visibilité et de la stature d'Al Gore s'intéressent aux défaillances scientifiques de leurs arguments. Le business vert ne repose pas forcément sur des bases plus solides et saines que le business bleu pétrole auquel il est souvent opposé. Dans les deux cas, des mécanismes financiers sans odeur ni valeur font miroiter des opportunités de profit. Le jeu consiste à maximiser les profits pour un profil de risques donnés. Pourtant, la durabilité, que revendique l'idée de croissance verte, devrait s'ancrer dans une compréhension rationnelle des problèmes écologiques et naturels. Mais tout se passe comme si seul un nouveau délire pouvait en remplacer un autre, comme si le simple fait de le proclamer, tant bien que mal, allait permettre de passer de l'un à l'autre. Le *Climategate* a calmé le jeu.**

Le suffixe «-gate» a été largement utilisé à charge contre le GIEC. Il y a eu l'Amazone-gate pour des affirmations branlantes sur l'avenir de la région amazonienne, l'Himalaya-gate pour d'autres du même tonneau sur la fonte des glaciers, et voilà qu'un *Climategate* vient couronner la série et qui rappelle le plus l'original. L'usage du suffixe «-gate» est une excellente trouvaille en ce qu'elle évoque le *Watergate*, scandale des écoutes secrètes organisées par la Maison-Blanche et qui a coûté sa place au Président Nixon dans les années 70. Les institutions mises en question par les e-mails piratés sont des pièces maîtresses de la recherche en climatologie. Il ne s'agit pas de se réjouir d'une situation qui doit être douloureuse pour ces institutions comme pour la climatologie

en général. Elle n'est pas faite, rappelons-le, que par des fraudeurs. Le *Climategate* marque un tournant décisif et salutaire dans la perception médiatique de la climatologie. Au plus fort de l'expansion de la bulle climatique, les climatologues bien en vue comme toute une armada de thuriféraires de la cause avaient adopté et fait admettre dans les médias des comportements langagiers à donner froid dans le dos. L'usage du mot « négationniste » était par exemple largement toléré dans les grands médias pour qualifier les scientifiques climatosceptiques. C'est tellement vrai qu'un ouvrage de défense des climatosceptiques est sorti sous le titre *The Deniers*⁴³, ce qu'on traduirait en français par « les négationnistes ». Selon le dictionnaire, négationniste qualifie tout individu qui nie les massacres perpétrés par les nazis pendant la Seconde Guerre mondiale. C'est monstrueux et n'a rien à voir avec le scepticisme climatique. Qu'on se traite de tous les noms quand il s'agit d'affaires privées, qu'importe. Mais qu'on tolère publiquement ces dérapages de la part de représentants d'institutions scientifiques sur des questions aussi importantes que l'avenir de la planète doit inquiéter. Des observateurs du débat scientifique contemporain n'ont pas manqué de constater qu'il était difficile de s'interroger publiquement « *sur la validité des thèses des réchauffistes sans se faire injurier* »⁴⁴. Est-ce être un peu trop chochotte ou n'être qu'un intellectuel sourcilieux que de s'indigner de la situation ? Après tout, ne faut-il pas, en politique, avoir la peau épaisse, le cuir solide ? Non, car il ne s'agit pas de politique, mais de sciences. C'est ce qui différencie les situations. On attend d'une science qu'elle appelle un chat un chat, pas qu'elle fasse rêver ou fasse prendre des vessies pour des lanternes. User de l'insulte ou de l'argument d'autorité pour imposer son message n'est en général pas un signe de confiance en soi ou, dans le cas présent, en la solidité des sciences qu'on

⁴³ Livre de Laurence Solomon, Richard Vigilante Books, 2008.

⁴⁴ Dominique Lecourt, dans *Le Temps* du 10 juillet 2010.

représente. Et même en politique, c'est le genre d'attitude qui invite un esprit critique à aller voir de plus près où le bât blesse. Si, dans la bouche des défenseurs du catastrophisme climatique, le mot négationniste perd son sens premier, jusqu'où peut-on glisser dans la perversion verbale, comment les comprendre, cachent-ils une science inaboutie, ou corrompue ? Pour les écarts de langage, les médias n'auraient jamais laissé passer ceux des défenseurs du catastrophisme climatique chez un homme politique. Faut-il les tolérer au nom de l'urgence et de l'humanisme de la cause ? Non, parce que justement le mécanisme consistant à défendre l'humanité à coups de dérives scientifiques et perversions langagières en annonce d'autres encore plus funestes.

Dans 1984⁴⁵, Georges Orwell décrit une société totalitaire organisée autour des slogans : « *la guerre c'est la paix, la liberté c'est l'esclavage, l'ignorance c'est la force* »⁴⁶. Pourquoi énoncer ces slogans ? Parce qu'ils ne sont pas plus absurdes qu'une affirmation comme « *les climatosceptiques sont négationnistes* ». Elle n'en est qu'un écho contemporain, devenu presque banal tant il a été déjà dit, lu et entendu. Dans 1984, Georges Orwell imagine un *Ministère de la Vérité* qui est en charge de réécrire le dictionnaire, de produire une *novlangue* qui permette à un nouvel homme d'exister. Le héros du roman est un homme qui s'oppose à ces absurdités en se répétant des évidences : « *Tant qu'on a la liberté d'affirmer que deux plus deux font quatre, le reste suit* ». En climatologie, il est permis d'affirmer que deux plus deux font quatre, car ces prédictions reposent sur un usage massif des mathématiques et de l'informatique. Mais c'est *le reste* qui peine à suivre. Il est en effet encore très mal vu de se demander si « l'Effet de serre » est davantage qu'une formule de novlangue. Évoquer

⁴⁵ Publié en 1949, ce roman a été classé en 2005 parmi les 100 meilleurs romans d'anticipation de langue anglaise.

⁴⁶ Slogans extraits de 1984.

ainsi le scepticisme scientifique dans un contexte où la majorité des acteurs est pétrie de bonnes intentions peut sembler provocateur. Mais cette provocation est saine car elle ne renvoie jamais qu'à un peu de sagesse populaire : l'enfer est aussi pavé de bonnes intentions. Dans *1984*, le héros résiste au système d'abrutissement général mis en place, mais il finit quand même par se faire broyer. Torturé à l'extrême dans les sous-sols du *Ministère de l'Amour*, il finit par douter que *deux plus deux font quatre*. Guéri de son esprit critique par le système, il se retrouve à la fin du roman libéré, seul dans un jardin public à réaliser qu'il aime Big Brother, l'être suprême. C'est sombre mais réaliste. Mieux, cela a existé et le seul espoir laissé au lecteur, c'est que le héros soit encore capable de réflexion, puisqu'il nous le décrit encore capable de réaliser qu'il aime Big Brother. Sous la torture, il en est venu à douter que deux plus deux font quatre, mais la certitude que c'est bien vrai peut encore resurgir de la petite étincelle de conscience qu'Orwell lui laisse à la fin du roman.

Le GIEC n'a ni mis en place ni suscité des équivalents des *Ministères de la Vérité*, de *l'Amour* et de *l'Abondance*. Mais quand, à propos des climatosceptiques, le secrétaire général du GIEC déclare qu'il « *y a encore de nos jours une Société de la Terre Plate qui organise des rencontres tous les ans pour affirmer que la Terre est plate. La science sur le changement climatique est très claire. Il n'y a vraiment pas de place pour le doute dans cette affaire* »⁴⁷, il pratique une novlangue. C'est indigne des enjeux planétaires et des sciences qu'il est censé représenter auprès des citoyens qui le lisent ou qui l'écoute. Dite dans un bureau entre quatre yeux ou dans le cadre d'un débat privé entre passionnés, une telle déclaration serait de bonne guerre, banale même. Mais elle a été prononcée en public par l'homme qui est à la tête du GIEC, une organisation honorée du Prix Nobel de la paix. Dans un

⁴⁷ Réponse faite à un journaliste du *Chicago Tribune*, le 3 août 2008.

casting pour 1984, son personnage graviterait plutôt autour de Big Brother que du héros du livre. Mais, chose étonnante, le secrétaire général du GIEC s'est aussi fait remarquer pour avoir écrit une nouvelle plutôt coquine⁴⁸ qui l'a encore un peu plus décrédibilisé aux yeux de beaucoup de climatosceptiques. Mais à la réflexion, quelle que soit la qualité du roman, il renvoie l'image d'un Big Brother un peu polisson, imprévisible et donc porteur d'espoir.

Mais s'il fallait rapprocher la climatologie d'une autre dérive scientifique célèbre, ce serait celle du lyssenkisme. Sous Staline, un jeune biologiste du nom de Lyssenko avait connu une ascension fulgurante dans la hiérarchie soviétique comme porteur et symbole d'une biologie nouvelle, compatible avec l'idéologie de l'avènement d'un homme nouveau, entièrement façonnable par son environnement. **Cette biologie s'opposait à la génétique naissante du début du XX^e siècle et allait devenir la biologie officielle du régime stalinien. Par ces préceptes erronés, cette pseudoscience a fait des dégâts énormes à l'agronomie et à la biologie russe, sans parler des dégâts humains**⁴⁹. Aujourd'hui, comparer la climatologie au lyssenkisme ne doit pas tellement se faire pour identifier les éventuels «Lyssenko de la climatologie», ce genre de procès trouvera sûrement ses champions, mais pour bien réaliser que le lyssenkisme n'est pas qu'un événement historique unique mais également un phénomène récurrent⁵⁰. À ce titre, la citation mise en exergue dans ce chapitre appelle un petit commentaire. Une société a le droit de décider «*d'établir un lien de causalité entre les bouleversements climatiques et l'action humaine* et de faire ainsi des climatosceptiques des adversaires

⁴⁸ "Return to Almora" présentée dans *The Telegraph* du 9 janvier 2010.

⁴⁹ Voir «L'affaire Lyssenko, ou la pseudo-science au pouvoir», Yann Kindo, *Sciences et Pseudo Sciences* n° 286, juillet-septembre 2009.

⁵⁰ «Des échos contemporains du lyssenkisme?», Yann Kindo, *Sciences et Pseudo Sciences* n° 288, octobre 2009.

politiques, parfaitement respectables. Relevons d'abord, qu'avec ou sans cette décision, les climatosceptiques sont des citoyens respectables et aussi égaux que les autres devant la loi. En cela, on ne voit pas pourquoi un vote sur ces liens de causalité les rendrait encore plus respectables, ou *parfaitement respectables*. Mais l'auteur avoue dans l'article qui lui est consacré, «le climat mis au vote», avoir conscience que son idée, lancée quelques mois plus tôt dans un autre grand quotidien français, est provocante et il s'étonne du peu de réactions qu'elle a suscitée. Prenons-la alors au sérieux ! Étudions le cas de figure où la loi décrétant qu'un tel lien de causalité est non pas vrai mais juste soit votée et acceptée par une population. Se pose alors la question de savoir que faire de scientifiques qui n'arriveraient pas à construire dans leurs laboratoires ou à partir de leurs observations sur le terrain des observations qui respectent la loi votée. Cette question serait un problème d'ordre public. Ces scientifiques seraient hors la loi et justice devrait être rendue, à moins que ces scientifiques organisent un référendum pour faire annuler cette loi, si l'État dans lequel ils vivent le leur permet. Sans cela, l'application de cette loi consisterait, par exemple, à muter ces *scientifiques irresponsables* dans des secteurs d'activités convenant mieux à leurs aptitudes réduites, puis à les inviter à suivre des cours de *novscience*. Pour les cas plus difficiles, la loi aurait des décrets d'application affirmant l'existence de liens de cause à effet entre une mort subite et l'incapacité à reproduire le *lien de causalité entre les bouleversements climatiques et l'action humaine*. Constat : là où l'esprit de géométrie du scientifique s'efforce de comprendre un problème en imaginant d'élégants ballets de cause à effet, l'esprit de finesse d'un philosophe propose de le régler avec des impératifs et des bruits de bottes. La posture est assez tendance mais pas vraiment nouvelle. Quelques mots sur le contexte qui a vu naître la climatologie permettent de s'en convaincre.

1.2.1 Modèles et alertes artificielles

« Entre les nombreuses sottises que fait dire sur les mathématiques l'ignorance de leur vraie nature, il en est une qui consiste à qualifier les grands capitaines de "mathématiciens du champ de bataille" (...). En fait, si l'on veut éviter la catastrophe, il ne faut pas que leurs calculs logiques dépassent l'innocente simplicité des quatre opérations. La soudaine nécessité d'une déduction aussi modérément subtile et complexe que la résolution d'une équation différentielle simple coûterait la vie à des milliers d'hommes. »

Robert Musil, *L'homme mathématique*, 1913.

Le plan de sauvetage de la planète est une réponse aux grandes alertes écologiques déduites des calculs des modèles de réchauffement climatique. Ce plan propose d'engager l'économie et la société mondiale dans diverses actions visant à minimiser leur impact sur le climat. Tout cela semble logique, mais à la réflexion, ça ne l'est pas du tout. Qu'il faille réagir à ces alertes, oui. Mais il est faux de penser que la réponse va de soi. Il n'est pas logique de vouloir sauver la vie sur Terre. C'est une question de valeur. Un choix de valeur n'obéit pas aux règles de la logique. Il est à la rigueur influencé par des réflexes biologiquement contrôlés. Relever ce point c'est affirmer la distinction fondamentale que fait l'humanisme classique entre une science qui cherche à dire ce qui est et une société qui choisit ce qu'elle veut être et ce qu'il faut faire pour y parvenir⁵¹. Ramenons cette distinction à un exemple bien connu : fumer nuit à la santé. Le constat est scientifiquement établi de longue date, mais il n'est pas logique d'en déduire qu'il faut arrêter de fumer. Cette conclusion suppose

⁵¹ Largement analysée dans *Le nouvel ordre écologique*, Luc Ferry, Éd. Grasset, 1990.

un système de valeurs consistant à privilégier une vie longue à une vie faite de plaisirs immédiats qui menacent de la raccourcir. Un autre système de valeurs consiste à préférer une bonne petite clope maintenant à quelques mois d'existence supplémentaires à venir. N'est-il pas humain de passer d'un système à l'autre, de faire parfois ce qu'on veut et souvent ce qu'on peut ? Si provoquant que cela puisse paraître, s'il était scientifiquement établi que les émissions de CO₂ réchauffent l'atmosphère, la science n'a pas à se prononcer sur l'urgence à engager une lutte pour sauver le climat. Tous ensemble pour que l'accroissement de température global ne dépasse pas 5°C en 2100 ! Cet impératif est peut-être une nécessité technique pour la survie ou le renouveau d'un système de production industriel, mais ce n'est pas une valeur de société. Un rapide retour sur la genèse de la mouvance climatique permet d'y voir un peu plus clair dans les valeurs qui la fondent et dans les raisons de l'intrication entre sciences et impératif moral qu'on retrouve dans la mission du GIEC.

Il est admis que la climatologie est entrée publiquement en politique le 23 juin 1988⁵², peu de temps donc avant la création du GIEC. Cette date est celle du témoignage de James Hansen, un scientifique spécialiste de l'atmosphère, devant des parlementaires à Washington. La journée est suffocante, comme l'atmosphère de la salle où il va s'exprimer, les fenêtres ayant été laissées ouvertes pour faire entrer la chaleur. C'est dans cette ambiance préparée qu'il affirma que *« la probabilité pour qu'un réchauffement de cette ampleur reflète une variabilité naturelle est d'environ 1 % . On peut donc affirmer à 99 % que le réchauffement actuel représente une tendance lourde et qu'il est lié à l'effet de serre. »* Cette déclaration n'a plus grand-chose de scientifique, c'est clairement une alarme. S'il y a 99 % de chance que quelque chose de mal

⁵² Selon le magazine *La Recherche*, « le réchauffement fait son entrée en politique », n° spécial, 40 ans de Sciences, mai 2010, p. 64.

arrive, un seuil critique de risque a été dépassé. Il le serait certainement à moins de 99 %. Mais c'est ce chiffre qui a été choisi. Bref, il faut faire quelque chose. L'écho médiatique de cette déclaration a été énorme et a très probablement eu une influence sur les fonds accordés aux programmes de recherche de la climatologie. James Hansen dirige depuis 1981 le Goddard Institute de la NASA⁵³, qui est, avec le Climate Research Unit (CRU) de l'Université d'East Anglia en Angleterre que dirige Phil Jones, un des plus importants centres de données sur les changements climatiques. La récente affaire du *Climategate*⁵⁴ fait peser de très lourds soupçons sur la valeur scientifique des données et publications que produisent ces deux centres. La climatologie était-elle condamnée à s'abandonner au confort des arguments d'autorité que lui procurait cette entrée en politique tonitruante ? Faut-il voir dans son essor rapide, la réussite d'un plan dont *Une vérité qui dérange*⁵⁵ serait un des plus récents et des plus aboutis éléments de propagande ? Répondre positivement à ces questions revient à supposer une théorie du complot. Cette hypothèse est pratique pour romancer une affaire et faire passer des idées en les incarnant dans des personnages marquants. Mais elle colle rarement au réel car elle accorde trop de poids à l'intelligence humaine. Le monde bouillonne de toutes sortes d'idées, de rêves, de désirs, de peurs et de frustrations. Ils se communiquent et mobilisent l'opinion d'autant mieux et plus vite que les moyens de communication sont denses. À un moment donné, telle idée trouve des résonances, s'amplifie, se propage et gonfle au point qu'aucune intelligence humaine ne peut prétendre la contrôler. C'est un art de le faire croire, une tare de le croire. Il faut laisser à l'ignorance et surtout à la bêtise leur rôle structurant

⁵³ Dont le site web est : www.giss.nasa.gov/staff/jhansen.html

⁵⁴ Évoquée aux chapitres précédents et repris dans ceux qui traitent des reconstructions de températures paléoclimatiques § 3.4.

⁵⁵ Voir note 40 p. 53 sur le film d'Al Gore.

dans les phénomènes sociaux. Les personnes dont les déclarations seront reproduites ci-après ne sont donc pas à considérer comme de machiavéliques et géniaux conspirateurs, mais comme des amplificateurs ou synthétiseurs d'idées qui ne demandaient qu'à être écoutées puis amplifiées par l'air du temps.

Une des premières grandes conférences sur le climat a été organisée en 1975 à l'Université de Caroline du Nord. Son organisatrice est une anthropologue américaine, alors présidente de l'influente Association américaine pour l'avancement de la science, Margaret Mead. Sa place au sein des sciences sociales est représentative d'un courant qui défend l'idée d'une nature humaine malléable, obéissant aux impulsions du milieu social. Ses travaux sur la construction de l'identité féminine ont fait d'elle une scientifique reconnue mondialement. De 1942 à 1953, elle a participé avec son mari, Gregory Bateson, et d'autres grands scientifiques, aux conférences de Macy dont l'ambition était d'édifier une science générale du fonctionnement de l'esprit. Ces conférences sont reconnues pour avoir donné un sérieux élan aux sciences cognitives et à la cybernétique. Femme influente et militante très engagée, elle a embrassé en fin de carrière la cause de l'écologie. Se doutait-elle qu'elle allait inspirer une vaste expérience d'anthropologie cybernétique ? En tout cas, la déclaration qu'elle fit à cette conférence sur « l'atmosphère en danger » a été pour le moins programmatique, comme en témoigne le long extrait qui suit : *« Tant que les peuples du monde ne peuvent pas commencer à comprendre les immenses et durables conséquences de ce qui apparaît comme de petits choix – creuser un puits, ouvrir une route, construire un grand avion, installer un réacteur à neutrons rapides, relâcher des produits chimiques dans l'atmosphère ou décharger des déchets sous forme concentrée dans les mers –, la planète entière peut être menacée... À cette conférence, nous proposons que, avant qu'il y ait une tentative de développer une « loi de l'air », la communauté scientifique avise les Nations Unies (et individuellement, les nations puissantes ou*

les organisations d'États plus faibles) et essaient d'arriver à une vision générale de ce qui est actuellement connu sur les dommages causés à l'atmosphère par les activités humaines et comment les connaissances scientifiques alliées avec des actions sociales intelligentes peuvent protéger les peuples du monde d'interférences dangereuses et prévisibles sur l'atmosphère dont toute forme de vie dépend (...) Ce dont nous avons besoin de la part des scientifiques ce sont des estimations présentées avec suffisamment de conservatisme et plausibilité, mais en même temps aussi libres que possible de dissensions internes, qui puissent être exploitées par des intérêts politiques qui nous permettront de bâtir un système d'alertes artificielles mais effectives, c'est-à-dire analogue à l'instinct d'animaux qui fuient avant la tornade, qui stockent des noix avant l'hiver, ou comme les chenilles qui se couvrent d'épaisses couches en préparation à un changement climatique imminent (...). Ce que les scientifiques doivent inventer, en tant que scientifiques responsables, ce sont des moyens grâce auxquels la vue à long terme peut devenir une habitude citoyenne des divers peuples de la planète. Cela pose bien sûr un ensemble de problèmes techniques pour les sciences sociales, mais elles sont sans défense sans une réponse hautement responsable et articulée des sciences naturelles. Ce n'est que si les sciences naturelles peuvent développer des façons de rendre leurs affirmations sur l'état actuel des dangers crédibles pour chacun que nous pouvons espérer les rendre crédibles et compréhensibles aux sciences sociales, aux politiques et aux citoyens.»⁵⁶

L'idée d'inventer «des moyens grâce auxquels la vue à long terme peut devenir une habitude citoyenne des divers peuples de la planète» est pour un esprit scientifique soit banale, soit absurde.

⁵⁶ Extraits cités dans "Where the Global Warming Hoax Was Born: 1975 'Endangered Atmosphere' Conference", *21st CENTURY Science & Technology*, 2007.

Elle est banale car le propre de la démarche scientifique est de chercher à comprendre autant que possible comment la nature fonctionne et il se peut que cette recherche conduise à produire ces *moyens auxquels la vue à long terme...* L'idée est absurde si elle exige d'un scientifique qu'il délivre *des moyens* destinés à soutenir une idéologie ou conforter des valeurs morales, aussi louables soient-elles. Rappelons-le, la recherche scientifique n'a pas mission de dire ce qui doit être, mais ce qui est et ce qui n'est pas voulu. Mais comme citoyen, un scientifique peut avoir une opinion sur ce que la société doit être et, s'il le juge pertinent, nourrir cette opinion avec ce qu'il sait en tant que scientifique. Ce à quoi invite la déclaration de Margaret Mead – assigner à la science la mission de produire des *moyens grâce auxquels la vue à long terme peut devenir une habitude citoyenne des divers peuples de la planète* – est donc une perversion. Être scientifique et responsable est donc banal, mais être *scientifique responsable*, au sens qu'elle donne à cette expression, est absurde. Un exemple éclaire l'importance de la présence de la conjonction de coordination «et» : un *scientifique responsable* défendra bec et ongles l'hypothèse de la Terre plate s'il en va de la survie de l'humanité, alors qu'être scientifique et responsable c'est admettre qu'elle est ronde et en tenir compte, quand il le faut, dans sa vie de citoyen. Être scientifique et responsable est l'attitude que chacun souhaite rencontrer au contact de corps de métiers comme celui des ingénieurs et des médecins, régulièrement confrontés à des problèmes réels et vitaux. Les médecins s'appuient sur l'état de l'art dans leur spécialité et s'efforcent de soigner leurs patients, les ingénieurs font de même pour répondre à un cahier des charges. Ils sont bien placés pour constater que les avancées des sciences fondamentales ne suivent pas forcément les désirs, besoins, valeurs ou visions exprimés par une société, démocratique soit-elle. Être scientifique et responsable est moins exaltant que *scientifique responsable*. Jusqu'au choc de fin 2009, le GIEC a clairement fait

évoluer la climatologie vers une forme de *science responsable* et héroïque par les postures médiatiques qu'il a pu prendre.

À l'époque de la déclaration de Margaret Mead, la science du climat en est à ses balbutiements. Les quelques chercheurs qui, dans les instituts de météorologie, se consacrent à ce questionnement global, n'ont presque rien à dire de scientifique sur l'état de dégradation de l'atmosphère. Un champ s'ouvre aux conjectures scientifiques. Le fait qu'il en sorte les *alertes artificielles mais effectives* est de l'ordre du possible, mais en rien garanti. La théorie de «l'Effet de serre» est une conjecture admissible, qui peut devenir une perversion, s'il était établi que des scientifiques responsables l'ont établie en sachant sciemment qu'il était bancal sur le plan physique. Des études historiques viendront peut-être éclaircir cette question. Entre-temps, le point de vue adopté reste celui de laisser leurs rôles à la bêtise et au conformisme dans l'adhésion à cette science responsable. Un scientifique est un être humain comme les autres, parfois enclin à croire et suivre une bonne cause au détriment de la rigueur de sa discipline. Mais en sciences naturelles, il a un garde-fou qu'on ne peut ignorer ni idéaliser sans fin : la réalité physique. Les molécules de CO₂ sont au cœur de la logique de «l'Effet de serre». Mais il ne suffit pas qu'on les baptise gaz à «Effet de serre» pour qu'elles se mettent à chauffer l'atmosphère, même si l'injonction vient d'une grande autorité morale, politique ou financière. Un scientifique n'est prêt à admettre que les poules ont des dents que le jour où il en a vu ou créé en laboratoire. Il en va de même pour «l'Effet de serre» ; d'accord pour s'en inquiéter et pour l'étudier, mais il n'existe pour l'instant que dans les modèles des climatologues. Quand les poules auront des dents ! Sur ordinateur, il est possible d'envisager cette éventualité de même qu'il est possible, en toute bonne ou mauvaise foi, de faire en sorte que les émissions d'origine humaine de CO₂ réchauffent ou déstabilisent l'atmosphère.

Comment cela ? Parce qu'il suffit de construire un modèle mathématique qui fasse pousser des dents aux poules ou réchauffe l'atmosphère à cause des émissions de CO₂. C'est un jeu d'enfants ou presque. Mais le pas qui fait d'un modèle mathématique un modèle physique est beaucoup plus exigeant. Il consiste à confronter avec succès des prévisions à des mesures faites dans le monde réel. Or, les phénomènes associés aux changements climatiques sont complexes et donc difficiles à modéliser et à mesurer. Par ses enjeux et sa complexité, la question d'une dégradation globale de l'atmosphère expose quiconque se lance à la recherche de réponses à tomber dans des logiques de perversion scientifique, c'est-à-dire de perdre le nord⁵⁷ et se trouver à défendre des valeurs plutôt qu'établir des faits. C'est aussi en raison de la complexité du problème, des doutes aussi bien que des craintes associés à l'effet des émissions humaines de CO₂ dans l'atmosphère, qu'il ne faut pas privilégier l'idée que l'écrasante domination de la climatologie catastrophiste soit le résultat d'un complot construit par quelques super cerveaux. Dans cet imbroglio d'incertitudes scientifiques et d'enjeux planétaires, il est très facile de se laisser emporter par la vitalité et les charmes d'une science responsable. Couché les yeux ouverts regardant vers le ciel, un scientifique y verra des étoiles à l'infini, un scientifique responsable un baldaquin richement brodé de constellations dont l'histoire et le sens ont été conçus par quelques maîtres à penser. Même catastrophiste, la science responsable cadre et rassure, puisque l'homme en définit les fins. Preuve de sa vitalité, on la retrouve qui plane dans un récent essai écrit par un éminent philosophe de l'environnement. Dans la démocratie écologique dont il brosse le portrait, l'État « *veillera à la hiérarchie des fins, la fin suprême étant le bien-être des citoyens* » et dans laquelle « *ni les mécanismes du marché, ni l'accroissement*

⁵⁷ Comme se l'est demandé le physicien Serge Galam, dans *Les scientifiques ont-ils perdu le Nord*, Éd. Plon, 2009.

du PIB, ni même la science, ne sauraient devenir des fins en soi, alors même que chacun de ces domaines tend à s'autonomiser. »⁵⁸

S'il s'agit d'une démocratie moderne, alors le texte est écrit en novlangue. Qu'un État veille au bien-être de ses citoyens n'est pas le problème. La mise en œuvre de cette bienveillance ne conduit pas nécessairement à des régimes totalitaires. On a pu lire sous la plume d'un de ses grands commis que l'économie française de la fin des Trente Glorieuses pouvait être considérée comme une économie soviétique qui a bien réussi.⁵⁹ Le problème de fond que pose cette démocratie écologique n'est pas tant la taille ou le poids de l'État qu'elle suppose mais la volonté de lui assigner la responsabilité de faire en sorte qu'il n'y ait plus de science en soi. Au nom du bien-être de ses citoyens, un tel État pourrait décider à la place des scientifiques si des affirmations comme « la Terre est plate », « les pommes mûrissent au printemps », « les émissions de CO₂ réchauffent l'atmosphère », « 2+2=5 » sont vraisemblables ou pas. L'arithmétique est une science en elle-même. Dans un État où même l'arithmétique peut faire l'objet de décisions politiques, le pouvoir se concentre nécessairement dans la subjectivité d'un être ou organe supérieur. Comment compter les voix dans une démocratie écologique où l'État peut décider que « 2+2=5 » pour le bien-être des citoyens ? Heureusement, la presse a réagi sagement à la parution de cet essai. *Vers une dictature écologique*⁶⁰ est en effet le titre du commentaire qu'il a suggéré à un observateur attentif des questions environnementales.

⁵⁸ « Pour une démocratie écologique », Dominique Bourg, Kerry Whiteside, www.laviedesidees.fr, septembre 2010.

⁵⁹ Marcel Boiteux « État et service public », paru dans *Économie Publique*, n° 8, 2001/2.

⁶⁰ Etienne Dubuis, *Le Temps*, 4 décembre 2010.

Lorsque Margaret Mead fit sa déclaration visionnaire, elle était entourée de personnalités jeunes et appelées à devenir très influentes dans la future mouvance climatologique. Il y avait Paul Ehrlich, un scientifique qui s'était fait connaître comme l'auteur de *Population Bomb*⁶¹, ouvrage aux accents notablement malthusiens. Il y avait aussi Stephen Schneider, un spécialiste du climat et militant de la première heure. Bien des années plus tard, il déclara que «*pour capter l'imagination publique, nous devons offrir des scénarios effrayants, produire des déclarations simplifiées et dramatiques et ne pas trop mentionner les quelques doutes que nous pouvons avoir. Chacun d'entre nous doit décider du juste équilibre entre ce qui est efficace et honnête.*»⁶² La leçon sur ce qu'est un scientifique responsable a donc été bien comprise et transmise. Rappelons qu'il a été le créateur et longtemps l'éditeur de la revue de climatologie *Climate change*. John Holdren était aussi à cette conférence. Alors proche collaborateur de Paul Ehrlich à Stanford, il est actuellement professeur émérite spécialiste dans le domaine de l'énergie à Harvard et directeur du bureau de la politique des sciences et des technologies à la Maison-Blanche dans le gouvernement du Président Obama. Une de ses récentes prises de position laisse supposer qu'il est informé des thèses climatosceptiques. Il a en effet déclaré, lors de la célébration du 40^e anniversaire de la loi sur la protection de l'air en septembre 2010, que «*le terme de réchauffement global était une appellation (dangereusement) trompeuse. Cette expression implique quelque chose d'uniforme sur la planète entière, principalement en termes de température, de graduel et probablement bénin. Ce qui se passe en fait est très inhomogène, rapide comparé aux possibilités d'ajustement et dévastateur dans la plupart des cas et situations. Nous devrions*

⁶¹ *The Population Bomb*, P. Ehrlich, Buccaners books, New York, 1968.

⁶² Déclaration faite lors d'une interview à *Discover magazine*, en octobre 1989.

appeler cela le dérèglement global du climat. »⁶³ Manifestement, les années ont manifestement passé, notamment 2009 avec l'échec de Copenhague et le Climategate. Les « éléments de langage » de John Holdren en témoignent. Le dérèglement global du climat laisse la porte ouverte à d'autres phénomènes comme des refroidissements ou des réchauffements locaux causés par des cycles naturels. Relevons enfin la présence de George Woodwell à cette conférence de 1975. Proche collègue des personnalités citées et encore membre de l'Académie nationale des sciences et de l'Académie des sciences et des arts, il déclara en 1996 : *« Nous avons un monde vide qui en substance fonctionnait comme un système biophysique et maintenant nous l'avons rempli avec des gens et la somme des efforts humains est assez grande pour affecter globalement le système et qu'il ne fonctionne plus proprement. »* La citation évoque l'effet de la croissance de la population que personne ne saurait nier, mais la présente de manière à la fois culpabilisante et suffisante. Il y a la culpabilité d'avoir rempli le système avec des gens et l'affirmation, assez audacieuse, qu'il ne fonctionne plus. Mais de quel système parle-t-on, de quelle théorie pour le décrire, ajustée sur quels faits ? Parler d'un système qui ne fonctionne plus, c'est se mettre dans la position de celui qui le connaît et qui l'a diagnostiqué. Tant qu'on parle de catastrophe à l'horizon 2100, c'est de la rhétorique. La tentation est grande de laisser entendre qu'on sait comment réparer le système puisqu'à la vérité en 2100, les grands prêtres et les fidèles d'aujourd'hui seront tous morts ! À la suite de tous ces scandales en « -gate » qui ont suivi le *Climategate*, le GIEC semble en état de mort clinique.

Ce qu'il faut retenir de cette évocation partielle et certainement partielle de l'épopée du catastrophisme climatique s'énonce en

⁶³ Information disponible sur CNSnews : www.cnsnews.com/news/article/75296

quelques lignes. L'idée de sauver l'atmosphère ne s'est pas imposée à partir d'observations et prédictions scientifiques, mais s'est fondée sur la conviction qu'il fallait agir à une échelle inédite pour sauver la planète. En effet, *« contrairement à ce que l'on pourrait croire, l'idée d'un impact négatif de l'activité humaine sur ce que l'on n'appelait pas encore l'environnement, n'est pas née dans les milieux scientifiques ou dans les milieux pré-écologistes du milieu des années 1960. Elle a été initialement conçue et développée dans l'entre-deux-guerres au sein du monde intellectuel, politique et économique anglo-saxon, profondément imprégné de libéralisme, de malthusianisme et de darwinisme social. »*⁶⁴ Ce qui s'affirmait dans les milieux pré-écologistes des années 60 c'était plutôt la conviction que *« notre science comme notre technologie actuelle sont tellement imprégnées par l'arrogance de l'orthodoxie chrétienne envers la nature qu'aucune solution à notre crise actuelle ne peut être attendue d'elle seule. Puisque les racines de nos problèmes sont si profondément religieuses, le remède doit aussi être essentiellement religieux, qu'on l'appelle ainsi ou non. Nous devons repenser et éprouver à nouveau notre nature et notre destin. Le sens religieux profond, mais hérétique, des Franciscains primitifs pour l'autonomie spirituelle de toutes les parties de la nature peuvent donner un cap. Je propose St François comme patron des écologistes. »*⁶⁵ En se donnant pour figure tutélaire un saint à l'origine d'un ordre religieux prônant la pauvreté et le respect de la création, l'écologie profonde se démarque du malthusianisme social, nettement plus orienté vers l'action et l'instrumentalisation politique. L'écologie à la saint François est plus spirituelle, moins dominatrice que cette science responsable.

⁶⁴ Georges Rossi, « Histoire d'une réussite : le réchauffement climatique ». Professeur de géographie, chercheur CNRS, Uni. Bordeaux.

⁶⁵ Selon Lynn White dans "The Historical Roots of our Ecological Crisis", *Science*, 10 mars 1967, vol. 155, n° 3767, p. 1203-1207.

Mais les deux sont des idéologies qui se greffent sur des questions environnementales qui n'ont rien de politique. En écologie politique, il existe aujourd'hui encore des tensions entre les politiques que suggèrent ces deux façons extrêmes d'appréhender les grandes questions planétaires : quête du pouvoir à coup d'« Effet de serre », de trou d'ozone, de morts des forêts ou un retour sur soi. Avec la reconnaissance, de plus en plus largement répandue, que les soucis écologiques ne sont pas que fantasmés mais bien réels, l'écologie politique s'enrichit de discours politiques plus modérés, tout aussi légitimes que ceux des pionniers, pas forcément plus cohérents. Une pomme verte n'est ni rouge ni brune dedans, mais jaune pâle pour tout le monde. Une fois entamée, il est toutefois vrai que sa chair perd assez vite de sa fraîcheur et brunit au contact de l'air. Une société urbaine ne connaît des pommes que ce qu'elle en perçoit des étalages des supermarchés où elles se vendent. Le malthusianisme social a bien plus de chances de s'imposer que les exigences de la simplicité volontaire.

Ces faits et questions ne datent pas d'hier et les années 70, qui ont vu naître la mouvance climatologique, en ont connu une résurgence marquée. Quelques événements majeurs sont assez unanimement reconnus pour y avoir contribué. L'enlissement de l'armée américaine dans la guerre du Vietnam a exacerbé les mouvements de contestations estudiantines, des campus américains à ceux d'Europe. Le premier choc pétrolier a marqué la fin d'une période de croissance économique exceptionnelle, la fin des Trente Glorieuses après lesquelles, selon l'auteur, plus rien ne sera jamais comme avant⁶⁶. Quant à la parution du fameux rapport du Club de Rome sur les limites de la croissance industrielle⁶⁷, il occupe une place de choix dans le registre des grandes alertes environnemen-

⁶⁶ *Les trente glorieuses*, Jean Fourastié, Paris, Fayard, 1979.

⁶⁷ "The limits to growth" D. H. Meadows, D. L. Meadows, J. Randers et W. Behrens III, 1972.

tales. Sa popularité, ou en tout cas celle du message véhiculé par son titre, a nettement dépassé le cercle des spécialistes à qui il était destiné. Dans les calculs du Club de Rome, la dégradation de l'atmosphère par émissions de CO_2 n'a pas de rôle déterminant. Par contre, elle s'inscrit parfaitement dans l'idée d'un impact global et irréversible de l'homme sur son environnement. En effet, les émissions de CO_2 sont, en grande partie, produites par la consommation de ressources fossiles. Dans les années 70 comme maintenant, elles sont au cœur du fonctionnement des sociétés industrielles. L'idée de sauver l'atmosphère en luttant contre les émissions de CO_2 se conçoit comme une réponse globale aux inquiétudes exprimées dans le rapport du Club de Rome sur les limites de la croissance. L'air du temps était alors bien disposé à l'égard des grandes catastrophes malthusiennes. **Il est alors temps de s'arrêter un peu sur le mot malthusien. Ce qualificatif est souvent associé à une forme de pessimisme sur le devenir du monde moderne. Malthusien est dérivé du nom d'un personnage, Thomas Malthus (1766-1834). Formé comme pasteur, il s'affirme comme un brillant économiste en publiant en 1798 son fameux *Essai sur le principe de population* où il prédit qu'une population et ses besoins augmentent plus vite (croissance exponentielle) que les ressources qu'elle peut créer (croissance arithmétique). Sa thèse conclut à l'inévitabilité de catastrophes démographiques, à moins d'empêcher la population de croître. Comme scientifique, Malthus est l'homme des premières grandes alertes artificielles décrivant un mécanisme catastrophique dans le développement d'une société humaine. Voilà pourquoi le mot malthusien a pris le sens de pessimiste.** Cela semble lointain, mais ne l'est pas vraiment à l'échelle de temps des phénomènes qui nous intéressent. Malthus publie son livre à l'aube de l'ère industrielle et c'est à cette période que les climatologues placent les débuts du réchauffement climatique d'origine humaine, pour

la raison que c'est à partir de l'ère industrielle que l'homme a commencé à utiliser systématiquement les ressources fossiles. L'ouvrage de Malthus a connu un grand succès et a déclenché d'importantes polémiques. La conclusion de son analyse est restée célèbre sous le nom de catastrophe malthusienne. Est-elle réelle, inéluctable, en existe-t-il des exemples ? Pour y répondre, il faudrait pouvoir se mettre d'accord sur ce qu'est une catastrophe démographique – famine, guerre, crise économique, épidémie, etc. Il est certainement faux de réduire cette catastrophe à une crise économique, c'est-à-dire à une contraction temporaire d'une quantité comme un produit intérieur brut (PIB), surtout de nos jours où les économistes ne peuvent plus dire avec quoi se mesure un PIB en réalité. Actuellement, la question de savoir si le monde s'apprête à faire face aux limites d'exploitation de ses ressources fossiles ou énergétiques en général est une interrogation malthusienne qui dépasse très nettement le cadre étroit de l'analyse économique. Plus personne en effet n'en parle à coup d'argument d'autorité et solution toutes faites. Cette interrogation sera abordée en épilogue, une fois qu'on aura déblayé le terrain de la peur associée au catastrophisme climatique. À ce stade de la discussion, relevons que Malthus n'est pas un obscur personnage mais plutôt un Cassandre, cette figure de la mythologie grecque célèbre pour avoir annoncé la guerre de Troie et ses conséquences sans être cru. Il est vrai que si la catastrophe malthusienne était la fin de l'expansion des sociétés industrielles, elle n'a pas encore eu lieu. Elle s'essouffle, elle semble marquer le pas, mais jusqu'à présent, la civilisation industrielle a pu s'organiser et créer, grâce à son génie technique, de quoi subvenir à ses besoins à un taux supérieur à ce que Malthus avait envisagé. **L'antithèse classique de la pensée malthusienne consiste à simplement renverser la logique de son raisonnement. Elle postule que la croissance des populations stimule le génie humain qui, sans cesse, montre**

qu'il peut faire face aux défis qu'elle lui pose⁶⁸. Ainsi, le statut donné a priori aux sciences et aux techniques est au cœur du débat idéologique entre malthusiens et anti-malthusiens. Les malthusiens ont tendance à leur fixer des limites, les anti-malthusiens à penser qu'elles se définissent par leur capacité à pouvoir se dépasser et se réinventer. La distinction est plus subtile que ce à quoi elle est souvent réduite, un débat entre technophobes et technophiles. Chaque grande crise économique ou sociale fait resurgir cette polarisation et renvoie, dans un contexte technique qui évolue, à la même question que celle posée par le petit modèle de Malthus⁶⁹. Jusqu'où ira le progrès technique ? Son modèle annonçait un désastre. S'il s'agissait de l'effondrement de la civilisation industrielle, il ne s'est pas produit, ou, pour être plus prudent, pas complètement. J.M. Keynes, un des économistes les plus lucides du XX^e siècle, observe dans l'introduction de son fameux essai consacré au traité de paix de la Première Guerre mondiale que *«les grands événements historiques sont souvent dus à de lents changements dans l'accroissement de la population et à d'autres motifs économiques fondamentaux, qui, parce qu'ils échappent, par leur caractère progressif, à l'observation des contemporains, sont attribués à l'absurdité des hommes d'État et au fanatisme des athées.»*⁷⁰ L'évocation de motifs économiques à évolution lente qui échappent à l'observation est clairement malthusienne, de

⁶⁸ Thèse par exemple discutée dans «Malthus ou Boserup : validité et continuité historique des modèles démo-économiques», de Hervé Le Bras, *Mathématiques et sciences humaines*, n° 164, hiver 2003.

⁶⁹ Un bon aperçu historique de ce courant de pensée est donné dans "Biophysical Economics : From Physiocracy to Ecological Economics and Industrial Ecology", de Cutler J Cleveland, 1999, in *Bioeconomics and Sustainability : Essays in Honor of Nicholas Georgescu-Roegen*, J. Gowdy and K. Mayumi, Eds. (Edward Elgar Publishing, Cheltenham, England), p. 125-154.

⁷⁰ *Les conséquences économiques de la paix*, J.M. Keynes, 1919, Gallimard, Paris (2002) p. 29.

même que l'erreur d'appréciation qui consiste à en attribuer la responsabilité aux acteurs qui occupent les devants de la scène. L'athéisme, au XXI^e siècle, ne fait plus aussi peur qu'au début du XX^e siècle. Mais la pratique de l'anathème n'a pas disparu pour autant. Les climatosceptiques en savent quelque chose et, paradoxe de ce début de XXI^e siècle qui renvoie à celui relevé par Keynes, l'absurdité du catastrophisme climatique qu'ils dénoncent biaise la perception de problèmes réels et importants comme l'épuisement des ressources énergétiques, on y reviendra au dernier chapitre. **Malthus a mis le doigt sur un phénomène économique fondamental : sous l'effet du développement des activités humaines, les ressources naturelles se dégradent et s'épuisent au point de menacer l'équilibre des sociétés humaines. Où en est-on quelques siècles plus tard ?** Sait-on mieux intégrer le progrès technique, modéliser l'interaction de l'homme avec son environnement, son impact sur les ressources naturelles ? Ça se saurait. Il semble qu'on vive le troisième et probablement dernier choc pétrolier. Les plus gros ordinateurs du monde mis au service des plus brillants cerveaux, économistes et autres, n'ont rien vu venir. L'art de la modélisation de l'interaction des dynamiques humaines avec leur environnement naturel est toujours aussi difficile. Vouloir prédire le futur d'une société c'est, à l'époque de Malthus comme maintenant, se lancer dans un projet d'ingénierie humaine. Quand on s'y lance, il faut assumer tout ce qu'il peut y avoir de démesuré, paradoxal, absurde diront certains, dans ce projet. Ces jugements relèvent du bon sens, mais aucun ne donne une raison scientifique d'y renoncer. Ils signalent seulement des dangers, comme celui de ne pas pouvoir séparer l'effort de modélisation scientifique des jeux de pouvoir, ambitions, espoirs et vanités qui, paradoxalement, devraient être introduits dans la dynamique du modèle. S'ils n'ont aucun sens scientifique, il leur reste, à l'instar des modèles économiques, la propriété d'être incitatifs au lieu d'être descriptifs. Ces modèles ont une fonction cadrante

qui, en période de crise réelle ou fantasmée, est à la fois désirée pour ne pas trop avoir à penser, et crainte pour les logiques contraignantes qu'elle impose. La climatologie en est un monumental exemple. Elle ne se définit pas par un tronc commun de connaissances et de pratiques scientifiques. Le réchauffement climatique par augmentation de « l'Effet de serre » est certes au cœur de la climatologie, mais la connaissance approfondie de ce mécanisme n'appartient pas au bagage scientifique du climatologue de base. On peut être climatologue sans avoir une idée précise de comment se modélise le réchauffement climatique par émissions de CO_2 . Par exemple, une fameuse climatologue comme Judith Curry⁷¹ n'est pas très à l'aise avec les analyses physiques qui réfutent la réalité de « l'Effet de serre ». En novembre 2010, elle écrit en effet sur son blog *« qu'il est plausible d'être sceptique sur un grand nombre de découvertes relatives du Groupe de Travail I du GIEC (n.d.a. : le groupe qui s'occupe des bases physiques de la climatologie). Cependant, le fait de savoir si des gaz atmosphériques réchauffent la planète n'est pas un point sur lequel il est plausible d'être sceptique. »* C'est évidemment faux, et c'est précisément l'objet de cet essai que de le montrer. La solidité de cet « Effet de serre », au sens où elle se conçoit en physique et en mathématiques surtout, est donc au cœur du climatoscepticisme, sinon le cœur du climatoscepticisme. L'attitude de Judith Curry révèle soit un blocage, peut-être provoqué par le vertige de réaliser combien de carrières se sont bâties sur l'existence de cet « Effet », soit une limitation de son scepticisme scientifique. En effet, en climatologie, « l'Effet de serre » est enseigné comme une évidence physique, encapsulée de longue date dans des routines de calcul et pas comme une hypothèse de travail vraisemblable. La grande majo-

⁷¹ Il en a déjà été question à plusieurs reprises ici (cf. p. 17). Considérée comme une grande prêtresse de la climatologie, elle s'affirme désormais ouvertement climatosceptique sur son blog judithcurry.com/.

rité des climatologues de base cherche à en étudier les conséquences, pas à en comprendre la nature physique.

Dans le modèle de Malthus, le scepticisme portait sur la capacité de l'homme à répondre par son ingéniosité aux défis posés par la croissance d'une population. Deux siècles plus tard, il s'interroge sur une grande alerte associée à l'augmentation d'un « Effet de serre ». La catastrophe est clairement de nature malthusienne, mais les bases physiques du mal rampant censé la déclencher sont-elles solides ? La question a en effet été posée dès que l'hypothèse de « l'Effet de serre » a commencé à dominer la climatologie. C'est en effet en 1989 qu'est paru un des premiers ouvrages qu'on peut qualifier de climatosceptique⁷², une année donc après la création du GIEC. Depuis, les doutes sur le bien-fondé de « l'Effet de serre » n'ont jamais cessé de s'étayer et de s'approfondir. En parallèle, la climatologie n'a cessé de s'informatiser, de se complexifier en bâtissant autour de « l'Effet de serre » une gigantesque architecture de modèles et sous-modèles destinés à rendre compte de la diversité des phénomènes rencontrés au sein de la biosphère. Il n'est dès lors pas étonnant que la critique climatosceptique soit focalisée sur le manque de cohérence et de réalisme des modèles. Plus il faut combiner de modèles, plus il faut d'hypothèses pour le faire et plus les exigences d'une vérification expérimentale et les possibilités d'erreurs ou d'incohérences augmentent. Le choix de se concentrer sur une critique de « l'Effet de serre » permet d'attaquer non seulement le cœur historique mais surtout la clé de voûte de la climatologie. Cela dit, le fait de ramener « l'Effet de serre » au statut de légende n'épuise ni les critiques qu'on peut faire au modèle dans son ensemble, ni ne condamne des éléments

⁷² *The Greenhouse Trap - why the Greenhouse Effect will not end Life on Earth*, Daly J., Bantam Books, Sydney, 1989.

de modélisation qui n'ont que peu à voir avec « l'Effet de serre ». En supprimant la clé de voûte du modèle, des blocs tombent indépendamment de leur qualité intrinsèque. Cette critique de « l'Effet de serre » n'entend illustrer que le fait que, dans ce genre de grands projets d'ingénierie humaine, une hypothèse politiquement correcte a une durée de vie qui ne doit pas grand-chose à sa pertinence scientifique ! Il ne faut pas s'en étonner, seulement en prendre acte et s'en méfier.

Le nom de Malthus est associé à une forme d'obscurantisme parce qu'il a prévu une catastrophe en sous-estimant l'effet du progrès technique, à une époque qui commençait à en célébrer la toute puissance. Des scientifiques subissent aujourd'hui les insultes de climatologues pour avoir osé remettre en cause une catastrophe annoncée par ordinateur. Autre temps, autres mœurs ! Mais, des détracteurs de Malthus à l'arrogance des climatologues, des business plans d'entrepreneurs aux projets de vacances du citoyen lambda, les sociétés industrielles ne cessent de projeter leurs espoirs et leurs craintes dans un futur proche ou lointain. C'est comme ça, et actuellement, l'informatique permet de visualiser des mondes virtuels de rêve ou de cauchemar. Elle permet aussi de calculer les dalles d'un bâtiment, les pièces d'une voiture, des composants électroniques, de contrôler une chaîne de production industrielle, la distribution d'eau dans une ville, le trafic routier, etc. Tout n'est pas qu'illusion dans les modèles mathématiques, mais croire qu'un modèle est réaliste parce qu'il est mathématique est un non-sens, les mathématiques traitant de nombres en toute indifférence des réalités auxquelles ils peuvent se rattacher. Ceci est vrai pour la physique, comme pour l'économie, et forcément pour la climatologie. Les modèles mathématiques ne font que ce qui leur est demandé et les scientifiques, ce qu'ils peuvent pour rendre compte objectivement du monde qui les entourent. Si cela s'avère momentanément impossible, leur première responsabilité

est d'admettre qu'il en est ainsi, et d'accepter de vivre dans l'incertain en gardant à l'esprit qu'«*il n'est pas une seule pensée importante dont la bêtise ne sache aussitôt faire usage ; elle peut se mouvoir dans toutes les directions et prendre tous les costumes de la vérité. La vérité, elle, n'a jamais qu'un seul vêtement, un seul chemin : elle est toujours handicapée. La bêtise dont il s'agit là n'est pas une maladie mentale ; ce n'en est pas moins la plus dangereuse des maladies de l'esprit, parce que c'est la vie même qu'elle menace*». ⁷³ La bêtise ne doit pas être confondue avec l'ignorance, car la bêtise c'est de l'élever au rang de vertu, au nom d'impératifs supérieurs. C'est ce que fait un climatologue lorsqu'il traite un scientifique sceptique de «*néga­tionniste*» au lieu de le rencontrer sur le terrain des sciences. C'est là qu'il faut aller. Mais quand l'heure est à la *science responsable*, il est bon de se remettre les idées en place en commençant par se demander «*qu'est-ce que la science ?*».

⁷³ *De la bêtise*, Robert Musil (1937), Éd. Allia, 2002.

Un cadre pour entrer en matière

En première partie, il a été question de perversion des sciences et de bêtise. Pour mieux justifier leur emploi, cette deuxième partie commence avec la question fondamentale « qu'est-ce que la science ? ». Il faut s'y arrêter ne serait-ce que pour rappeler que, depuis que les premiers philosophes antiques se sont posé cette question, on ne sait pas définir la science. Peut-on alors pervertir une pratique qu'on ne sait pas définir ? Oui car la démarche scientifique est une pratique bien définie et très exigeante. En rappelant rapidement les principes, on insiste sur une erreur que la climatologie n'est pas la seule à faire, celle de prendre des corrélations pour des relations de cause à effet. S'il les émissions de CO_2 sont corrélées avec un accroissement de température globale, cela ne signifie pas qu'elles causent cet accroissement. En sciences naturelles, une telle conclusion est donnée par des explications physiques. Or, l'observation de corrélations ne mobilise que des arguments mathématiques, qui laissent de la place à de l'idéologie quand un exercice d'interprétation remplace une explication physique. Dans le doute, un scientifique responsable au sens où on l'a vu précédemment choisira la théorie de « l'Effet de serre » parce qu'il faut sauver la planète, un scientifique dira qu'il ne sait pas, indépendamment de ce qu'il pense de la santé de la planète. Ce malentendu permet à « l'Effet de serre »

d'exister dans le champ scientifique, au moins comme hypothèse à tester. On présente alors le système physique censé le faire exister, puis les notions et lois physiques qui permettent de le décrire et de comprendre les arguments qui permettent de le falsifier. Cette phase préliminaire permet de faire apparaître, pas à pas, le panorama des faiblesses de « l'Effet de serre » qui sera analysé plus en détail ensuite. Cette deuxième partie se termine par une entrée en matière où sont présentées deux formules clés de la climatologie. Elles sont données en appoint au texte, le pari étant que cette symbolique, jugée si souvent terrorisante, permette à des esprits déjà suffisamment curieux pour ne plus avoir peur de « l'Effet de serre » de mieux comprendre l'argumentation. D'autres formules apparaîtront çà et là, au même titre, dans la suite de l'exposé. Aucun argument massue contre « l'Effet de serre » n'est donné ici, mais un cadre, des outils et un parfum des difficultés qu'il va devoir affronter.

2.1 Qu'est-ce que la science ?

Tous les savoirs ne sont pas scientifiques. Le savoir vivre n'est pas scientifique et pourtant on peut le définir, probablement pas de manière universelle, et ça s'apprend. En répondant à la question en titre, une frontière va être définie dans le champ des savoirs qui peut faire des malheureux, raviver des querelles chez ceux qui se trouveraient injustement placés du mauvais côté de la frontière. Dans une société qui se réclame du savoir, il y a avantage à voir sa production intellectuelle classée comme scientifique, simple question de survie par exemple. Le mauvais côté de la frontière, c'est par conséquent celui des savoirs non scientifiques. Mais ce n'est qu'un fait conjoncturel, porté par un climat général confus plus qu'une valeur de société lucidement cultivée : on invoque une société du savoir, mais qu'en savent ceux qui s'en font les

chantres ? Pour y voir plus clair, il faut poser une frontière dans ce vaste champ des savoirs. En fait, cette frontière n'est pas un *a priori* mais elle se dessine et redessine constamment par suite de l'application d'une méthode de travail rigoureuse mais toujours aussi artisanale et imprévisible dans ses grandes avancées. Une fois décrite, elle permettra de progresser un peu plus loin dans le débat déjà largement entamé autour du statut de la climatologie comme science. Son « Effet de serre » se réclame-t-il des sciences physiques ? Bien, alors pour en savoir plus, la définition de ce qu'est la science sera celle des sciences naturelles. Le savoir scientifique dont il va être question n'épuise donc pas le sens du mot savoir. Des interrogations sur le savoir vivre, évoqué plus haut, n'y entrent pas. C'est que les méthodes des sciences naturelles n'ont pas les moyens (pas encore diront certains) de s'y intéresser. Voilà une question que les sciences naturelles laissent du « mauvais » côté de la frontière. C'est de ce même côté de la frontière que se trouvent les méthodes d'enquêtes qui permettraient d'éclairer d'autres aspects de la climatologie comme phénomène social qui vont bien au-delà de la question de la nature de « l'Effet de serre », à laquelle on se limite désormais. D'ailleurs, tout l'objet de cette petite enquête est de le renvoyer de l'autre côté de la frontière. Si « l'Effet de serre » n'est pas un phénomène physique, qu'est-ce donc ? Il n'y a pas de « mauvaise » question.

Les scientifiques s'expriment assez rarement sur leur activité. Artistes à leur façon, ils produisent et agissent en se conformant à une discipline, sans trop chercher à se mêler à ceux qui font profession de les observer et chercher à comprendre ce qu'ils font et la place qu'ils occupent en société. Richard Feynman est un physicien qui a marqué le XX^e siècle autant par sa production scientifique que par ses talents de pédagogue et vulgarisateur. Invité à se prononcer sur la question « qu'est-ce que la science ? », il a relevé le défi dans une conférence restée célèbre, notamment pour cette petite histoire : *« Ce qu'est la science, ce n'est pas ce que*

*les philosophes disent que c'est. Ce que c'est, c'est un problème que je me suis posé lorsque j'ai accepté de vous faire cet exposé, et au bout d'un moment, je me suis souvenu de cette petite fable : un mille-pattes était plutôt heureux jusqu'au jour où un crapaud lui dit en plaisantant « dites-moi, quelle patte vient après quelle patte ? » Cette question le mit dans un tel trouble qu'il tomba dans le fossé de ne plus savoir comment marcher »¹ Cette histoire est davantage qu'une pirouette pour éviter une question difficile. L'embarras que Feynman évoque avec la mésaventure de son mille-pattes hante dans l'histoire de la pensée occidentale. On attribue à Socrate le fameux paradoxe « *tout ce que je sais c'est que je ne sais rien* »². Si je ne sais rien, comment répondre à la question de savoir ce qu'est la science. Comment sortir de ce paradoxe ? Des volumes sont écrits sur le sujet. Feynman n'y goûte guère et propose une solution pour sortir de l'impasse : « *Je ne sais pas ce qu'est la science, mais je peux essayer de vous décrire ce que je fais, comment j'agis.* » Et dans la suite de son exposé, il laisse s'exprimer son talent de vulgarisateur pour parler concrètement de son métier. Ses exemples laissent deviner les piliers ou règles de la démarche scientifique, qu'on a déjà eu l'occasion d'évoquer dans les chapitres précédents. Mettons-la rapidement au clair, car si on ne peut effectivement pas dire ce qu'est la science, la méthode qui caractérise la démarche scientifique peut quant à elle être clairement explicitée³.*

¹ Extrait d'une conférence donnée à un meeting annuel des enseignants en sciences américains en 1966, éditée dans « The Physics Teacher » Vol. 7, n° 6, 1968, p. 313-320.

² La citation est tirée de l'*Apologie* de Platon et le paradoxe est par exemple développé dans le *Théétète* du même auteur.

³ L'exposé s'inspire d'un article de Guillaume Lecointre dans *Sciences et pseudosciences*, n° 288, octobre 2009.

Les hommes ont toujours produit une grande diversité de discours et assertions sur le monde : philosophiques, religieux, théologiques, mythologiques, poétiques, artistiques, politiques, scientifiques, idéologiques, morales, etc. Tous reposent sur des croyances et en véhiculent d'autres. Mais ce qui distingue les croyances, c'est leur mode de production. Ils sont divers car ils ne poursuivent ni les mêmes objectifs ni ne reposent sur les mêmes méthodes. À la fin du XVIII^e siècle, le projet scientifique devient un universalisme non dogmatique : le but de la science est de construire des connaissances universellement partageables et partagées. C'est ce qu'on a appelé les connaissances objectives. Une connaissance n'acquiert cette qualité d'objectivité que lorsqu'elle a été corroborée par plusieurs observateurs indépendants, par le biais d'une reproduction des expériences. La reproductibilité des expériences scientifiques devient donc centrale pour cet objectif. Elle se fonde sur quatre piliers.

Le scepticisme

Nous sommes exposés au monde extérieur réel par nos sens. Nous ne sommes pas en relation automatique avec ce monde et n'en avons pas une connaissance infuse. Nous lui posons des questions et faisons l'expérience d'une connaissance ou relation au monde extérieur perfectible. Ce qu'on peut expérimenter du monde réel nous permet de le découvrir, de le rendre plus intelligible et plus évident. La démarche scientifique commence par un scepticisme sur les faits. Un fait est un énoncé comme : il pleut, les jours alternent avec les nuits, le mouvement des planètes et des étoiles présente des régularités, il fait plus chaud en été qu'en hiver, etc. **Le scepticisme consiste à éliminer tout ce qui, dans l'énoncé d'un fait, peut relever de l'opinion ou de l'argument d'autorité. Un scientifique passe une bonne part de son temps à mettre à l'épreuve de son scepticisme ce qu'il a trouvé et ce**

que d'autres ont trouvé. La vérification expérimentale joue un rôle crucial dans cette mise à l'épreuve. Dans leur majorité, les climatologues ne se distinguent pas par leur scepticisme à propos de «l'Effet de serre». C'est probablement parce qu'il a désormais acquis le statut de phénomène physique dans un domaine de sciences où il n'est pas habituel de contester la validité d'un fait considéré comme établi par une science fondamentale.

Le réalisme

Un chercheur qui a obtenu des résultats cherche à les publier. Dans le processus de publication, d'autres chercheurs vont tenter de comprendre la démarche, de la reproduire et d'en montrer les faiblesses. L'espoir du chercheur qui soumet ses résultats pour publication est de voir des collègues approuver son travail puis d'autres le développer et l'enrichir. Ce processus de soumission et de validation n'a un sens que s'il existe une réalité extérieure indépendante de ceux qui l'observent. C'est l'hypothèse de réalisme. Elle donne son sens à l'activité scientifique comme poursuite d'un projet de connaissance universelle. L'existence d'une réalité extérieure ne choque pas le sens commun. Pourtant, les tendances totalitaires qu'on a pu relever dans la pensée politique écologique ou dans les racines de la climatologie exigent de nier l'autonomie d'une réalité extérieure. La *science responsable* consiste en effet à légiférer sur ce qui est, pas à chercher à l'observer en tant que tel.

Le fait qu'un chercheur reproduise les résultats d'un modèle de réchauffement climatique par «Effet de serre» d'un autre chercheur ne démontre pas que le modèle reproduit ce qui se passe dans l'atmosphère, mais que des programmes élaborés et testés dans des laboratoires différents donnent les mêmes résultats. La réalité testée ici, c'est celle des prévisions informatiques. Ce programme fait partie de la réalité extérieure qu'on vient d'évoquer.

Les ordinateurs et les résultats des calculs existent, mais ils ne disent rien sur la réalité naturelle dont ils doivent rendre compte tant que des mesures n'ont pas montré qu'ils étaient en bonne ou excellente adéquation avec la réalité physique considérée. Le climatoscpticisme critique le manque de réalisme des modèles climatiques, mais pas la qualité scientifique des prouesses mathématiques et informatiques réalisées pour les faire fonctionner. À ce titre, la climatologie fait probablement avancer pour eux-mêmes, et quels que soient les enjeux planétaires, les outils de simulations numériques. C'est bien, mais pas suffisant pour injurier ceux qui doutent que ces prouesses informatiques fassent progresser de manière optimale la climatologie comme science naturelle.

La rationalité

En science, on aime dire que la rationalité consiste à respecter les lois de la logique et le principe du rasoir d'Occam⁴. Elle est une combinaison de lois rigoureuses et d'un principe d'élégance. La logique est au cœur des mathématiques et son universalité est soutenue par le fait que les découvertes en mathématiques se font dans toutes sortes de cultures et de civilisations. On pense donc qu'elle devrait avoir une explication naturelle, la question est ouverte. **Quant au rasoir d'Occam, c'est le nom donné au principe esthétique qui veut qu'à pouvoir de prédiction égale, les théories les plus économes en hypothèses soient préférées. On parle aussi de principe de parcimonie. Une théorie parcimonieuse est souvent plus simple à comprendre qu'à établir.** Elle est belle dès lors qu'elle décrit et représente non seulement les phénomènes observés, mais qu'elle permet en plus d'en dévoiler

⁴ Guillaume d'Occam est un théologien et logicien anglais du XIV^e siècle à qui on attribue l'énoncé que « les entités ne doivent pas être multipliées sans nécessité » (*Entia non sunt multiplicanda praeter necessitatem*).

d'autres plus inattendus ou suggère de nouvelles investigations qui poussent à enrichir notre appréhension du monde physique. Le passage de la théorie de « l'Effet de serre » aux modèles alternatifs de l'effet de serre, sans guillemets, donnera l'occasion d'apprécier ce qu'est ce principe de parcimonie.

Le matérialisme méthodologique

Tout ce qui est expérimentalement accessible dans le monde réel est matériel ou d'origine matérielle. Cette affirmation met hors du champ de la démarche scientifique des catégories immatérielles comme les esprits, les élans vitaux, etc. Ce dernier pilier de la démarche scientifique ne nie pas l'existence de catégories immatérielles mais les place à l'extérieur de son champ d'investigation. L'idée qu'il existe un Dieu qui aime les hommes a des effets bien réels, comme le prouvent les comportements que suscitent les croyances religieuses. Ces comportements peuvent faire l'objet d'études de nature scientifique, mais pas l'affirmation que Dieu est amour. L'affirmation que « l'Effet de serre » réchauffe la planète suscite des actions bien observables : recherches scientifiques, manifestations publiques, spéculations économiques, etc. Les croyances religieuses comme les peurs associées au catastrophisme climatique s'incarnent dans des êtres humains qui modifient leurs comportements en fonction de ce qu'ils en pensent. Le matérialisme méthodologique permet d'étudier ces phénomènes, mais ne s'autorise pas d'étudier la validité d'affirmation sur Dieu, qu'il existe ou qu'il soit amour. Par contre, si « l'Effet de serre » peut susciter les mêmes craintes qu'un Dieu miséricordieux mais exigeant, comme il est déclaré phénomène physique, les affirmations qui le concernent relèvent du matérialisme méthodologique.

On ne sait donc pas exactement ce que savoir signifie et c'est par expérience, au contact, que s'acquiert la conviction qu'il existe une

réalité extérieure, accessible à la connaissance au sens défini par la démarche scientifique. Sa pratique exige de l'obstination et l'acquisition d'un savoir-faire. Pour des chercheurs, il est fascinant de voir comment une théorie mathématique peut non seulement coller à des faits expérimentaux mais en plus en prévoir d'autres dont on ignorait tout, et ce, avec une précision inouïe. Quand un modèle parvient à ce point de perfection, il peut prétendre au statut, temporaire mais envié, de loi de la nature. Le jugement ne tombe pas du ciel, c'est le résultat d'un processus qui se heurte non seulement au scepticisme du monde scientifique mais également à des résistances d'une autre nature comme le poids des habitudes ou des intérêts. La recherche scientifique est une façon d'être au monde. C'est une culture du refus de l'argument d'autorité, de la remise en question perpétuelle, dont les productions étonnent et dérangent parfois l'ordre établi, qu'il soit scientifique, politique ou religieux. Il est paradoxal que le projet scientifique, cette recherche de vérité *toujours handicapée*⁵, produise des connaissances qui procurent du pouvoir. Il ne va en effet pas de soi qu'il suffise de contester leurs pouvoirs aux divinités pour en acquérir un peu. C'est pourtant ce qui se passe, par hasard. Les grandes avancées scientifiques ont une histoire, mais ne sont ni planifiées ni voulues. On ne sait pas ce qu'est la science, mais personne ne conteste les réalisations techniques qu'elle permet ni le pouvoir qu'elle procure. Et cela fait des envieux : si seulement « l'Effet de serre » pouvait en être !

Aussi, une critique scientifique complète de « l'Effet de serre » doit-elle envisager aussi bien les déficiences théoriques qu'expérimentales de cette hypothèse. Elle doit, par-dessus tout, se méfier du piège qui consiste à parler de cause à effet entre des grandeurs qui ne sont que corrélées mathématiquement. Ce piège, c'est la tentation classique et bien humaine

⁵ Op. cit. en note 73 p. 81.

d'interpréter à la hâte des observations en fonction d'une intuition ou d'une hypothèse privilégiée. En sciences naturelles, l'observation d'une corrélation entre diverses grandeurs est d'abord un appel à aller étudier le phénomène plus en profondeur, mais une corrélation n'est pas en elle-même une explication scientifique. Il faut insister un peu sur ce point, car aussi complexe que soit le système climatique, cette complexité n'interdit pas d'aller voir en profondeur si des lois de physique fondamentale expliquent ou non des corrélations comme celle qui est au cœur de «l'Effet de serre». Se contenter de corrélations comme explications expose la climatologie, comme n'importe quelle science naturelle, à de graves erreurs de compréhension des réalités physiques observées.

2.1.1 Le piège pastafariste

Pour faire un gâteau, il suffit de prendre des ingrédients et de suivre une recette. C'est ensuite le coup de patte du cuisinier qui distinguera son gâteau, le rendra unique. Mais de cela, la science ne parle pas, par définition, car elle recherche l'universalité. Par contre, le fait de réussir un gâteau, un soufflé, une mayonnaise ou une vinification peut faire l'objet d'analyses scientifiques⁶. La science produit des connaissances qui, au minimum, s'assimilent à des recettes qui conduisent à des résultats reproductibles et qui, au mieux introduisent des innovations intellectuelles qui bouleversent une vision du monde. Où qu'on se trouve dans la pratique de la recherche scientifique, le piège qui consiste à prendre ses désirs ou craintes pour des réalités scientifiques existe en permanence. Un canular très instructif a circulé sur le web à propos de l'interprétation abusif de corrélations. Il est né de l'imagination d'un physicien

⁶ Preuve en est l'enthousiasme suscité par la cuisine moléculaire: fr.wikipedia.org/wiki/Gastronomie_mol%C3%A9culaire

américain scandalisé par l'autorisation donnée par l'État du Kansas d'enseigner le créationnisme⁷ dans cet État. Dans une lettre adressée au gouvernement du Kansas, il exige un créneau horaire pour enseigner sa religion, le pastafarisme⁸, le créationnisme étant désormais toléré comme religion officielle. Un des buts du pastafarisme est de lutter contre le réchauffement climatique et, en vertu de l'observation que *le réchauffement climatique est une conséquence directe du déclin de la population de pirates comme le prouve un graphique montrant la corrélation négative entre la population de pirates et la température moyenne sur Terre* », il est décidé que les prêtres pastafaristes porteront un habit de pirate. L'argument est généreux pour le militantisme climatique, mais, tout le monde l'aura intuitivement compris, complètement boiteux sur le plan logique. **Sur un le plan formel, l'argument pastafariste revient à prétendre que si un événement A est corrélé à un événement B, alors l'événement A est la cause de B. C'est évidemment faux car toute corrélation peut n'être que le produit de simples coïncidences. C'est justement ce qu'illustre avec humour le graphique de la figure 2 (cf. page suivante).**

L'imposture intellectuelle que véhicule cette figure saute aux yeux, simple question de bon sens. Mais ce n'est pas toujours aussi évident. Il existe quantité d'arguments, pas seulement en climatologie, où l'imposture pastafariste pointe son nez, cela pour la simple raison que le traitement statistique qui permet d'établir la qualité des corrélations entre diverses quantités n'a que faire du bon sens, de la finesse ou du réalisme de l'analyse de la situation à laquelle se réfèrent les données étudiées. Les mathématiques sont parfaitement

⁷ Le créationnisme oppose à la théorie de l'évolution une lecture littérale des écrits bibliques sur la création du monde.

⁸ Cette parodie de religion fait l'objet d'un article dans Wikipédia <http://fr.wikipedia.org/wiki/Pastafarisme> et des adeptes, par exemple à Marseille <http://pastafarismemars.canalblog.com/>

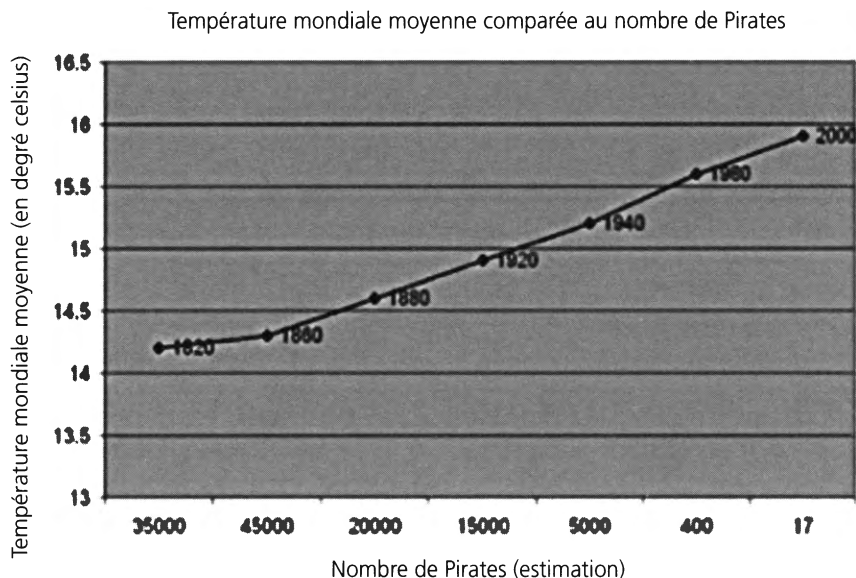


Figure 2: exemple de corrélation pastafariste (graphique repris du site cité en note 8)

indifférentes aux réalités dont elles proviennent et éventuelles lois de cause à effet qui peuvent les relier. Quel que soit le phénomène observé, sa formalisation mathématique peut donner l'apparence d'une compréhension, alors qu'il n'en est a priori rien. C'est en les confrontant en théorie et sur le plan expérimental avec ce que prédisent des lois scientifiques reconnues que peuvent être établies des explications en termes de cause à effet. Une corrélation n'est donc à peine qu'une amorce de connaissance scientifique. Par exemple, des statisticiens ont récemment montré qu'une loi mathématique corrélait la fréquence des «séismes climatiques» – ouragans, tornades, cyclones, et tempêtes – avec leur intensité⁹. Les statistiques

⁹ Article du *Temps* du 15 décembre 10, de Kathryn Hess Bellwald, prof. à l'EPFL, relatant les travaux de M. E. Walter et S. Dessai, de l'Université du Colorado: "Self-Organised Criticality and the Atmospheric Sciences: selected review, new findings and future directions".

montrent que les événements les plus violents sont moins fréquents que les autres. Des échelles d'intensité existent pour les classer, de même qu'il en existe une pour classer l'intensité des tremblements de terre. Sur une période de temps suffisamment longue, les statisticiens ont observé que l'énergie libérée par degré d'intensité est indépendante de l'intensité de l'événement. C'est le résultat, étonnant, de leur recherche. Mais le degré de précisions avec lequel cette loi est suivie n'explique rien sur d'éventuels liens de cause à effet. Cette observation donne une base pour aller plus loin dans la compréhension de ces corrélations, c'est tout. Et c'est en essayant de comprendre la physique qu'on peut avancer sur l'interprétation de ces corrélations, que des conjectures peuvent être faites sur les mécanismes qui les expliqueraient. Mécanismes qui, tel celui de la gravitation universelle, peuvent acquérir un jour le statut envié de loi de la nature.

Quand la climatologie affirme qu'il y a des corrélations fortes entre les émissions de CO₂ et l'augmentation de «l'Effet de serre», que cet «Effet de serre» entraîne une élévation de la température moyenne de l'atmosphère, l'esprit scientifique exige d'abord de considérer cette corrélation comme pastafariste. Le scepticisme en acte consiste à chercher à nier la plausibilité d'un lien de cause à effet, quitte à conclure qu'il y en a bien un si l'entreprise échouait. L'état d'esprit opposé, qui prévaut chez une majorité de climatologues, consiste à se convaincre de l'existence de liens de cause à effet, à coups d'explications qualitatives, de modèles et mesures ad hoc. Et comme la théorie de «l'Effet de serre» a été assez rarement critiquée en détail ni systématiquement vulgarisée, il est bon d'introduire quelques grandeurs, phénomènes et lois physiques de base, d'autant plus que cette présentation donne l'occasion de brosser un panorama des questions qui seront développées aux chapitres suivants. On entre donc dans le climatoscepticisme scientifique.

2.2 Thermodynamique

« La loi selon laquelle l'entropie augmente toujours occupe – je crois – la position suprême parmi les lois de la physique. Si l'on découvre que l'une de vos théories est en contradiction avec la seconde loi de la thermodynamique je ne peux vous offrir aucun support ; il ne vous reste plus qu'à vous écrouler sous la plus profonde humiliation. »

Sir Arthur Eddington¹⁰

Les affirmations de la climatologie portent sur un réchauffement global de la planète. À ce titre, elles s'inscrivent dans le cadre de la thermodynamique, la science qui étudie les relations entre les phénomènes mécaniques et thermiques. À première vue, la thermodynamique semble s'occuper de machine et d'ingénierie. Ce n'est pas faux, mais elle s'est développée, elle a gagné en généralités et en abstractions, au point qu'un physicien aussi éminent qu'Einstein en avait une profonde admiration : *« Une théorie est d'autant plus impressionnante que ses prémisses sont plus simples, que les catégories de choses qu'elle rapporte les unes aux autres sont plus différentes et que son domaine d'application est plus vaste. C'est la raison pour la profonde impression que la thermodynamique m'a faite. La thermodynamique est la science naturelle d'une portée universelle à propos de laquelle je suis convaincu que, dans le champ d'applicabilité de ses concepts de base, elle ne sera jamais réfutée. »*¹¹ **Une définition plus moderne de la thermodynamique consiste à dire qu'elle est la science des phénomènes qui dépendent des variations de température, d'énergie et d'entropie.** Plus générale et plus

¹⁰ Extrait de ses « Gifford conferences », 1927.

¹¹ *Notes autobiographiques*, Albert Einstein, 1949 (autoportrait traduit par F. Lab Interéditions, Paris, 1980, pp 34-35).

précise, cette définition renvoie à trois concepts qu'il faudra présenter pour comprendre le cadre dans lequel se développe notre analyse de « l'Effet de serre ». Il est effectivement en délicatesse avec ces trois concepts fondateurs de la thermodynamique. Parmi eux, deux sont très familiers, la température et l'énergie. L'entropie l'est moins, ce mot n'appartient pas au langage de la vie courante. C'est aussi le plus déroutant des trois concepts, même pour ceux qui s'en servent tous les jours. Curieusement, cette notion est née au XIX^e siècle des réflexions d'un ingénieur « *sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres à développer cette puissance* »¹², donc du besoin de comprendre le fonctionnement et calculer le rendement des premières machines à vapeur, innovation technique majeure de l'époque. Voilà la preuve, s'il en fallait une, qu'une question qui vient de la vie pratique, en l'occurrence d'une préoccupation économique, peut induire un questionnement scientifique fondamental et ne produit pas nécessairement une science politisée ou corrompue. En même temps qu'il donne des outils conceptuels pour comprendre et développer des machines thermiques qui sont encore aujourd'hui essentielles au développement industriel, la loi de la thermodynamique associée à l'entropie pose des limites sévères aux rêves d'exploitation infinie des ressources naturelles. Et pour ce qui nous concerne, il est encore plus sévère à l'égard du fonctionnement de « l'Effet de serre » puisque c'est de lui que vient l'estocade finale qui le réduit au statut de légende. On le verra au § 3.3.4, mais pour l'heure, avançons pas à pas.

2.2.1 Température et chaleur

La température est une notion clé de la climatologie puisque c'est d'elle que dépend l'avenir de la planète et de l'humanité.

¹² Sadi Carnot, dont *Les réflexions* est le seul ouvrage, publié à compte d'auteur en 1824.

Mais cette grandeur n'a pas toujours une connotation tragique. Il suffit d'allumer une radio ou un poste de télévision pour entendre parler de température dans les prévisions météorologiques. Un petit mal de tête, quelques signes avant-coureurs de grippe et voilà qu'on utilise un thermomètre pour mesurer sa fièvre. Température prend ses racines dans le mot latin «*temperare*» : *combiner en proportions exactes, allier, combiner* 2 – *tremper (un métal)* 3 – *tempérer (le froid, la chaleur), rafraîchir; adoucir (une saveur)* 4 – *tempérer, calmer, adoucir* 5 – *régler, organiser; gouverner, diriger; moduler (un chant), jouer (d'un instrument)* 6 – *maîtriser, retenir, ménager, modérer*.¹³ **L'esprit scientifique part de ce bouquet de sens pour y associer une quantité précise et mesurable afin de disposer d'un paramètre qui permet de prévoir à partir de quelle valeur, associée au sentiment de chaud ou au froid, l'eau gèle ou se gazéifie par exemple.** La thermodynamique moderne donne une définition abstraite du concept de température à partir de l'entropie et de l'énergie interne du système considéré. Mais cette approche plus formelle n'est pas appropriée pour comprendre intuitivement la notion de température ni surtout, pour saisir la difficulté de définir et mesurer une température globale. C'est là une difficulté de fond de la climatologie. Il est donc préférable de présenter la notion de température de manière empirique¹⁴.

Nos sensations nous permettent de distinguer le chaud du froid et lorsqu'on met deux corps en contact l'un avec l'autre, l'un plus chaud que l'autre, on peut sentir au toucher que l'un se réchauffe et l'autre se refroidit, jusqu'à ce qu'on ne puisse plus distinguer lequel est le plus chaud ou le plus froid. On tiédit un café chaud en y mettant un peu de lait froid. Dans le cas de fluides, une façon

¹³ Extraites du Gaffiot, dictionnaire latin français.

¹⁴ La présentation basée sur le cours de physique «*Thermodynamique*» de G. Bruhat, A.Kastler. Dunod, 1963.

de se mettre en contact est de se mélanger et ainsi d'arriver à une situation d'équilibre. Des mesures montrent qu'un corps qui s'échauffe augmente son volume ou se dilate et qu'un corps qui se refroidit se contracte ou diminue son volume. L'état où les deux corps paraissent aussi chauds ou froids l'un que l'autre et où les déformations sont, par rapport aux instruments utilisés, nulles, est appelé état d'équilibre thermique. De multiples observations permettent d'élever au rang de principe le fait que des corps mis en contact prolongé cherchent à atteindre un équilibre thermique. C'est grâce à ce principe qu'un thermomètre peut être construit et par suite la notion de température peut être empiriquement définie. Un thermomètre est un instrument qui, directement ou non, mesure le phénomène de dilatation, respectivement contraction associée au fait qu'un corps se réchauffe ou se refroidit au contact d'un autre. Au contact de la peau, le mercure d'un thermomètre médical se dilate (si la température ambiante est inférieure à celle du corps). Quand il ne se dilate plus, c'est qu'il a trouvé un équilibre thermique. La valeur sur l'échelle donne une indication de la température du corps¹⁵.

Dans l'expérience qui précède, qu'est-ce qui est passé d'un corps à l'autre ? On ne dit pas grand-chose de précis si on répond que c'est de la chaleur. Et il a fallu un certain temps aux scientifiques pour arriver à associer une quantité à ce qu'ils considéraient d'abord comme une sorte de fluide. Dans cette opération, la notion de chaleur spécifique joue un rôle central. Cette grandeur décrit la capacité d'un corps à stocker (respectivement céder) de la chaleur au contact d'un autre corps (plus froid). Si on mélange deux litres d'eau dont l'un est à 20°C et l'autre à 30°C, sans même chercher

¹⁵ L'échelle se fixe à partir de l'observation qu'il existe des points fixes déterminés par les transitions de phase des corps dits purs. L'échelle Celsius met le zéro au niveau où l'eau gèle et la valeur 100 au niveau où elle bout, à pression atmosphérique standard.

dans ses souvenirs de physique, on se doute que la température du mélange sera de 25°C , une simple moyenne des deux températures. Pourquoi ? Parce qu'intuitivement, le seul paramètre qui diffère dans les systèmes, c'est la température. C'est juste et ce fait est vérifié expérimentalement. En répétant la même expérience pour deux liquides de nature différente, qu'observe-t-on ? Une température d'équilibre différente. Maintenant, mettez 1 kg d'eau, c'est-à-dire 1 litre, à bouillir sur une plaque allumée à une certaine puissance et mesurez le temps mis pour arriver à 100°C . Mettez maintenant 1 kg d'un autre liquide sur la plaque à même puissance, vous observerez qu'il met un temps différent pour arriver à 100°C . Cela signifie que par rapport à l'eau, ce liquide demande un autre apport de chaleur pour atteindre la même température. **La chaleur spécifique est la grandeur qui rend compte de cette propriété matérielle, c'est-à-dire la capacité de la matière à stocker de l'énergie. On appelle chaleur cette forme d'énergie. On observe aussi que quand la matière change d'état – par exemple quand l'eau gèle ou s'évapore – elle libère ou absorbe de la chaleur. Cette forme de chaleur spécifique s'appelle chaleur latente. Ces deux grandeurs ont un rôle fondamental dans la dynamique atmosphérique.** L'eau existe en effet en grande quantité sur Terre. Elle ne cesse de circuler entre les océans et l'atmosphère et de passer d'un état liquide, gazeux ou solide. À chaque transformation, elle emmagasine ou libère d'importantes quantités de chaleur qui contribuent aux échanges thermiques de toute l'atmosphère, en basse comme en haute altitude. Quelle relation entre l'eau et « l'Effet de serre » ? Fondamentale, on le verra.

Il est important pour l'instant de retenir que la notion de température se définit à partir de l'hypothèse d'un équilibre thermodynamique local – c'est le principe du thermomètre – et qu'à partir de la définition de la température, la notion de quantité de chaleur peut être à son tour introduite avec la grandeur de chaleur spécifique. Sans équilibre local, la

définition de température ainsi que la notion de chaleur deviennent problématiques. L'hypothèse d'équilibre thermodynamique local est admise et largement vérifiée dans l'atmosphère. Cet équilibre dépend de tous les types d'échanges de chaleur qui s'y produisent localement et simultanément. La première difficulté de la modélisation climatique consiste donc à bien comprendre et modéliser l'interaction des divers types d'échanges de chaleur ; y en a-t-il qui dominant, localement, globalement, etc. ? Le problème n'est pas nouveau, les réponses multiples et loin d'être simples. Une mauvaise interprétation physique de ces échanges et de ces équilibres peut conduire à des calculs erronés et des interprétations expérimentales biaisées. S'ajoute à cette difficulté de base celle propre à la climatologie de devoir définir et étudier une température globale. C'est un problème de définition : de quoi parle-t-on au juste ? Si on ne peut y répondre clairement, c'est-à-dire scientifiquement, des affirmations comme telle année est globalement la plus chaude de la décennie ou telle autre la plus chaude depuis la Révolution industrielle sont à considérer avec beaucoup de réserve. Ce point sera développé dans le chapitre § 3.2.1.

2.2.2 Conduction et convection

La température dépend de l'interaction et de l'équilibre de divers flux de chaleur. Les flux de chaleur échangés par contact entre deux milieux ou corps sont les flux de conduction et de convection. Les deux coexistent dans l'atmosphère. La loi qui décrit le phénomène de conduction thermique rend compte d'un flux de chaleur proportionnel à la variation de température entre les milieux en contact. Il s'écoule toujours du chaud vers le froid. Le coefficient de proportionnalité est une caractéristique du milieu étudié, comme la chaleur spécifique, introduite précédemment. Un milieu fluide peut présenter un autre mode de transfert de chaleur, la convection. Il est observé à l'interface entre

l'atmosphère et la surface terrestre. Lorsque de l'air s'écoule sur une surface solide, le flux de chaleur échangé dépend de la différence de température entre les deux milieux, de la nature des milieux et de la dynamique de l'écoulement du fluide. Il n'y a pas de théorie générale décrivant les échanges de chaleur par convection, tant les situations sont diverses et physiquement sensibles. Toutefois, en raison de leur importance pratique, les échanges de chaleur par convection font l'objet de beaucoup d'études empiriques et de modèles ad hoc en ingénierie. Or, la convection joue un rôle clé en climatologie. Elle n'échappe donc pas à la difficulté de modéliser ce phénomène, si complexe et pourtant si banal. Un exemple permettra de s'en faire une image. Un radiateur chauffe une pièce, on le sait, mais comment cela se passe-t-il ? Le phénomène combine essentiellement des échanges de chaleur par conduction et par convection et, dans une moindre mesure, par radiation, dont on parlera plus loin. Le phénomène qui domine c'est la convection naturelle. C'est elle qui transporte et diffuse la plus grande part de chaleur dans toute la pièce. Mais elle ne se déclencherait pas sans un apport de chaleur par conduction, c'est-à-dire par contact entre des milieux de températures différentes. Si l'air autour du radiateur se met en circulation, c'est parce qu'il a d'abord été réchauffé par contact avec la surface du radiateur. Et ce n'est qu'à partir d'un certain seuil de chaleur accumulée par l'air autour du radiateur qu'un phénomène de convection peut s'installer et donc que la fonction de radiateur devient effective dans la pièce. Le phénomène est connu, l'air réchauffé se dilate, sa densité diminue, il devient plus léger que l'air avoisinant qui est resté un peu plus froid et a tendance à se mettre en mouvement sous l'effet de la pression exercée par l'air plus froid, comme un bouchon plongé dans l'eau a tendance à remonter en surface. Ce mouvement n'est possible que dans un fluide. Un solide dans lequel on aurait installé et activé un corps de chauffe n'a pas d'autre possibilité que d'évacuer la chaleur produite par conduction, et éventuellement

radiation. Ce n'est que lorsque le solide commence à fondre que des mouvements de convection peuvent émerger et augmenter considérablement les flux de chaleur. Le point crucial est de retenir que tout part d'un phénomène de conduction. La convection est un phénomène collectif complexe qui résulte du phénomène physique fondamental de la conduction. Il dépend de la nature du fluide, de la surface de contact, de la géométrie générale du système, et surtout d'équations générales bien connues mais encore bien mystérieuses pour les scientifiques.

La question de savoir si l'atmosphère fonctionne selon la théorie de «l'Effet de serre» avec ses conclusions catastrophiques ou comme un système de climatisation naturelle plutôt stable dépend, on le verra, essentiellement de la compréhension des phénomènes de conduction et de convection dont elle est le siège. La théorie de «l'Effet de serre» postule et cherche à mettre en évidence l'existence d'une instabilité des échanges thermiques au sein de l'atmosphère sous l'effet d'injection de CO_2 de nature humaine. D'autres approches montrent que l'effet d'une petite injection de CO_2 est insignifiant dans la dynamique thermique de l'atmosphère. La thèse défendue ici est que la théorie de l'atmosphère comme système de climatisation naturelle est bien mieux fondée que celle d'un «l'Effet de serre» catastrophique. Elle demande de passer par quelques considérations sur les échanges thermiques d'origine radiative.

2.2.3 Radiations et corps noir

Les modes de transport d'énergie par convection et conduction sont de nature mécanique. De la chaleur est transférée dans l'espace par contact entre des milieux matériels. Le mode de transfert par radiation est de nature différente. Des milieux matériels s'échangent de la chaleur à distance, dans le vide ou à travers des interfaces matérielles. Le soleil envoie son énergie sur Terre par

un rayonnement qui traverse l'espace interstellaire puis l'atmosphère avant d'atteindre la surface terrestre. Ce rayonnement est un phénomène ondulatoire qu'il faut brièvement décrire.

Lâchez un caillou d'une hauteur de quelques centimètres dans une eau assez calme. Vous verrez se créer autour de son point d'impact une série de vaguelettes qui se propageront en cercles concentriques réguliers. Vous avez généré une onde, c'est-à-dire une déformation qui se propage à la surface d'une étendue d'eau. En physique, un phénomène ondulatoire est un signal qui se propage dans l'espace et transporte de l'énergie sans déplacement de matière. Les ondes qui se propagent à la surface de l'eau peuvent à leur passage soulever des corps flottants sur l'eau et ce faisant, leur transmettent un peu de leur énergie. En se propageant, l'onde perd de son énergie au contact des milieux matériels traversés. L'observation des ondes a conduit les scientifiques à décrire les ondes par leur vitesse d'oscillation et une longueur caractéristique d'onde qui mesure la distance entre deux points d'oscillation identiques du phénomène, les deux sommets de vaguelettes dans l'exemple précédent. L'onde générée par le caillou dépend de sa forme et de la façon dont sa surface entre en contact avec l'eau. L'analyse des phénomènes ondulatoires montre qu'il est en général possible de considérer ces ondes particulières comme l'addition de multiples petites ondes élémentaires. Mais en général, une onde est caractérisée par une fréquence dominante et une longueur d'onde qui dominent les autres. Le la d'un piano, ou d'un violon est défini par une fréquence dominante à 440 Hz et de multiples harmoniques. Ces harmoniques dépendent du type d'instrument et du musicien. Elles font le charme de la musique, mais c'est la fréquence dominante qui fait que le la est un la. Il en va de même avec les ondes lumineuses qui véhiculent l'énergie émise par le soleil. Mais elles diffèrent des ondes acoustiques car en plus d'être caractérisée par des fréquences et des longueurs d'ondes, elles ont une direction et une polarisation, propriétés dont on a d'ailleurs une expérience

quotidienne. C'est à partir d'elles que les scientifiques expliquent, par exemple, les variations de couleur et les reflets d'un objet observé sous divers angles par rapport à une source de lumière donnée. La figure 3 ci-dessous donne une représentation de la classification usuelle des ondes électromagnétiques.

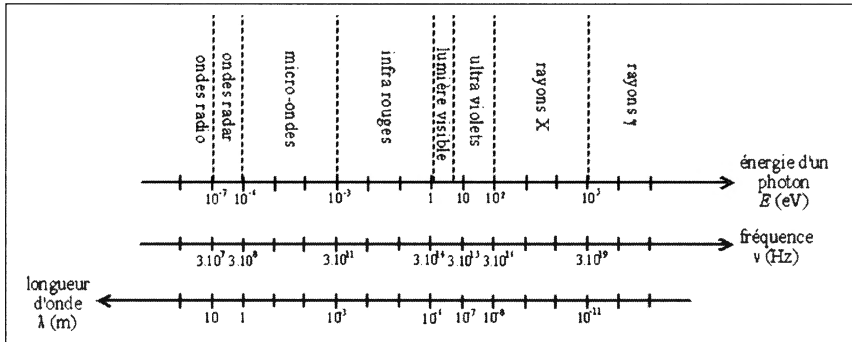


Figure 3 : classification des ondes électromagnétiques en fonction de caractéristiques ondulatoires et énergétiques (source Wikipédia).

Le spectre visible est la partie du spectre électromagnétique auquel l'œil humain est sensible. Elle correspond à une toute petite bande du spectre des ondes électromagnétiques. En climatologie, la partie de ce spectre qui joue un rôle clé se situe à gauche du spectre visible, c'est la bande de fréquences infrarouges. Des ondes électromagnétiques de cette fréquence peuvent faire vibrer des molécules comme le CO_2 ou l'eau et ainsi leur transférer de l'énergie. Ce mécanisme fondamental fait que le CO_2 ou la vapeur d'eau sont catégorisés en climatologie comme gaz à « Effet de serre ». Personne ne conteste ce phénomène fondamental, par contre le fait qu'il soit à l'origine d'un réchauffement par « Effet de serre » ne fait pas l'unanimité. Aussi gaz à « Effet de serre » signifie-t-il ici gaz actif dans l'infrarouge, ce qui est une propriété physique classique et bien définie.

Ce qui est par contre moins classique, c'est la description précise de comment un gaz absorbe et émet le rayonnement

électromagnétique. C'est un point avec lequel la climatologie est en délicatesse dans ses modèles. Tout corps dont la température dépasse le zéro absolu émet des radiations par suite de l'agitation des atomes et molécules qui le constituent, qu'elles soient organisées en réseau comme pour un solide ou non, comme dans un liquide ou un gaz. La loi de Kirchhoff¹⁶ est très souvent utilisée pour décrire les propriétés d'absorption et d'émission de radiation d'un corps en équilibre thermique avec son environnement. À l'origine, elle a été établie dans la situation expérimentale particulière d'un corps soumis au rayonnement d'une cavité aux parois noircies par de la suie, vide et maintenue à une température constante. Dans cette situation, le corps absorbe une partie du rayonnement incident et en restitue à la cavité, afin de rester à l'équilibre thermique. **La loi de Kirchhoff exprime le fait que, pour une longueur d'onde et pour une direction donnée, la proportion du flux d'énergie émis et absorbé ne dépend que de la température et de la longueur d'onde.** Ce facteur de proportion est donc universel car indépendant de la nature du corps. On parle de loi d'émission du corps noir quand le corps étudié a la propriété d'absorber tout le rayonnement incident. En climatologie comme en ingénierie, cette loi est très couramment utilisée parce qu'elle est considérée comme universelle et parce qu'elle conduit à une formule particulièrement pratique qui relie la puissance rayonnée par un corps à sa température d'équilibre. En notant I la puissance rayonnée et T la température, cette formule s'écrit :

$$I = \sigma T^4, \sigma : \text{constante de Planck}$$

C'est la célèbre loi ou formule de Stefan, qui est parfois modifiée par l'introduction d'un facteur de proportion ou d'atténuation du rayonnement quand le corps considéré n'est pas totalement

¹⁶ Formulée par le physicien allemand Gustav Robert Kirchhoff en 1859.

noir, c'est-à-dire absorbant. On parle alors de corps gris et pour un facteur d'atténuation ϵ , $0 < \epsilon < 1$, caractéristique du milieu matériel étudié, la puissance rayonnée devient simplement :

$$I = \epsilon \cdot \sigma \cdot T^4$$

En climatologie, la loi de Stefan est très largement utilisée, soit pour calculer une température T à partir de données sur la puissance I , soit au contraire, pour calculer une puissance I à partir de mesures de température. Les opérations mathématiques à faire pour calculer l'une ou l'autre sont élémentaires. Mais elles sont trompeuses. Elles exposent au piège « pastafariste », c'est-à-dire au fait de relier des grandeurs sans lien de causalité physique, ou d'en calculer d'irréalistes à partir de données expérimentales qui peuvent être correctes. Du point de vue physique, c'est en effet la température du corps qui détermine l'intensité de radiation et non l'inverse. La causalité physique exige qu'on déduise la puissance rayonnée d'un calcul préalable de température, c'est-à-dire d'une étude de tous les échanges de chaleur qui ont lieu dans le système considéré, pas seulement des flux radiatifs. Faire l'opération inverse, déduire une température à partir de mesures de puissance rayonnée n'est pas nécessairement réaliste. Dans l'expérience qui conduit à la loi de Kirchhoff, l'enceinte est vide, fermée et sans aucune influence externe. Elle est obtenue dans un cadre expérimental restrictif. Or les gaz qui rayonnent dans la basse atmosphère ne sont pas dans cette situation et de loin. Ils bougent et échangent aussi de la chaleur par convection et conduction. L'Organisation mondiale de la météorologie (OMM) a d'ailleurs intégré cette difficulté dans ses méthodes de mesures de température par satellite. En effet, selon ses spécialistes *« les gaz n'émettent pas un rayonnement comme un corps noir théorique, mais seulement à des longueurs d'onde spécifiques liées aux niveaux de transition d'énergie possibles entre les molécules constitutantes suivant les lois de la physique quantique. L'amplitude de la ligne*

spectrale est déterminée principalement par la structure de la molécule mais est également fonction de la température. La largeur de la ligne et sa forme dépendent de la température et de la pression. L'intensité finale émise par une couche de gaz est alors proportionnelle au produit de l'amplitude de la ligne par un facteur de forme, par la densité du gaz rayonnant et la fonction de Planck. Un gaz qui émet à une longueur d'onde donnée est aussi un bon absorbant à la même longueur d'onde. Ceci complique la transmission du rayonnement à travers l'atmosphère. (...). L'ensemble de ces facteurs implique qu'un canal de détection sur un instrument satellital ne recueille pas de l'information provenant d'un certain niveau, mais plutôt d'une couche complète de l'atmosphère. »¹⁷ Voilà une confirmation que la loi du corps noir ne s'applique pas sans précaution aux gaz, même comme approximation pour avoir un ordre de grandeur de ce que peut être « l'Effet de serre ». Les corrections à apporter à cette loi supposent une connaissance de paramètres mécaniques comme la pression et la densité des gaz, qui sont influencés par les autres types d'échange de chaleur. Au début du XX^e siècle, le premier scientifique à avoir donné une forme explicite à la loi du corps noir avait déjà senti la difficulté rencontrée par ces spécialistes de l'OMM. À l'aube de la révolution de la physique quantique, il n'avait pas manqué de relever que, dans les recherches sur le rayonnement thermique, il y avait une erreur fondamentale, « *notamment celle de ne prêter attention qu'à des résultats donnés par des mesures expérimentales et d'ignorer complètement les réalités profondes des processus internes* »¹⁸. On verra au chapitre 3.2.4 que ce n'est en fin de compte pas tant la relation entre les flux de radiation émis et absorbés qui est mise en question que l'universalité de la loi de

¹⁷ Site web de l'EUMETSAT, Darmstadt, Allemagne (www.eumetsat.int/Home/index.htm?l=fr)

¹⁸ *The New Science*, Max Planck, Meridian Books, 1959, New York.

Kirchoff, c'est-à-dire de cette fonction de Planck qui caractérise la loi du corps noir. Cette question est approfondie à partir des travaux d'un scientifique qui, comme d'autres d'ailleurs, ne les a initialement pas produits pour faire acte de climatoscepticisme.

2.2.4 Conservation de l'énergie

Le mot énergie a déjà été utilisé plusieurs fois, le mot chaleur aussi, qui est une forme d'énergie. L'électricité est une autre forme d'énergie, un réfrigérateur a pour fonction de refroidir de l'air à partir du travail mécanique fourni par une pompe. Réciproquement, un moteur à explosion transforme de la chaleur en mouvement mécanique qui peut servir à propulser un véhicule. L'essence qui est brûlée dans ce processus contient de l'énergie chimique. On peut alors voir ce processus comme la transformation d'énergie chimique en chaleur puis en énergie cinétique. L'énergie existe sous diverses formes, se transforme d'une forme à une autre, mais pas n'importe comment. Ce concept unificateur ne s'est pas imposé du jour au lendemain à l'esprit des physiciens. Il leur a fallu plus d'un siècle. Mais comme ce mot fait désormais partie du langage courant, il suffit d'en évoquer la propriété principale, ce qu'on laisse faire, une fois encore, à Richard Feynman¹⁹. *« On va examiner ensemble une des lois les plus fondamentales de la physique, la loi de conservation de l'énergie. Il y a un fait, ou si vous voulez une loi, qui gouverne tous les phénomènes naturels connus jusqu'à ce jour. Il n'y a pas d'exception connue à cette loi, elle est exacte – autant que nous le sachions. Cette loi est appelée loi de conservation de l'énergie. Elle dit qu'une certaine quantité, qu'on appelle énergie, est conservée dans la multiplicité des changements que la nature connaît. C'est une idée très abstraite, car c'est un principe mathématique : il dit qu'une quantité*

¹⁹ Voir chapitre 2.1 « Qu'est-ce que la science ? ».

numérique ne change pas lorsque quelque chose se passe. Ce n'est donc pas la description d'un mécanisme, ou de quoi que ce soit de concret. C'est juste le fait étrange qu'on peut calculer un nombre et quand on finit d'observer la nature faire ses combines et qu'on calcule à nouveau ce nombre, eh bien c'est le même. »

Un nombre qui se conserve, si ce n'est que ça le concept central de la physique, c'est un peu frustrant. Ce n'est pas que cela évidemment. Mais c'est surtout la propriété générale qui nous intéresse, car les grands modèles climatiques connaissent de gros problèmes avec la conservation de ce nombre. C'est un problème fondamental. La suite de l'exposé de Feynman permet de bien comprendre. Il illustre la puissance et l'importance de la loi de conservation en prenant l'exemple d'un jeune garçon – Denis la Malice – qui s'amuse à cacher ses plots dans une boîte et dans un récipient d'eau à sa maman qui, en combinant toutes sortes de déductions doit parvenir à les retrouver tous. Dans ce jeu, les paquets et sources d'énergie ce sont les plots. La maman n'en connaît que des manifestations indirectes, la boîte s'alourdit, l'eau du récipient monte et en récapitulant toutes les déductions que lui permettent ses observations, elle constate que la quantité de plots reste constante à chaque partie que Denis la Malice lui propose. Dans ce jeu, la maman de Denis la Malice remplit le rôle du scientifique qui vérifie la loi de conservation de l'énergie. Il y en a de différents types, mais toutes sont mesurées avec une même unité, l'unité d'énergie. Dans les modèles climatiques compliqués, si cette loi n'est pas vérifiée, il n'y a pas d'autres choix que de faire comme la maman de Denis la Malice : s'interroger sur les cubes manquants. Sans explication de ce manque, le modèle n'est simplement pas physique. Deux options se présentent. Pour les uns, les modèles sont justes mais les mesures imprécises ou lacunaires. Dans le jeu décrit par Feynman, c'est la situation où quelques cubes sont bien là mais échappent à la sagacité de la maman. Pour d'autres, les données expérimentales ne sont pas lacunaires, mais

ce sont les modèles informatiques qui ajoutent ou enlèvent des cubes sans raison physique. Dans ce cas, c'est la maman qui aurait chaussé des lunettes qui déforment la réalité. Pas besoin de préciser vers quelle thèse penchent les scientifiques climatosceptiques. On revient sur ce point au chapitre 3.3.3.

2.2.5 Croissance de l'entropie

Le fait que la chaleur passe toujours du chaud vers le froid tombe sous le sens : un corps froid ne réchauffe pas un corps plus chaud. Hélas peut-être, mais c'est ainsi ! C'est en construisant et observant le fonctionnement de machines thermiques qu'a été identifiée puis définie précisément une grandeur et une loi physique dont la célébrité dépasse son domaine d'application : l'entropie et la loi de croissance de l'entropie²⁰. Cette loi est couramment appelée le deuxième principe de la thermodynamique, le premier étant la loi de conservation de l'énergie. Ce deuxième principe rend compte du statut spécifique des échanges de chaleur dans les transformations d'un système thermodynamique. Elle stipule que toute transformation du système s'accompagne d'un accroissement de son entropie, mais ne dit pas de combien elle doit croître. De cette loi découle le fait qu'il faut fournir du travail pour faire passer de la chaleur d'un milieu plus froid vers un milieu plus chaud. C'est ainsi que fonctionne un réfrigérateur domestique (frigo). Un système mécanique permet de refroidir l'air du frigo et réchauffer celui du milieu dans lequel il est installé, dans une cuisine par exemple. Voilà pourquoi la partie arrière d'un frigo est chaude.

Comme grandeur physique, l'entropie donne une mesure de la dégradation de l'énergie disponible dans le système. Le premier principe affirme que l'énergie d'un système fermé se conserve, le deuxième le complète en précisant que son énergie se dégrade,

²⁰ Cf. note 12 sur Sadi Carnot p. 97

c'est-à-dire qu'elle devient de moins en moins utilisable dans le processus considéré. À un niveau microscopique, l'entropie s'interprète comme une mesure du désordre moléculaire dans le système considéré. Pour s'en faire une représentation, présentons une célèbre expérience de pensée²¹ dont le but est de chercher à falsifier ce principe. Elle est doublement instructive dans notre contexte. Premièrement, elle illustre ce qu'est la démarche anarchiste de la science. La recherche de contre-exemples à une affirmation est une expression du refus de reconnaître son autorité et c'est en cherchant à renvoyer une affirmation au rang de vœux pieux ou de coïncidence pastafariste que les scientifiques parviennent parfois à se convaincre du son bien-fondé ou de sa puissance. Deuxièmement, à la fin de l'enquête sur les défaillances de la physique de «l'Effet de serre», au chapitre 3.3.4, l'argument qui permet de conclure qu'il n'existe pas revient à montrer qu'il viole le deuxième principe de la thermodynamique. Il est donc intéressant de citer un contre-exemple qui a troublé les physiciens pendant un certain temps jusqu'à ce que la faille qui résolve ce paradoxe soit trouvée.

Une boîte contient un gaz réparti dans deux compartiments, séparés par une porte qu'un démon surveille. On le suppose capable de mesurer la vitesse des particules et de les trier en fonction du résultat de sa mesure. On suppose enfin que le fonctionnement de la porte ne dépense pas d'énergie, ou n'en dépense qu'une quantité insignifiante, mais là n'est pas la clé de l'argument. Ces éléments étant posés, l'expérience peut se dérouler selon plusieurs scénarios qui dépendent de la façon dont le démon gère sa porte. D'un point de vue microscopique, la température d'un gaz mesure l'agitation de ses molécules, qu'on décrit avec la vitesse moyenne des molécules qui le constitue. Commençons par supposer qu'à un moment

²¹ James Clerk Maxwell a proposé ce paradoxe dans un ouvrage sur la théorie de la chaleur paru en 1872.

donné, la température soit supérieure dans un des compartiments de la boîte. Si le démon ne laisse entrer dans ce compartiment que les molécules en provenance du compartiment plus froid dont la vitesse est supérieure à la vitesse moyenne des molécules du compartiment plus chaud et s'il laisse partir du compartiment plus chaud celles qui sont plus lentes que la vitesse moyenne du compartiment plus chaud, la température du compartiment plus chaud va augmenter et celle du compartiment plus froid diminuer. Si le compartiment de gauche est initialement un peu plus chaud, l'action du démon a globalement pour effet de stocker à gauche les molécules qui font augmenter sa température et laisser partir dans le compartiment de droite celles qui la font diminuer. En gérant ainsi sa porte, le démon crée un flux de chaleur qui va du froid vers le chaud sans apport d'énergie externe et qui, par conséquent, viole le deuxième principe de la thermodynamique. La démarche scientifique est ici au défi de montrer que l'action de ce démon ne peut correspondre à un phénomène physique réel. Ce paradoxe a suscité de multiples recherches et ce n'est que plusieurs décennies plus tard, grâce à une interprétation moderne du concept d'entropie, qu'il a pu être levé. Il a été montré en effet que l'apparente violation du deuxième principe dans le gaz disparaît lorsqu'on tient compte de l'accroissement d'entropie associé à l'opération de trier des molécules dans le système considéré. Sans entrer dans les détails, ce paradoxe enseigne qu'il est assez simple d'imaginer une expérience qui violerait le deuxième principe, mais que les arguments qui montrent qu'il n'en est rien sont assez fins à établir. Cette observation s'applique aussi pour le réchauffement climatique par «Effet de serre». On sait que la surface terrestre est en moyenne plus chaude que l'atmosphère. Alors, s'il n'y a pas d'apport de travail dans le système, comment de la chaleur peut-elle passer d'une atmosphère en moyenne plus froide à une surface terrestre en moyenne plus chaude. Ce flux de chaleur que «l'Effet de serre» suppose viole le deuxième principe.

Fonctionne-t-il avec un démon? Réponse en fin de chapitre 3, où on verra qu'un démon pourrait bien se cacher dans les détails de l'algorithme de calcul de cet «Effet de serre». Mais commençons auparavant par décrire dans les grandes lignes le système physique dans lequel cet «Effet» est censé agir.

2.3 Le système climatique

La Terre flotte comme un bolide lancé à toute allure dans le vide interstellaire autour du soleil. Elle suit une orbite elliptique stable qu'elle parcourt en 365 jours et des poussières. Son axe de rotation sur elle-même est incliné par rapport au plan de l'ellipse qu'elle décrit autour du soleil. En conséquence, l'incidence des rayons du soleil varie et provoque l'alternance des saisons au cours de son périple autour du soleil. Le soleil est une petite étoile composée d'hydrogène (74 % de sa masse) et d'hélium (24 % de sa masse) et d'une fraction d'éléments plus lourds. Les réactions nucléaires qui transforment en son cœur l'hydrogène en hélium sont à l'origine du rayonnement qui arrive sur Terre. La puissance du flux de rayonnement, mesurée à l'entrée dans l'atmosphère vaut environ 1367 W/m^2 . Cette valeur est communément appelée Constante solaire. La longueur d'onde de rayonnement maximal se situe à 460 [nm], dans le spectre visible près de l'ultraviolet. Le soleil émet un rayonnement qui s'étend des ondes radios au rayonnement X (cf. figure 3). Lorsqu'il entre en contact avec les diverses couches de l'atmosphère, le rayonnement solaire provoque des réactions chimiques et divers échanges de chaleur. La part du rayonnement solaire qui atteint la surface terrestre est elle-même en partie absorbée, et réémise vers l'atmosphère, principalement sous forme de rayonnement infrarouge qui interagit avec les gaz à «Effet de serre». L'atmosphère est un mélange de gaz de composition variable. Elle s'étend de la surface terrestre à

quelques centaines de kilomètre au-dessus. Sa structure est définie par les variations brusques de son profil de température, qui témoignent de transitions dans sa composition physique et donc de transitions en divers types d'interactions entre le rayonnement solaire et la matière. La figure ci-dessous donne une illustration de cette stratification.

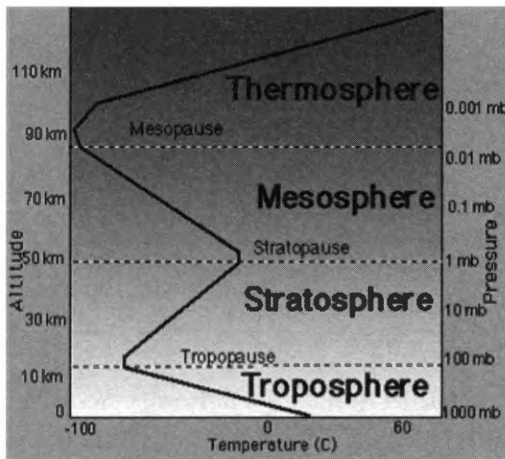


Figure 4 : les grandes couches de l'atmosphère avec en gris le profil type de température qu'on y rencontre (image reprise de Wikipédia).

Ce qu'on appelle usuellement l'atmosphère, en gros l'air qu'on respire, porte le nom scientifique de troposphère. C'est la couche de l'atmosphère qui est en contact avec la surface de la planète. Voilà pourquoi elle s'appelle aussi basse atmosphère. Cette appellation ou simplement celle d'atmosphère sera indifféremment utilisée par la suite pour désigner la troposphère. Elle contient la plus grande partie de la masse atmosphérique et son épaisseur varie de 8 km à 15 km selon les saisons et les latitudes. En règle générale, elle est plus épaisse dans la région de l'équateur qu'aux pôles. Une couche intermédiaire appelée tropopause délimite la basse atmosphère de la stratosphère. Cette dernière couche s'étend de 40 km à 60 km d'altitude au-dessus de la

tropopause et s'arrête à une couche limite appelée stratopause. Sa température augmente avec l'altitude, car elle est réchauffée par l'absorption des rayons ultraviolets du soleil dans un processus de création et recombinaison d'oxygène (O_2) en ozone (O_3) et vice-versa, l'ozone étant une molécule instable. Dans la stratosphère, il y a peu de convection, les processus radiatifs dominent et le gradient de température est stable. Au point le plus haut de la stratosphère, la température avoisine les $0^{\circ}C$, température supérieure à celle de la tropopause, puisque les mécanismes de création d'ozone réchauffent la stratosphère tout en protégeant la planète de rayonnements ultraviolets très nuisibles aux organismes vivants²². La zone supérieure de la stratosphère, à partir de laquelle la température recommence à descendre, se nomme la stratopause. La stratosphère est dynamiquement stable: on n'y observe aucune convection régulière ni turbulence. Les autres couches supérieures, mésosphère, thermosphère, ionosphère et exosphère s'étendent de la stratopause, environ à 80 km au-dessus de la surface terrestre jusqu'à 10'000 km. Elles n'interviennent dans les considérations relatives aux changements climatiques que lorsqu'on s'intéresse aux effets des variations de l'activité solaire.

De cette brève description de l'atmosphère il faut garder à l'esprit que ce dont on va parler principalement, c'est la basse atmosphère, le lieu où se concentre plus de 70 % de la masse de toute l'atmosphère. Pour se faire une idée relative de sa masse, on l'évalue à un millionième de la masse de la Terre et on estime que trois quarts de la masse atmosphérique se concentrent au-dessous d'une hauteur d'environ 10 km. Le rayon de la Terre étant d'approximativement 6400 km, c'est donc dans la fine et légère couche de la basse atmosphère que se déroule l'affaire si

²² Ces rayonnements sont dits mutagènes parce qu'ils ont une influence sur le génome des cellules et peuvent dérégler la reproduction de cellules, par exemple provoquer des cancers.

complexe des changements climatiques. Cette fine couche est composée de 21 % d'oxygène, 78 % d'azote, le dernier pourcentage est composé d'hydrogène et de gaz rares ou de gaz dit traces, dont environ 0,04 % d'oxyde de carbone, le fameux CO_2 . Telle est la composition de l'air que nous respirons quand il est parfaitement sec. Il peut se charger d'eau, dans une proportion variant de 0 à 4 % de la masse d'air. Dans le langage des sciences atmosphériques, la basse atmosphère est appelée troposphère, sa partie supérieure, la tropopause. Cette zone marque aux alentours de 10 km la transition avec la haute atmosphère qui se divise en diverses couches comme on l'a vu. Plus calme que la basse atmosphère, la tropopause n'en est pas moins une interface complexe et mouvante. Comme c'est le cas de la plupart des interfaces, les phénomènes qui s'y passent sont déterminants pour tout le système qu'ils délimitent et sont difficiles à modéliser ; c'est vrai des échanges radiatifs comme de la formation de couches nuageuses d'altitude par exemple.

2.3.2 Les cycles du carbone et de l'eau

Lors des éruptions volcaniques, divers gaz sont rejetés dans l'atmosphère dont le CO_2 et le monoxyde de carbone CO. C'est de là que provient le carbone qui circule entre la Terre et l'atmosphère. Aujourd'hui, ce dégazage continue selon un flux faible d'environ 0,1 Gt/an. Le cycle du carbone correspond à l'ensemble des échanges d'éléments carbone sur une planète. Sur Terre, le cycle du carbone est dit biogéochimique parce qu'il comprend des échanges avec des milieux inertes – les océans, l'atmosphère, les roches – et avec la matière vivante ou en décomposition (comme les tourbières). Ce cycle opère en quatre types de réservoirs assez logiquement dénommés : hydrosphère (les océans), lithosphère (les roches), biosphère (la matière vivante) et atmosphère (l'air) représentés dans la figure 5 page suivante :

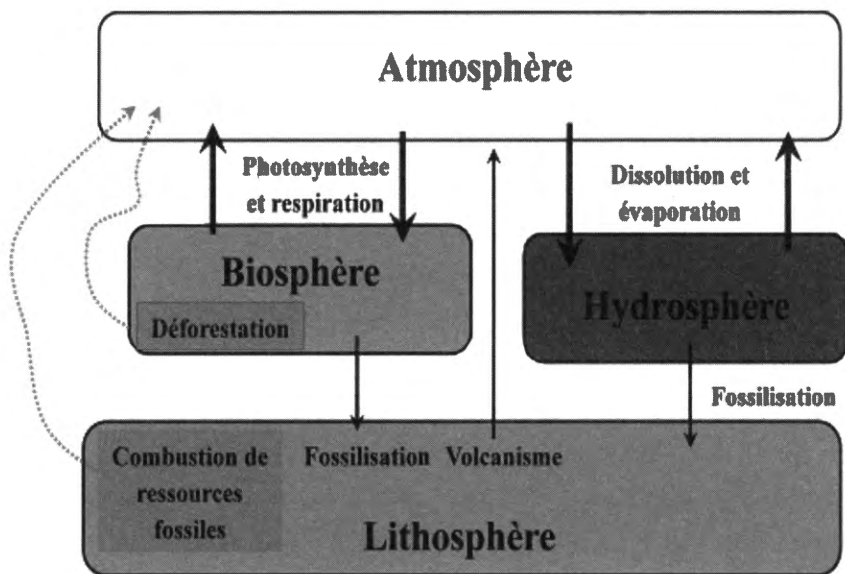


Figure 5 : cycle du carbone avec à gauche les contributions dues aux activités humaines. Elles sont faibles par rapport aux échanges naturels. Des valeurs de flux et de stock sont données dans le texte.

Des réactions chimiques et des échanges thermiques déterminent comment le carbone circule d'un réservoir à l'autre. La photosynthèse transforme le CO_2 en glucose, la respiration cellulaire et la fermentation renvoient au contraire du CO_2 à partir du glucose dans l'atmosphère. En milieu aqueux, le CO_2 atmosphérique est très majoritairement stocké sous forme d'ions de carbonate. La fossilisation est un exemple d'échange entre la biosphère et la lithosphère ; la sédimentation un exemple d'échange, assez lent, entre l'hydrosphère et la lithosphère. Les dynamiques de ces réservoirs dépendent donc d'échanges biogéochimiques qui, eux-mêmes, sont évidemment influencés, comme la plupart des réactions chimiques, par des paramètres comme la pression, la température et le flux de rayonnements locaux. Il y a aussi les phénomènes qui ne font pas intervenir de réaction chimique, comme le dégazage et la dissolution. Mais cela ne signifie pas qu'ils soient simples

à modéliser. Cette description des phénomènes biophysiques qui interviennent dans la dynamique du cycle du carbone montre qu'on a affaire à un système réellement complexe.

Quelques ordres de grandeurs associés aux flux et réservoirs illustrés à la figure 5 permettent de situer quantitativement l'importance du flux d'émissions humaines de CO_2 dans ce cycle. Étant donné l'échelle du problème, les quantités sont exprimées en Gigatonne de carbone (GtC), c'est-à-dire un milliard de tonnes de carbone (contenu dans le CO_2). L'atmosphère contient environ 750 GtC, la surface des océans contient environ 1000 GtC. Les profondeurs des océans renferment 39'000 GtC. La végétation sur Terre, les sols et les déchets contiennent environ 2200 GtC. On arrive donc à près de 43'000 milliards de tonnes de carbone. Voilà pour les réservoirs. Quant aux flux, la surface des océans et l'atmosphère échangent chaque année 90 GtC sur un mode assez rapide. Le sujet est débattu, mais il est admis qu'il ne faut que quelques années pour que le carbone de l'atmosphère se recycle. La végétation sur Terre et l'atmosphère en échangent chaque année 60 GtC, les animaux marins (les planctons) et la surface de l'océan échangent, chaque année, 50 GtC. On estime que la surface des océans et les eaux en profondeur échangent à un rythme plus lent 100 GtC chaque année. Trop faibles, les flux de sédimentation et de fossilisation n'interviennent pas dans le problème. Au total, les échanges qui constituent ce cycle se montent à quelque 300 milliards de tonnes de carbone par an. La part de l'activité humaine dans ces flux est estimée à 5 à 6 GtC/an. Elle est principalement produite par la combustion de ressources fossiles. Qu'advient-il de ces émissions, une fois injectées dans l'atmosphère ? Le CO_2 est bien plus lourd que l'air (1,52 fois), une grande partie du CO_2 est absorbée dans les sols, par les plantes, dissoute dans les océans, etc. Ce sont les « puits » de CO_2 . Le solde reste dans l'atmosphère, entraîné dans des mouvements de convection. Un des défis de la modélisation de « l'Effet de serre » consiste à estimer au mieux la proportion des émissions anthropiques de CO_2

qui reste dans l'atmosphère. Mais qu'il s'agisse de la moitié, d'un peu plus ou d'un peu moins, cet apport d'origine humaine de CO₂ reste faible par rapport aux autres flux de ce grand cycle naturel. De plus, le cycle du carbone interagit avec un autre grand cycle naturel, le cycle de l'eau.

Il est essentiel à la compréhension du fonctionnement de l'atmosphère ainsi qu'à la théorie de « l'Effet de serre ». **Le cycle de l'eau se rapporte aux flux entre les grands réservoirs que sont les océans, l'atmosphère, les lacs, les cours d'eau, les nappes souterraines et les glaciers, etc. C'est évidemment le rayonnement solaire qui actionne ce cycle en favorisant d'abord l'évaporation de l'eau, puis induit d'autres échanges. Ces réservoirs interagissent par des flux créés par l'évaporation de l'eau, la transpiration des végétaux, les précipitations – pluie, glace ou neige.** Le cycle de l'eau est aussi de nature biogéochimique et complexe. L'eau est comme le carbone un gaz à « Effet de serre ». Avec le cycle de l'eau, le système soleil, Terre et atmosphère dispose donc d'un gigantesque réservoir de gaz à « Effet de serre » que les variations de températures quotidiennes ou saisonnières activent sans cesse, d'abord pour créer des événements très familiers comme la pluie, le brouillard, la neige, etc. Mais aussi, selon les climatologues, une dynamique de réchauffement déclenchée par les émissions de CO₂ d'origine humaine. **Alors, s'il faut réguler la concentration de carbone dans l'atmosphère, cette description des cycles du carbone et de l'eau suggère deux stratégies. Il y a celle qui consiste à lutter contre les émissions humaines de CO₂ en les mettant à prix, c'est celle retenue par le GIEC. Mais cette logique de réservoir qui se remplissent et se vident suggère une deuxième stratégie globale : travailler sur la capacité d'absorption des réservoirs de carbone. Elle a été documentée par un célèbre physicien de l'Université de Princeton²³,**

²³ *La vie dans l'univers*, Freeman J. Dyson, « Pensées hérétiques sur la science et la société », nrf, coll. sciences humaines, p. 83, 2009.

non sans un peu de provocation puisqu'en l'exposant, il relève l'inanité des calculs faits par les grands modèles climatologiques à « Effet de serre ». Une part importante du carbone est absorbée par la biomasse et par les océans. Ces phénomènes d'interface entre l'atmosphère et la surface terrestre sont délicats à modéliser, mais on peut estimer que la modification de la capacité d'absorption de CO_2 sur quelques dixièmes de millimètres de profondeur sur toutes les surfaces arables terrestres permettrait de stocker durablement tout le carbone que l'homme pourrait être amené à émettre à partir des stocks connus de ressources fossiles. Ce petit calcul vient renforcer le fait que les émissions de CO_2 d'origine humaine sont une petite perturbation du système climatique global et suggère une deuxième stratégie de lutte contre l'augmentation de « l'Effet de serre ». La gestion des émissions de CO_2 peut en effet être envisagée comme un problème de gestion globale du territoire. Les deux stratégies ne s'excluent pas. Elles mettent en évidence qu'il est possible d'agir de deux manières sur la rétention de carbone dans un réservoir, soit en augmentant les flux sortants, soit en limitant les flux entrants. Toutefois, l'option d'agir sur la capacité d'absorption des terres émergées ne remet pas en question la théorie de « l'Effet de serre », mais peut déranger ceux pour qui la lutte contre les émissions de CO_2 est aussi, sinon surtout, un excellent cheval de bataille pour lutter contre la dépendance aux énergies fossiles.

2.4 Deux formules pour entrer en matière

Des formules mathématiques pour entrer en matière, pourquoi ? Parce qu'en climatologie, tout est affaire de calculs, d'alertes artificielles basées sur des formules plus ou moins compliquées. Se pose alors la question suivante : la planète court-elle réellement à sa perte ou ne s'agit-il que d'un vaste délire collectif assisté par ordinateur ?

Pour être traitée correctement, la question demande d'aller voir d'un peu plus près quelques formules importantes, pas forcément compliquées et d'essayer d'en comprendre la structure.

Au premier abord, il ne faut jamais trop se laisser impressionner par l'usage de mathématiques en sciences. C'est un formalisme commode et puissant qui a l'énorme avantage de poser de manière synthétique et précise un problème à résoudre. Mais le formalisme ne garantit pas que le problème posé ait une réalité physique bien définie. **Les climatologues définissent la sensibilité climatique comme la réponse du climat aux perturbations radiatives que causent les gaz à « Effet de serre ».** Depuis plus de deux siècles, les émissions de CO_2 d'origine humaine proviennent des activités industrielles qui consomment des ressources fossiles et à la déforestation de territoires par le feu. Elles sont produites en basse atmosphère, à part les gaz de combustion des avions. La basse atmosphère est au contact de la surface terrestre avec laquelle elle échange de la chaleur par convection, par conduction et par radiation. Dans sa partie supérieure, au niveau de la tropopause où la densité de l'air devient très faible et l'atmosphère moins agitée, le mode d'échange de chaleur est principalement radiatif. Du point de vue de la physique, il s'agit de comprendre quel est l'effet thermique de l'injection de ces flux de CO_2 d'origine humaine dans ce système. Ce problème se pose de la même manière pour tout le monde, climatologues, climatosceptiques ou autres : il faut calculer et mesurer l'évolution de températures moyennes et évaluer leur sensibilité aux émissions de gaz à « Effet de serre ». Bien, alors commençons à définir nos formules : une température globale, c'est une moyenne prise sur un corps, qu'on considère comme délimité par un volume. Dans le monde des représentations mathématiques, il est nécessaire de définir un volume géométrique correspondant au corps dont on veut connaître la température. Ce n'est peut-être pas une question fondamentale pour le système considéré,

mais pour saisir l'effort d'abstraction que cette simple exigence mathématique suppose, regardez autour de vous et imaginez que les modèles climatiques doivent faire des hypothèses mathématiques, c'est-à-dire donner une description géométrique idéalisée de l'interface entre l'air ambiant et la surface terrestre où vous êtes. Il en va de même pour l'interface supérieure, la tropopause, frontière vaporeuse qu'il faut également décrire par une surface géométrique lisse traversée par des flux d'énergie. Bref, il faut donc idéaliser l'atmosphère réelle pour obtenir un objet mathématique utilisable. Appelons donc Ω ce volume représentant l'atmosphère. Alors, dans la symbolique mathématique usuelle, la formule qui donne la température moyenne associée à ce volume s'écrit :

$$T(t) = \frac{1}{V_{\Omega}} \int_{\Omega} T(x,t) \cdot dx$$

La fonction $T(t)$ est le nom donné à la moyenne de toutes les valeurs prises par la fonction $T(x,t)$ en tout point du domaine Ω dont le volume est V_{Ω} . C'est la température globale associée au volume considéré. Si on connaît le champ de température, c'est-à-dire toutes les valeurs de $T(x,t)$ en tout point du volume défini par Ω , le calcul défini par la formule ci-dessus est mécanique. Il existe en effet des méthodes mathématiques dont la validité n'a rien à voir avec la climatologie qui permettent d'approcher le résultat avec des degrés d'exactitude plus ou moins grands. Là n'est donc pas le problème de fond. C'est d'un point de vue physique que ce calcul de moyenne se corse. Une température est une grandeur locale, elle dépend de la combinaison de flux d'énergie et de chaleur déterminés par la dynamique du système étudié, localement aussi bien que globalement. Mesurer et calculer ce champ de température n'est pas anodin, voire extrêmement délicat, puisqu'il faut avoir une très bonne compréhension de la physique qui détermine ces flux. Une compréhension approximative donne des résultats approximatifs ou simplement faux. La formule de la température

moyenne concentre donc tous les problèmes de la climatologie. On aura l'occasion d'en discuter plusieurs en détail. Il n'est pas difficile de calculer des températures moyennes, mais beaucoup plus de savoir si elles sont réalistes. Cette remarque vaut pour tout calcul de température moyenne. La climatologie a la particularité de s'intéresser à la sensibilité de la température moyenne de la surface terrestre à l'accroissement de « l'Effet de serre ». En notant ΔF cet accroissement, un peu comme s'il s'agissait de la variation d'une force extérieure appliquée à l'atmosphère, les climatologues définissent la sensibilité climatique λ simplement par le rapport entre la variation de température ΔT et l'accroissement d'une perturbation ΔF , due à « l'Effet de serre » par exemple :

$$\lambda = \frac{\Delta T}{\Delta F}$$

La logique de la démarche consiste à calculer ΔF , puis à l'appliquer à un modèle climatique et à observer, sur ordinateur, l'élévation de température globale ΔT qui en résulte. Est-il raisonnable de penser qu'il est possible d'avoir ce genre de formule sous contrôle au point d'affirmer qu'une petite perturbation du cycle du carbone, les émissions de CO_2 causées par les activités humaines, soit décisive ou pas dans les changements climatiques ? L'ambition paraît démesurée. Quelle confiance avoir en des valeurs de sensibilité climatique Δ , si ni la température globale ni non plus l'accroissement de « l'Effet de serre » ne sont vraiment sous contrôle, ni même bien définis physiquement ? Aucune, et si copieuses que soient les données et lourds les moyens de calculs qui permettent d'attribuer des valeurs à cette sensibilité climatique, la climatologie peut donc dériver vers une forme de science responsable en préférant les modèles et calculs politiquement corrects, c'est-à-dire ceux qui montrent un réchauffement global par accroissement des émissions de CO_2 . Le climatoscepticisme revient alors à enquêter sur la façon dont on calcule les grandeurs

$T(t)$ ou ΔT , à s'interroger sur la nature physique de la perturbation ΔF que les climatologues ont choisi de traiter comme une perturbation extérieure très déstabilisante. S'il en ressort que « l'Effet de serre » n'est pas un phénomène physique clairement défini mais une hypothèse de travail essentiellement formulée sur ordinateur, s'il en ressort qu'on peut la laisser tomber au profit d'une vision plus riche et plus réaliste de l'atmosphère, ce n'est pas grave du point de vue scientifique. Il ne s'agit même pas de la fin de la climatologie, mais de la fin d'une période particulièrement politisée de son histoire. Si virulent que soit le débat public entre climatologues catastrophistes et climatosceptiques, ce qu'on observe n'est au fond que de la science en train de se faire. Certes, les enjeux ne sont pas que scientifiques, mais il y en a et ils existent pour eux-mêmes.

Critique de la thèse de « l'Effet de serre »

« Croyez-le ou pas, peu de recherches ont été financées pour étudier les mécanismes naturels du réchauffement... Il a simplement été admis que ce réchauffement était d'origine humaine (...) Plus d'un scientifique m'a demandé "qu'est-ce que ça peut être d'autre ?" Bien, la réponse à cela demande à être un peu creusée... et comme je le montre, je n'ai pas besoin de creuser bien profond ! »

Dr Roy Spencer, climatologue
Université d'Alabama

Les émissions de CO_2 d'origine humaine perturbent le cycle du carbone. Pour fixer les idées, on admet une concentration actuelle de 0,038 % de CO_2 dans l'atmosphère et une concentration d'environ 0,028 % à l'époque préindustrielle. La question de la climatologie de « l'Effet de serre » est de savoir quel serait l'effet d'un doublement de la concentration de CO_2 préindustrielle en 2100. Il s'agit de très petites perturbations du cycle du carbone et d'une perturbation encore plus modeste du cycle des gaz à « Effet de serre », car l'eau est en aussi un, dont la concentration sous forme de vapeur dans l'atmosphère varie naturellement entre 0 et 4 %. Sa concentration peut donc être grosso modo cent fois plus grande. Il est donc tout à fait naturel de se demander pourquoi attribuer un

rôle particulier aux émissions de CO_2 , sachant qu'un autre connaît des variations cent fois plus importantes. Pourquoi alors le cycle de l'eau aurait-il attendu la modeste perturbation causée par l'action humaine pour se mettre en dérive ? C'est autour de cette question qu'est basée l'argumentation qui suit. Au fond, les deux points de vue scientifiques qui s'opposent sont les suivants :

- Selon les thèses défendues jusqu'à présent par le GIEC, l'homme injecte du CO_2 à des doses jamais atteintes dans l'atmosphère depuis plus d'un millier d'années et conduit le système atmosphérique à explorer des zones de fonctionnement inconnues dont seule la modélisation physique et mathématique peut rendre compte. Les modèles montrent que les émissions de CO_2 peuvent avoir un effet d'allumette capable de déclencher des processus de réchauffement bien plus importants que son statut de gaz trace dans l'atmosphère ne le laisse envisager. En raison du caractère exceptionnel de la situation, la climatologie du GIEC s'attend à observer des événements météorologiques qui attestent de la proximité d'une crise climatique majeure : des sécheresses exceptionnelles, des cyclones particulièrement violents et plus fréquents, des pluies surabondantes, la fonte des calottes polaires, etc.
- Pour d'autres, le CO_2 est un gaz trace dont le doublement ou le triplement de densité dans l'atmosphère ne peut avoir que des effets mineurs sur le climat, d'autres phénomènes, comme ceux liés au cycle de l'eau, aux mouvements de convection à travers l'atmosphère, aux variations de l'activité solaire et à son interaction avec la tropopause, étant tout aussi importants sinon nettement plus pour l'évolution du climat. Ces analyses montrent que l'effet des émissions de CO_2 est inoffensif ou non mesurable dans une atmosphère plutôt stable. Il est évident que ces considérations arrangent plutôt les lobbies qui voient d'un mauvais œil la

mise à prix des émissions de CO₂ que ceux qui auraient préféré donner à la biosphère, notre Gaïa, un tempérament de mère supérieure.

Selon l'hypothèse privilégiée par le GIEC, l'homme est en possession de l'allumette qui peut déclencher une catastrophe climatique. Il en est donc non seulement responsable puisqu'il est conscient du danger, mais également coupable d'avoir mis le feu au climat. Dans l'autre situation, l'homme est toujours responsable, mais n'est plus coupable des changements climatiques.

3.1 La thèse de « l'Effet de serre »

Il existe de multiples descriptions de « l'Effet de serre ». Partons de la description officielle donnée dans le 4^e rapport du GIEC¹. On en cite un large extrait, car il donne une ligne conductrice à la critique qu'on va en faire.

« Le soleil alimente en énergie le climat terrestre en irradiant son énergie à de très petites longueurs d'ondes, en majeure partie dans la partie visible et proche du visible (p.ex. ultraviolet) du spectre. En gros, un tiers de l'énergie solaire qui parvient à la surface de l'atmosphère est réfléchi directement dans l'espace. Les deux autres tiers sont absorbés par la surface de la Terre et dans une moindre mesure par l'atmosphère. Pour équilibrer ce flux d'énergie incident, la Terre doit, en moyenne, rayonner la même quantité d'énergie vers l'espace. Comme la Terre est bien plus froide que le soleil, elle rayonne à de plus grandes longueurs d'onde, principalement dans l'infrarouge. La plus grande partie de ce rayonnement est émise par les terres et les océans, et est

¹ "The Physical Science Basis", chapitre 1, frequently asked questions 1.3, 2007.

absorbée par l'atmosphère, y compris les nuages, puis rayonnée en retour vers la Terre. C'est ce qui est appelé l'effet de serre. Dans une serre, les vitrages réduisent les flux d'air et font augmenter la température à l'intérieur. De manière analogue, mais selon un principe physique différent, l'effet de serre réchauffe la surface de la Terre. Sans effet de serre naturel, la température moyenne de la surface de la Terre serait inférieure à celle du point de gelé de l'eau. Ainsi, l'effet de serre naturel rend possible la vie telle qu'on la connaît. Cependant, les activités humaines, principalement le fait de brûler des énergies fossiles, ont considérablement intensifié l'effet de serre naturel, avec pour conséquence d'augmenter le réchauffement global. (...) L'importance du réchauffement dépend de plusieurs mécanismes de rétroaction. Par exemple :

- lorsque l'atmosphère se réchauffe à cause de l'augmentation de concentration de gaz à effet de serre, sa concentration en vapeur d'eau augmente, ce qui intensifie l'effet de serre dans un cycle amplificateur. Ce mécanisme de réponse peut être assez fort pour doubler l'effet dû à l'augmentation du CO₂ seul.*
- un important mécanisme de feedback implique les nuages. Ils absorbent les radiations infrarouges et ainsi exercent un grand effet de serre qui réchauffe la Terre. Mais les nuages reflètent aussi avec efficacité le rayonnement solaire incident, ce qui refroidit la Terre. Un changement de n'importe quelle caractéristique d'un nuage – comme la taille de ses particules, sa taille, sa forme, sa durée de vie – a une influence sur son pouvoir de réchauffer ou refroidir la Terre. Ces changements amplifient ou diminuent ce pouvoir. Beaucoup de recherches sont en cours pour améliorer la compréhension de comment les nuages évoluent en réponse au réchauffement climatique et comment ces changements affectent le climat à travers divers mécanismes de réponse. »*

Les calculs et reconstructions expérimentales correspondant à la thèse officielle du GIEC sont représentés ci-dessous :

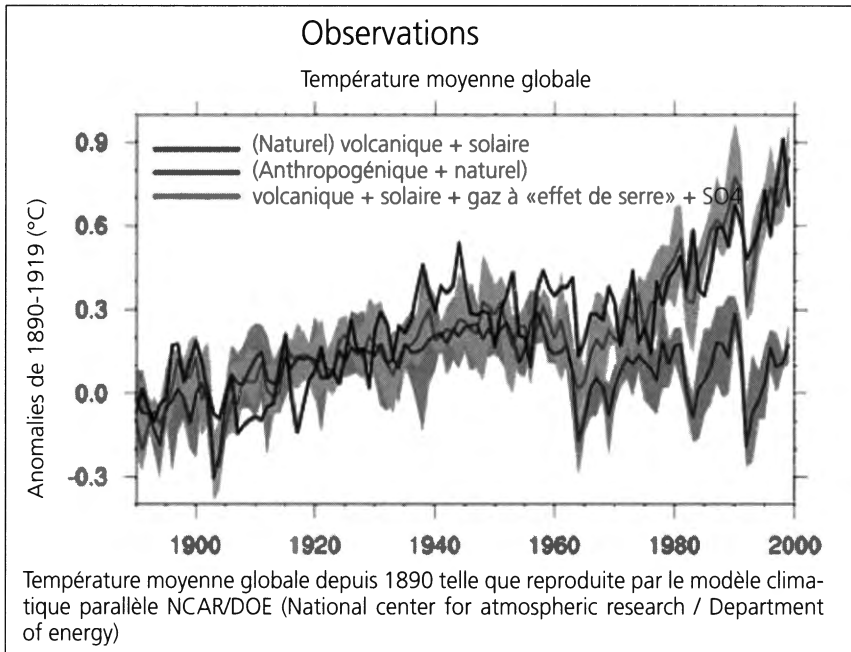


Figure 6 : reconstruction et prédiction de l'évolution de la température terrestre moyenne avec « Effet de serre » comparée à ce qu'elle serait sans « Effet de serre » (source NCAR Boulder).

La figure 6 représente l'évolution d'une température terrestre moyenne observée et elle est comparée avec des simulations avec et sans « Effet de serre ». La courbe du haut avec « Effet de serre » suit les observations, celle du bas est calculée sans « Effet de serre ». Si tout est correct dans ces calculs et mesures, ils donnent une preuve que « l'Effet de serre » explique les observations, d'autant plus qu'on s'en écarte lorsqu'on le supprime des calculs. Bien, mais la controverse peut être lancée avec les questions suivantes :

- Comment calcule-t-on et mesure-t-on ces températures moyennes ?

- Sur quelles bases physiques reposent l'effet des émissions de CO_2 , c'est-à-dire, la différence entre les deux courbes théoriques représentées sur la figure ?
- Les reconstructions historiques, jusqu'à 1900 sur cette figure, et souvent bien antérieures, sont-elles fiables et confirment-elles l'existence physique d'un « Effet de serre » ?

Lorsqu'on présente un phénomène physique connu, il est courant de partir de quelques exemples simples et représentatifs du domaine auquel il appartient. Bien choisis, ces exemples permettent d'introduire les principes et variables déterminants à partir desquels on peut aller plus loin dans la compréhension du phénomène abordé. La recherche scientifique procède aussi de la même manière. Elle postule et soumet au scepticisme l'idée ou le mécanisme envisagé. Il en résulte le plus souvent qu'un mécanisme qu'on pensait avoir compris s'avère ne pas exister. Le phénomène quant à lui peut être observable, mais il appelle d'autres idées ou hypothèses. C'est ce qui se passe avec « l'Effet de serre ». S'il n'existe pas, cela ne signifie pas que l'atmosphère n'a aucun effet sur les températures terrestres, mais qu'il faut chercher à les comprendre autrement.

3.2 Premiers doutes

EN BREF

Les premiers doutes sur « l'Effet de serre » vont non seulement ébranler quelques certitudes, mais surtout permettre de préciser le sens de ce qu'on va noter l'effet de serre, sans guillemets. C'est le mouvement qui suit ce chapitre. On installe d'abord le doute sur la notion de température globale, qu'il s'agisse de celle de la planète, de l'atmosphère et en général d'un système thermodynamique en évolution. La climatologie annonce une catastrophe

parce qu'une température globale augmenterait. Sait-on précisément de quoi on parle ? Il y aurait intérêt, puisqu'on est prêt à engager des sommes faramineuses pour échapper à cet accroissement de température globale. Eh bien non, on ne sait pas, et ça se démontre scientifiquement ! Mais est-ce du pinaillage de théoricien maniaque ? Pas le moins du monde, il s'agit simplement d'admettre que le passage de mesures locales à des considérations globales ouvre nécessairement ou presque le champ à des interprétations politiques ou si l'on veut pastafaristes. Une deuxième source de doute provient du côté expérimental. Des petites expériences montrent que le CO_2 absorbe le rayonnement infrarouge. Personne ne le nie, mais est-ce une propriété suffisante pour en déduire que l'injection de CO_2 dans l'atmosphère va augmenter un « Effet de serre » ? Non, tant qu'on ne sait pas précisément comment les échanges par convection, conduction et radiation interagissent localement, cette propriété du CO_2 et des gaz dits à « Effet de serre » peuvent aussi bien refroidir que réchauffer l'atmosphère. Qualitativement, l'effet de serre, le vrai sans guillemets, est pour sa part à l'échelle locale. Troisième source de doute, le traitement du rayonnement dans les modèles de « l'Effet de serre ». Il est connu que la loi physique dite du corps noir ou gris ne s'applique pas au rayonnement des gaz, ni a priori aux fluides. S'en servir pour calculer des températures atmosphériques ou terrestres à partir de mesures d'intensité de radiation, ou l'inverse n'est même pas une approximation de la réalité physique dans les situations où dominent les échanges radiatifs et n'a simplement aucun sens dans les situations où les échanges de chaleur par radiation sont négligeables par rapport aux échanges par convection.

3.2.1 Une température globale est-elle mesurable ?

Les prévisions météorologiques sont parfois fausses et font l'objet de moqueries. Toutefois, il est incontestable qu'elles s'améliorent et quand elles sont correctes, on peut le vérifier simplement, par exemple avec un thermomètre chez soi. Il est légitime d'associer la température qu'on a mesurée à celle régionale annoncée par le service de météorologie. La notion de température moyenne n'est donc pas dénuée de sens. Mais elles ont un sens local et le fait que les prévisions météorologiques soient parfois fausses, malgré tous les moyens expérimentaux et informatiques dont elle dispose, montre que l'exercice n'est jamais simple. Aussi, lorsqu'on passe au niveau planétaire de la climatologie, il n'y a pas de raison que l'exercice soit moins périlleux, puisque physiquement il faut intégrer divers régimes météorologiques locaux dans un grand modèle pour en déduire des propriétés à une échelle de grandeur supérieure. Dans ce passage du régional au global, une question se pose alors : la température peut-elle être une propriété globale du système climatique ? Cette difficulté est sérieuse, fondamentale même. Elle a été examinée dans un article paru il y a quelque temps dans une revue de thermodynamique². Les auteurs, un mathématicien, un physicien et un économiste, s'interrogent sur la notion d'anomalie de température. En climatologie, ce paramètre correspond à l'excès de température dû à « l'Effet de serre », ce qu'illustre la figure 6. Leur analyse est à la fois fine, technique, mais des exemples simples et parlants viennent soutenir des arguments de physique assez pointus. La synthèse faite dans le résumé de leur article est très accessible. « *Des considérations de base physiques, mathématiques et expérimentales sont utilisées pour montrer qu'il n'existe*

² "Does a Global Temperature Exist?" Ch. Essex, R. McKittrick, B. Andresen, Journal of non-equilibrium thermodynamics, juin 2006.

aucune température terrestre globale qui ait un sens physique dans le contexte du réchauffement global. Tandis qu'il est toujours possible de construire de telles statistiques pour n'importe quel ensemble de températures locales, un ensemble infini de telles statistiques est mathématiquement douteux si des principes physiques ne donnent aucune base pour effectuer un choix parmi elles. Des règles statistiques distinctes et également valides peuvent montrer et d'ailleurs montrent des tendances opposées une fois appliquées à des résultats de modélisation physique ou à des données de l'atmosphère. Un champ de température donné peut être interprété simultanément comme « réchauffant » ou « refroidissant », ce qui rend le concept de réchauffement physiquement mal posé dans le contexte du réchauffement climatique. » Pour pouvoir définir et mesurer une température, on a en effet vu (§ 2.2.1) qu'il faut que le système, dont le thermomètre fait partie, puisse être considéré comme localement à l'équilibre. Cela suppose, avant de faire la mesure, une bonne compréhension des phénomènes qui y ont lieu. Le problème en climatologie n'est pas tellement que l'appareil de mesure perturbe la physique du système et change, de ce fait, la température qu'on veut mesurer. Cette question se pose à une échelle microscopique qui ne concerne pas la climatologie. Par contre, il faut être sûr que le système avant la mesure est à l'équilibre thermodynamique. Sinon l'interprétation de ce que donne un thermomètre est délicate, voire vide de sens. La météorologie montre tous les jours ou presque que ces problèmes peuvent être localement sous contrôle. Mais cela ne prouve pas que la somme de températures locales ait un sens global. Or, un champ de température global est toujours reconstruit à des mesures locales données à partir d'indicateurs directs ou indirects. La climatologie n'est pas la seule science à devoir reconstruire des champs de température, mais elle a donné à la question du passage du local au global une grande actualité. Dans l'introduction de leur analyse, les auteurs rappellent qu'en

2002 paraissait un document de l'Organisation internationale des standards³ qui concluait à l'impossibilité de définir un standard pour le concept de température globale associée au climat. Le monde de la technique est régi par des normes qui permettent aux ingénieurs de produire des systèmes compatibles entre eux ou, dans un autre domaine, de travailler selon des normes de sécurité partagée. Au niveau d'une entreprise par exemple, être accrédité selon les standards de gestion ISO donne une image de qualité très recherchée. En climatologie, l'enjeu de la définition d'un standard pour la notion de température globale est donc très important, puisqu'il permettrait de savoir de quoi on parle entre professionnels concernés, scientifiques comme décideurs en charge de l'avenir de la planète. Mais le projet d'établir une norme standard a échoué, non pas par manque de formules candidates mais parce qu'aucune ne permettait de donner un sens à la notion de température globale dans un système. En général, les professionnels qui s'attellent à ces questions sont très compétents, car les enjeux scientifiques, techniques et économiques sont importants. Une norme mal conçue peut être non seulement contraignante à mettre en œuvre, mais surtout inutile. Dans le cas de la température globale des climatologues, les auteurs donnent un exemple physique simple qui permet de saisir l'ambiguïté scientifique que pose sa définition. Un verre rempli d'eau à 2°C est mis à côté d'une tasse de café tiède à 33°C. Les deux sont isolés l'un de l'autre mais sont en contact avec l'air ambiant qu'ils partagent. On considère l'air ambiant comme un grand réservoir de chaleur de température stable à 20°C. Des observations physiques élémentaires, le sens commun pourrait-on dire, permettent de dire que l'eau du verre va se réchauffer, que la tasse va se refroidir et qu'au bout d'un certain temps, le café comme l'eau auront des températures très

³ ISO : www.iso.org/iso/fr/home.htm. Le document est : "ISO and climate change : Delivering on the promise", Boehmer K., ISO bulletin, août 2002.

proches de celle de l'air ambiant à 20°C. Bien, mais que dire de l'évolution globale du système composé des deux récipients, se réchauffe-t-il ou refroidit-il ? Les auteurs montrent qu'en utilisant diverses méthodes de calcul de moyenne, toutes légitimes sur le plan mathématique et interprétables sur le plan physique, le système peut être considéré comme se refroidissant ou réchauffant globalement. La question de savoir si au cours de son évolution, le système se réchauffe ou non n'a pas de sens immédiat, voire pas de sens du tout. Ainsi, le calcul d'une température moyenne donne un nombre qui a une unité de température, mais qui n'a pas forcément d'interprétation physique. **En thermodynamique, la température n'est pas une grandeur comme la masse, l'énergie, l'entropie, le nombre de particules, etc. qui s'additionnent lorsque plusieurs systèmes sont combinés. La température est une grandeur dite intensive qui ne se combine pas par addition lorsque des systèmes sont réunis en un seul. C'est la connaissance des flux de chaleur locaux et des variations de température qui permet de comprendre comment un système peut évoluer, pas les valeurs des températures en elles-mêmes. Dans le cas de l'étude du climat, des choix ont nécessairement été faits pour calculer tant la température globale que l'anomalie de température, et rien ne garantit que ces choix soient justifiés par la physique du problème.**

Ces considérations de base jettent donc d'entrée de jeu un voile d'incertitude sur l'entreprise de la climatologie. Brandir des corrélations pour démontrer un réchauffement global par accroissement de « l'Effet de serre » ou en raison de fluctuations du flux solaire expose au piège pastafariste, c'est-à-dire au fait de discuter de corrélations sans interprétation physique claire. Ce voile d'incertitudes n'exclut pas l'existence de corrélations qui posent des questions physiques intéressantes. Ce ne sont pas des arguments pour les rejeter mais pour s'en méfier. Dans la formule révélant la

sensibilité climatique λ , le terme ΔT qui donne la variation de température peut-être complètement vide de sens, en raison de l'argument fondamental qui vient d'être évoqué. Mais cet argument ne nie pas l'existence physique de « l'Effet de serre », il souligne la difficulté qu'il y a à le décrire globalement. Elle se situe entre les mathématiques, qui offrent plusieurs possibilités de calculer des moyennes, et la physique qui devrait indiquer celle qui est la plus pertinente. En résumé, si on calcule des moyennes avant de comprendre la physique du système, on s'expose à produire n'importe quoi. Alors essayons de comprendre un peu mieux la physique de cet « Effet de serre ».

3.2.2 « L'Effet de Serre », le mal nommé ?

Une serre est une construction conçue pour créer des conditions locales d'air, d'humidité et de température qui favorisent la culture de certaines espèces végétales ou de maintenir des biotopes qui ne survivraient pas dans le milieu extérieur où la serre est construite. L'atmosphère n'étant pas une construction humaine, « l'Effet de serre » qu'on lui attribue est donc une analogie ou une image. Rien de grave jusque-là, les scientifiques en font régulièrement usage, souvent par principe d'économie. Si l'analogie entre deux situations est pertinente, il suffit d'établir une sorte de dictionnaire pour passer de l'une à l'autre sans refaire de théorie. L'opération correspond donc à une économie intellectuelle par l'extension du champ d'application d'un mécanisme ou d'un modèle. Le travail à faire est néanmoins de montrer précisément qu'il y a une correspondance entre les deux situations étudiées. Or, l'expression « Effet de serre » est une analogie malheureuse. Bien des climatologues l'admettent. On ne risque donc pas de se faire traiter de « négationniste » à ce stade de l'analyse, mais peut-être s'expose-t-on à quelques insultes si on fait remarquer qu'une

expérience toute simple et vieille de plus d'un siècle⁴ établit le non-sens physique de cette analogie, bien avant donc que les climatologues la popularisent.

Dans une serre réelle, le verre, qui en constitue la plus grande surface, laisse passer une très grande partie du rayonnement solaire. Ce rayonnement va donc atteindre le sol, le réchauffer et accessoirement permettre aux mécanismes biologiques qui en dépendent d'exister. Le sol une fois réchauffé par le rayonnement solaire va à son tour émettre un rayonnement dans des longueurs d'onde bien plus basses, de type infrarouge, sa température étant bien plus basse que celle du soleil. Le verre de la serre ne laisse pas s'échapper le rayonnement infrarouge, ce rayonnement est donc piégé dans l'enceinte. Invoquer « l'Effet de serre » dans la serre réelle revient à dire que ces radiations piégées réchauffent l'air emprisonné dans la serre. C'est à tester. Mais poursuivons d'abord la présentation des autres flux de chaleur générés par le rayonnement solaire. Le sol est chauffé et en émettant ces radiations chauffe l'air avec lequel il est en contact par conduction. Tôt ou tard, cet air va se mettre en mouvement de convection naturelle vers le haut de la serre, puis redescendre après avoir échangé de la chaleur au contact des parois latérales et des vitrages. « L'effet du bâtiment serre » est donc une combinaison des trois types d'échanges thermiques, conduction, radiation et convection. Mais globalement, le système obtenu est une sorte de système de chauffage au sol par convection naturelle, car il est assez simple de montrer que l'effet de piégeage des radiations par un vitrage n'a qu'un rôle négligeable, sinon nul, dans l'effet du chauffage obtenu dans une serre réelle.

Le dispositif consiste à comparer l'évolution de la température de deux boîtes qui ne diffèrent que par les propriétés de leur

⁴ "Note on the theory of greenhouse", R. W. Wood, London, Edinburgh and Dublin Philosophical Magazine, 17, 1909.

vitrage supérieur exposé au soleil. L'une est recouverte d'une vitre usuelle qui retient le rayonnement infrarouge, l'autre d'une plaque de halite⁵ qui est transparente à ce rayonnement, elle laisse donc s'échapper ce rayonnement hors de la boîte. En exposant ce dispositif au même rayonnement et en mesurant la température à l'intérieur des deux enceintes, l'effet de piégeage des radiations infrarouges doit pouvoir être observé, on s'attend à ce que la température de l'enceinte conçue pour piéger le rayonnement infrarouge soit supérieure. L'expérience se déroule en deux temps. La première étape consiste à exposer les deux boîtes au soleil. Surprise, on observe que la température de la boîte couverte de halite est supérieure à celle couverte de verre. Le contraire de l'effet du piégeage attendu ! Ce serait une erreur de conclure trop vite, car la halite laisse passer une plus large bande du spectre solaire que le verre usuel et le sol est donc davantage chauffé, ce qui améliore le chauffage de l'air par le sol. Cette expérience montre l'importance de l'effet du chauffage de l'air au contact du sol mais pas que l'effet du piégeage des radiations infrarouges est négligeable. Il faut donc éliminer ce phénomène de l'expérience. Cela est obtenu en mettant au-dessus des deux boîtes une même plaque de verre qui réalise un premier filtrage et expose les deux boîtes au même rayonnement. La halite, si transparente soit-elle, ne peut pas laisser passer plus de rayonnement que le premier filtre de verre lui en transmet. Avec ce nouveau dispositif, l'effet du piégeage des infrarouges a donc des chances d'être mis en évidence puisque le même rayonnement atteint le sol. Or, les mesures montrent que la température des deux enceintes est identique. En d'autres termes, l'effet du piégeage de l'énergie de radiation infrarouge, s'il existe, est négligeable. L'idée de baptiser « Effet de serre » l'effet d'un gaz comme le CO₂ dans l'atmosphère est maladroite. Toutefois, elle ne dit pas grand-chose sur l'effet d'une variation de la

⁵ Minéral principalement composé de chlorure de sodium.

concentration de CO_2 dans l'atmosphère. Elle montre seulement qu'à concentration atmosphérique standard de 0,038 %, l'effet dû au piégage du rayonnement infrarouge n'est pas détectable et ce dans une géométrie qui ne correspond pas à celle de l'atmosphère. Allons donc voir de plus près comment cette molécule de Carbone piège le rayonnement infrarouge et ce qu'elle nous raconte sur ce point. Après tout, il est raisonnable de penser qu'on aura une idée plus précise du mécanisme de « l'Effet de serre » si on comprend ce que sont les gaz à « Effet de serre ».

3.2.3 « Effet de serre » ou effet de serre ?

Avec quelques consœurs également affublées de la propriété d'être un gaz à « Effet de serre », la molécule de CO_2 est la grande accusée de l'affaire du réchauffement climatique. Son nom l'indique ou presque, le dioxyde de carbone – nom associé à la formule CO_2 – est composé de deux atomes d'oxygène et d'un atome de carbone. Elle est dite linéaire, ce qui signifie que chaque atome d'oxygène présente des liaisons chimiques qui se repoussent et permettent à la molécule d'être dans une configuration d'équilibre d'énergie minimale où les deux atomes d'oxygène sont les plus éloignés possibles comme indiqué dans la figure ci-dessous.



Figure 7 : une représentation de la molécule de CO_2 à l'équilibre (source : Wikipédia).

Les boules sont des représentations des atomes. Un atome est une minuscule entité matérielle électriquement neutre, composée d'un noyau chargé positivement (par les protons) entouré

d'un nuage de particules (les électrons) chargé négativement. Des liaisons peuvent se faire entre atomes en fonction de leur capacité à mettre en commun des électrons. Dans une molécule à l'équilibre, la distribution des charges positives et celle des charges négatives se superpose de manière qu'elle ne présente pas d'activité électromagnétique. Mais cet assemblage d'atomes n'est pas rigide, il peut se déformer et créer des situations de déséquilibre où les distributions de charges positives et négatives créent des champs électriques temporaires, par exemple sous l'effet de flux d'énergie externes. La molécule entre alors dans un état d'excitation où elle peut émettre du rayonnement électromagnétique pour se rééquilibrer par rapport à ce flux d'énergie. Par sa géométrie et la nature des atomes qui la constituent, le CO_2 est caractérisé par des modes d'excitation qui lui sont propres. Décrivons-les, car ce sont eux qui font du CO_2 un gaz à « Effet de serre ». Le dioxyde de carbone compte quatre modes de vibrations propres. Ils sont illustrés ci-dessous.

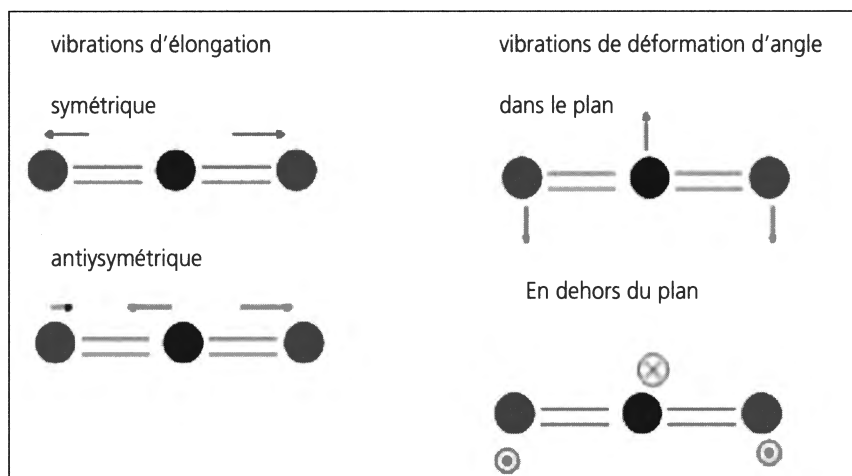


Figure 8 : modes de vibration du dioxyde de carbone (source Wikipédia).

Parmi ces quatre modes de vibrations, on distingue un mode antisymétrique, où l'atome de carbone est entraîné vers l'un

ou l'autre atome d'oxygène, un mode où les atomes d'oxygène oscillent de manière symétrique par rapport à l'atome de carbone, et un mode de déformation d'angle où les deux atomes d'oxygène se déplacent dans le même sens, mais contraire à celui de l'atome de carbone. Parmi ces quatre modes de vibration, le mode de vibration symétrique n'est pas actif dans l'infrarouge. Par conséquent, si une molécule de CO_2 est excitée par de la lumière et par des collisions, l'énergie stockée par le mode de vibration symétrique ne sera pas restituée par du rayonnement infrarouge. Mais les modes de vibrations propres du CO_2 réagissent à certaines fréquences de la gamme correspondant à celle du rayonnement infrarouge. C'est ce qui fait de cette molécule un gaz à « Effet de serre ». La molécule d'eau est aussi une molécule triatomique et est également un gaz à « Effet de serre », c'est-à-dire, active en émission et réception de rayonnement infrarouge. Précisons que comme molécules, le CO_2 comme l'eau présentent des raies d'absorption, fines et centrées autour des fréquences de vibrations propres. Mais observées comme gaz, elles présentent en général des bandes d'absorption plus larges que les raies associées aux structures moléculaires, parce que les molécules, en même temps qu'elles émettent des radiations, s'entrechoquent, tournent sur elles-mêmes et modifient en permanence leur vitesse de translation. La superposition de ces phénomènes produit des bandes plus larges que les raies spectrales correspondant aux modes de vibration illustrés à la figure 8 et permet à des molécules qui n'ont pas exactement les mêmes fréquences propres d'interagir par leurs bandes d'émissions de rayonnement infrarouge. Les climatologues recensent une quarantaine de gaz à « Effet de serre » auxquels ils attribuent des potentiels de réchauffement propre aux enjeux de la théorie de « l'Effet de serre »⁶. Qu'importe ici la formule associée à ce potentiel

⁶ Cf. par exemple IPCC 2007 p. 210 pour une formule rapportant ce potentiel à celui du CO_2 .

de réchauffement, ce qui nous intéresse au premier chef c'est le phénomène physique de base. On a présenté jusqu'à présent deux gaz auxquels les climatologues attribuent un rôle déterminant. Le CO_2 et l'eau qui, rappelons-le, est évidemment le gaz à « Effet de serre » le plus présent sur Terre et dans l'atmosphère. Du point de vue électromagnétique, l'augmentation de CO_2 ajoute simplement un peu de gaz actif en infrarouge dans l'atmosphère, en quantité négligeable par rapport à l'eau, on l'a vu dans la présentation des cycles de l'eau et du carbone. Les climatologues estiment que la durée de séjour du CO_2 émis par les activités humaines dans l'atmosphère est supérieure à celle des vapeurs d'eau. Ces chiffres sont débattus mais ce n'est pas crucial ici. Si le réchauffement climatique dépend de l'intensité des sources de chauffage radiatif que constituent les gaz à « Effet de serre », c'est leur concentration qui importe et a priori pas la durée de séjour des uns ou des autres dans l'atmosphère. Il faut donc un argument solide pour expliquer comment l'injection d'un peu de CO_2 peut déclencher un mécanisme d'amplification de « l'Effet de serre ». Revenons alors à quelques manifestations macroscopiques des propriétés de ces gaz à « Effet de serre ». Ils portent un nom assez mal choisi, on le sait. Mais néanmoins, il doit être possible de mettre en évidence les propriétés particulières, mais non exceptionnelles, de ces gaz. Dans ce but, remplissons comme indiqué dans la figure ci-dessous deux récipients transparents aux rayonnements solaires, l'un avec un mélange d'air ambiant et un autre qu'avec du CO_2 . Équipons chacun d'eux d'un thermomètre et exposons-les au soleil.

On observe que le thermomètre du récipient qui contient du CO_2 indique une température plus élevée que celui plongé dans le récipient où il n'y a que de l'azote. Il y a manifestement un réchauffement par ajout de gaz à « Effet de serre » : a-t-on une preuve expérimentale de cet « Effet » ? Non, cette expérience permet seulement de vérifier le fait, cohérent avec la théorie moléculaire esquissée précédemment, qu'un mélange d'azote et

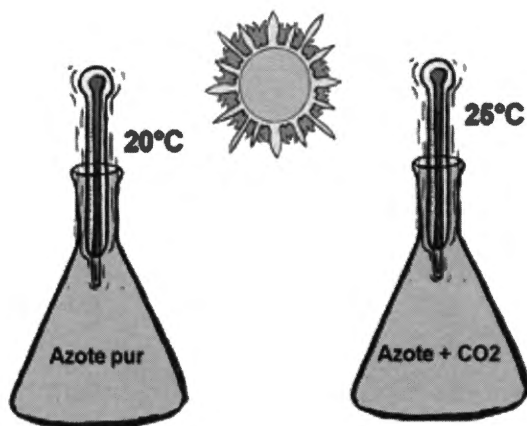


Figure 9 : comparaison de l'échauffement de deux gaz de compositions différentes exposés au soleil (source : www.pensee-unique.fr).

de CO_2 se réchauffe davantage qu'un gaz composé d'azote pur. L'expérience met en jeu des gaz qu'on trouve en abondance dans l'atmosphère. Mais elle n'est pas suffisante pour établir qu'une petite injection de gaz à « Effet de serre » dans l'atmosphère va induire un réchauffement global, pour la simple raison que l'atmosphère est le siège d'autres phénomènes thermiques qui ne sont pas pris en compte dans cette expérience. L'expérience de R.W. Wood, décrite au chapitre précédent, a montré l'importance des échanges de chaleur par convection dans une serre réelle ou, ce qui revient au même, l'insignifiance ou l'inexistence de l'effet du rayonnement infrarouge piégé dans une enceinte semblable à une serre réelle. Cette deuxième expérience montre effectivement un effet de chauffage radiatif dans des gaz, mais il ne décrit pas complètement ce qui se passe dans l'atmosphère. La clé de l'affaire est donc de comprendre comment ces divers échanges de chaleur se combinent, s'il y en a un qui domine, lequel, quand et où. Une description physique qualitative de cette dynamique

est donnée dans un ouvrage de vulgarisation⁷ par un spécialiste des radiations atmosphériques, qu'on ne peut catégoriser comme climatosceptique : *« Une conséquence possible du réchauffement global est l'accroissement des flux de vapeur d'eau des océans vers l'atmosphère et par conséquent un accroissement de la couverture nuageuse, entraînant une réduction du flux solaire net sur la planète. Cependant, l'augmentation de nuages doit aussi davantage réfléchir de radiations, et par là même refroidir la planète (boucle de compensation), tandis que l'émissivité des nuages est plus grande que celle de l'air pur (boucle d'amplification). De plus, ces boucles de réactions ne dépendent pas seulement de combien la couche nuageuse a augmenté mais aussi d'où l'augmentation a lieu. Pour simplifier, divisons la troposphère (elle contient à peu près toute la masse de l'atmosphère) en deux parties : une inférieure et une supérieure. L'émissivité infrarouge de la partie basse est plus grande que celle de la partie haute. Des nuages ajoutés dans la partie basse (qui est déjà presque noire) auraient donc moins d'effet que des nuages ajoutés dans la partie supérieure (comme les cirrus). Lequel des deux mécanismes de réponse – celui négatif causé par l'accroissement de la réflexion solaire par les nuages ou celui positif causé par la réduction de la transmissivité par des nuages – va dominer est incertain. Une sagesse d'usage favorise un réchauffement net du à l'accroissement de la couverture nuageuse, mais cela pourrait changer une fois parus les derniers résultats des modèles numériques. »* Cette description de l'interaction des nuages et du rayonnement infrarouge ne tranche pas la question de l'existence ou de l'inexistence de « l'Effet de serre », mais montre qu'il n'est qu'une hypothèse

⁷ *What Light Through Yonder Window Breaks: More Experiment in Atmospheric Physics*, de Craig F. Bohren, John Wiley & sons, 1991, chap. 7. C. F. Bohren est professeur émérite distingué de météorologie à l'Université de Pennsylvanie.

préférée par une sagesse d'usage, qu'on peut interpréter comme un euphémisme pour *science responsable*. La situation physique réelle qu'on peut appeler effet de serre, sans guillemets, est en effet beaucoup plus indécise.

L'hypothèse de « l'Effet de serre » étant désormais replacée dans son contexte naturel, terminons par quelques données chiffrées sur ce qu'on doit attendre de ce phénomène s'il existe. La Terre se refroidit par émissions de rayonnement infrarouge à raison d'environ 235 Watt/m^2 . En injectant du CO_2 et d'autres gaz à « Effet de serre » dans l'atmosphère, de combien l'homme a-t-il perturbé l'équilibre radiatif de l'atmosphère ? D'environ $1,6 \text{ Watt/m}^2$ et ce par l'accumulation de gaz à « Effet de serre » depuis le début de l'ère industrielle. Des calculs indiquent que le réchauffement déjà intervenu avoisinerait les $0,5^\circ\text{C}$ et qu'il aurait déjà réduit le déséquilibre causé par les émissions de CO_2 à $0,8 \text{ Watt m}^2$. Cette valeur résiduelle est faible, a-t-elle déjà été mesurée ? Non. Les instruments embarqués dans les satellites en orbite autour de la planète ne sont pas encore assez sensibles pour le faire. Or, selon les modèles climatiques, des hausses de températures très supérieures, de l'ordre de 2° , 5° ou 6°C , devraient résulter des petites perturbations causées par les émissions de CO_2 mais comment cela ? En préférant l'hypothèse du « CO_2 allumette » par *sagesse usuelle*, si bien que dans leur grande majorité, les modèles sont construits sur des scénarios d'amplification de l'effet de serre réel qui aboutissent aux prévisions alarmistes bien connues. Avant de s'attaquer aux modèles climatiques, terminons avec quelques remarques sur la loi du corps noir. Elle est largement utilisée pour calculer les puissances de rayonnement ou élévations de température dont il vient d'être par exemple question ci-dessus. Est-on au clair sur son applicabilité au gaz ? Avec ce qu'on a déjà pu dire sur ce point au chapitre 2.2.5, ce n'est pas commettre un accès de scepticisme déraisonné que de vouloir aller un peu plus loin sur cette question.

3.2.4 Limite d'application de la loi du « corps noir »

Les lois de Kirchhoff et de Stefan, présentées au paragraphe 2.2.3, permettent de calculer la puissance rayonnée par un gaz à « Effet de serre » à une température donnée ou, réciproquement, d'en déduire sa température après avoir mesuré la puissance de son rayonnement. Les doutes sur son applicabilité générale sont connus puisque les spécialistes de l'Organisation mondiale de la météorologie passent par des formules ad hoc pour établir les relations réalistes entre température et rayonnement dans l'atmosphère. L'argumentation est ici développée à partir des travaux fondamentaux du professeur Pierre-Marie Robitaille⁸. Ni climatologue, ni climatosceptique, il a néanmoins fait l'objet d'attaques « *nauséabondes et diffamatoires (pour rester poli) de la part du monde de la climatologie* »⁹, pour avoir produit des résultats qui dérangent un peu trop le dogme dominant. C'est une recherche totalement déconnectée des enjeux climatiques qui l'a amené à s'intéresser très en profondeur à l'historique, à l'usage et aux limites d'application de la loi de Kirchhoff. Le prof. Robitaille s'est en effet illustré dans la mise au point d'un scanner médical à résonance magnétique de très haute résolution qui a déplacé les frontières de l'imagerie médicale. Cette recherche correspond au cas de figure d'un problème d'ingénierie qui, pour être résolu, conduit à des questions de physique fondamentale. Le deuxième principe de la thermodynamique par Sadi Carnot (cf. note 12, p. 97) est né de l'étude du rendement d'une machine qui allait non seulement déplacer une frontière, mais devenir le symbole de la nouvelle ère industrielle. À quelques siècles de distance, ces deux chercheurs ont en commun d'avoir dû délivrer des résultats destinés à des applications en société. Ce sont des situations où des erreurs de

⁸ Qu'on trouve en accès libre sur www.thermalphysics.org

⁹ Comme le rappelle Jacques Duran sur son site www.pensee-unique.fr

calcul ou de conception peuvent être lourdes de conséquences. À quoi bon se servir d'une machine dont on ne contrôle pas le rendement, à quoi bon un scanner si les images obtenues ne correspondent pas à la réalité de l'organe ausculté ? Le rapprochement de ces deux chercheurs peut sembler exagéré, mais il faut savoir que si les investigations du prof. Robitaille dérangent les climatologues, elles font beaucoup plus de bruit en astrophysique, qui utilise énormément la loi de Kirchhoff. Dans ce domaine, la science est moins médiatisée car les spéculations sur les origines de l'univers sont politiquement moins attractives que celles sur le réchauffement climatique.

C'est donc pour augmenter la précision d'un système diagnostique médical que le prof. Robitaille s'est trouvé dans l'obligation de comprendre dans le détail les limites d'application de la loi de Kirchhoff. Il a publié une série d'articles¹⁰ dont il ressort que la confiance dans l'universalité de cette loi s'est installée faute de mieux, parce que les savants de l'époque n'avaient pas de connaissances suffisamment précises sur les mécanismes atomiques à la source des phénomènes radiatifs et aussi parce que la loi de Kirchhoff est utilisée dans des domaines où il n'est soit pas nécessaire de vérifier avec précision sa validité, soit impossible de le faire. C'est le cas de l'astrophysique où les possibilités de comparer deux types de mesures, l'une faite à distance l'autre sur place, sont pour l'instant limitées à la Lune. Les missions Apollo 15 et 17 ont justement permis une expérience d'astronomie de proximité instructive. Une comparaison de deux types de mesures de la température du sol lunaire a pu être produite, l'une à partir de mesures à distance du rayonnement de la

¹⁰ Notamment : "On the Validity of Kirchhoff Law of Thermal Emission", IEEE Transactions on Plasma Sciences, vol. 31 no 6 déc. 2003. "Blackbody Radiation and the Carbon Particle", *Progress in Physics*, vol. 3, July 2008.

surface lunaire, l'autre directement sur la surface lunaire¹¹. Cette expérience a conduit les scientifiques à observer que *« l'hypothèse du corps noir a donné des températures lunaires de nuit approximativement 60 K plus basses que les données réelles et celles de jour étaient 20 K plus élevées. Ceci, comme le suggère le titre du projet, est dû au fait que la Lune ne fonctionne pas comme un corps noir, mais d'après un modèle plus compliqué. »* Le concept de corps noir est une idéalisation souvent considérée comme une bonne approximation, notamment pour les solides. Cette expérience montre que pour une planète comme la Lune, l'hypothèse n'est pas admissible, les écarts relevés entre les deux types de mesures étant très importants. Dans un article de 2008, "Blackbody Radiation and the Carbon Particle", Pierre-Marie Robitaille examine le rôle particulier du carbone, par exemple utilisé sous forme de suie pour recouvrir les parois de la cavité, dans les dispositifs expérimentaux utilisés pour étudier la loi de Kirchhoff. Il conclut que *« quand on examine le rayonnement du corps noir, nous ne sommes pas confrontés à un phénomène de signification universelle. Au contraire, nous travaillons sur un processus physique qui est très limité dans ses applications. Les corps noirs sont solides et dans les réalisations pratiques, ils sont faits de graphite¹². La Nature ne connaît aucun autre équivalent comme cela apparaît lorsqu'on passe en revue les tables d'émissivité. Et même pour le cas du rayonnement du graphite, les causes physiques du processus demeurent remarquablement inconnues pour la science moderne. Les matériaux produisant une émission de type corps noir ne sont pas concrètement iden-*

¹¹ "Radiative Non-Equilibrium at the Lunar Surface", Brendan Hermalyn, 2006 Summer Institute on Atmospheric, Biospheric, Hydrospheric and Solar and Space Plasma Sciences, NASA/Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD.

¹² Forme stable du carbone à température ambiante.

tifiés. » En écho aux observations faites sur la Lune lors des missions Apollo évoquées plus haut, il semble que la Terre ne puisse pas être considérée comme un corps noir ni gris. La surprise n'est pas trop grande, la surface de la Terre étant majoritairement (~70 %) recouverte d'eau et que « *la radiation du corps noir reste exclusivement une propriété de l'état solide* »¹³. Des études spectroscopiques sur l'excitation et la désexcitation des molécules d'eau montrent qu'elles connaissent de multiples modes de relaxation qui émettent du rayonnement dans l'infrarouge et dans le spectre des micro-ondes. Ces émissions n'ont rien à voir avec ce qu'on peut attendre de la loi du corps noir, elles sont une manifestation du fait que les molécules d'eau forment une structure – ou gel fluide – dans laquelle les molécules ne se déplacent pas tout à fait librement. C'est pour cette raison que les océans apparaissent comme des émetteurs moins efficaces que ce qui est en général envisagé dans les modèles climatiques qui utilisent des lois de type corps noir pour modéliser leur puissance radiative¹⁴. Ces conclusions laissent entendre que le décalage entre les températures mesurées lors des missions Apollo et déduites avec la loi du corps noir appliquée au rayonnement de la surface lunaire doit aussi exister dans le cas de la température terrestre.

Le prof. Robitaille a imaginé une petite expérience de pensée dont le but est de sensibiliser à la richesse des mécanismes microscopiques à l'origine des divers modes de transfert de chaleur dans un corps. Il considère un réseau de points matériels à deux dimensions, par exemple un ensemble de molécules disposées régulièrement sur un plan et reliées entre elles par des jonctions élastiques qui rendent compte des liaisons intermoléculaires.

¹³ Voir www.thermaphysics.org: “An Analysis of Universality in Black-body Radiation”, P.-M. Robitaille, Ohio State University.

¹⁴ “Water, Hydrogen Bonding, and the Microwave Background”, P.-M. Robitaille, letter to *Progress in Physics*, vol. 2, avril 2009.

Mettons ce petit système dans une cavité vide qui a les mêmes propriétés que celle utilisée pour tester la loi du corps noir. L'idée consiste à étudier comment ce système va se comporter si un petit moteur se met à fonctionner en un endroit donné et produit de la chaleur. D'abord, la chaleur se diffuse par deux phénomènes : la conduction et le rayonnement. Dans ce réseau microscopique, la conduction c'est la diffusion d'énergie de vibration d'une jonction à l'autre à partir du lieu de la source de chaleur. Le rayonnement électromagnétique est associé aux vibrations propres du réseau et des molécules. Tant qu'il n'y a pas trop de chaleur, le réseau la stocke, la diffuse et l'évacue par rayonnement et par vibration. La température du réseau monte car il emmagasine de l'énergie. Arrive un moment où les vibrations du réseau commencent à ne plus pouvoir emmagasiner davantage de chaleur. De manière imagée, on peut se dire que le problème du réseau consiste à trouver d'autres moyens d'évacuer la chaleur de la source qui continue à en produire. L'expérience montre qu'il le fait avec un autre : le passage à l'état liquide. Cette transition donne aux molécules qui le constituent une nouvelle liberté de mouvement en translation et en rotation, qui peut être utilisée pour transférer de la chaleur. Ce sont en effet ceux qui sont à la base des transferts de chaleur par convection, la « spécialité » des fluides, car ils supposent des mouvements de matière impossibles dans un réseau de molécules. Cette petite expérience de pensée ne décrit jamais que le principe d'une transition de phase d'un solide à l'état liquide, mais elle met aussi en évidence le fait que le mode de radiation de la matière change lors d'une telle transition. L'auteur conclut en effet qu'« *il devient évident que la loi de Stefan de l'émission thermique ne s'applique pas pour les liquides et les gaz. Cela se déduit du fait que ces deux états de la matière ont à disposition d'autres degrés de libertés. D'ailleurs, si la loi de Stefan avait été valable, les solides n'auraient pas à fondre. Il leur suffirait d'émettre des photons de manière proportionnelle à la quatrième puissance de leur*

température. »¹⁵ Le fait que cette loi ne soit pas valide pour les gaz à « Effet de serre » et pour les océans jette de gros doutes sur la pertinence de l'usage de cet instrument de calcul. Ces doutes ne viennent pas encore ébranler une éventuelle physique de « l'Effet de serre », mais font perdre de leur crédibilité aux arguments qui utilisent cette loi sans précaution pour le décrire, notamment dans les modèles mathématiques.

3.3 Problèmes et limites des modèles

EN BREF

Les prévisions de réchauffement climatique reposent sur de gros modèles informatiques. Des doutes déjà assez sérieux ont été émis sur la solidité de leurs fondements, tant mathématiques que physiques. Ici, l'analyse de la modélisation de « l'Effet de serre » va montrer qu'en fin de compte la physique dont il est censé rendre compte n'existe pas. En clair, « l'Effet de serre » est une construction mathématique, sans rapport avec l'effet de serre réel. L'analyse commence avec les modèles de bilan radiatif simple, souvent utilisés pour sensibiliser à « l'Effet de serre ». En cherchant à comprendre en quoi ils sont représentatifs de la physique de l'atmosphère, on découvre des hypothèses assez fortes sur la modélisation des échanges convectifs dans l'atmosphère. Cela limite sérieusement leur intérêt et invite à aller voir comment ces difficultés sont traitées dans les modèles climatiques plus sophistiqués. On observe qu'une même méthode de calcul s'applique depuis les débuts de la modélisation de « l'Effet de serre » et qu'elle manque complètement de réalisme. Comme

¹⁵ “The Little Heat Engine: Heat Transfer in Solids, Liquids and Gases”, P.M. Robitaille, *Progress in Physics*, vol. 4, oct. 2007.

les prédictions de la climatologie sont très difficilement testables, on ne sait donc plus vraiment de quoi parlent ces modèles. Mais l'atmosphère est tellement compliquée qu'ils pourraient être malgré tout, par hasard, réalistes ? Eh bien non. D'abord, ils ne prédisent rien qui puisse être identifié et mesuré comme une signature de « l'Effet de serre » et un récent article de synthèse sur les défaillances de « l'Effet de serre » délivre l'argument qui tue : le mécanisme de réchauffement qu'il est censé induire viole le deuxième principe de la thermodynamique. Aux yeux des physiciens, cette mise en défaut est ce qui peut arriver de pire à une théorie scientifique.

Un modèle théorique est, en sciences naturelles, un ensemble d'équations mathématiques qui représentent les phénomènes qu'on observe et cherche à les décrire dans le système physique considéré. Dans cette définition du modèle, le mot clé est représentation. La représentation n'est pas la réalité physique, elle existe à sa façon dans le monde des objets mathématiques. Une représentation est bonne ou mauvaise selon qu'elle rend compte avec réalisme ou non des observations faites sur le système réel.

La climatologie tente d'approcher au mieux la dynamique atmosphérique globale avec des modèles mathématiques de plus en plus lourds et complexes. Les grands modèles actuels s'appuient sur les modèles établis en météorologie, qui est le premier domaine de l'ingénierie scientifique où l'informatique a été massivement appliquée. La figure ci-dessous illustre le genre d'évolution suivi par les modèles climatiques.

À chaque petite boîte correspond un module de calcul qui représente une problématique spécifique mais pas autonome, chacune interagissant avec les autres. Chaque petite boîte doit apporter des informations aux autres boîtes, mais doit aussi les calculer à partir des données qu'elles produisent. Toutes concourent à affiner les

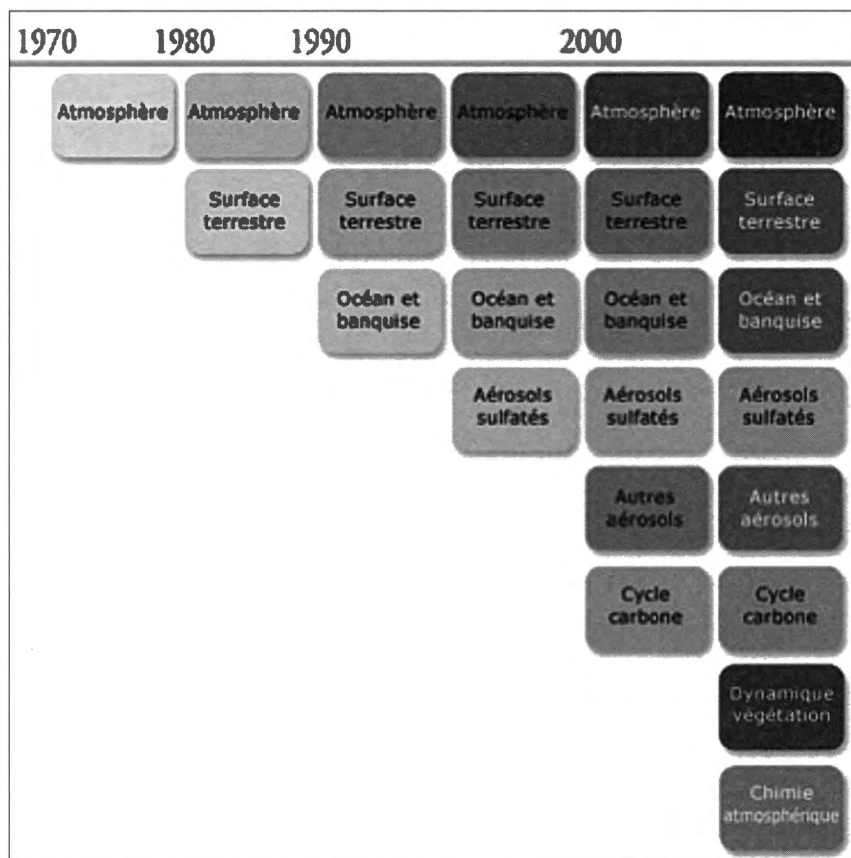


Figure 10 : une lecture verticale des colonnes de ce tableau donne une idée de la complexification croissante des modèles climatiques avec le temps (source : site web du GIEC).

modèles, fiabiliser les prédictions comme la sensibilité climatique telle que définie au chapitre 3.3. Mais elles sont toutes ou presque dépendantes les unes des autres. C'est en cela que plus le modèle climatique se développe, intègre de nouveaux phénomènes pouvant influencer la sensibilité climatique, plus il se complexifie. Cette sensibilité est une quantité spéculative par nécessité physique, puisque la notion de température globale l'est. Il n'est toutefois pas interdit d'espérer obtenir de modèles simples ou compliqués une meilleure compréhension de la physique de « l'Effet de serre », si les flux énergétiques globaux entre la Terre

et l'atmosphère, les dynamiques des cycles de l'eau et du carbone sont correctement intégrés. Pour la climatologie, l'enjeu d'arriver à des conclusions solides avec ces modèles est majeur, puisque le climatocatastrophisme ne peut être basé que sur les scénarios futurs qu'ils produisent. L'examen des modèles consiste donc à voir si les raffinements successifs apportés à la description de « l'Effet de serre » ont permis de mettre en évidence sa signature physique, c'est-à-dire son existence réelle, ou s'il n'est qu'une construction mathématique qui fait peur, sans fondement physique.

3.3.1 *Qu'apprendre des bilans radiatifs simples ?*

Les modèles de bilans énergétiques radiatifs qu'on trouve dans les ouvrages de base de climatologie¹⁶ sont inspirés des premières approches de « l'Effet de serre »¹⁷. L'intuition physique à l'origine de ces modèles est la suivante : au sommet de la troposphère, les échanges de chaleur sont de nature radiative, car il n'y a plus assez de matière pour que les flux de convection et conduction aient un rôle déterminant. À cette interface, l'atmosphère est à l'équilibre thermique si le flux radiatif global émis par le haut de la troposphère s'équilibre avec le flux solaire incident. Les modèles dits à zéro dimension s'intéressent au calcul de la température d'une atmosphère assimilée à une fine coquille caractérisée par un équilibre radiatif uniforme. Ces modèles n'ont donc pas pour objectif de décrire avec précision « l'Effet de serre », comme le ferait un modèle en trois dimensions, mais, comme souvent en sciences,

¹⁶ Par exemple dans *Changements climatiques et impacts*, de Martin Béniston, Presses Polytechniques Universitaires Romandes, 2009

¹⁷ Il s'agit des travaux de Joseph Fourier en 1824, John Tyndall en 1859, Svante August Arrhenius en 1896, référencés sur Wikipédia.

celui d'introduire des concepts de base qui pourront être raffinés ensuite, dans des modèles plus élaborés.

En admettant qu'il existe une température globale représentative et que le rayonnement terrestre est correctement décrit par la loi de Stefan, que le soleil fournit un flux solaire S à la surface terrestre, ces modèles de bilan radiatifs simples ont une forme du genre :

$$S = C \cdot T'(t) + \varepsilon \cdot \sigma T^4(t) \tau$$

Cela signifie simplement que le flux solaire S qui pénètre dans l'atmosphère est soit stocké – cette quantité correspond au premier terme $C \cdot T'(t)$ à droite de l'égalité –, soit transmis dans la partie supérieure de la troposphère – cette quantité correspond au deuxième terme qui a la forme de la loi de Stefan. Où se trouve « l'Effet de serre » dans le bilan radiatif ? Dans le facteur τ qui mesure le pouvoir de transmission du flux radiatif par l'atmosphère. C'est un facteur de proportion entre l'énergie rayonnée par la terre et la part restée prisonnière dans l'atmosphère. Il est évidemment sensible à la présence de gaz à « Effet de serre ». La suite de l'histoire, on la connaît : si on injecte davantage de CO_2 dans l'atmosphère, la transmissivité va diminuer parce que les molécules de CO_2 vont piéger les radiations infrarouges émises par la surface terrestre et par conséquent stocker de la chaleur dans l'atmosphère, s'ensuit une augmentation de la température de l'atmosphère puis de la surface terrestre. On a vu les limites de cette interprétation dans les chapitres consacrés aux premiers doutes sur « l'Effet de serre », notamment au chapitre 3.2.3 où on a distingué effet de serre et « Effet de serre ». Où est alors l'erreur dans ce modèle simple ? C'est une représentation, qui donne ce qu'elle peut donner. Elle remplit son rôle si on se limite à en déduire que, qualitativement, la transmissivité de l'atmosphère est un paramètre important du système climatique. Le modèle ne coûte

pas trop cher et la conclusion est modeste. Par contre, on le sollicite un peu trop si on pense que ce modèle décrit le fait qu'une injection de CO_2 dans l'atmosphère va piéger de la chaleur et réchauffer la surface de la Terre.

Quelques petits calculs bien connus permettent de mieux comprendre le risque de faire dire à ces modèles ce qu'ils ne peuvent pas dire. D'abord, il y a l'affirmation bien connue que «l'Effet de serre» induit un écart de 33°C par rapport à la température de surface d'une Terre qui n'aurait pas d'atmosphère¹⁸. L'erreur ne vient pas du fait que le concept température globale est fallacieux et que la loi de Stefan ne s'applique pas. Il est toutefois vrai qu'on pourrait s'arrêter à ces difficultés, car elles sont majeures. Mais le modèle est en défaut encore pour d'autres raisons physiques, qui éclairent un peu mieux le manque de solidité de cet «Effet de serre». Pour une Terre sans atmosphère, donc avec $C=0$ et $\tau=1$ dans l'équation ci-dessus, un calcul avec des données usuelles donne une température de -18°C . Or, sur Terre, on mesure une moyenne de 15°C . La différence entre les valeurs mesurées et calculées pour une Terre sans atmosphère donne bien $15 - (-18) = 33^\circ\text{C}$. Cette différence c'est «l'Effet de serre». C'est un peu vite dit. L'atmosphère doit certainement avoir un effet thermique, mais la première difficulté est que les -18°C calculés sont non mesurables¹⁹. Il y a aussi les incertitudes sur la détermination du coefficient ϵ . De petites incertitudes créent une panoplie de résultats qui plongent ces 33°C dans un océan de valeurs possibles et pas moins crédibles les unes que les autres. Mais le modèle a une limitation plus fondamentale, le fait de considérer que le bilan

¹⁸ Cet écart de 33°C se retrouve sur la plupart des présentations de «l'Effet de serre» et même celles du GIEC.

¹⁹ Cette remarque a été développée dans *Climat de panique*, Yves Lenoir, Éd. Favre, 2001 : à quoi ressemblerait une Terre sans atmosphère, en tout cas pas à l'image d'une planète toujours aussi bleue dont on aurait que supprimé la fine couche d'air qui l'entoure.

radiatif est représentatif de l'équilibre thermique de l'atmosphère. Cela revient à considérer que l'atmosphère ne peut ni stocker ni échanger de chaleur par convection. Cette hypothèse serait réaliste s'il était possible de montrer à partir des équations de base qu'effectivement, tout se passe comme si l'atmosphère réelle était un solide caractérisé par une transmissivité τ sensible aux émissions de CO_2 . Or, personne ne conteste que l'atmosphère soit un milieu fluide où tous les modes de transferts de chaleur interagissent en même temps et dans toutes les directions spatiales. Les premiers théoriciens de la climatologie se sont évidemment confrontés à cette difficulté de modélisation dans leurs tentatives pour dériver des modèles simplifiés de l'équilibre énergétique, et en particulier radiatif, de l'atmosphère. Un article de référence consacré à l'état de l'art en modélisation climatique²⁰ est à ce titre éloquent. À propos d'un flux de chaleur convectif noté q_c dans la citation qui suit, les auteurs relèvent que les « *contributions à q_c peuvent venir de convection thermique et de mouvements verticaux résultant de la circulation à l'échelle globale dans l'atmosphère. Ce dernier processus est négligé dans les modèles et cette hypothèse ne peut pas être complètement justifiée.* » Négliger ce terme est un a priori assez fort si on se rappelle les remarques faites au chapitre 3.2 sur l'importance des phénomènes de transport de chaleur par convection dans l'effet de serre, sans guillemets. Pourquoi l'avoir négligé ? Parce que le laisser dans le modèle aurait maintenu la modélisation à un niveau de complexité qui rend l'analyse mathématique impossible. Plus loin les auteurs de cet article relèvent en effet qu'« *un traitement exact de q_c demanderait la résolution des équations du mouvement et de l'équation de continuité en plus de l'équation de l'énergie. Cette tâche ambitieuse n'a été tentée dans aucun des modèles de radiation convection. En général q_c*

²⁰ "Climate Modeling Through Radiative-Convective Models" V. Ramanathan et J.A. Coakley, Jr, *Reviews of geophysics and space physics*, nov. 1978, vol. 16 n° 4.

est pris en compte par des techniques empiriques ou semi-empiriques.» Le point peut sembler technique, mais il illustre la complexité intrinsèque des équations de la physique de l'atmosphère. La modélisation des flux de convection par des techniques empiriques ou semi-empiriques revient à assigner a priori un effet thermique aux boucles de convection sur le comportement de l'atmosphère. Cela peut-être raisonnable ou non d'un point de vue physique, mais c'est, dans tous les cas, introduire une contrainte dans la dynamique du système et cela expose à commettre des erreurs de nature pastafariste sur l'interprétation des calculs ou, dans le pire des cas, à glisser vers la production de science responsable. La discussion des limites de modèles simples basés sur les bilans radiatifs débouche assez naturellement sur une question plus large : l'analyse de l'interaction entre les échanges de chaleur radiatifs et convectifs. Il en ressort que ces modestes et banales boucles de convection, qui sont de la même nature que celles qui se forment spontanément autour d'un radiateur domestique qui chauffe une pièce²¹, continuent de poser des problèmes aux modèles numériques modernes les plus sophistiqués, problèmes probablement inextricables, que ces modèles contournent avec une méthodologie curieuse, tout au moins aux yeux d'un physicien.

3.3.2 « Effet de serre » ou effet de serre dans les gros modèles ?

À la différence des bilans radiatifs dont on vient de voir les limites, un grand modèle climatique combine les équations de base de la météorologie avec des modèles comme ceux des cycles biogéochimiques et de « l'Effet de serre » dans la perspective de prévoir ce qui peut arriver à des grandeurs caractéristiques du climat vers 2050 ou 2100. Ces grands modèles mobilisent les ordinateurs modernes parmi les plus puissants pour tenter d'établir précisément comment font les émissions de CO₂ d'origine humaine pour

²¹ Voir la présentation du phénomène de la convection au chapitre 2.2.2.

déstabiliser le climat et l'orienter vers un réchauffement inéluctable. Ces émissions ne sont, on l'a vu, qu'une petite perturbation des deux grands cycles du carbone et de l'eau. Le défi de modélisation est donc immense, peut-être insensé. On peut s'en faire une idée en se rappelant qu'une variation sur quelques dixièmes de millimètre des propriétés d'absorption de CO_2 de la surface terrestre arable suffirait à absorber tout le carbone que l'homme pourrait émettre en brûlant des énergies fossiles²². Qu'elle soit calculable ou non, la température globale qui intéresse les climatologues peut dépendre d'infimes variations des propriétés des interfaces entre la surface terrestre et l'atmosphère. La figure 11 ci-dessous donne une représentation assez classique de ces grands modèles où, en principe, toutes ces finesses sont d'une manière ou d'une autre prises en compte.

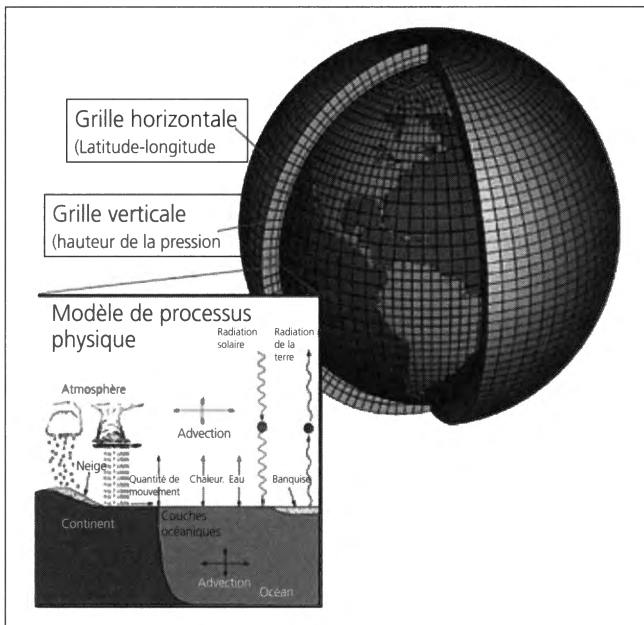


Figure 11 : représentation classique d'un gros modèle climatique (source : www.drroyspencer.com).

²² Voir fin du chapitre 2.4.3 « Deux formules pour entrer en matière ».

On y voit la Terre comme si on l'avait créée et qu'on pouvait tout y comprendre et contrôler²³. D'un clic de souris, une fenêtre s'ouvre sur un écran d'ordinateur et on peut croire qu'il pleuvra ou neigera dans telle ou telle région de la planète en 2020, 2050 ou 2100... L'entier du système Terre – atmosphère y apparaît en effet divisé en volumes géométriques réguliers, correspondant à autant de sous-systèmes dépendants les uns des autres. L'image grossie d'un de ces éléments donne une illustration des processus à modéliser, sans activité humaine en l'occurrence. Pour donner une mesure du défi scientifique, relevons que chaque élément a une taille qui correspond à des régions plus grandes que ce que doivent décrire les prévisions météo locales qui, elles-mêmes, exigent de très gros ordinateurs et calculs calibrés sur d'importantes bases de données expérimentales. Les météorologues parviennent à donner des prévisions valides à des horizons de temps assez courts : quelques jours en général. Les modèles climatologiques n'ont pas pour objectif de prédire une météorologie mondiale à l'usage des citoyens du monde, mais doivent pouvoir, sans aller dans le niveau de détail de la météorologie, donner des indications réalistes des grands courants atmosphériques. Une fois encore, comme pour la température, se pose la question du passage du local au global. De gros efforts sont entrepris pour raffiner le maillage des modèles, c'est-à-dire la taille des éléments représentés à la figure 11. Cela se fait évidemment au prix d'un fort accroissement du temps de calcul et de la capacité de mémoire des ordinateurs. Mais quoi qu'il en soit de cette course à la finesse, il ne sera jamais possible de calculer la dynamique d'un nuage ou l'effet d'une précipitation locale. Les équations maîtresses qui décrivent ces phénomènes sont bien établies. Ce sont de bonnes vieilles équations classiques, mais cela ne signifie pas qu'elles n'aient plus de mystère et soient,

²³ Dans un remake du *Dictateur*, imaginons un Charlie Chaplin des temps post-modernes jouant avec cette représentation de la Terre !

en raison de leur âge, devenues faciles à résoudre, tant s'en faut. Les modèles climatiques buttent au contraire sur des questions qui n'ont rien perdu de leur intérêt ni de leur prestige. Un prix d'un million de dollars offert par la fondation Clay est promis à qui obtiendra des résultats fondamentaux sur les propriétés des solutions aux équations de la météorologie. Quel rapport avec la climatologie ? Ces questions ne sont-elles pas purement mathématiques ? Oui, mais la climatologie l'est tout autant. Elle dont la mission est de prévoir des quantités comme la sensibilité climatique, très probablement impossible à mesurer sérieusement. À ce jour, la principale façon de se convaincre de la vraisemblance de la climatologie, c'est la solidité physique autant que mathématique de ses prévisions. La climatologie étudie l'effet d'une très petite perturbation sur un fluide réel compressible à plusieurs composants dont l'un, l'eau, peut passer de l'état de vapeur à celui de neige ou d'eau de pluie. Il existe bien sûr des modèles simplifiés pour aborder ces phénomènes. Ils sont testés en laboratoires et sur des données expérimentales, car le défi que pose la simulation numérique de l'évaporation de l'eau puis de sa transformation en chutes de pluie ou de neige est loin d'être sous contrôle, bien que ces phénomènes soient très familiers. Les ordinateurs pourront toujours être programmés pour donner des résultats, mais si les calculs ne reposent pas sur des bases théoriques solides, ou s'ils ne sont pas confrontés à des faits expérimentaux pertinents et obtenus de manière rigoureuse, il est impossible de savoir quelle est leur vraisemblance. De plus, le fait d'ajouter d'autres modules dans les modèles climatiques évolués, comme indiqué à la figure 10, ne fait pas nécessairement progresser la compréhension de la physique de base de « l'Effet de serre », ni d'ailleurs celle de l'effet de serre, sans guillemets. En effet, la complexification des modèles ne remet pas fondamentalement en question la logique de « l'Effet de serre ». Dans les grands modèles climatiques, « l'Effet de serre » est modélisé à partir du concept de *forçage radiatif*.

Il est défini dans le 3^e rapport du GIEC de 2001 comme étant « *le changement net (bas moins haut) de l'irradiance (solaire plus grandes longueurs d'ondes en W/m²) au niveau de la tropopause après avoir permis aux températures stratosphériques de se réajuster à l'équilibre radiatif, mais avec les températures de surface et de la troposphère fixées à des valeurs non perturbées.* » Cet énoncé le montre assez clairement, la notion de *forçage radiatif* appartient au monde des représentations, pas à celui des phénomènes physiques. Il se calcule à partir d'hypothèses sur les températures de la tropopause et de la surface terrestre qui sont peu réalistes. Peut-être est-ce censé ? Mais c'est à prouver. Pour l'heure, seuls des calculs ont permis d'estimer ce forçage. À titre d'exemple, la formule suivante est admise comme bonne approximation du forçage radiatif²⁴ :

$$\Delta F = 5,35 \cdot \ln(\rho/\rho_0)$$

Ce n'est pas une loi physique. Elle peut néanmoins correspondre à des faits bien identifiés, mais également n'être qu'une relation de nature pastafariste. La variable ρ est la concentration courante de CO₂ et ρ_0 une concentration de référence comme celle de la période préindustrielle. La grandeur ΔF est la puissance de rayonnement qui résulte d'une variation de concentration de CO₂. Plus loin, ce même 3^e rapport du GIEC nous apprend que « *le forçage radiatif est utilisé pour estimer et comparer les paramètres naturels et anthropogéniques qui dirigent le changement climatique. Ce concept provient des premières études sur la réponse du climat aux changements d'irradiation solaire et de CO₂, en utilisant de simples modèles radiatifs-convectifs.*²⁵ L'évocation de ces premières études renvoie à la méthodologie d'ajustement convectif

²⁴ "New estimates of radiative forcing due to well mixed greenhouse gases", G. Mhyres, E.J. Highwood, K.P. Shine, *Geophysical letters*, vol. 25, n° 14, juillet 1998. La référence est donnée dans l'article Wikipedia consacré à cette notion.

²⁵ Rapport IPCC 2007, chapitre 2.2, "Concept of Radiative Forcing", p. 133.

développée par les pionniers de la modélisation de « l'Effet de serre »²⁶. Dans les grands modèles climatiques, le module consacré au calcul de cet « Effet » suit donc un procédé de calcul qui remonte aux essais des pionniers de la modélisation climatique. Ce procédé mérite qu'on s'y attarde, car il est basé sur un surprenant découplage des calculs des échanges de chaleur. Dans une première étape en effet, un calcul d'échange de chaleur purement radiative causé par l'augmentation de la concentration de CO_2 est fait en supposant – mathématiquement, dans le monde des représentations informatiques – que les autres mécanismes d'échange de chaleur de l'atmosphère sont bloqués. Ce calcul donne une première distribution de température. Dans la deuxième étape, ces autres mécanismes d'échange de chaleur sont libérés et le calcul consiste à évaluer comment ces mécanismes corrigent les températures obtenues dans la première étape de calcul. Cette deuxième étape porte le nom de « réajustement convectif » puisque effectivement, les échanges de chaleur par convection y ont un rôle important. Pourquoi ce procédé en deux temps ? Parce que comme cela a déjà été noté au chapitre précédent, il a l'avantage de donner des résultats au problème mathématiquement complexe du calcul de l'interaction simultanée des flux radiatifs, convectifs et conductifs au sein de l'atmosphère. Mais le prix à payer pour avoir des résultats est lourd, puisque ce n'est rien de moins que la perte de sens physique du calcul ! Ce procédé de calcul heurte de plein fouet le fait qu'une température est déterminée simultanément par tous les échanges de chaleur qui ont lieu dans le système considéré. Physiquement, il n'existe en effet pas de bilan énergétique séparé pour les radiations, ni de « température radiative ». Si on ne peut pas facilement confronter les calculs à des résultats expérimentaux, on ne peut pas dire si cette approche en deux temps délivre des résultats réalistes. Pour mieux percevoir l'écart entre le procédé

²⁶ “Thermal equilibrium of the atmosphere with convective adjustment”, S. Manabe, R.F. Strickler, *Journal of Atmospheric Sciences*, vol. 21, 1964.

de calcul et la réalité physique à décrire, cherchons à associer des situations physiques réalistes aux températures calculées dans ce calcul séquentiel, comme on l'a fait pour les modèles de bilan radiatif simple. La première étape correspond au calcul de bilan radiatif des modèles simples discutés au chapitre précédent. Elle suppose donc un milieu solide de conductivité thermique négligeable, afin que ne puissent s'y développer ni flux de conduction ni flux de convection. Dans l'autre étape, des échanges conductifs et convectifs peuvent avoir lieu. Ils sont provoqués par la distribution de températures qui résulte de l'étape précédente. Ce scénario est possible à réaliser sur le modèle, c'est-à-dire dans le monde des représentations. Dans la réalité physique, cette deuxième étape correspond à la situation où des échanges de chaleur conductifs et convectifs auraient lieu dans un fluide dans lequel on aurait en tout point réussi à imposer la distribution de températures héritée de la première étape de calcul comme condition initiale de son évolution. Ainsi, de la même manière qu'on peut observer en mécanique comment une barre fléchit sous l'effet d'une charge extérieure, la première distribution de « températures radiatives » correspond à une charge thermique dans un fluide qui y réagit en rééquilibrant avec des échanges de chaleur par convection et conduction jusqu'à obtention d'un nouvel équilibre. L'ennui c'est que cette charge thermique est purement virtuelle, car dans l'atmosphère ces phénomènes sont simultanés et déterminent tous la température. Il n'y a aucune raison immédiate pour que ce mode de calcul séquentiel, si pratique qu'il soit sur le plan mathématique, corresponde à la réalité physique, même approximativement. Comme le note Roy Spencer²⁷, il est généralement admis que ce calcul représente le mécanisme de réchauffement global parce

²⁷ Docteur en physique, chercheur principal en climatologie à l'Université d'Alabama, Huntsville, États-Unis. Climatologue et climatosceptique reconnu dans ses deux fonctions. La citation est extraite de son blog www.drroyspencer.com/.

qu'il est également admis que *« les émissions humaines de gaz à effet de serre ont rompu cet équilibre, un équilibre radiatif (...) . Comment savons-nous qu'un tel déséquilibre existe ? En réalité, nous ne le savons pas. Les instruments en orbite pour mesurer les composants rayonnants de la Terre ne sont pas bien adaptés à la mesure d'aussi petits déséquilibres dont on présume l'existence. Ce déséquilibre, en fait, ne résulte que de calculs théoriques. »* Et ces calculs théoriques sont de plus assez peu réalistes. Au total, on ne sait pas vraiment si les flux de chaleur introduits au titre du forçage radiatif sont complètement suspects ou s'ils donnent, malgré tout, par hasard, une image réaliste de l'effet de l'injection de CO₂ dans l'atmosphère. Il y a un doute et pour le lever, au moins en partie, il n'y a pas des milliers d'options. Il faut résoudre les modèles et tenter de voir si des prédictions caractéristiques d'un réchauffement climatique global se retrouvent dans des comportements observés dans l'atmosphère. La figure 6, qui illustre l'effet du réchauffement global, montre clairement que depuis les années 60, les modèles à « Effet de serre » semblent mieux suivre l'évolution de la température globale qu'un modèle sans « Effet de serre ». Il est vrai qu'il y reste toujours le problème intrinsèque de la climatologie de ne s'intéresser qu'aux moyennes globales sur des temps longs. Ces moyennes sont par nature difficiles à définir et à mesurer. Le modèle peut être faux parce que comparé à des mesures inconsistantes ! On abordera ce point plus loin, mais en attendant, la figure 6 suggère également qu'il devrait être possible d'observer des phénomènes physiques, des signatures de « l'Effet de serre », qui pourraient valider son principe de calcul indépendamment de mesures de réchauffement global qu'il est légitime de considérer comme suspectes. Bref, s'il y a une physique de « l'Effet de serre » et qu'elle se manifeste en gros depuis la Révolution industrielle, elle doit pouvoir se détecter quelque part dans l'atmosphère et les modèles doivent parvenir à la décrire.

3.3.3 Existe-t-il des signatures de « l'Effet de serre » ?

On connaît la tendance des climatologues à affirmer que telle année ou telle autre été la plus chaude de la décennie, que tel désastre météorologique ou environnemental en est une preuve. Récemment encore, on a pu lire que, selon l'Organisation météorologique mondiale (OMM), « *2010 a été l'année la plus chaude jamais enregistrée, confirmant une tendance « significative » au réchauffement à long terme.* »²⁸ Mais, selon la logique même de la climatologie, il doit exister dans l'atmosphère une signature globale du réchauffement climatique. Sinon, il ne sert à rien de calculer des grandeurs globales et les commentaires qui lient des événements particuliers à des évolutions lentes et globales ne relèvent que du pastafarisme. La plupart des grands modèles climatiques prévoient l'apparition d'un point chaud dans la troposphère au niveau des tropiques, là où la couche d'air est la plus épaisse et est chargée de vapeur d'eau en raison de son intense interaction avec le rayonnement solaire. Une représentation de cette zone de chaleur accumulée est donnée à la figure ci-dessous. Elle apparaît comme une zone plus ou moins circulaire au centre des graphiques.

Sur la figure ci-contre, l'axe horizontal représente la latitude en degré, l'axe vertical l'altitude en termes de pression atmosphérique, plus la pression est basse plus l'altitude est élevée. C'est une mesure courante de l'altitude en météorologie. Les modèles prévoient des zones de chaleur entre 8 et 10 km au-dessus des tropiques. D'un modèle à l'autre, ces zones de chaleur correspondent à des augmentations de température de 2° à 5°C par rapport aux zones environnantes. Dans l'atmosphère réelle, de tels écarts de températures sont mesurables, par des ballons sondes par exemple. Ces mesures existent, que disent-elles ? La figure ci-dessous présente une synthèse des réponses.

²⁸ Dans *Le Nouvel Observateur*, 20 janvier 2011.

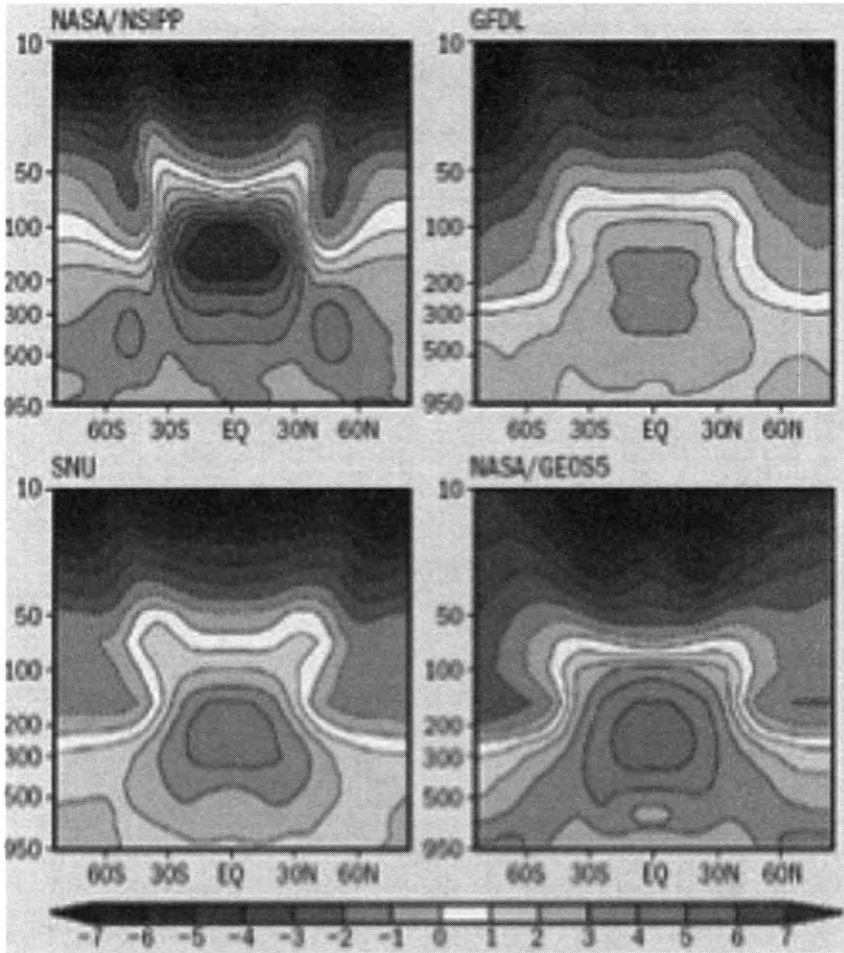


Figure 12 : quatre représentations des zones de chaleur calculées par différents grands modèles climatiques. (source : conférence de R. Lindzen à l'Institut de physique de Londres en 2007)

Ce graphique de la figure 13 (page suivante) réunit les prédictions des grands modèles déjà évoqués avec des bases de données de mesures faites au niveau des tropiques. L'axe vertical donne l'écart de températures par rapport au sol et l'axe horizontal l'altitude en unité de pression comme dans la figure précédente. La correspondance peut se lire sur l'échelle du haut du graphique qui

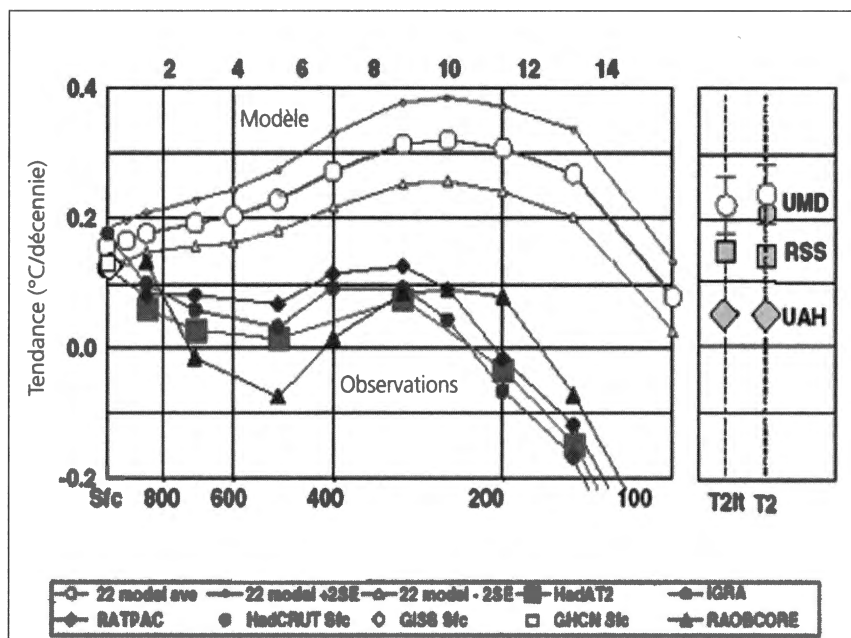


Figure 13 : écarts entre les prédictions des modèles et les bases de données d'observations (source: "A comparison of tropical temperature trends with model predictions", D.H. Douglass, J.R. Christy, B.D. Pearson and S.F. Singer, Int. J. Climatology, 2007).

donne l'altitude en kilomètres. L'interprétation de ce graphique fait évidemment l'objet de débats, mais le message général qu'il donne n'est pas contestable sur le fond. La plupart des grands modèles climatiques prévoient un point chaud au-dessus des tropiques, et il n'apparaît pas sur les mesures. Ajoutons qu'une récente analyse de la fiabilité des tendances observées dans les mesures de températures par radiosonde depuis 1979 vient étayer cette conclusion²⁹. Des scientifiques ont en effet observé que les modèles climatiques surévaluent systématiquement le rapport entre la température troposphérique et celle de la surface terrestre. Au lieu d'un rapport de

²⁹ "What Do Observational Data Sets Say about Modeled Tropospheric Temperature Trends since 1979?" J. Christy & all, Remote sensing, 2010, 2, 2148-2169.

1,4 calculé avec les modèles, ils trouvent dans les mesures un rapport de 0,8 + 0,3 et en concluent « *que l'atmosphère observée s'arrange pour ajuster le processus de chauffage sans permettre (sur des décennies) de changement de température dans la troposphère à un taux supérieur à celui observé près de la surface.* » En ce cas, il faut revoir sérieusement les modèles qui prévoient ces zones de chaleur ou alors expliquer où passe l'énergie qui doit être stockée par « Effet de serre », si elle n'est pas localisée quelque part dans l'atmosphère. Ce constat inquiète les climatologues. À la manière de la maman de Denis la Malice dans la fable de Richard Feynman qui introduit le principe de conservation de l'énergie³⁰, leur travail de scientifiques consiste désormais à rechercher des cubes manquants pour équilibrer le bilan d'énergie global et mieux faire correspondre les bilans d'énergie calculés avec les observations. Où est passée l'énergie stockée par le réchauffement global ?³¹ Voilà la question que se posent actuellement les climatologues. Selon leur théorie, elle doit être accumulée dans l'atmosphère. Or, elle ne s'y trouve manifestement pas. La piste qui s'impose ensuite c'est celle des océans, qui absorbent la lumière à divers niveaux de profondeur et à diverses longueurs d'onde : infrarouge, visible, ultraviolet.

L'atmosphère émet principalement dans l'infrarouge. Ce type de rayonnement ne pénètre la surface des océans que de quelques dizaines de microns au mieux. L'énergie radiative transmise à l'eau par à ces longueurs d'onde cause l'évaporation de l'eau de mer. Elle retourne donc sous forme de vapeur dans l'atmosphère. Une grande part de l'énergie radiative de l'atmosphère n'est donc pas durablement stockée dans les océans. Le reste du rayonnement

³⁰ Voir chapitre 2.2.2.

³¹ C'est le sous-titre d'un article de K. Trenberth et J. Fasullo, "Tracking Earth's Energy", *Sciences*, vol. 328, 16 avril 2010.

parvient à pénétrer sur quelques dizaines de mètres. C'est ce rayonnement qui éclaire les fonds marins et les rend visibles jusqu'à une certaine profondeur sans lumière artificielle. Il n'y a pas d'effet de stockage énergétique à attendre de ce phénomène. C'est donc à plus grande profondeur que devrait se trouver la chaleur piégée. À ces profondeurs, les scientifiques distinguent une couche intermédiaire qui descend jusqu'à 1000 mètres et une couche abyssale qui commence donc à partir de 1000 mètres. Pour la couche intermédiaire, les mesures délivrées par les balises ARGO³² sont considérées comme fiables. Une étude³³ les a intégrées dans un bilan énergétique de la Terre. Elle montre que des récents calculs de réchauffement climatique (par forçage radiatifs) qui indique une valeur $0,63 \pm 0,28 \text{ W/m}^2$ sont supérieurs aux estimations déduites des mesures. Ces tendances varient en effet entre $-0,010$ et $-0,160 \text{ W/m}^2 \pm 0,2 \text{ W/m}^2$. Ces résultats contredisent donc clairement les modèles, puisqu'en effet, les flux de chaleur océanique sont négatifs, ce qui indique plutôt une tendance à un refroidissement. Si les océans stockaient la chaleur emmagasinée par « Effet de serre », les flux de chaleur observés devraient être positifs.

Pour les profondeurs abyssales, le problème reste entier car les méthodes d'investigations sont encore très primitives : laisser descendre un thermomètre en profondeur et relever des mesures, faire de même pour une mesure de la salinité. Les conclusions tirées sont encore rares et considérées comme peu fiables. On peut toutefois retenir l'estimation que cette couche contribue à hauteur

³² Au nombre de 3000 depuis 2007, ces systèmes de mesures flottants fournissent aux scientifiques une somme de renseignements indispensable à la compréhension des événements marins et climatiques : hausse des niveaux de la mer, sa salinité, sa température, etc.

³³ "Recent energy balance of Earth", R. S. Knox, D. H. Douglass, *International Journal of Geosciences*, 2010, vol. 1, n° 3.

d'environ 16 % à la chaleur stockée dans les océans³⁴. Il existe aussi des analyses dont il ressort que les eaux profondes se refroidissent. Le rôle thermique de ces couches abyssales n'est donc pas totalement éclairci. Celui des couches supérieures est plus clair. Elles sont traversées par le rayonnement solaire et la couche de surface est au contact de l'atmosphère. Elles doivent logiquement être les premiers réservoirs utilisés par d'éventuels transferts de chaleur de nature radiative exercée par l'atmosphère. Et si des zones des couches intermédiaires étaient réchauffées, l'eau qui les constitue devrait plutôt avoir tendance à rester dans ces zones ou migrer vers la surface que descendre en profondeur. Toutefois, ces mouvements dépendent aussi de courants sous-marins, encore mal connus. Toujours est-il qu'il n'est pas évident de trouver une signature cachée de « l'Effet de serre » dans les océans et qu'elle ne se trouve pas là où on s'attend à la trouver.

Il reste, pour sauver l'hypothèse de la vraisemblance de cette signature, la piste qui consiste à supposer que les erreurs se trouvent non pas du côté du modèle mais de celui des mesures. C'est effectivement toujours possible, notamment dans les profondeurs abyssales. Mais il est aussi légitime de voir dans cette remarque la tournure d'esprit propre aux théoriciens de la climatologie de préférer leurs prédictions aux mesures qui les dérangent. Et, après tout ce qui vient d'être dit sur les faiblesses de la théorie de « l'Effet de serre » et le manque d'évidence expérimentale qui la confirmerait, on est en droit de se poser la question suivante : si cette énergie manquante est si difficilement trouvable, c'est peut-être qu'il n'y a simplement pas d'« Effet de serre » pour la produire ? La réponse à cette question est donnée au chapitre suivant.

³⁴ “Warming of Global Abyssal and Deep Southern Ocean Waters Between the 1990s and 2000s : Contributions to Global Heat and Sea Level Rise Budgets”, S.G. Purkey, G.C. Johnson, *Journal of Climate*, août 2010.

3.3.4 L'« Effet de serre » existe-t-il réellement ?

Jusqu'à présent, quel que soit le bout par lequel on a cherché à saisir « l'Effet de serre », expériences ou calculs, simples ou compliqués, il ne se laisse pas prendre. À chacune des analyses, il ressort un peu plus profondément déstabilisé, voire décrédibilisé. Mais ce n'est pas tout à fait suffisant pour considérer qu'il n'existe pas en réalité. Ce que des théories partielles n'arrivent pas à décrire, ni des expériences simplifiées à mettre en évidence, ne signifie pas qu'un phénomène physique réel associé à l'expression « Effet de serre » n'existe pas. Toutefois, cet « Effet de serre » n'a jamais été présenté comme un phénomène physique nouveau. Les climatologues se réfèrent d'ailleurs à de vieilles contributions scientifiques pour donner à l'étude de ce phénomène une perspective historique³⁵ et le principe de résolution des modèles par étape séquencée remonte, on l'a vu, à une technique de calcul des années 1960. Ce qui du point de vue scientifique est par contre vrai, c'est qu'il y a sur la table déjà largement assez d'arguments pour s'ouvrir à d'autres hypothèses que celui de « l'Effet de serre ». Quand une hypothèse compliquée ne donne pas de résultat probant, les scientifiques s'orientent en général vers d'autres hypothèses plus élégantes et plus prometteuses. C'est une application du principe du rasoir d'Occam, vue dans le chapitre 2.1. L'attitude est d'autant plus sage qu'il existe une dernière issue à ce débat, c'est que cet « Effet de serre » n'a tout simplement pas d'existence physique. En d'autres termes, il ne serait rien de plus qu'une construction mathématique qui ne se réfère à aucune réalité. La situation n'est pas inédite en sciences. De la même manière qu'on peut créer et animer des personnages sur ordinateur, il est possible et d'ailleurs fréquent de créer des objets virtuels qui semblent scientifiquement réalistes, mais qui ne le sont pas. Ce n'est pas l'apanage de la climatologie.

³⁵ Voir note 26 p. 165.

L'inexistence physique de « l'Effet de serre », c'est la conclusion à laquelle sont arrivés deux physiciens après une enquête minutieuse publiée en 2009 dans une revue de physique de qualité³⁶. Il s'agit d'un long article qui passe en revue une bonne partie des critiques analysées jusqu'ici. Une version préliminaire du papier a d'abord été déposée dès 2007 sur un célèbre site de publication scientifique libre³⁷. Cette publication sur un forum n'a pas fait ressortir de grave défaillance ni contradiction majeure qui aient pu empêcher sa publication dans une revue à comité de lecture par la suite. Avec le chemin déjà parcouru dans le démontage de « l'Effet de serre », il ne reste plus qu'à analyser l'argument qui établit définitivement l'inexistence physique. Le résumé de l'article est sans équivoque sur ce point. *« L'effet de serre atmosphérique, une idée que beaucoup d'auteurs font remonter aux travaux traditionnels de Fourier (1824), Tyndall (1861), et Arrhenius (1896), et qui est encore soutenue en climatologie globale, décrit essentiellement un mécanisme fictif dans lequel une atmosphère planétaire agit comme une pompe à chaleur activée par un environnement qui est radiativement en interaction mais radiativement équilibré avec le système atmosphérique. D'après le deuxième principe de la thermodynamique, un tel système ne peut jamais exister (...). La conjecture d'un effet de serre atmosphérique est falsifiée. »* Pour bien comprendre la portée de la conclusion, rappelons la citation d'Arthur Eddington mise en exergue au chapitre 2.2 où sont présentés quelques éléments de thermodynamique : *« La loi selon laquelle l'entropie augmente toujours occupe – je crois – la position suprême parmi les lois de la physique. Si l'on découvre*

³⁶ “Falsification of the atmospheric greenhouse effect within the frame of physics”, G. Gerlich, R.D. Tscheuchner, IJMP-B, vol. 23, n° 3 (2009).

³⁷ arxiv.org/, des articles peuvent être déposés sur ce site et ouvertement soumis aux commentaires de la communauté scientifique. Il est géré par l'Université de Cornell.

que l'une de vos théories est en contradiction avec la deuxième loi de la thermodynamique, je ne peux vous offrir aucun support ; il ne vous reste plus qu'à vous écrouler sous la plus profonde humiliation. »

Le résumé de l'article évoque une pompe à chaleur qui ne peut exister en vertu du deuxième principe de la thermodynamique parce qu'elle fonctionnerait sans apport d'énergie. C'est l'occasion d'aller plus en détail sur ce que permet et interdit ce deuxième principe. La figure ci-dessous montre d'abord les deux situations classiques et conformes à ce principe :

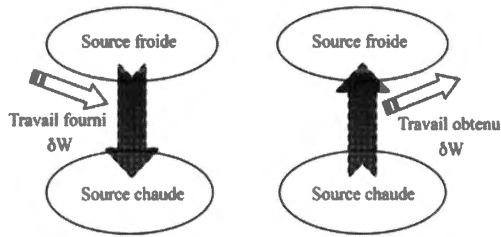


Figure 14 : les deux situations sont conformes au deuxième principe de la thermodynamique. Un réfrigérateur fonctionne grâce à du travail fourni de l'extérieur. Un moteur fournit du travail grâce à un flux de chaleur allant du chaud vers le froid.

La figure suivante illustre la situation impossible selon ce même deuxième principe. Le réchauffement de la surface terrestre calculé par augmentation de « l'Effet de serre » en est un exemple :

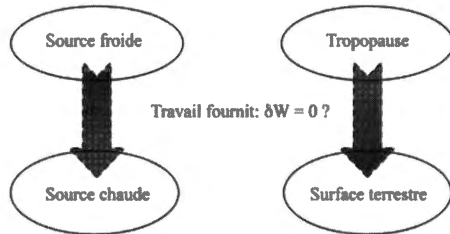


Figure 15 : les modèles climatiques à « Effet de serre » décrivent un réchauffement où, d'un point de vue physique, de la chaleur passerait sans travail fourni au système, de l'atmosphère froide vers la surface terrestre plus chaude.

Les grands modèles climatiques montrent que l'effet de l'injection de CO_2 dans la basse atmosphère par suite des activités humaines est de réchauffer la surface terrestre. Or, dans ce système, la source de chaleur primaire c'est le soleil, la Terre et l'atmosphère ne sont que des réservoirs plus ou moins actifs et les émissions de CO_2 , un petit flux de matière qui vient s'ajouter à ceux des puissants cycles du carbone et de l'eau. D'un point de vue thermodynamique, ces émissions n'apportent en principe ni chaleur, ni travail, ni potentiel de réaction chimique, mais une capacité de stockage de chaleur, notamment radiative en raison de propriétés moléculaires présentées au chapitre 3.2.3. Elles ont pour effet immédiat de changer un peu la concentration de carbone dans l'atmosphère et, comme gaz à « Effet de serre », d'y perturber un peu les transferts de chaleur internes. La figure 15 pose alors la question suivante pour le réchauffement de la surface terrestre par « Effet de serre » : si l'injection de CO_2 dans l'atmosphère est à l'origine du réchauffement global, par quel mécanisme parvient-elle à fournir le travail nécessaire à ce transfert de chaleur du froid vers le chaud ? Selon les deux chercheurs qui ont analysé dans le détail la théorie de « l'Effet de serre », cette question reste sans réponse. Leur conclusion tombe alors sans pitié : le réchauffement climatique par « Effet de serre » viole le deuxième principe de la thermodynamique, ce qui revient à nier son existence physique.

Un esprit scientifique un peu curieux se demandera encore comment une bourde aussi énorme a pu se glisser dans les modèles climatiques. Et c'est du côté de l'algorithme général de résolution des modèles climatiques que se trouvent des éléments de réponse. On a vu que la notion de forçage radiatif est intimement liée à cet algorithme de résolution en deux séquences. Rappelons-les :

(I) Simuler l'effet du doublement du CO_2 , sans permettre de réponse de l'atmosphère à cette étape de la procédure. Le calcul se fait sur la base de flux d'énergies purement radiatifs.

(II) Calculer les divers effets de feedback avec réponse de l'atmosphère à partir de ces changements de température de surface.

La différence entre les estimations de température (I) et (II) est considérée comme la réponse au doublement de la concentration de CO_2 . Une analogie mécanique permet de mieux saisir la mise en scène. Le forçage radiatif calculé dans l'étape (I) correspond à l'énergie d'un petit marteau en mouvement. Dans l'étape (II), le marteau percute la cloche avec une certaine énergie et la lui transmet. Le calcul de la deuxième étape consiste à observer comment la cloche réagit à cette perturbation. Le fait que cette démarche soit irréaliste et conduise à des prédictions qui ne sont pas vérifiées a déjà été analysé dans les chapitres précédents. Quel est maintenant le problème thermodynamique que pose cet algorithme ? Il est simple : dans l'analogie mécanique, on se donne un petit marteau en mouvement, sans préciser d'où vient l'énergie qui l'actionne. Cet apport vient de l'extérieur, de la main d'un expérimentateur par exemple. Mais s'il s'agit d'étudier comment sonne une cloche, il n'est pas nécessaire d'en savoir plus ou de s'y intéresser particulièrement. Mais dans le cas de l'atmosphère, c'est l'injection de CO_2 d'origine humaine en basse atmosphère qui fait office de marteau et d'expérimentateur. L'apport d'énergie qui y est associé provient de formules de forçages radiatifs comme celle énoncée au chapitre 3.3.2. Ce sont elles qui permettent d'associer à l'augmentation de la concentration de CO_2 une sorte de « marteau radiatif » capable de déclencher un phénomène de réchauffement de l'atmosphère. Si on ne peut prouver qu'il y a une physique claire derrière cette image de « marteau radiatif », alors il est légitime de suspecter que l'étape (I) de cet algorithme injecte un flux d'énergie fictive dans le système. Faut-il alors s'étonner qu'on en arrive dans ce monde virtuel des simulations à finalement violer le deuxième principe de la thermodynamique ? Non, tout y est possible ou presque. Et à partir du moment où une source d'énergie virtuelle est introduite par l'algorithme de

résolution, il est possible que la suite du calcul revienne à faire fonctionner une pompe à chaleur virtuelle qui fasse alors passer de la chaleur tout aussi virtuelle du froid vers le chaud. Cette source d'énergie fictive est ce qu'exige la thermodynamique pour qu'une pompe à chaleur fonctionne. Mais, répétons-le encore, tout cela se passe dans un monde virtuel de représentations informatiques, qui peut se trouver complètement déconnecté de l'atmosphère réelle.

En somme, la logique de « l'Effet de serre » décrit une situation comme celle représentée à la figure 15. Elle est interdite par le deuxième principe, mais l'algorithme de résolution introduit une source d'énergie virtuelle dont l'effet est de faire fonctionner un réfrigérateur tout aussi virtuel, tel que représenté à la figure 14. L'algorithme organise une forme de contrebande d'énergie et d'entropie au nez et à la barbe des principes de la thermodynamique et ce, même si les mathématiques et les algorithmes sont parfaitement logiques et contrôlés. Pas besoin d'être grand clerc pour réaliser que « l'Effet de serre » fait passer de la chaleur du froid vers le chaud, puisque ce constat découle de données non contestées sur l'atmosphère et la surface terrestre. Mais il faut quand même aller gratter assez profondément pour commencer à comprendre comment le diable est venu se nicher dans les calculs et raisonnements des climatologues. À ce jour, cet argument thermodynamique n'a pas encore été contredit sérieusement par les climatologues. Mais la publication de cet article sur la réfutation de « l'Effet de serre » a évidemment eu des échos. L'année qui a suivi sa sortie, la revue qui l'a publié a fait paraître un commentaire de défenseurs de « l'Effet de serre »³⁸ et, comme il se doit,

³⁸ “Comment on Falsification of the atmospheric greenhouse effect within the frame of physics”, J.B. Halpern, C.M. Colose, C.H. Stuart, J.D. Shore, A. P. Smith, J. Zimmerman, IJMP-B, vol. 24, n° 10, 1309-1332, mars 2010.

la réponse à ce commentaire des auteurs de l'article original³⁹. Il y a un fait à retenir de cet échange. Les commentateurs ont manqué l'opportunité de produire une théorie fondée et cohérente de «l'Effet de serre». Ce rendez-vous manqué avec un débat scientifique de haut niveau rappelle ce qui se passe encore assez régulièrement dans les médias de masse. Les grands climatologues peinent à aller discuter en public avec leurs pairs, à dire vrai on ne les entend plus, ou presque, depuis fin 2009. Ce ne sont souvent que des seconds couteaux qui se chargent de défendre l'orthodoxie climatologique. Le même phénomène est observé dans une revue scientifique, les commentaires apportés à l'article qui réfute l'existence de «l'Effet de serre» sont laborieux et loin de toucher en profondeur la réfutation proposée, notamment sur le plan de la thermodynamique. Pourtant, quelle meilleure réponse donner à des scientifiques qui doutent ou qu'on accuse de «négationnistes» produisant une science corrompue, que de leur retourner des arguments scientifiques de qualité égale sinon supérieure ? L'occasion était pourtant belle de présenter enfin la théorie du réchauffement climatique dans une revue de qualité. Il n'en a rien été, si bien qu'il est difficile de ne pas interpréter ce rendez-vous manqué, et bien d'autres, comme autant de signatures en faveur de la non-existence physique de «l'Effet de serre». Enfin, la réfutation de l'existence de cet «Effet» apporte une réponse élégante à la question de la disparition de l'énergie stockée par «Effet de serre» dans le système atmosphérique. La réponse est qu'en réalité il n'y en a simplement pas.

Cette publication devrait faire date dans l'histoire du climatoscepticisme, car les auteurs se sont efforcés de la concevoir de manière qu'elle soit lisible et compréhensible à divers niveaux de compétences en physique. En bons professeurs, ils concluent leur

³⁹ "Reply to Comment on Falsification..." G. Gerlich, R.D. Tscheuchner, IJMP-B, vol. 24, 10 1333-1359, mars 2010.

analyse en espérant qu'elle serve de base pédagogique pour un enseignement critique sur « l'Effet de serre » : l'alerte artificielle associée à « l'Effet de serre » a donc vécu, qu'on se le dise et qu'on l'enseigne ! Elle se voit désormais ramenée à l'état de légende, ou d'imposture pour certains. Mais à la différence d'une imposture, une légende peut avoir de très beaux jours devant elle, tant qu'elle reste efficace sur le plan social, économique ou politique. Une imposture suppose un complot, une organisation, susceptibles d'être brutalement renversés par des révélations. Ce n'est pas la thèse privilégiée ici. On imagine mal la puissante machinerie économique lancée à la suite de la peur de « l'Effet de serre » s'arrêter parce que deux physiciens ont montré qu'elle était sans fondement réel. Même sur le plan scientifique, il ne faut pas non plus s'attendre à ce que les recherches en climatologie, ni même d'ailleurs sur « l'Effet de serre », s'arrêtent du jour au lendemain. On peut cependant observer qu'un rapport de force a changé. L'hystérie médiatique n'est plus ce qu'elle était et il est probable que les crédits qui alimentent la climatologie de « l'Effet de serre » vont en souffrir. Aux États-Unis, la Chambre des Représentants a voté en février 2011 un amendement au budget qui demande de supprimer la contribution du financement au GIEC, une « *organisation pleine de détritits et engagée dans une science douteuse* »⁴⁰. Il y a pourtant encore beaucoup de travail pour mieux comprendre l'effet de serre réel. En fait, la disparition de « l'Effet de serre » devrait permettre à ce champ d'étude de se reconfigurer. Le résultat sur l'inexistence de « l'Effet de serre » n'évacue qu'une hypothèse de travail, qu'un mauvais algorithme de calcul, d'un champ scientifique ambitieux et passablement neuf. D'ailleurs, la négation de « l'Effet de serre » ne répond pas à la question de la dangerosité des émissions de CO₂. Cette éventualité reste encore possible. Il est donc bien de

⁴⁰ Extrait de la déclaration reprise du site web du député : luetkemeyer.house.gov/index.cfm?sectionid=26§iontree=6,26&itemid=644

revenir à des considérations expérimentales qui peuvent suggérer l'existence de liens de cause à effet entre l'évolution d'une température représentative et celle de la concentration de CO_2 que la théorie de «l'Effet de serre» a été incapable d'établir sérieusement. Si elles n'en suggèrent pas de suffisamment convaincants, il est alors légitime de renoncer à cette hypothèse et de s'orienter vers des analyses alternatives de la dynamique climatique. C'est la suite logique de la réfutation d'une hypothèse de travail.

3.4 Que dire des reconstructions de températures ?

EN BREF

La falsification de «l'Effet de serre» marque la fin d'un algorithme de calcul bizarre et d'une physique boiteuse. Mais ce n'est pas parce qu'un phénomène jugé dangereux est mal décrit qu'il cesse de l'être. La logique scientifique demande alors de revenir aux mesures et à d'éventuelles évidences expérimentales de cet «Effet de serre». Il y a d'abord les célèbres reconstructions en forme de canne de hockey qui ont fait la une du rapport du GIEC en 2001. Il est désormais de notoriété publique ou presque que ces courbes ne sont pas établies selon les standards scientifiques reconnus, qu'elles sont même d'authentiques impostures, que la fuite d'e-mails compromettants du Climategate a révélées. Si la science doit faire quelque chose pour le destin de la planète, c'est de continuer à faire son travail. Pour ce qui concerne ces courbes, c'est fait. L'ennui pour les thèses du GIEC, c'est que les résultats corrigés font disparaître l'effet canne de hockey: fini le réchauffement catastrophique causé par la Révolution industrielle (tel qu'illustré à la figure 6). Enfin, des reconstructions sur des temps encore plus longs, remontant bien avant que les hommes s'activent sur cette belle Terre, montrent une corrélation entre la concentration de CO_2 et une température moyenne. Seulement,

il ressort d'une analyse fine des mesures que les températures augmentent avant la concentration de CO_2 . Ce n'est donc pas la concentration de CO_2 qui pilote les variations de température mais selon ces corrélations, le contraire. Or, un phénomène simple peut expliquer ce qu'il se passe, c'est le dégazage de l'eau des océans. Quand on chauffe de l'eau, les gaz qui y sont dissous ont tendance à s'évaporer. Reste alors à comprendre ce qui fait varier la température, c'est l'objet des chapitres suivants.

Les mesures de températures n'ont pu se faire qu'à partir du moment où le principe du thermomètre a été inventé. Cette lapalissade semble indiquer que la pratique des reconstructions de températures ne peut pas remonter à un peu plus de deux siècles dans le passé. C'est peu, et il faut encore ajouter à ce constat que la collecte systématique et fiable de températures atmosphériques ou terrestres est une activité qui a débuté peu après-guerre. Néanmoins, il est possible de reconstituer l'évolution de températures qui renseigne sur le climat bien avant l'invention du thermomètre et ce grâce à des enregistrements naturels que la compréhension de phénomènes physiques spécifiques permet d'aller relever. L'exercice est fin et délicat, d'autant qu'on sait déjà la difficulté intrinsèque à définir des températures moyennes ou globales. Il existe de nombreuses mesures indirectes de températures comme la radioactivité naturelle du carbone 14, l'analyse des résidus de matières organiques des sédiments, des coraux, de l'oxygène 18 des bulles d'air emprisonnées dans les glaces des calottes polaires (Groenland, Antarctique), notamment pour les reconstructions paléoclimatiques, l'étude des cernes des vieux arbres, celle des pollens tirés des couches géologiques, des dates de floraison et de vendanges, en certains lieux et certaines époques, et enfin la confrontation des résultats de ces analyses avec des témoignages écrits, etc. Ce n'est pas la description de chacune des techniques

qui est ici pertinente, car ce n'est pas tellement de la fiabilité du processus de mesure dont il va être question, mais plutôt de questions de principe qui s'appliquent à l'exercice de reconstruction de températures moyennes en général.

Les points de mesures de températures destinés aux reconstructions climatiques sont inégalement répartis sur la planète. Selon les techniques, ils dépendent de la localisation des sédiments, des glaciers, du type d'arbres, du type de végétation, etc. Sur les océans – plus de 70 % de la surface de la planète – les anciennes mesures de température ont été récoltées par des bateaux ou des bouées. Sur terre, les mesures proviennent de stations de mesures météorologiques qui ont parfois été fermées ou déplacées au cours du temps. Ces déplacements n'ont pas toujours obéi aux normes de mesures spécifiées pour la météorologie. Enfin, l'apparition d'îlots de chaleurs par suite d'urbanisation autour d'un point de mesure météorologique a pu perturber les mesures. En admettant que tous ces facteurs d'incertitudes soient contrôlables, ils viennent néanmoins s'ajouter au fait, déjà discuté au paragraphe 3.2.1, que la notion de température globale n'a pas un sens physique précis pour un système comme l'atmosphère. Les reconstructions de température dont il va être question ont donc au mieux un sens physique local, qui pourrait, éventuellement, mettre en évidence localement une corrélation entre l'augmentation de la concentration de CO_2 et une variation de température. La méthodologie de reconstruction suit essentiellement deux phases. La première consiste à construire le thermomètre à partir d'une ou plusieurs méthodes indirectes brièvement évoquées ci-dessus. La deuxième consiste à choisir des données représentatives puis à les traiter mathématiquement dans le but d'obtenir les reconstructions les plus vraisemblables de l'évolution d'une température moyenne. La première phase se subdivise en deux étapes, chacune étant caractéristique de la fabri-

cation de sortes de thermomètres à partir d'indicateurs physiques indirects⁴¹ :

1. Il faut d'abord calibrer le principe de thermométrie⁴² imaginé sur des données expérimentales connues et contrôlées. Le principe physique repose sur le constat que des grandeurs comme celles qui ont été évoquées plus haut varient en fonction de la température. Il s'agit d'établir une correspondance entre ces variations et la plage de température qu'on veut explorer. Ce test se fait par comparaison avec des mesures de températures de références qui vont des années présentes jusqu'aux années 1900. Le résultat n'est pas un thermomètre physique, mais un algorithme de traitement de données dont les paramètres ont des valeurs définies par la calibration. Le problème consiste alors à savoir si les valeurs trouvées pour ces paramètres ont une quelconque généralité. C'est-à-dire si la calibration donne des résultats cohérents pour d'autres séries de températures connues. C'est l'objet de la deuxième étape.
2. Le principe de mesure est testé sur d'autres plages de températures contrôlées et représentatives de la plage qui sera analysée ensuite. On peut par exemple prendre des températures sur une période qui s'étend de 1900 à 1850, car plus loin dans le passé, les données de températures ne peuvent plus être utilisées de manière fiable pour ces tests de calibration. Si les résultats sont acceptables, le principe de mesure est considéré comme fiable et utilisable sur la période passée retenue pour les reconstructions climatiques. Le danger intrinsèque associé à ces méthodes est que si la physique sous jacente n'est pas bien comprise, le

⁴¹ Décrit par exemple dans *The Hockey Stick Illusion: Climategate and the Corruption of Science*, A.W. Monford, 2010, Stacey Int. p. 54.

⁴² Ou calibrer les principes, si plusieurs approches indirectes sont considérées simultanément.

principe de thermométrie ne fait qu'extrapoler des corrélations sur des données qui peuvent contenir des effets de facteurs qui n'étaient pas présents dans les calibrations effectuées dans l'étape précédente. La démarche est donc exposée à des risques de nature pastafariste.

Si on ne s'arrête pas sur les problèmes physiques qui se posent avec ces méthodes de thermométries ce n'est pas parce qu'il n'y a rien à en dire, c'est parce que, correctement appliquées, elles ont prouvé qu'elles donnaient des résultats raisonnables. Prenons par exemple l'étude des cernes de vieux arbres. La biophysique de la croissance d'un arbre est encore très mal comprise, comme l'est, bien sûr, sa dépendance avec la température ambiante. Il est par contre observé que la croissance de ces cernes est liée à cette température ambiante, mais aussi qu'il existe une quantité de facteurs dits confondants qui peuvent venir perturber ou masquer cette relation. Ces facteurs induisent des marges d'erreurs qui sont propres au principe de mesure. Elles peuvent être analysées et en partie contrôlées. Le climatoscepticisme ne porte pas sur les faiblesses intrinsèques de ces méthodes de mesure indirectes mais sur la façon de choisir les données et sur leur traitement statistique. Ces mesures se présentent sous la forme de séries temporelles des valeurs du paramètre physique choisi et de dates correspondant à la période où le paramètre a été mesuré. L'usage des thermomètres permet alors de traduire ces valeurs en températures et de produire un historique de températures moyennes. Divers types de mesures indirectes peuvent être combinés et utilisés pour rendre plus fiables les mesures. Toutes les données ne sont en effet pas de même qualité, plusieurs peuvent provenir du même lieu, alors qu'il peut en manquer en provenance d'un autre, un intervalle de temps peut également être mal couvert, d'autres trop, etc. Il y a donc, avant tout traitement statistique, des choix à faire parmi les données à disposition. Ensuite, les choix étant faits, un traitement

statistique classique permet d'en déduire des tendances moyennes susceptibles de donner des informations sur l'historique de température recherché⁴³. C'est en traitant à la légère ces deux étapes de la reconstruction – d'abord le choix des données et ensuite le traitement statistique – que les climatologues qui ont produit ces courbes en canne de hockey ont sérieusement ébranlé leur crédibilité scientifique et, par extension, celle de la climatologie dans son ensemble.

3.4.1 Effet « canne de hockey », aussi vrai que « l'Effet de serre » ?

Cette page du climatoscepticisme a été l'un des épisodes les plus chauds, parce qu'un des plus visibles de l'histoire de la contestation climatosceptique. Elle porte sur des courbes considérées d'abord comme « sacrées » dans le monde de la climatologie. L'affaire nous renvoie en 2001, lors de la parution du 3^e rapport du GIEC (assessment report 3 ou AR3). Un des arguments massue pour asseoir l'évidence d'un réchauffement climatique causé par l'activité humaine reposait sur une reconstruction de l'évolution de la température moyenne du globe de l'an 1000 jusqu'à nos jours, parue dans une revue scientifique de très grand prestige⁴⁴. La tendance dominante des analyses mettait clairement en évidence un exceptionnel réchauffement de la planète depuis les débuts de l'ère industrielle. La figure ci-dessous reproduit un des graphiques les plus populaires de cette étude. Leur allure fait qu'elles sont couramment appelées courbes en canne de hockey ou courbes de Mann du nom du chercheur, Michael Mann, qui les a produites le premier.

⁴³ Très bien vulgarisée dans *Le mythe climatique*, de Benoît Rittaud, Sciences ouvertes, Seuil, 2010.

⁴⁴ "Global-scale temperature patterns and climate forcing over the past six centuries", M.E. Mann, R.S. Bradley, M.K. Hughes, *Nature*, vol. 392, 1998.

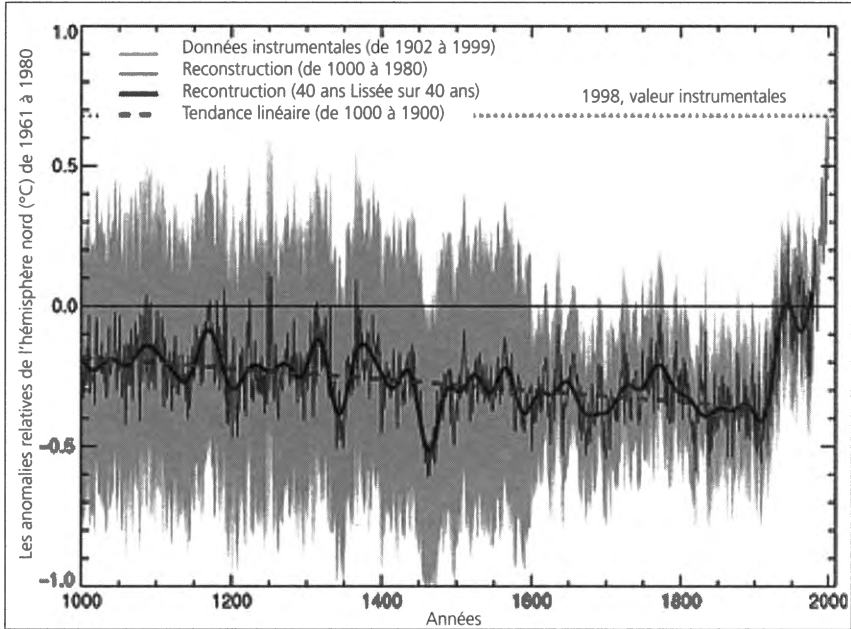


Figure 16 : la célèbre reconstruction publiée dans *Nature* (note 44, p. 189) puis dans le rapport du GIEC de 2001.

Ce graphique représente la tendance obtenue en calculant une moyenne glissante sur quarante ans. Les marges d'erreur associées au processus de reconstruction se réduisent vers le début de l'ère industrielle parce que les mesures et estimations des températures deviennent plus fiables. Mais voilà que peu après sa parution, ce graphique a intrigué un esprit curieux qui allait devenir un des plus célèbres climatosceptiques : Steve McIntyre (cf. § 1.1.1. p. 38). Formé en mathématiques appliquées, Steve McIntyre a exercé le métier de consultant en ressources et exploitation minière, une activité a priori peu en rapport avec la climatologie. Toujours est-il qu'il s'est mis en contact avec Michael Mann afin d'obtenir des précisions sur les données et méthodes utilisées dans ses reconstructions. La démarche est tout à fait conforme avec les règles de déontologie scientifique d'usage. Seulement, il peut paraître étonnant que la demande émane d'un simple citoyen et pas d'un

collègue chercheur. Qu'importe après tout, un résultat scientifique publié doit pouvoir être reproduit par n'importe quel lecteur attentif et exigeant. Et c'est ainsi que Steve McIntyre, jusque-là en marge du monde des sciences et de ses controverses, s'est trouvé pris dans une controverse qui allait prendre une ampleur médiatique tout à fait considérable. En effet, après une patiente analyse des méthodes et résultats de Michael Mann, il a fait paraître en 2003 avec son collègue Ross McKittrick un article⁴⁵ qui venait ébranler en profondeur les conclusions de Michael Mann. Dans l'extrait suivant, MBH98 se réfère à l'article de Michael Mann : *« Nous avons montré (avec Steve Mc Intyre) que la reconstruction MBH98 prend de hautes valeurs au début du XV^e siècle, ce que montre la figure ci-dessous après avoir introduit deux changements consistant à utiliser (1) des versions archivées des séries d'anneaux des arbres de Gaspé plutôt que la version ad hoc éditée par Mann et co (2) exactement le même nombre de séries que MBH98, mais avec des calculs de centrage standards des composantes principales (PC) plutôt que la méthode de « data mining » de MBH98. Il n'en reste pas moins qu'aucune des deux reconstructions n'a de signification statistique. »*⁴⁶

Les deux corrections évoquées dans cette citation touchent à des questions méthodologiques fondamentales et produisent une courbe corrigée qui ne présente pas de réchauffement catastrophique depuis l'ère industrielle. Les corrections des auteurs portent d'une part sur la pratique dite de la « cueillette des cerises » qui consiste, comme son nom l'indique, à sélectionner les données en fonction de ce qu'on veut obtenir et non en fonction d'un maximum de cohérence et de représentativité des données. Ensuite,

⁴⁵ “Corrections to the Mann *et al.* (1998) Proxy Data Base and Northern Hemisphere Average Temperature Series”, *Energy & Environnement* 14(6) 751-772, 2003.

⁴⁶ www.uoguelph.ca/~rmckitri/research/trc.html

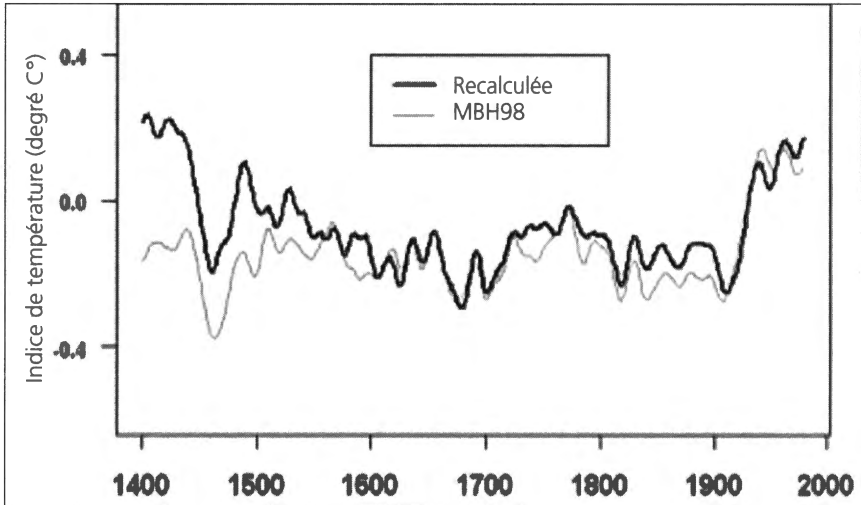


Figure 17 : La courbe recalculée (McIntyre – McKittrick, 2003) fait apparaître une période plus chaude. La procédure ad hoc de Michael Mann les avait fait disparaître.

les auteurs corrigent une technique complètement inédite et non validée de traitement statistique des données. La déontologie scientifique aurait voulu que Michael Mann et son équipe donnent les raisons de leur choix méthodologique dans leur article de base. Mais ce n'est qu'à l'arraché et au compte-gouttes, selon Steve McIntyre⁴⁷, que des informations sont lâchées par cette équipe. À l'heure actuelle, cette enquête confirme deux points essentiels :

- L'algorithme de traitement des données en composantes principales utilisé par Michael Mann était en fait une machine à produire des courbes en canne de hockey. Ayant fini par mettre la main sur l'algorithme utilisé par l'équipe de Michael Mann, il a pu montrer qu'en y injectant des données aléatoires, il produisait systématiquement des courbes présentant un effet canne de hockey. Loin de produire la courbe la plus représentative statistiquement, l'algorithme produit un effet de loupe sur les

⁴⁷ Le célèbre site web www.climateaudit.org/ tenu par Steve McIntyre en rend compte régulièrement.

données expérimentales qui, parmi toutes celles qui sont traitées, présentent une hausse vers la période industrielle. C'est ce que signifie l'expression « data mining » dans l'extrait de l'article cité précédemment.

- Le deuxième point est un peu plus subtil mais tout aussi important. Les réponses de l'équipe de Michael Mann aux premières critiques de Steve McIntyre et McKittrick en 2003 consistaient à montrer qu'avec quelques corrections, ils parvenaient quand même à produire des courbes en canne de hockey. Ce n'est pas si étonnant, si l'algorithme peut le faire à partir de données aléatoires. Mais la même question que dans l'article de 2003 continue de se poser : quelle est la vraisemblance de ces courbes ? Dans le cas de données aléatoires, elle est évidemment très faible, l'expérience étant conçue pour qu'il en soit ainsi. L'est-elle davantage dans les nouveaux résultats obtenus par l'équipe de Michael Mann ? Ces calculs de vraisemblance ne sont pas explicitement livrés dans les publications ultérieures. Ce n'est pas bon signe et cela donne à penser que ces résultats doivent être considérés comme non significatifs, ce qui est documenté dans un ouvrage qui relate toute cette saga avec un luxe de détails.⁴⁸

Il n'y a donc aucune raison scientifique de croire que ces courbes ont quelque chose à voir avec une réalité quelconque. Toujours est-il qu'elles ont permis d'alimenter, sur le plan expérimental, les alertes artificielles associées à la théorie de « l'Effet de serre ». Relevons, au moins, une cohérence dans la dérive et, aspect plus réjouissant, une réaction du milieu scientifique qui invite à un retour aux réalités terrestres du côté expérimental de la climatologie. L'affaire soulevée par Steve McIntyre a en effet pris aux États-Unis une ampleur nationale quand une commission

⁴⁸ *The Hockey Stick Illusion*, op. cit. note 41 p. 185.

d'experts statisticiens se constitue afin de la tirer au clair. La commission a délivré un rapport en juillet 2006. Il est resté célèbre sous le nom du rapport Wegman, du nom d'Edward Wegman, professeur de statistique à l'Université George Mason, directeur du Comité de statistiques théoriques et appliquées de l'Académie des sciences, qui dirigeait les travaux des experts. Les premières pages du rapport contiennent des recommandations et des faits exposés de manière synthétique, développés dans les pages suivantes. Quelques extraits donnent une idée des problèmes des dérives constatées : « *Quand d'énormes montants d'argent public et des vies humaines sont en jeu, le travail académique doit spécialement avoir un niveau de rigueur et de révision plus élevé. Ceci est en particulier le cas des auteurs de documents de police comme ceux du rapport du GIEC "Changements climatiques 2001 : les bases scientifiques", qui ne devraient pas être les mêmes que ceux qui ont produit les papiers académiques.* » Cette recommandation répond au constat qu'« *il est important de relever l'isolement de la communauté paléoclimatique ; même si elle dépend beaucoup de méthodes statistiques, elle ne semble pas interagir avec la communauté statistique. Au surplus, nous pensons que la mise en commun de matériels de recherche, données et résultats, a été faite de manière inadéquate et de mauvaise grâce. Dans ce cas, nous pensons qu'il y a eu trop de confiance faite à la lecture par des pairs, qui n'étaient pas nécessairement indépendants. De plus, le travail a été tellement politisé que cette communauté peut difficilement revoir ses positions sans perdre de la crédibilité. Et par-dessus tout, notre comité croit que l'affirmation du Dr Mann que la décennie des années 1990 a été la plus chaude du millénaire et que 1998 a été l'année la plus chaude du millénaire ne peut pas être soutenue par son analyse.* »⁴⁹ Le rapport Wegman

⁴⁹ "Ad hoc committee on the hockey stick global climate reconstruction", publié en juillet 2006 par une équipe de statisticiens E.J. Wegman G. Mason University, D. W. Scott Rice University, Y. H. Said Johns Hopkins University.

a clairement identifié une communauté de paléoclimatologues qui fonctionnait en vase clos. Il donne les noms de 43 chercheurs étroitement connectés aux recherches du prof. Michael Mann et joliment appelée « l'équipe de hockey » par l'auteur de *Hockey Stick Illusion* (cf. note 41, p. 185).

Par la suite, des analyses respectant les règles de l'art sont parvenues à des résultats statistiquement significatifs qui reproduisaient des faits assez bien documentés et peu contestés, comme celui que tout ou partie de la Terre a connu une période plus chaude autour de l'an 1000 et plus froide après 1500. On parle couramment à propos de ces périodes d'optimum médiéval et de petit âge glaciaire.

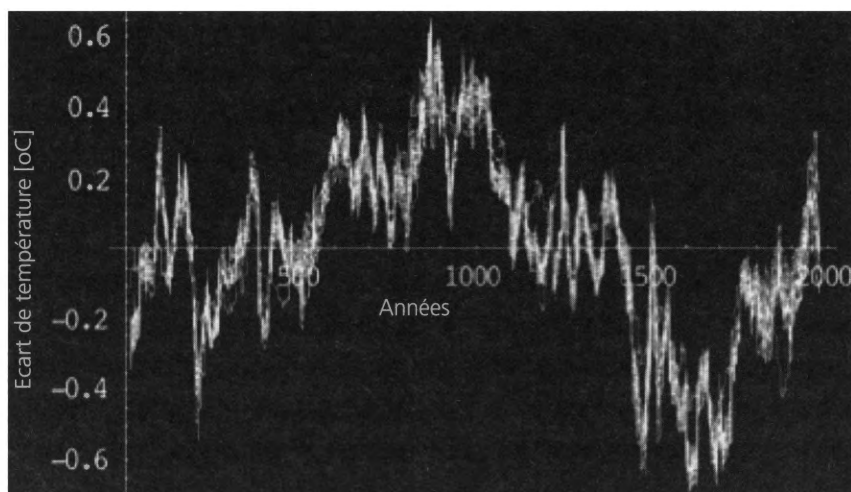


Figure 18 : Ce graphique montre que la hausse de température à l'optimum médiéval (autour des années 1000) dépasse l'augmentation observée actuellement (Craig Loehle, *Energy & Environment*, 18, (7-8), 2007).

Ces résultats n'ont pas été produits par des membres de l'équipe de hockey et ont été publiés dans une revue de qualité, sans lien avec les revues de climatologie consacrées à ce genre d'analyse. Ils viennent casser encore un peu plus cet effet canne de hockey. Somme toute, il n'est pas exagéré de dire, au vu de l'énormité des

erreurs relevées, que ces courbes relèvent de l'imposture intellectuelle. Toutefois, les enjeux politiques sont tels que le débat se poursuit encore entre une *équipe de hockey* passablement ébranlée et des scientifiques qui gagnent en respect et en audience. Rappelons que dans le rapport du GIEC paru en 2007 (AR4), ces considérations sur les reconstructions climatiques ont perdu leur statut iconique et ont disparu dans les profondeurs du rapport.

3.4.2 Température – concentration de CO₂, quoi cause quoi ?

Le problème que pose des reconstructions température et concentration de CO₂ où l'unité de temps n'est pas l'année ni le siècle mais le millénaire est, en matière d'interprétation, le même que celui posé par les courbes en canne de hockey vues au chapitre précédent. On a vu qu'il n'y a en principe pas de raison de penser que l'atmosphère soit dans une situation de réchauffement inédite, elle évolue certes, mais pas de manière catastrophique depuis les débuts de l'ère industrielle. On pourrait s'arrêter là. Pourquoi aller plus loin dans l'analyse des relations entre concentration de CO₂ et évolution de températures moyennes ? Pour en apprendre un peu plus sur le genre de relations qu'on observe sur les temps longs à une époque où l'homme n'existait pas encore sur Terre. Sur une échelle où le millénaire est l'unité de temps, deux siècles d'industrialisation correspondent à deux dixièmes d'unité. Cette échelle de temps n'est pas celle de la climatologie politique, mais de la paléoclimatologie. À cette échelle de temps, l'orbite de la Terre varie sous l'influence des autres planètes, surtout de Jupiter. Elle évolue selon des cycles dits de Milankovic⁵⁰. Ces variations d'orbite modifient l'exposition des régions polaires de la Terre au rayonnement

⁵⁰ Milutin Milankovic (1879-1958) est parvenu à décrire ces cycles qui portent son nom. Ils combinent des périodicités autour de 100'000 ans et environ 400'000 ans. Milankovic avait prévu l'effet de ces grands cycles sur le climat.

solaire, ce qui a une influence sur le climat⁵¹. Les données que les paléoclimatologues parviennent à extraire de sédiments fossilisés ou de carottes de glace prises en grandes profondeurs leur permettent de produire des informations qui désormais alimentent la part médiatisée de la problématique des changements climatiques. Malgré les incertitudes de fond sur le caractère global des températures et des concentrations obtenues, malgré les incertitudes qui existent sur la précision et le sens des procédés physiques qui permettent de les déterminer, les courbes représentées à la figure ci-dessous reproduisent avec une remarquable fidélité les cycles prévus par Milankovic. Ces mesures captent donc une physique bien établie, il y a donc plus que des corrélations dans ces graphiques. Il est légitime d'admettre que les corrélations ne sont pas de type pastafariste.

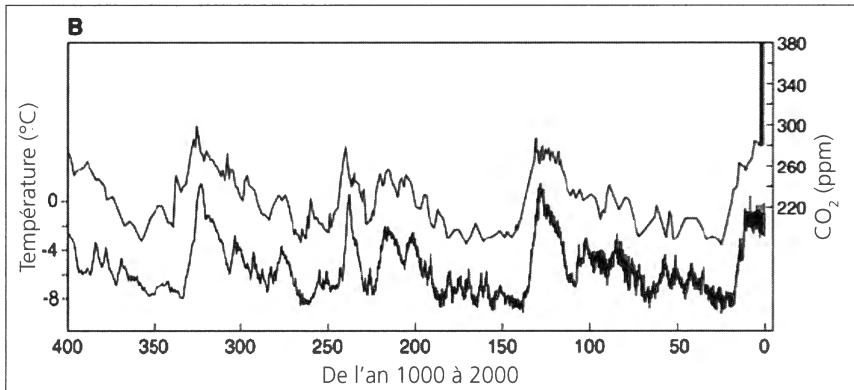


Figure 19 : corrélation entre variation de températures et concentration de CO_2 paléoclimatiques. Laquelle est la cause de l'autre ? (in *Nouveau voyage au centre de la Terre*, V. Courtillot, chap.1 p. 23, Odile Jacob, 2009)

Pour réaliser ce qu'est une échelle millénaire, commençons alors par lire ce graphique par la droite. Le trait vertical supérieur

⁵¹ Une présentation plus complète de ces cycles est faite dans le premier chapitre du *Nouveau voyage au centre de la Terre*, de Vincent Courtillot, Odile Jacob, 2009. L'auteur y expose, entre autres, comment, confronté par hasard à la question des reconstructions paléoclimatiques, il est devenu climatoscéptique.

correspond à l'élévation de la concentration de CO_2 des deux derniers siècles. À cette échelle de temps, l'ère industrielle correspond à un petit pic de concentration de CO_2 dont l'effet sur les températures moyennes ne semble pas très significatif. En tout cas, la courbe inférieure de la température moyenne reste, à cette échelle de temps, plutôt insensible à cette brutale augmentation de la concentration de CO_2 . Il y donc cohérence entre la discussion précédente et ce que montre la figure ci-dessus. Mais son intérêt principal est ailleurs. Il est dans le fait de montrer un couplage entre deux grandeurs clés de la climatologie de « l'Effet de serre » sur des temps très longs. Se pose alors la question qui intéresse le climatologue moderne : qu'est-ce qui est la cause de quoi ? Peut-on savoir, à partir de ces mesures, si l'augmentation de la concentration de CO_2 a précédé celle de la température moyenne ou si c'est l'inverse ? Une analyse plus minutieuse des données expérimentales donne une réponse. Il y a tout lieu de penser que l'élévation de température a précédé de 800 à 1000 ans l'augmentation de la concentration de CO_2 ⁵². Comment interpréter ce résultat ? Simplement en se rappelant que les océans contiennent de grandes quantités de gaz dissous, notamment du CO_2 et qu'un changement de température favorise leur dégazage, phénomène courant et bien connu. Ainsi, lorsque leur température monte un peu, le CO_2 a tendance à s'évaporer des océans dans l'atmosphère. Cette explication de nature expérimentale est cohérente avec le statut fictif de « l'Effet de serre ». Quant à l'origine des variations de température, elle doit s'expliquer avec les cycles de Milankovic et des variations de l'exposition de la Terre aux flux de rayonnement solaire. Nous voilà déjà avec un pied dans les thèses des climatologues dits « solaristes ». Mais avant d'aborder ce point, glissons quelques considérations sur des théories et des faits qui

⁵² Il s'agit notamment des travaux de Nicolas Caillon, Jeffrey Severinghaus, Jean Jouzel, & all publiés dans *Sciences*, 299, 1728, 2003.

donnent un peu plus de corps à cet effet de serre réel, maintenant que ni « l'Effet de serre » ni les reconstructions expérimentales de température et de concentration de CO_2 ne semblent être en mesure d'expliquer la prédominance des émissions de CO_2 d'origine humaine dans la dynamique atmosphérique.

3.5 Vers un CO_2 tranquille dans une atmosphère stable

«... nous sommes rentrés dans un nouveau paradigme dans lequel la simulation et les programmes ont remplacé la théorie et les observations.»

Richard D. Lindzen
prof. de sciences atmosphériques au MIT.

EN BREF

Ce chapitre dément la citation en titre. Il y a des chercheurs qui défendent une approche réaliste et mieux fondée physiquement de la climatologie. Appelons-la climatologie hétérodoxe, à titre purement conjoncturel, puisqu'elle est plus proche des pratiques scientifiques usuelles. Cette climatologie hétérodoxe n'est pas la vérité sur l'atmosphère, mais montre que d'autres scientifiques se sont attaqués à la description globale de l'atmosphère et qu'ils ont produit des modèles et des observations d'expériences cohérents. Ces approches décrivent en effet une atmosphère plutôt stable, notamment sous l'augmentation de la concentration de CO_2 . Ces approches donnent un rôle déterminant aux échanges thermiques par convection naturelle, particulièrement en basse atmosphère et aux effets régulateurs de la concentration de la vapeur d'eau qui est un gaz actif dans l'infrarouge (à « Effet de serre »), massivement présente sur Terre, de concentration très variable dans l'atmosphère et remarquable vecteur de chaleur entre la surface terrestre et l'atmosphère. Les modèles théoriques

présentés sont bien vérifiés expérimentalement et soutenus par une physique qui s'énonce clairement.

Que reste-t-il de la climatologie si on lui supprime son « Effet de serre », un espace vide et angoissant ? Non, il existe une climatologie hétérodoxe qui, bon an mal an, s'obstine à produire de la science. Elle dérange ? À la bonne heure, c'est qu'elle est en bonne santé, on ne va pas revenir sur ce sujet. Cette climatologie hétérodoxe ne s'affirme toutefois pas comme une science pleinement aboutie. Elle suit une intuition générale rencontrée à plusieurs reprises dans les analyses relatives aux failles de la théorie dominante. Ce n'est pas étonnant. Souvent en sciences, c'est de la critique des modèles et hypothèses défailtantes que naissent les nouvelles pistes de réflexion. La critique qui a donné le coup de grâce à l'analyse de « l'Effet de serre », c'est le manque de réalisme dans la prise en compte du couplage entre les échanges de chaleur par convection et par radiation. Bien, mais faut-il modéliser en détail cette interaction, sachant qu'elle pose un problème mathématique quasiment inextricable ? Ce n'est pas nécessaire, car une foi libéré de l'impératif de s'intéresser aux émissions de CO₂ d'origine humaine comme perturbation de l'atmosphère, il est possible d'en approcher l'étude avec un point de vue plus macroscopique, assez différent mais au fond plus classique. Ce changement d'optique n'est jamais que la conséquence logique de l'abandon d'une hypothèse de travail et peut aussi être considéré comme le fruit d'un effort critique.

3.5.1 Atmosphère et climatisation naturelle

Que se passe-t-il dans cette atmosphère sans « Effet de serre » ? Une réponse expérimentale gagne petit à petit en crédibilité. Elle a été imaginée il y a une bonne décennie par Richard Lindzen, un des plus fameux climatologues climatosceptiques (cf. § 1.1.1

p. 37). Physicien avant d'être climatologue, il s'est toujours distancié de la climatologie de « l'Effet de serre » et ses recherches l'ont conduit à proposer une image plutôt rassurante de l'atmosphère, opposée au catastrophisme climatique. Plusieurs de ses travaux montrent en effet qu'un phénomène, qu'il a baptisé « Iris », régule la température de l'atmosphère au niveau des tropiques, là où les échanges thermiques avec le rayonnement solaire sont les plus intenses⁵³. Contrairement à « l'Effet de serre », ce phénomène décrit une rétroaction négative et donc stabilisante de l'atmosphère aux accroissements de la température de la surface terrestre. R. Lindzen l'explique par l'évaporation d'eau, de formation de nuages et de précipitations dans la troposphère. En se formant, les nuages de basse altitude ont tendance à réchauffer la troposphère et refroidir la surface terrestre. Quant aux nuages de haute altitude, ils absorbent et réémettent le rayonnement terrestre infrarouge et contribuent donc à l'effet de serre réel. L'effet « Iris » agit sur les nuages d'altitude mais prend sa source en basse altitude. Son mécanisme est le suivant. En réaction à un réchauffement de la surface des océans, la vapeur d'eau se condense davantage dans les nuages de basse altitude. Cela a pour effet d'augmenter les précipitations et à cause d'elles, il y a moins de vapeur d'eau disponible dans les nuages intermédiaires pour la formation de nuages d'altitude (aux formes caractéristiques d'enclume qui s'étendent sur des zones tropicales plus sèches). Par conséquent, si la couverture de cirrus d'altitude diminue, l'émission de rayonnement infrarouge des nuages inférieurs en direction de l'espace augmente, ce qui a pour effet de refroidir l'atmosphère. C'est un phénomène de rétroaction négative ou de régulation. Il porte le nom d'« Iris », par référence au mécanisme de l'iris de l'œil humain qui se ferme lorsque le flux de lumière augmente et s'ouvre quand

⁵³ “Does the Earth Have an Adaptive Infrared Iris?” Lindzen & all, *Bull. of the Am. Meteo. Soc.*, vol. 82, n° 3, 2001.

il diminue. La possibilité d'un tel effet dérange bien évidemment le consensus climatologique dominant qui veut que si la température de l'océan augmente, l'évaporation d'eau augmente aussi et provoque la formation de nuages à toutes les altitudes et ainsi favorise l'augmentation de la température de l'atmosphère. La faiblesse de cette explication est de ne pas tenir compte du rôle des précipitations, qui dans l'effet « Iris » réduisent la teneur en vapeur des nuages de basse altitude et pénalisent la formation de nuages de haute altitude. L'enjeu pour la climatologie dominante est crucial et l'affaire a été vivement débattue dès la parution du premier article de Lindzen en 2001^{54 55}. Actuellement, la vraisemblance de l'effet « Iris » se confirme, ce que montre une synthèse des résultats présentés ci-dessous. Le graphique ombré dans le coin en haut à gauche de la figure ci-dessous correspond aux mesures de R. Lindzen et S.Y. Choi, les autres sont des simulations numériques faites avec divers grands modèles climatiques. Les mesures montrent qu'à un écart de température positif croissant correspond un flux qui sort de la troposphère (ΔF de signe positif sur le graphique), c'est un mécanisme de régulation. Tous les modèles à « Effet de serre » prévoient une tendance contraire, c'est-à-dire un mécanisme d'amplification. L'atmosphère réelle semble bien montrer une tendance à évacuer de la chaleur lorsque la température au sol (ΔSST sur le graphique) augmente.

⁵⁴ “No evidence for Iris”, D.L. Hartman, M.L. Michelsen, *Bull. of the Am. Meteo. Soc.*, 83 : 249-254, 2002.

⁵⁵ Reply to “No Evidence for Iris”, R. Lindzen & all, 2002, *Bull. of the Am. Meteo. Soc.*, 83 (3), 2002.

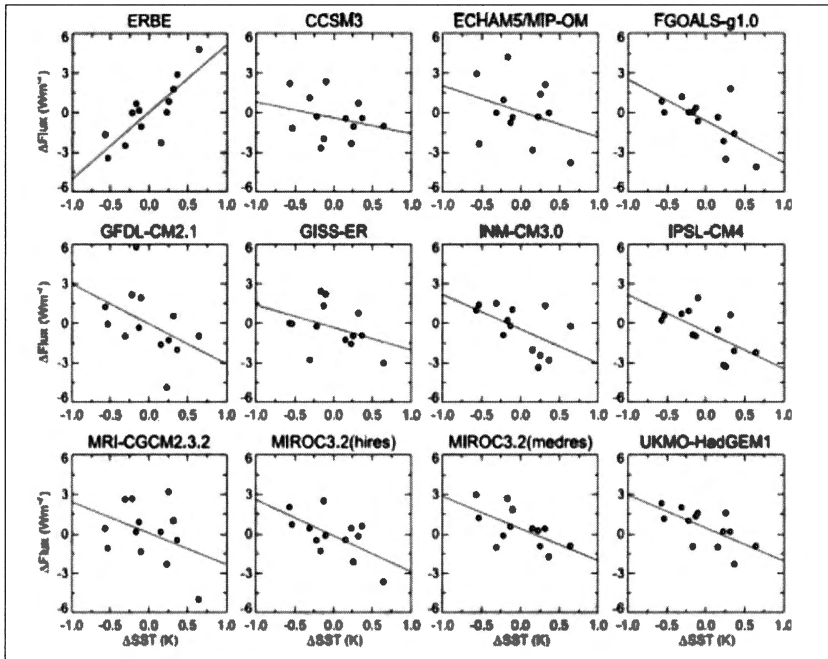


Figure 20 : de récentes mesures (ERBE) viennent contredire les simulations obtenues avec les grands modèles climatiques ("On the determination of climate feedbacks from ERBE data", Richard S. Lindzen and Yong-Sang Choi, *Geophysical Research Letters*, vol. 36, 2009).

Ces observations ont évidemment suscité l'enthousiasme des climatosceptiques, comme le montre la mise en scène des résultats sur le site web « friends of science » (cf. page suivante)

Les débats se poursuivent dans la communauté des climatologues. Et cela donne l'occasion d'assister à de la science normale en train de se faire. L'équipe de Kevin Trenberth, actuel directeur du département d'analyse du climat du Centre national pour la recherche atmosphérique (NCAR) de Boulder dans le Colorado, a récemment relevé des faiblesses dans les résultats de R. Lindzen présentés dans les figures ci-dessus⁵⁶. L'une porte

⁵⁶ "Relationships between tropical sea surface temperature and top-of-atmosphere radiation", K.E. Trenberth & all *Geophysical Research Letters*, vol. 37, 2010.

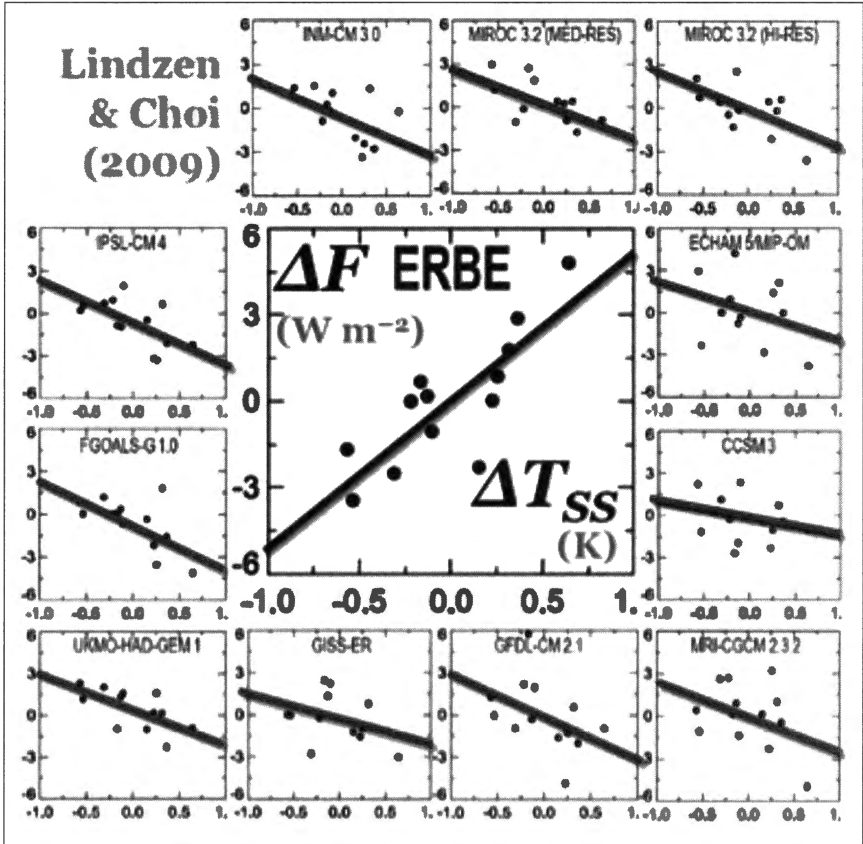


Figure 21 : présentation plus jubilatoire des résultats de Lindzen & Choi (reprise du site www.friendsofscience.org).

sur la façon de calculer la sensibilité de la réponse du climat aux perturbations radiatives mesurées par le satellite, une autre sur la méthode d'échantillonnages et une troisième relève que l'analyse ne porte que sur des données faites aux environs des tropiques, et pas sur le climat global. Commençons par la troisième. La remarque est juste, mais personne ne nie que si « l'Effet de serre » doit être détecté, c'est bien dans cette partie de l'atmosphère qui est la plus épaisse et la plus directement exposée au rayonnement solaire et l'enjeu des études de R. Lindzen n'est pas tant de tirer des conclusions climatiques globales que de chercher à expliquer

des mécanismes atmosphériques généraux. Les autres critiques de Trenberth et son équipe portent sur un maniement de la sensibilité climatique, que Lindzen a reconnu être perfectible, et sur le traitement statistique des données. L'équipe de R. Lindzen a revu ses analyses à la lumière de ces remarques. Un article corrigé a été soumis pour publication⁵⁷. Ses conclusions ne sont pas substantiellement modifiées par rapport aux articles précédents. Elles continuent de confirmer la conception de l'effet de serre sur laquelle travaille R. Lindzen depuis des années. Elle est représentée à la figure suivante :

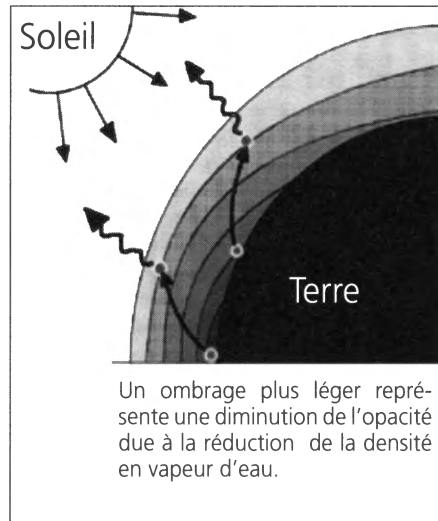


Figure 22 : représentation réaliste selon R. Lindzen (1990) de ce qu'est l'effet de serre. En basse altitude, les effets convectifs dominent et ce n'est qu'en haute altitude que les échanges par rayonnement dominent.

Selon lui, « *la terre ne se refroidit pas d'abord par radiation thermique. La situation est plutôt comme dans la figure ci-dessus.*

⁵⁷ “On the observational determination of climate sensitivity and its implications”, R. Lindzen, Y.S. Choi, submitted to *Journal of Geophysical Research* in February 2010.

Le principal gaz à effet de serre, la vapeur d'eau, atteint des valeurs maximales en général à la surface au niveau des tropiques et décroît rapidement à la fois en altitude et en latitude. Il y a tellement d'opacité infrarouge immédiatement au-dessus du sol que la surface ne peut pas se refroidir effectivement par radiation thermique. À la place, de la chaleur est évacuée de la surface par des mouvements de fluide allant des tours de cumulonimbus aux ondes d'échelle planétaire et locale.»⁵⁸ Divers modèles climatiques hétérodoxes viennent étayer cette description de l'effet de serre réel comme système stable fonctionnant comme un système de climatisation naturel. On les présente ci-après.

3.5.2 Modèle de l'atmosphère adiabatique

Le modèle se base sur des considérations physiques simples et intelligibles. Il suppose que le climat est un système thermodynamique gouverné par de grands paramètres comme la masse de l'atmosphère, sa capacité thermique, l'énergie moyenne du rayonnement solaire, etc. De la même manière que le modèle à « Effet de serre » simple vu au chapitre 3.3.1, il se focalise sur un principe général, un effet moyen, sans chercher à modéliser la dynamique atmosphérique tridimensionnelle. Seule la dimension verticale est considérée. Les auteurs justifient leur approche dans l'ouvrage qui présente leur modèle en rappelant quelques faits qui commencent à être familiers. *« Il faut réaliser que les transferts de chaleur par radiation ne dominent que dans la partie haute de l'atmosphère. Les transferts de chaleur dans la couche plus dense et basse de l'atmosphère ont principalement lieu par convection. Dans la troposphère (pour une pression dépassant 0,2 atm), le transfert de chaleur par convection domine. Lorsque la température d'une*

⁵⁸ “Taking seriously the greenhouse effect”, *Energy and Environnement*, vol. 18, number 7-8, déc. 2007.

*masse d'air donnée augmente, son volume augmente en proportion. Comme l'air chaud se dilate, il devient moins dense et s'élève. En retour, l'air plus dense et plus froid redescend et remplace l'air chaud. Dans l'atmosphère, ce système fonctionne comme un système de refroidissement. Cet effet de refroidissement peut considérablement dépasser l'effet de réchauffement par radiation dans la couche basse de l'atmosphère.»*⁵⁹ Cette description correspond bien à la dynamique atmosphérique décrite par Richard Lindzen à la figure 21. Au fond, elle se base sur un effet que tout le monde connaît, un mouvement de convection naturelle brièvement discuté au paragraphe 2.2.2. Ce mécanisme naturel évacue le réchauffement local causé par l'absorption de rayonnement infrarouge vers les hauteurs de l'atmosphère. C'est un mécanisme de conversion d'énergie radiative en énergie mécanique. L'hypothèse adiabatique, qui caractérise ce modèle, revient à considérer que ce mécanisme domine dans les échanges de chaleur en basse atmosphère. Pour rappel, les modèles à bilan radiatif simple, vus au chapitre 3.3.1, ne prennent pas en compte ce mécanisme de convection vertical. L'hypothèse sera justifiée si les résultats du modèle sont probants. Le cadre dans lequel il est établi est celui de la thermodynamique de base et l'idée originale consiste à intégrer des corrections à la chaleur spécifique⁶⁰ de l'air en fonction de sa concentration en vapeur d'eau et de CO₂. Ce sont des gaz à « Effet de serre », c'est-à-dire des gaz actifs dans l'infrarouge et la vapeur d'eau est susceptible de se condenser en pluie. Aussi le modèle introduit-il des quantités comme :

⁵⁹ O.G. Sorokhtin, L.F. Khilyuk, G. V. Chilingarian, auteurs de "Evolution of Earth and Its Climate: Birth, Life and Death of Earth", Elsevier Sciences Ltd., 2007, chap. 3 p. 141. C'est à ce chapitre qu'est présenté leur modèle adiabatique.

⁶⁰ Définie au chapitre 2.2.1 comme propriété d'un milieu matériel à stocker de la chaleur.

C_r : chaleur spécifique associée au rayonnement

C_w : chaleur spécifique à la condensation de la vapeur d'eau

Ces deux contributions s'ajoutent à la chaleur spécifique usuelle de l'air C_p , qui rend compte de la capacité de l'air sec à stocker de la chaleur⁶¹. Le coefficient C_r met sur un pied d'égalité l'effet radiatif dû au CO_2 et à la vapeur d'eau. Il ne tient compte que de la chaleur apportée par radiation à un élément d'air qui contient du CO_2 et de la vapeur d'eau, mais il ne suppose pas d'effet qui couplerait l'augmentation de la concentration de CO_2 à celle de la vapeur d'eau, comme le suppose la théorie de «l'Effet de serre», dont la physique reste à inventer ! Ce modèle prend donc acte du fait qu'il n'y a pas de raison évidente de s'attendre à ce que le cycle de l'eau se déstabilise sous l'effet d'une perturbation de plusieurs ordres de grandeurs inférieures aux variations naturelles de la concentration de vapeur d'eau dans l'air. Elle varie, on l'a vu, de 0 % à environ de 4 %. Si son cycle était instable, comment peut-il se faire qu'il ait besoin d'une petite pichenette de CO_2 pour être déstabilisé ? Ce n'est pas impossible, mais suffisamment d'arguments ont été alignés pour penser qu'un tel phénomène n'existe pas et, selon la tradition scientifique usuelle, c'est finalement le verdict expérimental qui jugera de la vraisemblance de l'hypothèse. Le modèle décrit donc une boucle de refroidissement qui serait modifiée par ces deux facteurs, l'un – C_r – pouvant contenir l'effet du doublement du CO_2 , l'autre – C_w – celui de la condensation de l'eau.

Ce modèle a l'avantage de reposer sur une physique de base simple et accessible aux vérifications expérimentales. En l'occurrence, elles montrent que les valeurs calculées et mesurées pour les constantes C_r et C_w coïncident remarquablement bien, preuve

⁶¹ Pour être précis : $C_p = (p(\text{N}_2) \cdot C_p(\text{N}_2) + p(\text{O}_2) \cdot C_p(\text{O}_2) + p(\text{Ar}) \cdot C_p(\text{Ar})) / P$ où p et P sont les pressions partielles des gaz et totales de l'air.

expérimentale que l'hypothèse adiabatique a un sens, c'est-à-dire que le phénomène mécanique de la conversion d'énergie radiative en mouvement de convection existe bel et bien. Ce constat est vrai pour la basse atmosphère terrestre comme pour celle de Vénus, constituée à 96,5 % de CO_2 et 3,5 % d'azote. Ces deux atmosphères sont très différentes et celle de Vénus est souvent utilisée par les climatologues pour donner une idée de ce qu'est « l'Effet de serre ». En effet, sa composition est largement dominée par le CO_2 et sa température est nettement plus élevée que celle de la Terre, puisqu'elle est de près de 470°C à la surface. Mais le modèle adiabatique, sans « Effet de serre », parvient très bien à rendre compte du profil de température qui la caractérise, ce que montre la figure ci-dessous.

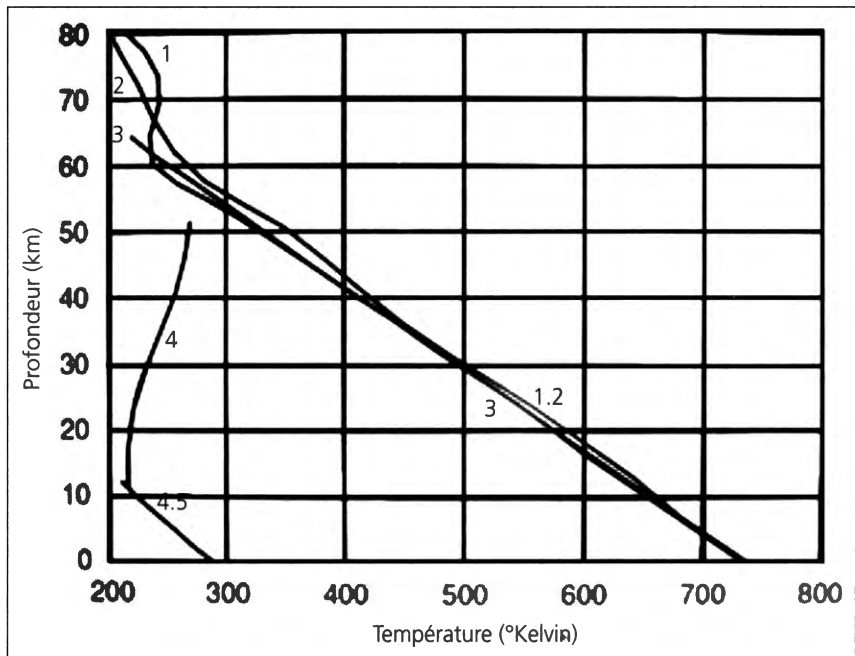


Figure 23 : les courbes 1 à 3 se rapportent à l'atmosphère de Vénus : (3) est la prédiction théorique et (1, 2) les mesures. Les courbes 4 et 5 sont celles de la Terre : (5) la prédiction théorique et (4) les mesures (source : figure 3.6 de "Evolution of Earth and Its Climate: Birth, Life and Death of Earth" cité à la note note 59 p. 205).

Par rapport à son niveau de complexité, le modèle a donc un pouvoir explicatif très satisfaisant. Certes il ne dit pas tout sur l'atmosphère, comme cherchent à le faire les grands modèles climatiques, mais il réussit au moins un test de base qu'il est, en sciences naturelles, toujours agréable de réussir. D'autres phénomènes météorologiques sont également reproduits par ce modèle, comme le refroidissement de l'air lors de nuits froides en conditions anti-cycloniques, ou encore comme le fait qu'en conditions cycloniques, le flux d'air convectif s'oppose à ce phénomène de refroidissement et tend à le réduire. Enfin, l'effet de la latitude peut être introduit dans le modèle, ce qui permet de mieux comprendre la localisation géographique de ces phénomènes de refroidissement intense et de réchauffement sous l'action d'effets convectifs.

Pour ce qui concerne maintenant les prévisions propres à la climatologie, le modèle adiabatique joue à fond son rôle d'antithèse de la théorie de «l'Effet de serre». Dans une expérience de principe où est envisagé un doublement de la concentration de CO_2 , le modèle prévoit une tendance au refroidissement de l'atmosphère terrestre et, dans le cas de l'atmosphère de Vénus, une tendance au réchauffement. Ces tendances s'expliquent par le simple fait que le poids moléculaire du CO_2 est environ 1,5 fois supérieur à celui de l'air et sa chaleur spécifique 1,2 fois supérieur. En effet, selon l'hypothèse adiabatique, le processus de refroidissement par convection naturelle gagne en performance quand les propriétés thermiques des gaz considérés, masse et chaleur spécifique⁶², sont plus élevées. Ces constats confirment que dans la troposphère, les phénomènes de transport de chaleur par convection sont notablement plus efficaces que ceux associés aux échanges radiatifs. D'ailleurs, le calcul de la sensibilité climatique associée à ce modèle montre que la variation de température globale correspondant au doublement de CO_2 atmosphérique serait de l'ordre de $0,01^\circ\text{C}$. C'est non mesurable et

⁶² Voir, éventuellement, la présentation de ces notions au § 2.2.2.

par conséquent non pertinent d'un point de vue physique, ce qu'un article récent vient confirmer⁶³. Ce modèle est remarquable par son économie de moyens. Il est simple, pose une hypothèse forte mais claire et donne à moindres coûts des résultats testables, sur Terre et ailleurs. Toutefois, la figure 23 montre que l'hypothèse adiabatique perd de sa crédibilité dans les couches supérieures de l'atmosphère, vénusienne comme terrestre. Or, il se trouve qu'un autre modèle, proposé assez récemment et un peu plus coûteux sur le plan théorique, permet d'aboutir à des conclusions plus raffinées mais toujours cohérentes avec celles proposées par le modèle adiabatique. Il fait l'économie de l'hypothèse adiabatique, car il tient compte de tous les flux énergétiques entrant et sortant de la basse atmosphère et parvient, ce faisant, à donner une représentation globale du fonctionnement de l'atmosphère qui est à la fois pertinente, simple et surtout élégante. Dans un modèle physique, le cumul de ces trois propriétés est toujours un bon signe.

3.5.3 Modèle de l'effet de serre saturé

Cette théorie est due à Ferenc Miskolczi, physicien de l'atmosphère et grand spécialiste des transferts radiatifs. Il a travaillé dès 1989 à la mise au point d'un gros programme de traitement des mesures de flux radiatifs (HARTCODE) au sein de la NASA. En 2005, il en a démissionné à la suite du refus de cette institution de publier les résultats sur son effet de serre saturé. Le conflit qui l'a opposé à la NASA venait du fait, explique-t-il, que ses conclusions montrent qu'il n'y a aucun danger lié au CO₂ et ce, pour des raisons de physique fondamentale. Il a néanmoins fini par publier ses principaux résultats dans un journal de météorologie hongrois de

⁶³ "Cooling of Atmosphere Due to CO₂ Emission", G. V. Chilingar, L.F. Khilyuk, O. G. Sorokhtin, Energy Sources, Part A : Recovery, Utilization, and Environmental Effects, Vol 30, Issue 1, 2008.

bonne réputation⁶⁴ et a fait paraître en 2010 un article de synthèse sur sa théorie et ses principaux résultats dans la revue *Energy and environment*⁶⁵, assez réceptives aux analyses des scientifiques climatosceptiques. L'entrée de Ferenc Miskolczi dans la climatologie hétérodoxe s'est effectuée en deux phases, ponctuées par la publication de deux articles fondamentaux. D'abord, fort de son expertise dans le domaine de calcul et d'analyse des radiations, il s'est attelé à une réinterprétation fine des flux radiatifs du bilan énergétique de l'atmosphère présenté dans la figure ci-dessous.

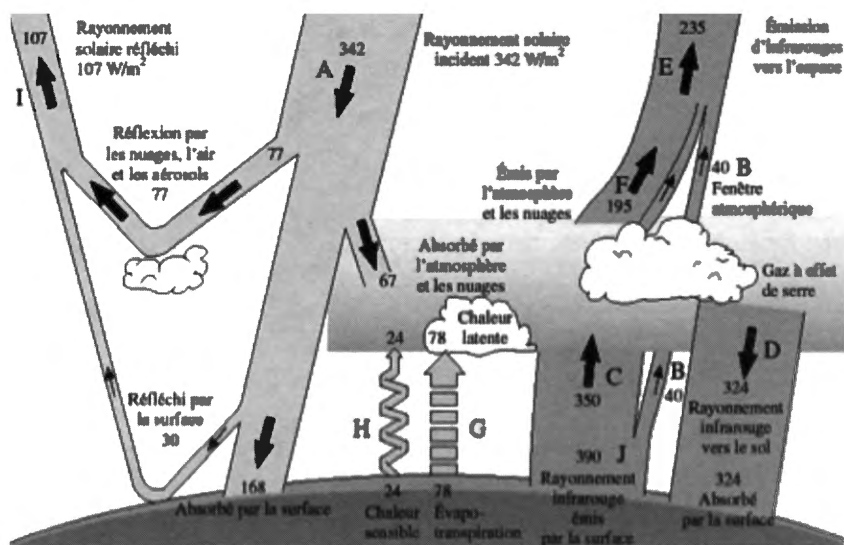


Figure 24 : schéma des échanges radiatifs du système Terre – atmosphère (source : K. Trenberth & J. Kiehl AR3 GIEC, 1997).

Dans la figure ci-dessus, le fléchage est compliqué, mais sa structure est simple. Elle se divise en trois groupes. Il y a deux groupes de

⁶⁴ “Greenhouse effect in semi-transparent planetary atmospheres”, F. Miskolczi, *Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service*, vol. 111, no 1, January–March 2007, p. 1-40.

⁶⁵ “The Stable Stationary Value of the Earth’s Global Average Planck-weighted Greenhouse- Gas Optical Thickness”, F. Miskolszi, *Energy and Environment*, vol. 21, n° 4, 2010.

flux radiatifs, un à gauche et un autre à droite, séparés au milieu par un groupe de petites flèches de formats différents qui partent de la Terre. En distinguant ces trois secteurs, un bon pas est déjà fait pour comprendre comment Ferenc Miskolszi a approché le mécanisme de l'effet de serre. Cet effet se manifeste dans le groupe de flèches de droite là où il y en a qui traversent les nuages. La clé du phénomène réside dans l'estimation du flux associé à la fenêtre atmosphérique, localisée dans la région B sur la figure ci-dessus. La dynamique de l'effet de serre revient à comprendre comment cette fenêtre s'ouvre et se ferme en fonction de la dynamique d'absorption, de réflexion et de transmission des nuages des flux de radiation infrarouge émis par la Terre. Bien sûr, ces flux qui font l'effet de serre dépendent les uns des autres, ne serait-ce qu'à travers la loi de conservation de l'énergie. Tout commence par le flux solaire incident, à gauche sur la figure 24. Le spectre de ce flux est concentré sur une gamme de longueurs d'ondes courtes (460 nm) qui n'interagissent pas avec les mécanismes de l'effet de serre, c'est-à-dire avec les molécules actives dans l'infrarouge. Une part du rayonnement est néanmoins réfléchi par la couche de nuage supérieure. C'est l'effet d'albédo. Le reste du flux solaire atteint la surface terrestre et est à son tour réfléchi ou absorbé. Alors, la surface terrestre réémet une grande partie de la puissance absorbée sous forme de rayonnement infrarouge, de longueurs d'ondes plus grandes que celles qui constituent le flux solaire incident. Ce flux terrestre excite les molécules de CO_2 et de vapeur d'eau et les réchauffent. Cette interaction est représentée dans le groupe de droite sur la figure 24. Jusqu'ici, rien de neuf qui puisse déranger un climatologue de « l'Effet de serre ». D'ailleurs, la figure 24 est extraite d'un rapport du GIEC. Mais c'est les valeurs associées à ces flux que Miskolszi a commencé à contester. Au départ donc, rien de neuf sur la table. Un grand spécialiste de l'étude du rayonnement atmosphérique s'intéresse aux valeurs de certains flux, mais il s'y attaque avec une méthode d'analyse particulièrement précise. Il sélectionne près de 230 profils verticaux de mesures représentatives

faites par ballons sondes⁶⁶ et observe d'abord que les valeurs attribuées au flux sortant en B sur la figure 24 – la fenêtre atmosphérique – sont nettement sous-estimées. Il relève une erreur de l'ordre de 22 W/m^2 et de plus, que la valeur de 40 W/m^2 ne semble pas avoir été attribuée sur des bases physiques claires. C'est surprenant car ce flux correspond à la fuite de puissance rayonnée par la Terre vers l'espace et est donc un élément clé du mécanisme de l'effet de serre. Cette correction en entraîne d'autres dans le bilan général des flux d'énergie et de chaleur. Cette étape a été le premier pas vers le développement de la théorie de l'effet de serre saturé⁶⁷. Il a principalement consisté à analyser ces flux et à comprendre leurs relations et dépendances à partir d'arguments physiques. L'idée de base qui a guidé tant l'analyse expérimentale que la construction du modèle est que la Terre fonctionne comme convertisseur d'ondes courtes provenant du soleil en ondes longues réémises vers l'espace. Il ne s'agit pas, comme dans les grands modèles climatiques tridimensionnels, de tenter de modéliser une dynamique générale de l'atmosphère, des océans et des cycles, etc. à partir des équations de base et de sous-modèles ad hoc. De la même manière que dans le modèle adiabatique, l'approche consiste à rester à un niveau de compréhension global du système, bâti à partir de principes physiques clairs et bien fondés. Dans l'article où il présente son modèle théorique, Miskolszi note qu'« *en utilisant de puissants ordinateurs, n'importe quel problème de transfert radiatif peut virtuellement être résolu par des méthodes numériques, au niveau de précision désiré sans trop utiliser d'approximations ni d'expressions mathématiques compliquées, comme il y en a couramment dans la littérature sur la théorie*

⁶⁶ Base de données du TIGR, pour Thermodynamic Initial Guess Retrieval.

⁶⁷ "The greenhouse effect and the spectral decomposition of the clear-sky terrestrial radiation", F. M. Miskolszi, Martin G. Mlynczak, *Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Society*, vol. 108, n° 4, Oct.-Dec. 2004.

des transferts radiatifs. Cependant, afin d'améliorer la compréhension des processus de radiation, il est parfois utile d'appliquer des approximations raisonnables et d'arriver à des solutions sous forme d'expressions mathématiques plus ou moins explicites qui reflètent la physique du problème. »⁶⁸ Le programme de recherche est donc annoncé avec un brin d'ironie à l'encontre des gros modèles de calculs utilisés en climatologie. Très bons dans le calcul des transferts radiatifs, ils manquent probablement de cohérence physique globale. Les chapitres précédents l'ont amplement documenté. Pour mémoire, rappelons que le modèle adiabatique s'est concentré sur la conversion des radiations infrarouge absorbées par les gaz actifs à « Effet de serre » en flux de convection. Dans le modèle de Miskolczi, les flux de convection sont aussi présents, ils sont intégrés dans un bilan énergétique plus complet et précis, représenté dans la figure ci-dessous.

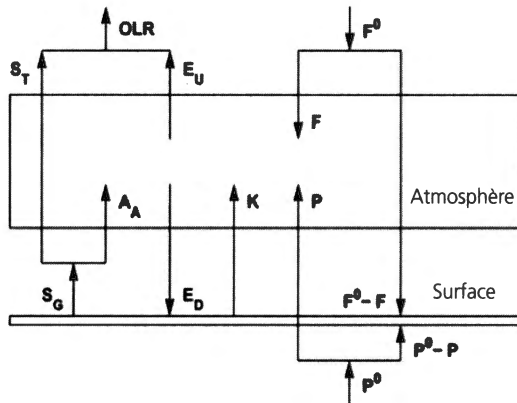


Figure 25 : nomenclature des flux thermiques dans une atmosphère semi-transparente et claire. F_0 et F sont les flux d'ondes courtes et E_D le flux d'ondes longues orienté vers le bas, OLR, E_U , S_T , A_A , et S_G (noté aussi S_U) sont les flux d'ondes longues orientés vers le haut, K , P_0 et P sont les flux de chaleur non radiatifs (source: référence citée en note 64 p. 210).

⁶⁸ "Greenhouse effect in semi-transparent planetary atmospheres", F. M. Miskolczi, *Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Society*, vol. 111, n° 1, Jan.-March, 2007.

Le schéma de la figure 25 représente de manière stylisée la même structure que celle, imagée, de la figure 24, mais il a rendu explicite les deux interfaces qui délimitent la basse atmosphère. La surface terrestre délimite la partie inférieure de l'atmosphère, et la limite supérieure de l'atmosphère est définie par celle où les échanges thermiques ne sont plus que radiatifs, en gros au niveau supérieur de la tropopause. Pour éviter les confusions, notons qu'à la figure 25, le flux solaire est représenté à droite, alors qu'il est à gauche à la figure 24. Par contre K représente au centre de la figure 25 un flux de chaleur non radiatif. Enfin, F_0 est le flux solaire entrant. Le premier principe de la thermodynamique, la loi de conservation de l'énergie, donne deux relations entre les flux représentés à la figure 25, une pour chaque interface de l'atmosphère. L'hypothèse adiabatique n'est pas explicitement faite dans cette démarche, mais comme elle a donné des résultats réalistes, ils devraient être retrouvés à partir de ces considérations théoriques plus fines. Commence alors le travail d'analyse. La première étape consiste à chercher des relations particulières entre ces flux, sachant qu'ils sont tous dépendants du flux solaire F_0 et doivent donc entretenir des relations physiques de cause à effet les uns avec les autres. Miskolczi, découvre deux relations qui sont vérifiées pour une grande plage de température (-40°C à 37°C) et de lieux de mesures. Elles sont illustrées à la figure 26 ci-contre.

Ces mesures sont valables sous divers climats des tropiques aux pôles, de jour comme de nuit. Il en va donc de même pour les relations qu'elles entretiennent, ce qui laisse entendre que les mêmes phénomènes physiques opèrent en divers lieux et sous diverses conditions atmosphériques. La relation supérieure de la figure 26 s'interprète comme une conséquence de l'équilibre thermodynamique local, hypothèse courante sur la dynamique locale de l'atmosphère. L'autre courbe vient renforcer le constat déjà fait dans le cadre du modèle adiabatique qu'en basse atmosphère, les échanges de chaleur dominants sont de nature convective. Elle s'interprète physiquement par des arguments liés au fait que la

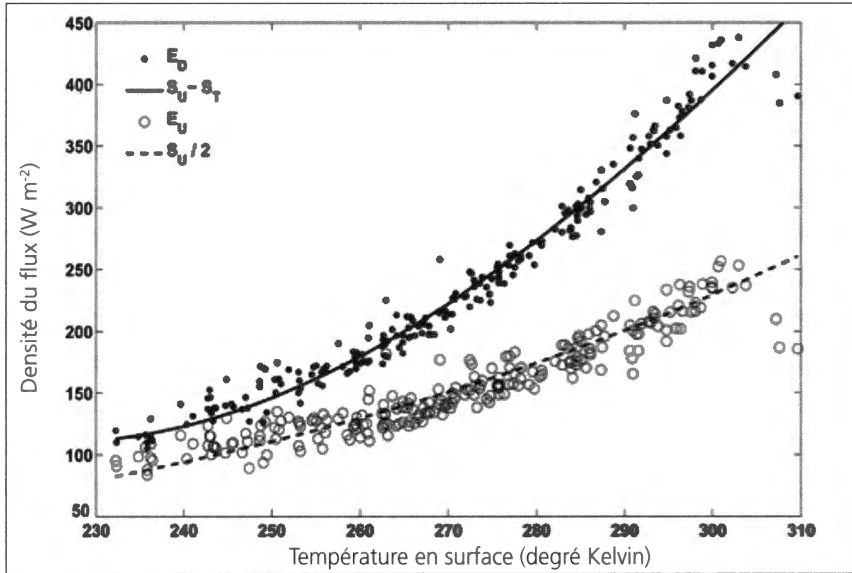


Figure 26: dépendance des flux E_D et E_U en fonction de la température. Les courbes continues et pointillées représentent la dépendance des valeurs de $S_U - S_T$ et $S_T/2$ et $S_U/2$ en fonction de la température (calculées par ajustement optimal). Ces deux graphiques montrent donc bien les relations $E_D = S_U - S_T$ et $E_U = S_T/2$ (source: référence citée en note 69 p. 212).

basse atmosphère est un gaz soumis aux forces de gravitation⁶⁹ et qu'à ce titre, il obéit aux lois de l'hydrostatique qui déterminent les profils de pression et de température atmosphériques semblables à ceux qui sont à la base du modèle adiabatique. Le premier résultat important de la théorie de Miskolszi est de retrouver une relation clé observée empiriquement par les climatologues, le fait que l'atmosphère retient un tiers des radiations émises par la Terre⁷⁰. Seulement, il ne s'agit plus d'une valeur expérimentale

⁶⁹ L'article original de Miskolszi invoque le théorème du Viriel de manière assez lapidaire, mais ce point a été précisé dans "Note on the Miskolszi theory", N. Van Anel, *Energy and Environment*, vol. 21, n° 4, 2010, analyse qui a fait l'objet d'une communication à l'Institut météorologique hollandais (KNMI).

⁷⁰ La relation est $g = (S_U - \text{OLR}/S_U) = 1/3$ et a été donnée sans explication dans "Frontiers In Climate Change", J.T. Kiehl, V. Ramanathan, Cambridge University Press, 2006, chapitre 5, § 5.4, p. 134.

susceptible d'évoluer avec l'augmentation des émissions de CO_2 , mais d'une valeur stable et établie à partir de considérations physiques claires, qui n'a pas changé après plusieurs siècles d'émissions de CO_2 d'origine humaine. Ce facteur est donc une caractéristique du système atmosphérique et donc des grands paramètres qui régissent son bilan énergétique, en l'occurrence les flux F_0 et P_0 . Cette conclusion rejoint l'observation que Miskolszi a faite dans ses premières analyses sur la capacité de l'atmosphère à absorber de l'énergie radiative sur toute son épaisseur, ce qu'on appelle la profondeur optique. Si la théorie prévoit un facteur de rétention des radiations terrestres d'un tiers, la valeur de sa profondeur optique doit être aussi stable. C'est ce que montrent les analyses des mesures qu'il a considérées, représentées à la figure ci-dessous.

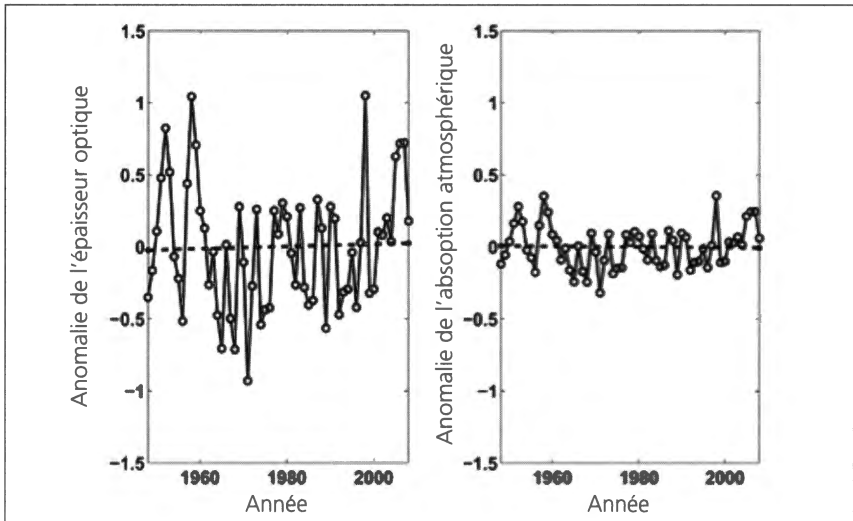


Figure 27 : variation temporelle de l'anomalie d'absorption (A_A fig. 25) et de la profondeur optique dans les séries temporelles du NOAA NCEP/NCAR⁷¹. Les lignes pointillées sont les tendances. Les moyennes temporelles sur 61 ans sont de $\tau = 1,868754$ et $A = 0,84568$.

⁷¹ National Oceanic Atmospheric Administration : www.noaa.gov/

Les graphiques ci-dessus présentent de grandes oscillations parce que l'échelle verticale qui mesure la variation des grandeurs considérées est très fine. Mais dans les deux cas, tant la profondeur optique que l'anomalie d'absorption oscillent dans une bande de + 1 %. Les valeurs sont donc en remarquable accord avec les prédictions de Miskolszi, son calcul de la profondeur optique τ variant entre 1,868 et 1,873 selon les bases de données atmosphériques utilisées ! Venons en maintenant à l'explication du nom donné à ce modèle, pourquoi ce nom d'effet de serre saturé ? Parce que les mesures montrent que la concentration moyenne de vapeur d'eau dans l'atmosphère varie de manière à maintenir l'atmosphère autour d'un point de fonctionnement stable qui correspond à un maximum de dissipation de chaleur. C'est en ce sens que le fonctionnement de l'atmosphère est saturé. En d'autres termes, ce point de fonctionnement correspond à celui où l'atmosphère minimise son énergie interne⁷². Que s'y passe-t-il, selon ce modèle, lorsqu'elle est soumise à un accroissement des émissions de CO_2 ? On s'attend alors à ce que la concentration de vapeur d'eau varie de telle manière à permettre à l'atmosphère de se maintenir à ce point de fonctionnement optimal, c'est-à-dire la valeur de sa profondeur optique. C'est ce qui ressort de mesures comme le montre la figure page suivante.

On observe bien que, sur la période de temps considérée, la concentration de vapeur d'eau dans le graphique du milieu a une nette tendance à décroître, tandis que celle de CO_2 augmente dans le graphique de droite⁷³. Observons au passage que la corrélation entre l'évolution temporelle des anomalies de température et de la concentration de CO_2 plaide en faveur de « l'Effet de serre ». Les deux augmentent de concert. Mais on en sait désormais

⁷² Ce qui est une condition de stabilité pour un système thermodynamique hors équilibre. L'atmosphère en est un.

⁷³ Toutefois, la fiabilité des données relatives à la variation de la concentration de la vapeur d'eau fait encore l'objet de controverses.

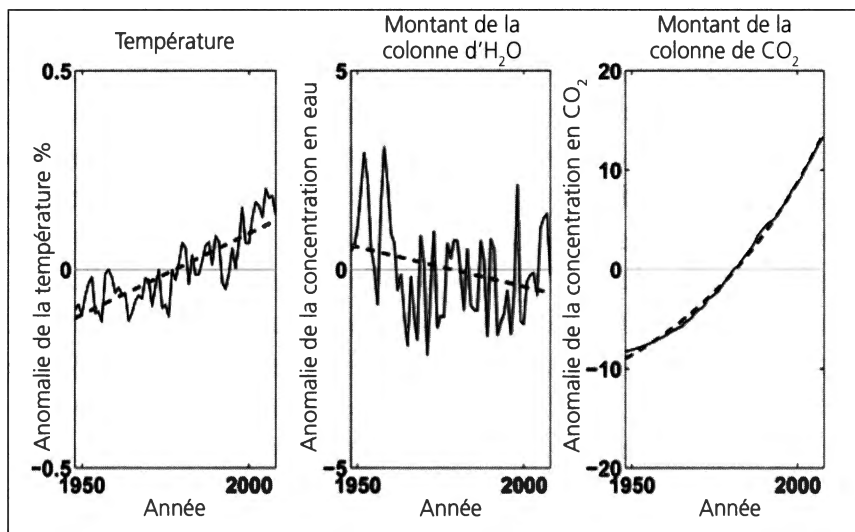


Figure 28 : évolution des anomalies de température, de concentration d'eau et de CO_2 (même source que celle de la figure 27). Les lignes pointillées correspondent aux valeurs moyennes annuelles.

assez pour ne voir dans cette corrélation qu'un phénomène de nature pastafariste. On verra plus loin que le soleil et mieux encore, l'environnement planétaire de la Terre, y sont vraiment pour quelque chose. Et dans la théorie de Miskolczi, les seuls paramètres qui peuvent influencer l'effet de serre saturé sont les grandeurs F_0 et P_0 qui se réfèrent à l'environnement naturel du système atmosphérique.

Un dernier argument en faveur de la thèse de l'effet de serre saturé est donné par une expérience grandeur nature, la réponse du système atmosphérique au phénomène El Niño de 2006. El Niño est un phénomène météorologique qui doit son nom à la tendance observée autour de Noël (naissance d'El Niño, littéralement «courant de l'Enfant Jésus»!) tous les trois à cinq ans d'un réchauffement à grande échelle de l'eau de l'océan Pacifique équatorial. Chaque fois qu'il se produit, ce phénomène cause des catastrophes majeures, sécheresses, inondations et tempêtes dont les dégâts se chiffrent à plusieurs dizaines de milliards de dollars.

La Niña correspond au phénomène inverse, celui du refroidissement à large échelle dans la même région du pacifique. Le phénomène El Niño a été observé entre 1997 et 1998. Son impact sur la température terrestre a été mesuré pendant et après son action. Ce n'est pas une perturbation climatique globale peut-être, mais c'est un événement météorologique majeur qui doit permettre de tirer des conclusions générales sur le comportement physique de l'atmosphère. C'est ce qu'on cherche et, en comparant l'évolution mesurée d'un profil de température représentatif à trois scénarios types représentés à droite sur la figure ci-dessous, il apparaît clairement que l'atmosphère a donné un feedback négatif à l'augmentation de température associée au phénomène El Niño.

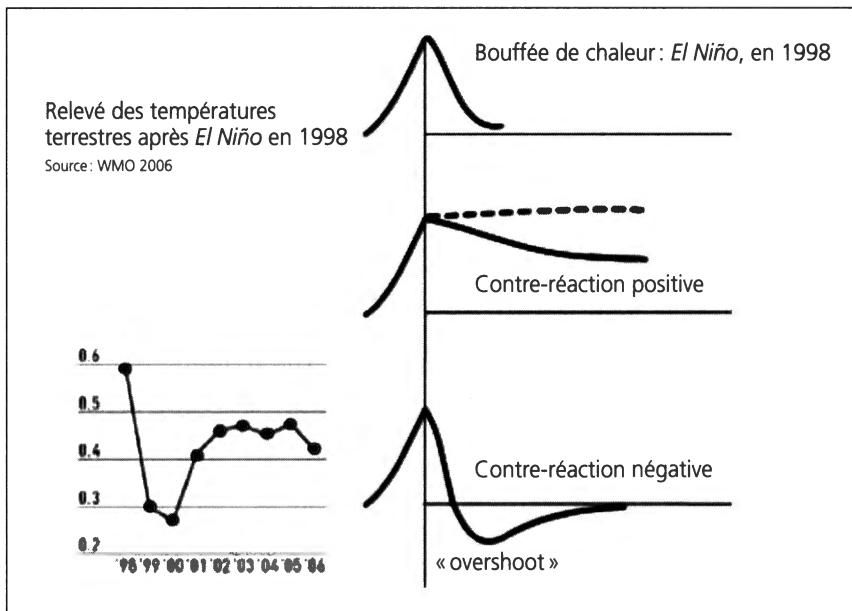


Figure 29 : à gauche est donnée l'évolution d'une température terrestre représentative (WMO : World Meteorological Organization) après le passage d'El Niño. À droite sont présentées les réponses types de divers systèmes (source : www.pensee-unique.fr)

À l'échelle du phénomène El Niño, l'atmosphère s'est manifestement opposée à une variation de température, plus qu'elle ne l'a

amplifié. C'est donc un comportement qui témoigne de la stabilité de l'atmosphère aux variations de températures.

Terminons la présentation de ces modèles alternatifs en évoquant brièvement un article de physique théorique qui montre comment le système climatique peut être modélisé à partir des équations et principes de la thermodynamique hors équilibre. Cet article n'est pas un développement théorique de la théorie de l'effet de serre saturé. Il montre, à partir de réflexions fondamentales, ce que la climatologie peut gagner à la fois en clarté en adoptant ce genre d'approche. La démarche suivie y est au fond inverse de celle qui a conduit aux sophistications de la théorie de « l'Effet de serre ». Elle commence par bien définir le problème global. On a vu la difficulté à définir la notion de température globale pour les systèmes thermodynamiques hors équilibre. Or, l'auteur affirme que ses résultats *« peuvent fournir des concepts utiles pour la compréhension des propriétés globales d'un système statistique paradigmatique hors équilibre comme le climat. Il peut proposer des tests cruciaux pour la définition de métriques et d'outils de diagnostic pour la validation de modèles climatiques. En effet, comme la deuxième loi est aussi fondamentale que la 1^{re} loi, il est proposé que des paramètres macrothermodynamiques comme l'efficacité thermodynamique, les températures équivalentes de Carnot, la production d'entropie et la destruction d'énergie du système soient considérées avec autant de soin que les propriétés d'équilibre énergétique pour définir les caractéristiques de base du système climatique, les résultats des modèles climatiques, comme aussi pour fournir une mesure rigoureuse du changement climatique. Notons que ces résultats s'appliquent tout aussi bien aux propriétés thermodynamiques d'un fluide enveloppant un système planétaire général (...). Cet effort pose un défi additionnel, comme les schémas numériques sont responsables de produire une entropie douteuse, notre approche peut aussi être utile pour établir des stratégies pour améliorer les structures de base des*

modèles climatiques. »⁷⁴ Dans cet extrait, la production d'entropie douteuse est une allusion à l'argument qui a permis d'établir que « l'Effet de serre » n'est que le produit d'un algorithme sans réalité physique. Cet article jette les bases pour mieux fonder les modèles de climat. C'est ce qui est évoqué à propos des métriques et stratégies pour améliorer les modèles. Une métrique bien définie permet de savoir de quoi on parle et ce qu'on mesure. C'est quand même ce qui a manqué à la climatologie de « l'Effet de serre » et manque encore à la climatologie en général. Cela dit, la disparition de « l'Effet de serre » ne laisse pas la science du climat en plein désarroi. Au contraire, les perspectives ouvertes par ces approches alternatives sont riches, cohérentes et certainement perfectibles. Davantage que le climat, la climatologie se trouve peut-être dans une situation de basculement. En sciences, c'est du déjà vu. Maintenant, que ce basculement soit politiquement correct ou non est une autre affaire. Quoi qu'il en soit, les causes des variations climatiques sont désormais à chercher dans les paramètres externes au système Terre – atmosphère, symbolisés par F_0 et P_0 dans les modèles de Miskolszi. P_0 est en général considéré comme négligeable, reste alors F_0 qui représente le rayonnement solaire incident. Dans le modèle de Miskolszi, ce flux incident peut être modulé par l'effet d'albédo, qui mesure la proportion de flux solaire incident réfléchi par les nuages d'altitude. Comprendre comment ce flux varie, comment les nuages d'altitude l'influencent nous envoie dans le camp des « solaristes », une sous-classe de climatosceptiques.

⁷⁴ “Thermodynamic efficiency and entropy production in the climate system”, Valerio Lucarini, Phys Rev E 80, 2009.

3.6 Les cycles et humeurs du soleil mènent le bal

Le rôle du soleil dans les changements climatiques a déjà été documenté au chapitre 3.2.4 pour les échelles de temps très longues, avec le fait que les reconstructions paléoclimatiques de température et de concentration de CO_2 reproduisent remarquablement les cycles de Milankovic. Mais l'échelle de temps où on les observe est le millénaire, ils concernent donc d'assez loin les vicissitudes humaines. Néanmoins, d'autres cycles solaires sont observés à l'échelle humaine. C'est le cas des cycles de Schwabe qui se déroulent sur des périodes d'environ onze ans. Ils se manifestent par une variation de l'activité de la surface du soleil facilement observable, notamment des éruptions solaires qui provoquent d'importantes variations de champ magnétique et projettent des flux de particules dans toute la galaxie. En matière de changement climatique, ces cycles sont intéressants car une bonne corrélation existe entre leur durée et l'anomalie de température observée sur cette durée⁷⁵. Au passage, le graphique de la figure ci-dessous montre le manque de corrélation entre cette mesure d'anomalie de température et la concentration de CO_2 .

Une autre étude confirme les observations présentées ci-dessus sur une période qui remonte jusque vers 1610⁷⁶. Ce sont des corrélations, il reste à en expliquer les mécanismes sous jacents, un piège pastafariste étant toujours possible. L'hypothèse d'une interaction entre le flux de rayons cosmiques émis pendant ces cycles⁷⁷ et la couverture nuageuse d'altitude, dont l'effet sur le

⁷⁵ "Length of the solar cycle: an indicator of solar activity closely associated with climate", E. Friis-Christensen, K. Lassen, *Science*, 192, 1991.

⁷⁶ "Variability of the solar cycle length during the past five centuries and the apparent association with terrestrial climate", K. Lassen. E. Friis-Christensen, *J. Atmos. Terr. Phys.*, 57(8), 1995.

⁷⁷ Rayonnement de très haute énergie qui se trouve tout à droite du spectre des ondes électromagnétiques de la figure 3.

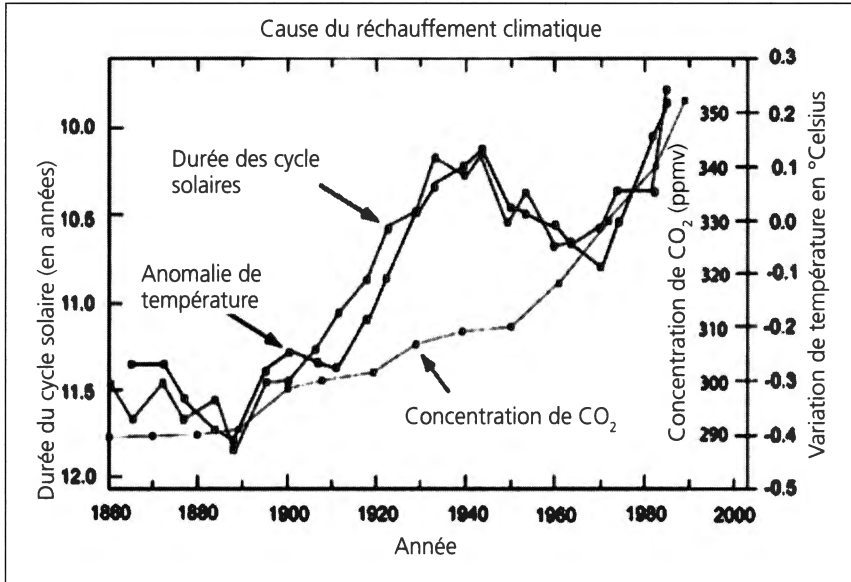


Figure 30 : l'évolution de concentration de CO₂ est comparée à des données caractéristiques des cycles solaires et de l'anomalie de température qui s'y rattache (source : www.pensee-unique.fr).

climat est connu, a rapidement été émise. Au titre de corrélations encore, les valeurs annuelles moyennes de la couverture nuageuse totale avec la valeur moyenne annuelle de l'intensité de rayons cosmiques – composés en grande partie de protons – en présentent de très significatives⁷⁸. Ces constats ne donnent pas encore une explication physique de l'interaction entre ces cycles et l'évolution du climat, mais s'en rapprochent. Les éléments d'un possible mécanisme sont déjà mis en scène : il s'agit de l'interaction du rayonnement cosmique avec la production de nuages d'altitude. Reste alors à voir s'il est possible d'associer un mécanisme physique à cette corrélation. L'enjeu est double. Il s'agit non seu-

⁷⁸ “What do we really know about the Sun-climate connection?” Eigil Friis-Christensen, Henrik Svensmark, disponible sur le site www.scienceand-publicpolicy.org

lement d'asseoir la physique du phénomène, mais en plus d'expliquer comment de légères variations d'un flux des rayons cosmiques parviennent à induire des effets macroscopiques comme la variation, même de quelques pour-cents, des couches nuageuses d'altitude. Cette conjecture fait entrer la climatologie de plain-pied dans le champ de la physique des particules et c'est effectivement au CERN (Centre européen de recherche en physique nucléaire), qu'une expérience commence à apporter des éléments de réponse déterminants sur l'existence de cette interaction. Habilement nommée, l'expérience s'appelle CLOUD (Cosmics Leaving Outdoor Droplets). Mais c'est par hasard que ces chercheurs se sont trouvés pris dans la tourmente du climatoscepticisme. Initialement, elle n'a pas été pensée pour venir déstabiliser la théorie de « l'Effet de serre » mais seulement pour étudier un phénomène météorologique, la possibilité d'un lien entre les rayons cosmiques et la formation de nuages. Le dispositif est constitué d'une chambre à brouillard traversée par un accélérateur à protons, qui reproduit le flux de rayons cosmiques. Cette expérience est la première application d'un accélérateur de particules aux sciences de l'atmosphère. L'intuition de base est que ce flux de particules ait une influence sur la couverture nuageuse par la formation d'aérosols, ce sont de minuscules particules qui constituent le germe des gouttelettes qui forment les nuages. Et récemment l'équipe qui travaille sur cette expérience a fait paraître un article⁷⁹ qui donne des éléments d'explication très prometteurs sur l'existence de cette interaction : *« Parmi les questions les plus déroutantes du changement climatique, la question de la variabilité soleil – climat est celle qui a attiré l'attention des scientifiques depuis plus de deux siècles. Jusqu'à il y a peu, même l'existence de variabilité solaire a été controversée, peut-être parce que les observations avaient large-*

⁷⁹ Par Jasper Kirkby Published in *Surveys in Geophysics* 28, 333-375, (2007).

ment impliqué des corrélations entre le climat et le cycle de tâche solaires seulement sur quelques décades. Cependant, ces dernières années, diverses reconstructions des changements climatiques passés ont révélé des associations claires avec les rayons cosmiques enregistrées dans les archives des isotopes d'origine cosmique, fournissant une forte évidence pour une influence solaire ou cosmique sur le climat. Cependant, malgré l'évidence croissante de son importance, il est vraisemblable que la variabilité soleil – climat reste controversée jusqu'à ce qu'un mécanisme physique soit établi. Bien que ce point reste un mystère, des observations suggèrent que la couverture nuageuse peut être influencée par les rayons cosmiques, qui sont modulés par le vent solaire, et sur des échelles de temps plus longues par le champ géomagnétique et par l'environnement galactique de la Terre. Deux classes de mécanismes microphysiques sont proposées pour connecter les rayons cosmiques avec la formation de nuages : premièrement, une influence des rayons cosmiques sur la production de noyaux de condensation de nuages ; deuxièmement, une influence des rayons cosmiques sur la circulation électrique globale dans l'atmosphère et en conséquence sur la nucléation de glace et d'autres processus microphysiques de formation de nuages. Des progrès considérables ont été faits ces dernières années sur la compréhension des processus ion-aérosol-formation de nuages et les résultats suggèrent un lien physique plausible entre les rayons cosmiques, les nuages et le climat. Cependant, un effort concerté est maintenant requis pour mener définitivement à terme des mesures de laboratoire de ces processus physiques et chimiques et pour évaluer leur importance climatique avec des observations appropriées et des études de modélisation. » La conclusion est prudente, mais ajoutée aux faisceaux d'indices qui précèdent, elle vient renforcer l'idée, assez élégante, d'un soleil et plus généralement d'un environnement galactique qui mène le bal. La figure 31 (cf. page suivante) en donne une illustration. Elle représente, de manière

assez qualitative, l'accroissement de température moyenne depuis les débuts de la Révolution industrielle jusqu'à 2100.

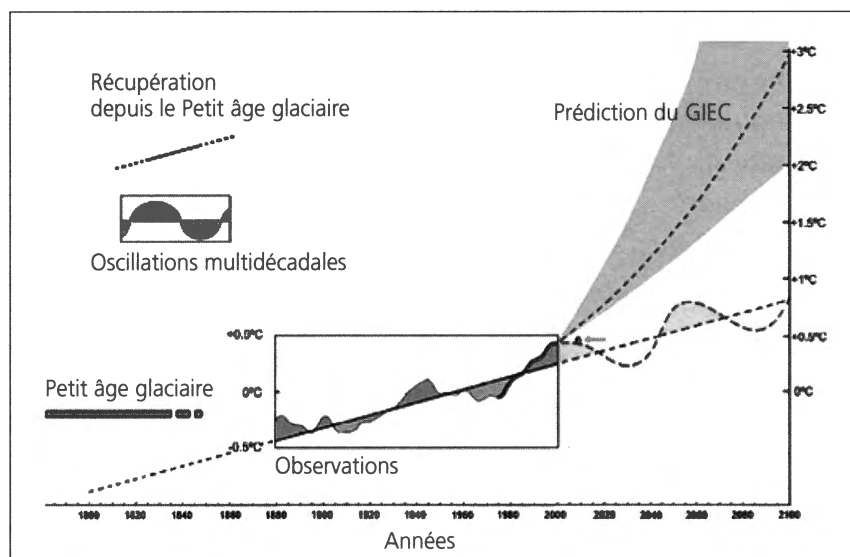


Figure 31 : évolution du climat selon le prof. Syun-Ichi Akasofu, International Arctic Research Center University of Alaska Fairbanks (source : http://people.iarc.uaf.edu/~sakasofu/little_ice_age.php)

La partie historique du diagramme fait apparaître l'effet de la sortie du petit âge glaciaire combiné avec des oscillations multi-décennales de la température de surface des océans. La suite du diagramme présente des extrapolations de cette tendance naturelle avec la fourchette de scénarios de réchauffement produite par le GIEC. La flèche en haut à droite du carré entourant les observations indique l'état de réchauffement actuel du climat. Selon ces analyses, l'écart entre les prédictions du GIEC et la tendance causée par la combinaison des phénomènes naturels envisagés devrait donc s'accroître. Beaucoup d'analyses de ce genre prévoient à moyen terme un refroidissement du climat sous l'effet de ces oscillations multidécennales. Le petit âge glaciaire c'est, avec l'optimum médiéval, les périodes que l'équipe de hockey de Michael

Mann avait éliminés grâce à des méthodes de travail en marge des bonnes pratiques scientifiques, voire simplement frauduleuses. On a vu (cf. figure 18 p. 193) qu'il est possible de les retrouver en rectifiant la démarche. Selon le prof. Akasofu, « *le changement climatique depuis les cent dernières années ou presque a été discuté de manière intensive par le GIEC et bien d'autres en termes d'effet de serre causé par les émissions humaines de CO₂. Cependant, il est regrettable que le GIEC ne se focalise que sur les cent dernières années et en particulier après 1975, en ignorant simplement le petit âge glaciaire (PAG), et la récupération linéaire du PAG, ainsi que la superposition des oscillations multidécadales. Les rapports du GIEC ont établi que la température globale moyenne a augmenté d'environ 0,6°C durant les cent dernières années et que la plus grande part de cet accroissement après le milieu du dernier centenaire était dû à l'effet de serre causé par l'homme. Cependant, sur la base de ce survol, on montre que la Terre se réchauffe depuis environ 1800-1850 jusqu'en 2000 à un taux approximativement identique. Donc il n'y a pas de preuve que la plupart du réchauffement après 1975 soit dû à l'effet de serre causé par l'homme. C'est simplement leur hypothèse (...). Les causes naturelles sont presque ignorées dans les études du GIEC (sauf celles, évidentes, dues aux variations d'ensoleillement et à l'activité volcanique). Les résultats de ce papier montrent que les changements naturels sont substantiels et qu'il n'y a rien d'inhabituel dans les augmentations actuelles de température.* »⁸⁰ Les causes de ces oscillations ne sont pas encore toutes comprises, ni leur éventuelle interaction avec les mécanismes décrits précédemment comme

⁸⁰ Extrait tiré de "Two Natural Components of the Recent Climate Change" par Syun-Ichi Akasofu, dans une note du 30 mars 2009 disponible sur people.iarc.uaf.edu/~sakasofu/natural_components_climate_change.php. Un article en a récemment été tiré : "On the recovery from the little ice age", *Natural sciences*, vol. 2 n° 11, nov. 2010.

l'effet Iris de Richard Lindzen, les cycles de Schwabe, le rayonnement cosmique. Mais l'image qu'ils donnent de l'atmosphère restitue sa dynamique dans un contexte géophysique que l'homme peut continuer de questionner, comprendre, sans nécessairement s'imaginer le perturber ni l'avoir totalement sous contrôle. C'est donc sous un ciel moins lourd de menaces et d'ambitions que les hommes peuvent se consacrer à ce qui, ne l'oublions pas, a été le point de départ du catastrophisme climatique : une crainte de nature malthusienne sur la dégradation de l'environnement causé par le développement des sociétés industrielles. Sur ce point, rien à redire. Terminons alors par quelques mots sur ce qui est au cœur du catastrophisme climatique, la promotion de plans de sauvetage planétaire destinés à faire transiter les sociétés industrielles vers un avenir plus durable et moins dépendant des énergies fossiles. Même débarrassée de cette grande peur dans le ciel, l'affaire mérite d'être analysée, ne serait-ce que pour montrer qu'il est temps de distinguer « durabilité » de durabilité, comme on vient de le faire pour « l'Effet de serre ».

Faut-il jeter les plans de sauvetage climatiques avec « l'Effet de serre » ?

« Nous tenons certains de nos avantages les plus particuliers et les plus transitoires pour naturels, permanents et dignes de foi, nous traçons nos plans en conséquence; c'est sur cette base erronée et mouvante que le sable que nous établissons nos projets d'amélioration sociale. »

J.M. Keynes

EN BREF

Non, il ne faut pas jeter les plans de sauvetage avec « l'Effet de serre ». Rappelons que dans les années 70, l'alerte sur les dérives de l'industrialisation a précédé l'invention de la climatologie et actuellement personne ne conteste les menaces globales qui pèsent sur l'environnement. Bien, mais ces plans de sauvetage y répondent-ils au moins en partie ? Oui, « Effet de serre » ou pas, le principe de mettre un prix aux émissions de CO₂ revient simplement à taxer la consommation des ressources fossiles. Augmenter leur prix, est-ce utile ? Dans la logique du GIEC oui, car la finance carbone doit financer l'émergence de systèmes énergétiques indépendants des ressources fossiles. Le sujet est chaud. Seulement, l'examen des scénarios de consommation montre qu'ils supposent l'existence de ressources équivalents plusieurs planètes, donc complètement irréalistes. Comment cela est-il possible ? La réponse est à

trouver du côté des instances économiques qui établissent ces estimations. Par principe optimiste et déconnectées des réalités de l'exploitation, c'est sous la pression des événements qu'elles ont fini par admettre l'existence de limites à l'exploitation des énergies fossiles. Ce n'est pas de l'analyse économique que viendra une quelconque anticipation. Le pic pétrolier est une des premières grandes manifestations de la fin de l'économie minérale. Après ce pic de production viendront d'autres pics de production minière. L'alternative est claire : élan prométhéen ou gestion de la décroissance. Refuser de s'intéresser aux deux termes de l'alternative est une posture obscure. Penser que les « solutions renouvelables » sont une voie du milieu est une illusion. La transition énergétique qui se présente est une étape historique. Par définition, elle échappe à toute prévision économique, ce qui, réflexion faite, peut aussi être perçu comme libérateur.

Le succès que connaît encore « l'Effet de serre » n'est pas dû qu'à la machinerie médiatique et aux intérêts politico-économiques qui le portent. Elle existe, sert des intérêts et se bat contre d'autres qui usent de la même machinerie. Un jeu s'installe par nécessité d'organiser la société, effet du formatage et force de l'habitude. Mais cette machinerie ne peut qu'amplifier des rumeurs, des craintes et des espoirs, qui parfois accèdent au statut de grand récit fédérateur. Elle n'en crée pas. Pour comprendre le succès de « l'Effet de serre », il faut se rappeler qu'à l'origine, dans les années 70, le besoin de lancer des alertes globales répondait au constat que *« tant que les peuples du monde ne peuvent pas commencer à comprendre les immenses et durables conséquences de ce qui apparaît comme de petits choix – creuser un puits, ouvrir une route, construire un grand avion, installer un réacteur à neutrons rapides, relâcher des produits chimiques dans l'atmosphère ou décharger des déchets sous forme concentrée dans les mers – la planète entière peut être*

*menacée...*¹ L'inquiétude, on le sait, a précédé le catastrophisme climatique. Politiquement c'est bien vu, car il n'est pas raisonnable de fermer les yeux sur l'éventualité de menaces planétaires. On a aussi vu où pouvait mener la tentation de pervertir les sciences au nom de ces menaces. Cela dit, jeter les plans de sauvetage climatique avec « l'Effet de serre » au prétexte que ce dernier est fictif serait faire preuve d'irresponsabilité. Les menaces planétaires comme la dégradation des ressources naturelles ne disparaissent pas parce que la climatologie s'avère être de la mauvaise science. Aux yeux du grand public, le plus grand tort que les dérives de la climatologie peuvent faire à la cause environnementale c'est de discréditer toutes les sciences dans leur capacité à décrire ces menaces et suggérer des pistes pour y faire face. Les plans de sauvetage planétaire ont un but, et il faut donc plutôt chercher à en comprendre la logique, puis, comme cela a été fait pour « l'Effet de serre », à en relever les incohérences, s'il y en a...

4.1 Sans « Effet de serre », à quoi bon mettre un prix aux émissions de CO₂ ?

Dans la logique de ces plans, « l'Effet de serre » a en effet pour fonction d'occuper les esprits avec des messages simples et forts qui préparent à accepter et à s'adapter à des plans d'urgence, sans trop y réfléchir. En économie comme en politique, « l'Effet de serre » a une fonction marketing : il transforme les émissions de CO₂ en polluant qu'il faut à tout prix combattre. Que l'affirmation soit fondée scientifiquement ou non n'est ni de leur responsabilité, ni de leur compétence. La leur est de faire des choix parmi les alternatives qui se présentent. Or, d'un point de vue scientifique, il y a eu erreur, manipulation et donc abus de confiance. Dès le début des années 2000, un des climatologues les plus réputés n'a pas hésité à faire connaître son opinion sur cette dérive dans un grand

¹ Cf. p. 64, la déclaration de Margaret Mead faite à la grande conférence sur l'atmosphère en danger, en 1975.

quotidien américain: *«La Science est communément utilisée, auprès du grand public, comme source d'autorité avec laquelle on peut réduire au silence ses opposants politiques et mettre en place une propagande auprès de nos concitoyens peu informés. C'est ce qui a été fait avec les rapports du GIEC et de l'Académie des Sciences.»*² Cet article a suivi à la publication d'un rapport sur le réchauffement climatique de l'Académie des sciences américaine dont l'auteur était membre. On a évoqué les enjeux de cette manipulation en première partie. La plupart des articles scientifiques qui ont conduit, dans les deuxième et troisième parties, à démontrer que «l'Effet de serre» n'avait pas d'existence physique ont été publiés après 2001 et sont venus étayer ce jugement sévère de Richard Lindzen. Toutefois, comme le constat sur les menaces planétaires a précédé l'alerte, ces plans de sauvetage méritent d'être examinés indépendamment de «l'Effet de serre» qu'ils sont censés combattre. Et ce qu'on va voir, c'est que lorsqu'on les soumet à un petit examen de réalisme scientifique, ce n'est pas une autre tentative de manipulation des sciences naturelles qu'on découvre, mais les charmes mystificateurs de l'analyse économique. La pertinence de ces plans de sauvetage vient de ce qu'ils mettent le doigt sur la dépendance des sociétés industrielles aux ressources fossiles, leur faiblesse de ce qu'ils le font avec un manque de réalisme qu'il faut essayer de documenter et d'expliquer.

L'économie mondiale dépend massivement du pétrole, du gaz et du charbon et leur combustion contribue pour près de 70 % aux émissions de gaz à «Effet de serre». L'idée de contrôler ou freiner l'augmentation de «l'Effet de serre» revient donc à contrôler ou freiner la consommation de ressources fossiles. Risque et opportunité de cette idée: déstabiliser l'économie mondiale pour l'orienter vers l'usage de ressources énergétiques moins dépendantes de ressources fossiles. Le risque doit être pris,

² “The Press gets it wrong: our report doesn't support the Kyoto treaty”, Richard D. Lindzen, *Wall Street Journal*, 11 juin 2001.

d'une manière ou d'une autre, car les ressources fossiles semblent déjà toucher à leur fin et la stabilité de l'économie mondiale pourrait s'en trouver sérieusement ébranlée. Même si elle n'existe que sur ordinateur, l'augmentation de « l'Effet de serre » est donc étroitement liée à la consommation d'énergies fossiles. Le moyen économique classique pour essayer de contrôler l'émission de polluants consiste à leur mettre un prix. Il y a en gros deux approches pour le faire : fixer le prix d'une quantité de CO₂ émise ou créer un marché qui le fixe. C'est l'objet du protocole de Kyoto³ dont les dispositions ont permis d'envisager une bourse mondiale des permis d'émission de CO₂ estimés à plusieurs centaines voire milliers de milliards de dollars et des commissions associées aux transactions de plusieurs milliards de dollars. Bref, largement de quoi exciter toutes sortes d'intérêts, plus ou moins sensibles aux menaces écologiques à long terme. Sur le plan financier, la légende de « l'Effet de serre » a donc un poids plus que respectable. Il est toutefois vrai que l'échec de la conférence de Copenhague en décembre 2009 a donné un coup de frein à l'essor de ces affaires. Une institution pionnière dans la finance carbone a discrètement annoncé à l'automne 2010 son intention de cesser son activité⁴, sur fond de fraude massive et de marché déprimé. D'aucuns n'y verront qu'une maladie de jeunesse. Cette institution pionnière n'a en effet été créée qu'en 2000. Dix ans c'est assez jeune pour une institution qui doit se positionner à l'horizon 2100. D'autres par contre y verront l'échec d'un impossible mariage entre une finance spéculative, qui se nourrit de coups de poker et de changements perpétuels, et une écologie de longue haleine, plutôt étrangère aux mathématiques de la gestion de portefeuilles. Mais qu'importe après tout, pour quelles raisons mettre un prix aux émissions de CO₂ si « l'Effet de serre » n'existe pas ? Aucune effectivement, si on s'en

³ Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, disponible sur unfccc.int/resource/docs/convkp/kpfrench.pdf

⁴ Le Chicago Climate Exchange (CCX), selon lapresseaffaires.cyberpresse.ca/bourse/201011/17/01-4343428-bourse-du-carbone-a-chicago-la-mort-dun-pionnier.php

tient au discours climatocatastrophique dominant. De même, il n'y a pas non plus de raison d'enfouir le CO₂ au titre qu'il réchaufferait l'atmosphère. Ce serait de l'énergie et de l'argent gaspillés. Cela dit, si on oublie cette dérive scientifique, et laisse les climatologues arranger leurs problèmes entre eux, ces plans de sauvetage planétaire apparaissent comme d'ambitieux plans de transition énergétique alimentés par des pompes à finance branchées sur la consommation d'énergies fossiles. À l'heure où une expression comme «pic pétrolier» est devenue populaire et se présente de plus en plus comme une des premières grandes manifestations de la fin des énergies fossiles, pas besoin du catastrophisme de «l'Effet de serre» pour s'y intéresser ! Dans cette optique, mettre un prix aux émissions de CO₂ revient simplement à taxer une source d'énergie pour favoriser le développement d'alternatives. Si les émissions de CO₂ d'origine humaine ne polluent plus, leur mise à prix ne perd pas son sens. Elle s'interprète comme une taxe sur des ressources stratégiques. De climatique, l'affaire devient énergétique. Retour sur Terre.

4.2 Les scénarios d'émissions de CO₂ sont irréalistes, pourquoi ?

Par construction, ces plans de sauvetage du climat correspondent à des scénarios de développement économique au niveau mondial. Il ne peut s'agir que de tendances. Dans les bouquets de scénarios retenus par le GIEC, des options hautes, basses et médianes ont été envisagées, l'espoir étant que la réalité sera comprise dans la fourchette de valeurs qu'ils couvrent. Néanmoins, ce qui frappe dans ces scénarios c'est que tous supposent l'existence de ressources fossiles équivalant à plusieurs fois ce qui existe sur Terre⁵, ce qu'illustre la figure ci-contre.

⁵ "Validity of the fossil fuel production outlooks in the IPCC Emission Scenarios", Mikael Höök, Anders Sivertsson, Kjell Aleklett, Natural Resources Research, Volume 19, Issue 2, June 2010, Pages 63–81.

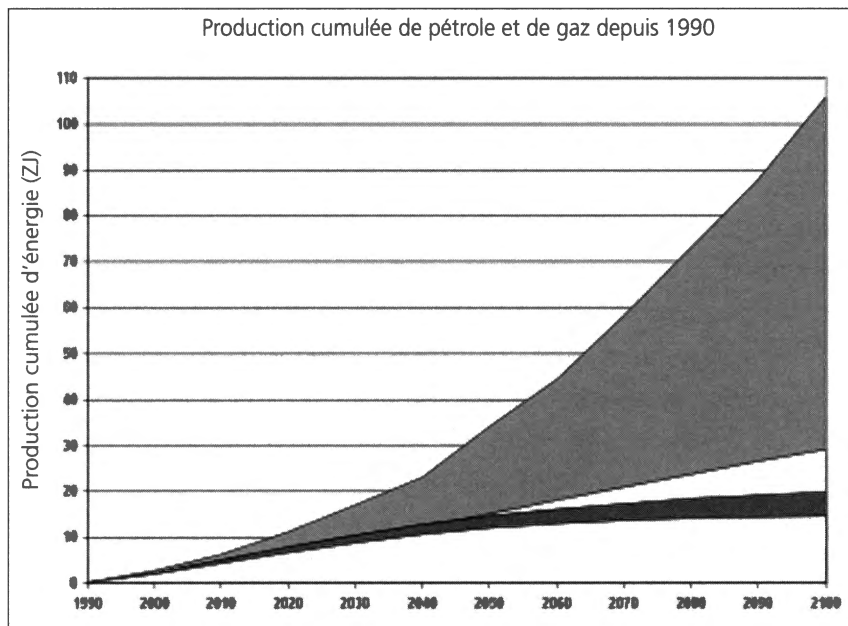


Figure 32 : illustration de l'écart considérable entre les scénarios réalistes et ceux retenus par le GIEC.

Comment un tel écart est-il possible ? Une réponse détaillée demanderait d'aller ausculter les théories et processus qui ont, dans un cas comme dans l'autre, conduit à ces deux fourchettes. Mais en un mot comme en mille, l'écart entre les scénarios du GIEC et les estimations de terrain vient du choc entre deux réalités qui actuellement s'ignorent quand elles ne s'excluent pas mutuellement : les réalités physique et économique. Deux mots permettent de comprendre ce qui les distingue : réserves et ressources⁶. Les nappes de pétrole qu'identifient les géologues dans certains sous-sols sont des ressources naturelles. Un baril de pétrole qui en est extrait représente un volume d'environ 159 litres de pétrole, grandeur mesurée avec les unités objectives des sciences naturelles, mais c'est aussi une réserve économique qui a la qualité d'être désirée par une société,

⁶ Le choix est arbitraire mais usuel.

ce qui est mesuré par un prix, grandeur qui n'a rien de naturel. Il se trouve qu'actuellement, les évaluations des ressources de pétrole et des réserves de pétrole sont faites de manière autonome et incohérente. Dans sa démarche, l'économiste n'a en principe aucun besoin des réalités et contraintes de la production. Il tend à admettre que la demande créera l'offre grâce aux forces du marché, que ce qui s'est passé jusqu'à présent se reproduira demain, que des dynamiques de régulations corrigent des fluctuations de prix et enfin que les réserves augmentent si leur prix augmentent. L'approche n'est pas illogique, mais insuffisante pour établir des estimations réalistes pour les réserves. Elle ne repose effectivement pas sur des lois, au sens des sciences naturelles, qui relieraient les variations de prix aux variations de réserves. Ce n'est pas trop grave tant qu'il y a abondance de ressources. Mais c'est quand elles se font rares que les écarts d'appréciation peuvent avoir de douloureuses conséquences. C'est ce risque qu'illustre tendanciellement le graphique ci-dessus. Les prévisions de consommation du GIEC semblent nettement trop optimistes. Elles ont été produites par son 3^e groupe de travail, sur la base d'études prospectives où celles de l'Agence internationale de l'énergie (AIE) ont une place déterminante⁷. Créée peu après le premier choc pétrolier des années 70, l'AIE est une agence d'analyse économique qui a pour mission d'être le chien de garde énergétique des pays de l'OCDE⁸. Elle délivre des analyses de référence sur le paysage énergétique mondial. Chaque année, ses Agendas énergétiques donnent le ton sur le sujet. Ce ton a notablement évolué ces dernières années. En 2006, elle prévoyait encore que la consommation de pétrole allait croître de 86 millions de barils par jour à

⁷ L'apport de l'AIE (www.iea.org/) est cité dans le rapport de 2007 du groupe de travail III du GIEC au § 4.4.2 sur les scénarios d'émissions de gaz à « Effet de serre ».

⁸ Organisation de coopération et de développement économiques, elle compte aujourd'hui 34 pays membres à travers le monde, de l'Amérique du Nord et du Sud à l'Europe, en passant par la région Asie-Pacifique.

116 millions en 2030. En 2008, sa prévision tombait à 106 millions, en 2009 à 105 millions, pour arriver actuellement à 96 millions de barils par jour, mais à l'horizon de 2035. Enfin, le directeur exécutif de l'AIE, Nubuo Tanaka, a rappelé récemment qu'en raison du déclin de la production des champs existants, il sera nécessaire de remplacer de 50 millions de barils par jour à l'horizon 2035 pour seulement maintenir la capacité de production actuelle. Cette capacité de production manquante à découvrir équivaut actuellement à près de quatre fois celle de l'Arabie saoudite. Ce pays est le plus gros producteur actuel et est encore considéré comme la banque centrale mondiale pour le pétrole. Quand la production d'un pays faiblit, on s'attend à ce qu'elle donne le change. Or, l'Arabie saoudite vient de créer un choc en annonçant très récemment sa volonté d'augmenter de près de 30 % ses puits d'extraction afin de maintenir son niveau de production⁹. Si la production de cette banque centrale faiblit, c'est la stabilité de la production mondiale qui est menacée. Voilà pourquoi au lieu de prévoir que ces 50 millions de barils par jour seront trouvés d'ici à 2035, l'AIE prédit actuellement une production en forme de plateau ondulant, oscillant autour de 68 millions de barils par jour vers 2035¹⁰. Tout chien de garde qu'elle soit, l'AIE donne l'impression de courir après des événements qui s'alignent plutôt sur la fourchette de scénarios inférieure de la figure 32.

La production pétrolière est une affaire de baignoire qui se remplit d'un côté, alimentée par le secteur des ressources, et se vide de l'autre, pompée par le secteur de la consommation des réserves. Les réserves, c'est ce qui est dans la baignoire et y flotte avec ce double statut de ressources et réserves prêtes à être exploitées¹¹.

⁹ Synthèse de communiqués de presse disponible sur : petrole.blog.lemonde.fr/2011/04/25/arabie-saoudite-deux-surprises-preoccupantes/

¹⁰ Ces données proviennent des Agendas énergétiques de l'AIE. La déclaration du directeur de l'AIE a été faite le 13 avril 2011 au Bridge Forum Dialogue au Luxembourg.

¹¹ On passe sur la distinction faite par les spécialistes de l'exploitation pétrolière entre réserve prouvée, probable et possible.

Ce double statut est donc facile à exposer, mais très délicat à gérer. Il s'agit davantage d'art et de savoir-faire que de science, car il y a d'un côté de la baignoire une science en quête d'objectivité qui s'efforce de chasser de ses considérations tout ce qui peut relever de la pensée magique et de l'autre une science, qui cherche au contraire à quantifier des désirs et des préférences qui en relèvent. Une grande part du malentendu entre sciences naturelles et économie de l'environnement provient donc des lunettes qu'on met pour observer ce qui se passe dans le processus de remplissage et d'exploitation de la baignoire. Les lunettes économiques s'intéressent à des faits que les binocles en verre minéral utilisés en sciences dures cherchent à évacuer. Deux paires de lunettes sont nécessaires pour saisir dans son ensemble la logique de fonctionnement de cette baignoire et ses limites. Les sciences naturelles mesurent et calculent avec des grandeurs étalonnées ; un mètre est un mètre, une seconde une seconde, etc. Ce sont des conventions qui permettent de définir et caractériser un objet. En économie, un prix est mesuré en unités monétaires. La particularité de ces unités est de ne pas se référer à une valeur étalon¹². De nos jours, les unités monétaires n'ont de valeur que relativement les unes par rapport aux autres. Mais le dollar a un rôle dominant dans les échanges internationaux. C'est notamment la monnaie dans laquelle le baril de pétrole brut est quotidiennement évalué en bourse. Cette évaluation correspond à une calibration du dollar sur une quantité fixe de ressource extrêmement stratégique. C'est une mesure, un repère temporaire mais pas une valeur étalon, car lorsque le prix de référence du baril varie, il est délicat sinon impossible de savoir si c'est l'unité de mesure du dollar qui varie, c'est-à-dire la crédibilité des institutions qui l'impriment, ou si c'est un effet de la variation de la demande de pétrole. Le système monétaire actuel flotte et s'autoévalue, se gonfle et se dégonfle sans cesse par les jeux économiques

¹² Depuis la disparition du système monétaire de Bretton Woods qui s'est étalée entre 1971 et 1973.

de plus en plus complexes sans lien objectif avec les réalités du monde des sciences, des techniques et de la production auquel il se réfère, néanmoins, en permanence. Tout modèle mathématique qui établit des liens entre l'évolution des prix et de futures réserves de pétrole peut être suspecté de pastafarisme, par le simple fait qu'il relie une production mesurée en millions de barils – une quantité étalonnée – avec des prix, qui sont des quantités fluctuantes, subjectives et non étalonnées¹³. Le pastafarisme c'est, rappelons-le, le fait d'interpréter en termes de cause à effet des phénomènes que le hasard a corrélé. Tout objectives qu'elles puissent être, les sciences économiques sont aussi performatives, en ce sens qu'elles cherchent non seulement à décrire des phénomènes mais aussi à prescrire des comportements et des moyens de les voir se réaliser. Le cas de la création du marché du CO₂ en est un exemple. Mais dans le champ économique ou social, établir des codes de conduites n'est pas une dérive en soi. Personne ne nierait les bienfaits de l'existence d'un code de la route. Il y a par contre dérive quand elle fait croire que les performances du marché des émissions de CO₂ sont scientifiquement contrôlées, au sens des sciences naturelles. La réalité c'est qu'on n'en sait rien et que, surtout, le système de marché mis en place n'aide pas à y voir clair. Il y a des modèles et des calculs, mais pas besoin d'enquête comme celle faite pour « l'Effet de serre » pour comprendre que les « forces » du marché ne sont pas naturelles. Elles opèrent dans un contexte régi par des lois de nature juridique et il ne faut pas moins de lois ni d'institutions pour faire fonctionner la main invisible du marché que pour organiser un monopole d'État¹⁴. Un modèle mathématique ne représente

¹³ Une approche radicale de ce problème est proposée par Piero Sraffa dans *Production de marchandises par des marchandises, prélude à une critique de la théorie économique*, Cambridge University Press, 1960. C'est d'ailleurs dans ce cadre que le phénomène du pic pétrolier trouve une interprétation économique claire.

¹⁴ Sujet analysé, par exemple au chapitre 3, de « La théorie économique

pas forcément le phénomène étudié. Il est également banal de relever que ces « forces » du marché ne peuvent créer des ressources naturelles, mais tout au plus en stimuler l'exploitation et ainsi, augmenter un peu les réserves. Dans le contexte de la gestion des ressources naturelles, oublier ce fait, confondre réserves et ressources, extrapoler les réserves en fonction de données historiques de prix, en fonction de ce qu'on pense que les marchés désirent, etc., c'est ouvrir la porte à des extrapolations déraisonnables, comme celles des scénarios de consommation du GIEC. En arriver à supposer l'équivalent de plusieurs planètes en ressources pour en sauver une seule, il faut oser. C'est qu'après plus d'un siècle et demi d'abondance énergétique fossile, l'analyse économique s'est en effet habituée à – ou s'est construite sur – l'idée que les projections de croissance les plus folles pouvaient se transformer en réalité grâce aux progrès techniques et aux sciences. C'est un peu caricatural ? Même pas, les scénarios de consommation du GIEC se trouvent confortés par le principe économique que, quand il n'y aura plus de ressources fossiles, l'homme aura trouvé des substituts équivalents grâce aux sciences et aux techniques¹⁵. Fort de ce principe, il n'y a pas de raison de trop s'inquiéter du réalisme des estimations des ressources, puisqu'il suffit d'attendre que les marchés donnent des signaux, puis de gérer. Le danger est que ce principe n'est qu'une pétition de principe. Il se fonde sur une confiance absolue dans les performances du progrès technique et des sciences et renvoie un problème économique clé, la substitution énergétique, dans un champ dont l'économie se coupe en l'idéalisant. Ce n'est pas limiter le pouvoir des sciences et des techniques que de le relever, c'est rappeler que si l'optimisme économique peut être motivant, il peut

néoclassique », Bernard Guerrien, Emmanuelle Bénicourt, coll. Les Grands Repères Manuels, 3^e édition, La découverte, 2008.

¹⁵ On trouve cette affirmation dans "Economics", de Paul Samuelson et W. Nordhaus, McGraw-Hill, 2001, p. 328. C'est un des livres d'enseignement des bases de l'économie les plus reconnus.

aussi être mystificateur. Il est donc prudent de noter « durabilité » – l’usage des guillemets ayant le même sens que pour « l’Effet de serre » – la durabilité économique, celle de la croissance verte que devraient stimuler les plans de sauvetage planétaire du GIEC. Cette « durabilité » peut conduire à des impasses et à des catastrophes en laissant croire que la durabilité physique, sans guillemets, celle de l’abondance des flux de matières premières va de soi. En elle-même, l’idée de se donner un système de prix qui, dans le meilleur des cas, mesure des préférences relatives n’est pas dénuée de sens, tant que le génie de l’homme parvient à transformer les ressources terrestres en corne d’abondance. Mais, lorsque son génie faiblit, doute ou balbutie, par exemple face à la disparition d’une ressource naturelle fondamentale, il ne lui reste que la conviction plus ou moins confuse que ce système qui mesure des préférences, des craintes et des espoirs fera bouger les choses dans le bon sens... Mais justement, de quel bon sens parle-t-on, comment savoir où on va si on ne sait pas ce qu’on mesure ? Au bout du compte, on parle de barils de pétrole de 159 litres qui doivent alimenter des pompes à essence, suivre d’autres filières de transformation ou de substituts qui devront également être mesurés avec des grandeurs objectives. Dans une société qui se réclame du savoir, on devrait se demander s’il n’y a pas moyen de mieux faire, quitte à être considéré par les économistes non pas comme un « négationniste » mais comme un hétérodoxe. C’est plus poli et désormais dans l’air du temps, depuis le choc pétrolier et financier de 2008. Il arrive effectivement de lire ou d’entendre des experts de la finance qui se demandent, ouvertement, s’ils n’ont pas un peu trop cru à leurs modèles, comme les climatologues.

4.3 Qu’attendre de l’éolien et du solaire dans un futur mix énergétique global ?

On entend çà et là que l’homme n’est pas passé de l’âge de la pierre taillée à l’âge du fer par manque de pierre, qu’il n’est pas passé du charbon au pétrole par manque de charbon, etc. C’est

vrai, il reste des pierres et du charbon et ces transitions sont en principe réversibles. On parle d'ailleurs du charbon comme substitut au pétrole. Mais globalement, la fin des énergies fossiles sera un événement historique, simplement parce que le processus est irréversible et qu'il n'y aura pas deux fins des énergies fossiles. La figure ci-dessous présente l'historique de l'évolution du mix énergétique mondial de 1980 à 2010 et propose une extrapolation de 2010 à 2020.

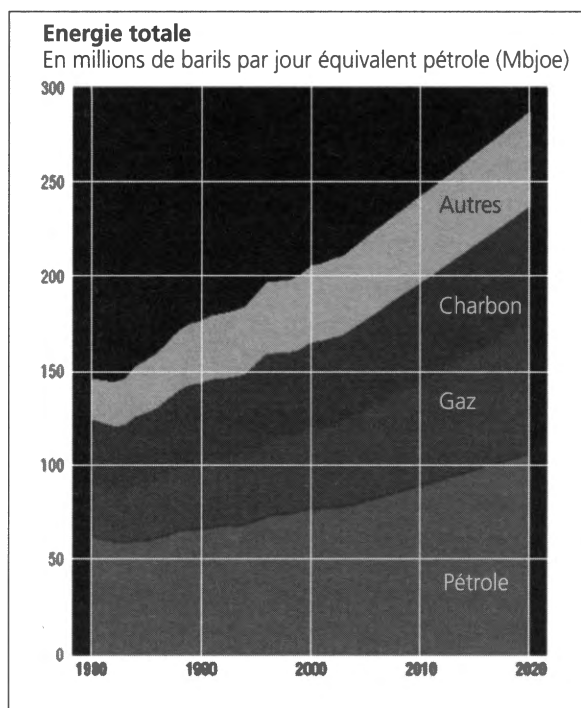


Figure 33 : mix énergétique mondial (source : prof. Kjell Aleklett, Global Energy System, Uppsala University).

Elle est linéaire à partir du milieu des années 2000. Au vu des corrections que l'AIE a faites dans ses récents Agendas énergétiques, cette extrapolation n'est pas réaliste, mais elle a l'avantage de produire quelques ordres de grandeurs à partir d'un scénario de consommation plutôt optimiste. Précisons toutefois que les

spécialistes qui l'ont produite sont convaincus que la production pétrolière est déjà entrée dans une phase de plateau ondulant depuis 2005¹⁶. Le graphique ci-dessus montre qu'en 2020, l'économie mondiale dépendrait à plus de 80 % des énergies fossiles, comme c'est en gros le cas actuellement. Qu'attendre dans une telle situation des énergies renouvelables ? Dans la figure précédente, leur évolution est cachée dans la bande « other ». Cette bande se compose de l'énergie hydraulique, nucléaire, de la biomasse et enfin de quelques énergies renouvelables. Ces dernières apparaissent dans la minuscule petite bande de la figure suivante.

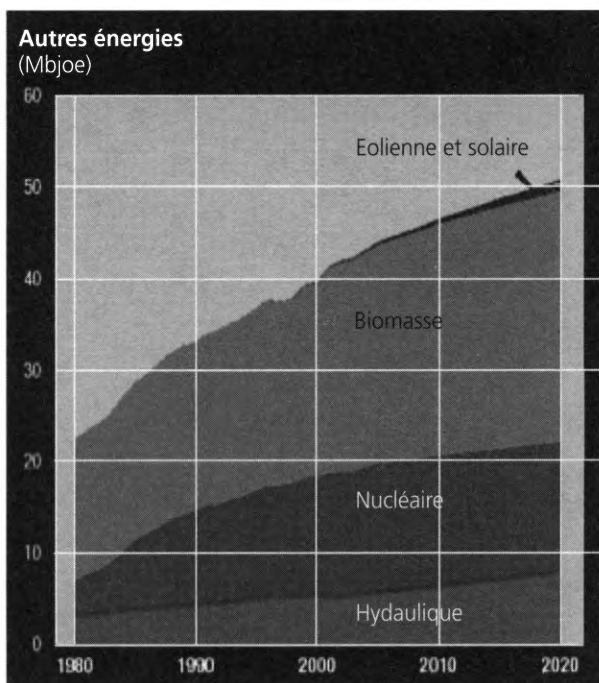


Figure 34 : détail de la composition des autres (other) sources d'énergie du graphique de la figure 33.

¹⁶ Regroupés au sein de l'ASPO, Association for the Study of Peak Oil www.peakoil.net dont les travaux sont désormais largement reconnus.

Enfin, un agrandissement de la petite bande supérieure « wind and solar » de la figure 34 montre plus clairement ce que donne cette extrapolation de la situation de 2010 à 2020. Leur essor est rapide.

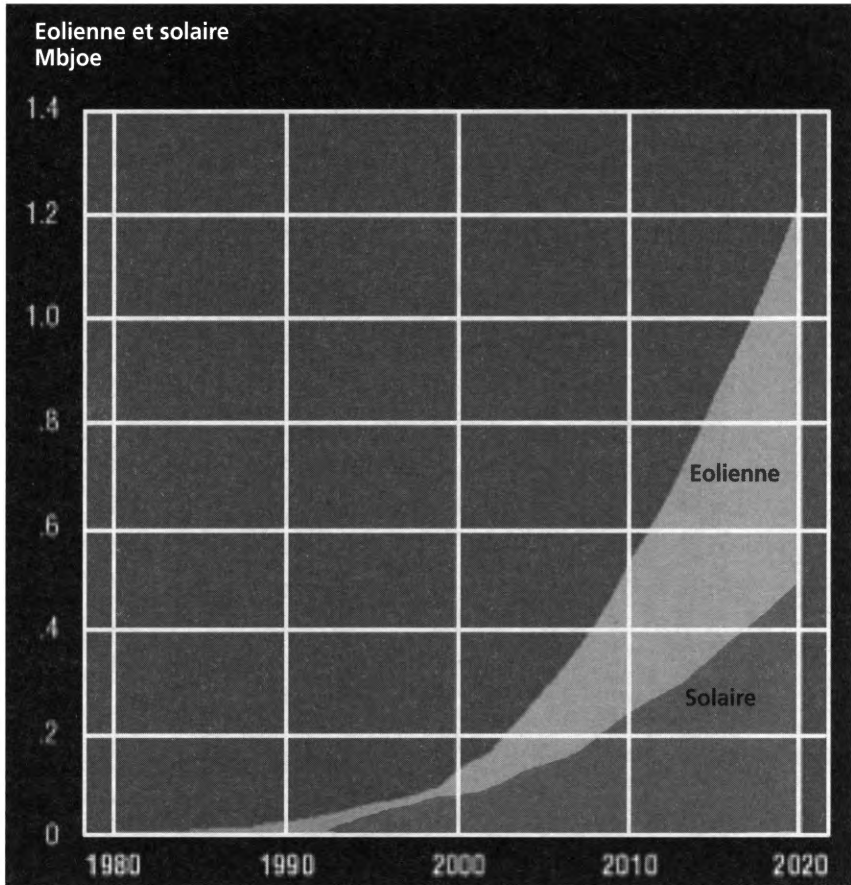


Figure 35 : évolution de la part des énergies éoliennes et solaires dans les autres (other) sources d'énergie du graphique de la figure précédente.

Depuis plusieurs années en effet, les énergies renouvelables connaissent un développement quasi exponentiel sous l'effet de politiques volontaristes, comme celle de l'Allemagne souvent citée en exemple, et en raison de l'augmentation moyenne du prix

du baril de pétrole, commencée vers 2003. Selon l'extrapolation représentée dans la figure ci-dessus, les énergies solaires et éoliennes produiraient en 2020 l'équivalent de 1,2 MBDOE¹⁷ sur un total mondial d'environ 280 MBDOE. C'est donc un peu plus de 0,4 % de la production mondiale. C'est négligeable, mais compte tenu des incertitudes associées à ces extrapolations, est-ce que quelques pour-cents ou au contraire moins de 0,4 % seraient des estimations plus réalistes à l'horizon 2020 ? Bien malin qui pourrait le dire. Mais à de si faibles pourcentages, ces sources d'énergie ne vont manifestement pas permettre de répondre de manière réaliste à la fin des énergies fossiles. Avant même de parler de la croissance de la demande, l'AIE évoque déjà un déficit de 50 millions de barils par jour à compenser d'ici à 2035, en raison du déclin de la production des champs pétrolifères existants. Voilà ce à quoi il faut trouver un substitut : un carburant liquide aux multiples usages : pétrochimie, transports, électricité, chauffage, etc. Moyennant d'importantes reconversions techniques allant du pétrole vers l'électricité, l'éolien et le solaire peuvent être envisagés comme des substituts potentiels. Mais si dynamique que soit leur développement, l'émergence d'énergies renouvelables dans le système énergétique mondial va se comparer encore longtemps à la floraison de belles mais petites orchidées qui prennent le vent ou le soleil, bien enracinées dans de bons gros arbres vieillissants. En effet, leur essor et leur compétitivité économique va dépendre encore pour longtemps des services rendus par les infrastructures énergétiques existantes, de la production à la logistique d'installation et de maintenance. Et lorsqu'elles commencent à peser dans un mix énergétique régional, comme au Danemark ou en Allemagne, se posent alors les questions d'intermittence qui sont le propre de ce genre de sources d'énergies. Pour compenser les périodes où le vent ne souffle pas en suffisance,

¹⁷ Unité de flux énergétique qui signifie littéralement : millions de barils par jour d'équivalent pétrole.

celles où le soleil ne brille pas et les heures de nuit, il faut acheter ou produire ce qui manque afin de satisfaire la demande. Dans les deux pays cités, on recourt actuellement aux énergies fossiles. Voilà donc qu'un projet de substitution énergétique se met en symbiose avec le système qu'il est censé remplacer. Résultat, ces énergies sont moins renouvelables qu'on le pensait. Intriquées avec des sources d'énergie contrôlables, souvent d'origine fossile, les sources d'énergie intermittentes se trouvent couplées à l'envolée et aux fluctuations du prix des énergies fossiles. Comme quoi, les orchidées en réseau ça coûte. Il est toutefois vrai qu'on s'attend à ce que plus on en produit moins elles coûtent à la pièce. C'est un effet observé dans la plupart des systèmes techniques qui passent d'un stade de production artisanal à un stade industriel. Il n'en reste pas moins que l'intermittence et la faible concentration énergétique de ces installations alternatives a un coût de base au kWh plus élevé que celui des systèmes traditionnels, énergétiquement plus denses et plus centralisés. L'intermittence du vent et du soleil ne se dilue pas dans la production de masse. Enfin, le fait que les énergies solaires et éoliennes créent plus d'emplois que celles associées aux centrales classiques est souvent présenté comme un point fort de ces sources d'énergie. C'est juste pour ce qui concerne la création d'emplois dans le secteur énergétique, mais que penser des salaires supplémentaires qui s'ajoutent aux coûts de production des kWh renouvelables ? Cette question mérite d'être discutée à un niveau plus général. Ce dont on parle, c'est de production énergétique de base, le service fondamental donné à tout tissu économique. Personne ne conteste que les kWh produits par des sources d'énergies renouvelables soient plus chers que ceux produits par les centrales nucléaires. Personne ne nie non plus que le prix du baril de brut est destiné à monter, pour éventuellement s'effondrer en cas de choc ou crise. À l'horizon de quelques décennies, d'autres pics ou plateaux de production vont se présenter pour le gaz et pour le charbon, voire pour l'uranium, selon comment l'option nucléaire se développe.

À moins de remplacer ces ressources par une autre rente énergétique, l'augmentation du prix de l'énergie viendra des salaires nécessaires pour fabriquer, installer et entretenir des systèmes énergétiques renouvelables, et du côté des énergies fossiles, de l'augmentation de leur coût d'exploration et d'exploitation et des risques associés à ces opérations techniquement délicates. Avec l'épuisement de la rente énergétique se profile un monde d'énergie plus chère, soit par rareté soit parce qu'elle coûte plus cher à produire. La notion d'esclaves énergétiques est souvent utilisée pour évoquer les services que la rente énergétique fossile procure à tout le tissu économique mondial. Elle est aussi pratique pour expliquer le mécanisme général qui conduit à des pics de production dans l'exploitation des ressources minérales. D'abord, les hommes ont commencé à exploiter les plus accessibles et, à accessibilité égale, les plus riches en minerai utile. Par conséquent, les ressources minérales restantes sont tendanciellement plus difficiles d'accès et plus pauvres en minerai utile. Pour produire une quantité donnée de minerai utile, tendanciellement il faut dépenser de plus en plus d'énergie. À titre d'exemple, la production de pétrole aux États-Unis est passée d'environ 100 barils produits pour 1 baril investi à un ratio d'environ 15, entre les années 1950 et les années 2005¹⁸. Comme le monde dépend à plus de 80 % de ressources fossiles, cette spirale de consommation énergétique implique forcément beaucoup d'esclaves énergétiques fossiles et ne peut que conduire à une croissance des coûts de production dans toutes sortes de secteurs économiques et de manière imprévisible. Voilà le genre de faits que cache l'affirmation de principe que les sciences et techniques trouveront des substituts équivalents au pétrole abondants et pas chers. Passer d'une rente énergétique qui s'épuise à des énergies renouvelables revient à émanciper ces esclaves. C'est bien, mais

¹⁸ Il s'agit de données du ratio Energy Return On Energy Invested (http://fr.wikipedia.org/wiki/Pic_p%C3%A9trolier)

ça peut coûter très cher. Alors, quelle part pour les renouvelables dans le mix énergétique mondial à l'horizon 2020 ? Même si depuis l'accident nucléaire de Fukushima au Japon en mars 2011, il est redevenu de bon ton de prôner une sortie rapide du nucléaire, il semble difficile d'imaginer que les renouvelables aient un rôle autre que cosmétique sur le plan mondial. Certes il faut encourager les Brown, les Boveri, les Tesla et autres grands entrepreneurs du XXI^e siècle. Seulement, il ne s'agit plus d'électrifier la société, mais de la réélectrifier et de la réenergiser, et si possible, sans perte de confort : le cahier des charges est nettement plus complexe que celui du début du XX^e siècle !

En Suisse, Megasol est un projet de « décentralisée » solaire. Son objectif est de remplacer une centrale nucléaire d'ici à 2035. Il se prête à des petits calculs assez éclairants sur l'ingénuité avec laquelle les questions énergétiques sont abordées¹⁹. Devisé à quelque 13 milliards de francs suisses, ce projet prévoit de construire une surface de panneaux photovoltaïques de 48 km² délivrant une puissance de crête de 8900 MWc (Mégawatt-crête). C'est un projet de très grande envergure. Le coût du Watt-crête installé est prévu à 1,46 francs, alors que selon les systèmes envisagés dans ce projet il reviendrait à 4,27 francs. Peut-être un effet d'industrialisation a-t-il été pris en compte en raison de la production de masse ? Toujours est-il que le prix est nettement inférieur au 2,2 francs que l'Académie des sciences techniques projette comme coût moyen à l'horizon 2050. Bref, en matière de coût, ce projet d'envergure pourrait connaître les mêmes problèmes de dépassement que d'autres grands projets d'infrastructures ! Une estimation corrigée selon ces données donne en effet 20 milliards de francs au lieu des 13 annoncés. Pour ce qui concerne l'implantation de ces panneaux solaires, un petit calcul montre que pour les 48 km² et 8900 MWc,

¹⁹ Repris d'un courrier au journal *Le Temps* adressé par M. Ch. De Reyff, physio-chimiste, de l'Office fédéral de l'énergie (OFEN) le 11 février 2011.

l'effort à fournir quotidiennement jusqu'en 2035 consisterait à mettre en service en moyenne 760 installations photovoltaïques de 3 kWc par jour, ce qui est considérable. Enfin, rien n'est dit ou presque sur les questions d'intermittences, sans parler du fait que la capacité du réseau électrique existant aurait de la peine à supporter une charge de crête de 8900 MWc. On comprend que Megasol fasse rêver un producteur et installateur de panneaux solaires, mais ce rythme de production est-il envisageable, le projet est-il vraiment pensé comme un service à la société, avec quelle fiabilité ? Laissons ces questions ouvertes, l'intérêt de ces calculs étant d'abord de montrer ce que signifie en quelques chiffres la substitution d'une centrale nucléaire par une «décentrale» photovoltaïque. Dans une période économique agitée et incertaine, s'il faut transiter massivement vers d'autres sources d'énergie, l'heure ne devrait plus être à l'esbrouffe énergétique.

4.4 Et si on était en plein pic pétrolier ?

À l'été 2008, le prix du baril de pétrole a atteint les 140 \$ et depuis il reste très volatile. Cette situation d'incertitude n'encourage pas à prendre des positions ambitieuses sur le futur. C'est que le processus de substitution des ressources fossiles renvoie au paradoxe de la poule et de l'œuf : il faut de l'énergie pour produire de nouvelles infrastructures énergétiques. Comment prévoir la viabilité d'un système énergétique si les prix de références deviennent volatiles ? Réagir trop tard, sous estimer les enjeux et finir par manquer de temps, c'est peut-être l'aspect le plus critique de la transition énergétique qui se présente. Quel chemin prend-on ? À lire un rapport qui a fait date parmi les analystes du pic pétrolier²⁰,

²⁰ Une synthèse du rapport de 2005 "Peaking of World Oil Production : Impacts, Mitigation and Risk Management", de R.L. Hirsch, R. Bezdek, R. Wending commandé par le Département de l'énergie américain, a été publiée sous le titre "Mitigation of maximum world oil production : Shortage scenarios", par Robert L. Hirsch en 2008 dans la revue *Energy Policy*, 36, 881-889.

il n'y a pas de quoi être trop optimiste. Les auteurs prennent acte de l'existence d'un pic de production pétrolière qu'on ne peut pas prévoir avec précision. Ils envisageant alors des programmes d'urgence en considérant trois cas de figures : un programme de transition est lancé à la date du pic, un autre dix ans avant, et un dernier vingt ans avant. Parmi leurs recommandations, commençons par le point positif : « *Il existe des options viables pour amortir le choc tant du côté de l'offre que de la demande.* » Mais les raisons de se réjouir se tempèrent lorsque les auteurs précisent que ces options doivent être initiées « *plus d'une décennie avant la date du pic* ». Alors que peut-on dire de la date de ce pic ? Les spécialistes qui ont donné les analyses les plus pertinentes étudient la question de la production pétrolière à partir de données de terrain et de modèles simples et intelligibles²¹. Des recherches se font pour mieux comprendre et justifier la pertinence de ces calculs, mais tous se fondent sur une logique implacable : il est impossible de produire des quantités indéfiniment croissantes d'une ressource dont le stock est limité. Il est d'ailleurs impossible d'en maintenir une production constante. Ainsi, il est observé depuis les années 1980 que la croissance de la consommation mondiale fait que la baignoire de réserves économiques se vide plus vite qu'elle ne se remplit. Ce premier seuil étant franchi, la consommation mondiale doit tôt ou tard cesser de croître, fait que les scénarios du GIEC occultent complètement. La figure ci-dessous date du début des années 2000. On peut constater que les prévisions de l'AIE (IEA forecast) sur lesquelles les scénarios du GIEC se sont basés, ne tiennent manifestement pas compte de l'éventualité d'un pic de production.

La rente énergétique mondiale s'épuise donc depuis plus de trente ans, mais il est difficile sinon impossible de prévoir quand aura lieu ce pic de production. Néanmoins, les spécialistes de

²¹ Cf. note 16 p. 243 sur l'ASPO, Association for the Study of Peak Oil.

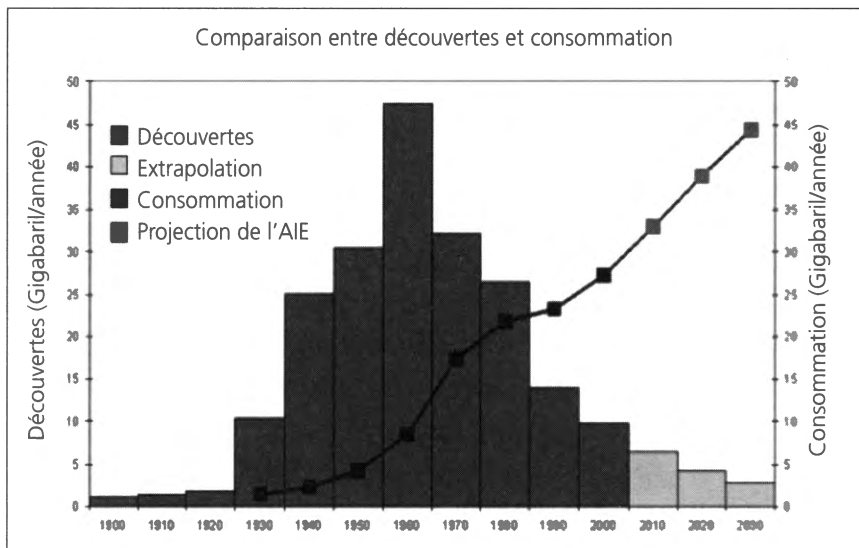


Figure 36 : cette figure illustre dans le cas du pétrole le fait propre aux ressources minérales que la croissance de leur taux de consommation annuel (consumption) peut dépasser le taux de découverte (discovery) par le fait que ces ressources sont limitées (source ASPO).

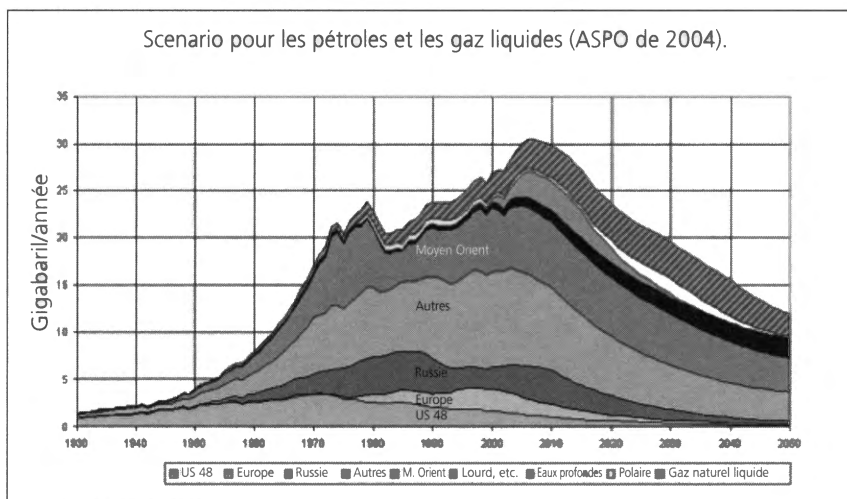


Figure 37 : cette analyse de l'ASPO date de 2004, mais elle reprend des estimations qui prévoyaient déjà vers la fin des années 90 que la production pétrolière (du pétrole dit conventionnel) atteigne un pic entre 2005 et 2010. Et depuis 2005, on observe que la production semble avoir atteint un plafond et oscille.

l'ASPO le prévoient depuis la fin des années 90 autour de 2005-2010, ce qu'illustre la figure ci-contre.

Coup de chance ou magie des petits modèles produits par des hommes de terrain ? La question est à l'étude. Mais comme l'existence d'un pic de production ne fait aucun doute, ces alertes au pic pétrolier ont fini par mobiliser de hauts responsables de l'Agence internationale pour l'énergie: « *Quittons le pétrole avant qu'il nous quitte !* »²² a déclaré l'un d'eux peu avant le choc de 2008. Plus récemment un autre a avoué: « *Je crains que la production globale de pétrole va augmenter, mais que la consommation européenne a déjà atteint son pic. Le montant global de pétrole disponible a déjà, je le crois, atteint son pic.* »²³ Ces déclarations sont d'autant plus remarquables qu'elles n'étaient pas, tant s'en faut, dans leur registre de communication usuel. Le monde industriel n'est pas dans une posture idéale pour se lancer vers un ailleurs énergétique fantasmé ou idéalisé. « *Le problème du pic de production de pétrole conventionnelle est différent de tous ceux affrontés par les sociétés industrielles modernes. Ce défi et ces incertitudes doivent être bien mieux compris. Des techniques existent pour amortir le choc, mais une stratégie de gestion de risque agressive sera essentielle.* »²⁴ À un mix énergétique global comme celui de la figure 33 correspond une structure de production lourde et chargée d'histoire. Plusieurs sources d'énergie se combinent dans les services ou produits que ce mix contribue à délivrer à une société. Il y a d'abord l'électricité. Les générateurs qui la produisent peuvent être actionnés par plusieurs énergies primaires :

²² Fatih Birol, chef économiste à l'AIE dans *Internationale Politik*, avril 2008.

²³ Günther Öttinger, chef des affaires énergétiques au sein de l'UE, selon l'Agence Reuters, 10 novembre 2010.

²⁴ Extrait des conclusions de l'article "Peaking of World Oil Production : Impacts, Mitigation and Risk Management", cité en note 20 p. 249.

fossiles, nucléaire, hydraulique, éolien, etc. Moins de ressources fossiles, c'est aussi moins d'électricité ou alors davantage de nucléaire, hydraulique, éolien, etc. Il ne faut pas que du soleil pour qu'une orange arrive sur la table de cuisine d'un particulier. Mais parfois son poids en pétrole est dépensé pour que cela soit possible, même si on va l'acheter à vélo au marché du coin. En général, l'agro-industrie, considérée du champ de production au consommateur final, dépend massivement du pétrole. Le cas de l'orange en est un symbole. Un service de tramway ne dépend pas que de l'électricité qui alimente les véhicules, qui peut d'ailleurs être d'origine fossile, mais aussi du pétrole qui a permis au personnel de prendre leur service à l'heure. Le pétrole domine massivement le secteur des transports qui en dépend à plus de 95 % sur le plan mondial²⁵. Cela n'empêche pas qu'une panne d'électricité provoque un chaos général, même si l'électricité n'est qu'une partie de la consommation énergétique d'une ville. Un mix énergétique, ce n'est donc pas qu'un assemblage de pommes et de poires qu'on peut arranger et substituer à loisir en fonction de l'abondance des unes ou de la pénurie des autres. C'est la raison pour laquelle le pic pétrolier va déstabiliser, ou déstabilise déjà tout le système de production énergétique et par conséquent toute l'économie mondiale. Si le pétrole n'est pas toute la production énergétique mondiale, c'en est encore actuellement la clé de voûte.

*Énergies durables sans air chaud*²⁶ est un ouvrage de synthèse qui passe en revue le potentiel de diverses sources d'énergie et futurs mix énergétiques. Des calculs de coin de table permettent de cadrer telle ou telle option ou combinaison d'options, un peu à la manière dont a été traité le projet de «décentrale» Megasol.

²⁵ Selon le rapport cité en note 20 p. 249.

²⁶ *Sustainable energy without the hot air*, David J.C. MacKay, Cambridge 2009, ouvrage en téléchargement libre sur www.withouthotair.com.

Cette approche factuelle et pragmatique fait un des charmes de l'ouvrage. Mais à la lecture de la table des matières, ce qui frappe le plus, c'est qu'aucun nouveau système énergétique n'est mentionné par rapport à la liste qu'on aurait pu établir il y a quelques décennies. Est-ce à dire que le génie humain ait épuisé la question ? On n'en sait évidemment rien, mais ce qui est vrai, c'est qu'il n'a pas été tellement sollicité sur ce sujet, ni encouragé à s'y intéresser. L'abondance et la substituabilité énergétique sont des problèmes d'infrastructures récurrents à évolution lente, autant dire imperceptibles dans la frénésie actuelle du court terme. Ils se posent de la même manière depuis des décennies et l'idée véhiculée par l'idéologie économique qu'ils sont résolus d'avance ou presque parce qu'ils sont vieillots, parce qu'ils n'excitent pas les bourses mondiales y est pour quelque chose dans le désintérêt qui leur est porté. Cette erreur d'appréciation peut être lourde de conséquences. La plus petite des pétrolettes qui circule dans une mégapole du continent asiatique, carbure avec un pétrole dont le prix est fixé quotidiennement à New York ou à Londres. Les nanotechnologies, l'informatique et les biotechnologies qui se développent à vive allure se greffent sur un vieux socle d'infrastructures énergétiques largement dépendantes des ressources fossiles et, loin de les assainir, elles les sollicitent toujours davantage. Ces univers techniques sont enchevêtrés mais s'ignorent en grande partie. Sur cette ignorance prospère l'illusion d'une économie dématérialisée ou franchement high-tech. Comme pour les énergies solaires et éoliennes, l'image d'orchidées qui poussent sur de vieux troncs qu'elles menacent d'étouffer illustre bien le défi de cette codépendance. Dans le monde actuel, la question de la substitution doit donc s'aborder à l'échelle mondiale. Le titre d'un des chapitres d'Énergies durables sans air chaud s'intitule «Every BIG helps»²⁷. Ça tombe bien, les petites idées, l'optimisation des

²⁷ Qu'on peut traduire par «tout ce qui est GRAND aide».

systèmes existants, les économies d'énergie, etc., ne sont pas inutiles mais insuffisantes. Alors quoi comme grande idée ? Rien de vraiment neuf donc, on le sait, mais passons-les quand même en revue afin de montrer que la future rente énergétique qui viendra remplacer la rente fossile n'attend pas sagement son heure dans les coulisses de l'économie mondiale. D'abord une option renouvelable, la géothermie profonde. La source de chaleur provient de la décroissance radioactive d'éléments de la croûte terrestre et de la diffusion de chaleur en provenance du noyau terrestre. Son principe de fonctionnement très bien connu et très largement utilisé à petite échelle dans des chauffages comme dans des systèmes de réfrigération : il s'agit d'aller pomper de la chaleur. En géothermie profonde, le défi technique est d'aller en pomper à plusieurs milliers de mètres pour l'exploiter dans des turbines et produire ainsi de l'électricité. À première vue le potentiel de la source de chaleur est immense car seul 0,1 % de la planète est à une température inférieure à 100°C et plus de 99 % en connaissent de supérieures à 1000°C²⁸. Le profil de température typique est linéaire. Elle atteint 1400°C autour de 100 à 200 km de profondeur et est attendue entre 400° et 600°C vers 40 km. Il y a donc de la chaleur à utiliser, encore faut-il pouvoir y accéder et la pomper en suffisance et durablement. Ces grandes installations en sont encore au stade de prototype. Leur fiabilité dépend de l'évolution de la structure des sous-sols exploités lorsque de l'eau y est injectée à haute pression. Mais plus important, ces installations ont des limites de fonctionnement. Lorsqu'on pompe de la chaleur dans un milieu, il se refroidit. Plus il se refroidit plus le système perd de son efficacité. À petit débit, le refroidissement peut être négligeable en comparaison de la capacité du milieu chaud à se réchauffer. Mais à grand débit, tout se passe comme si on épuisait

²⁸ Ordres de grandeurs usuels, par exemple disponibles sur le site de l'Office fédéral de l'énergie.

une source de chaleur limitée et non renouvelable. La performance du système dépend donc de la capacité et de l'inertie thermique du milieu et son exploitation à grand débit peut être selon les cas assimilée à celle d'une mine, épuisable d'un point de vue économique. Enfin, la densité énergétique est faible. En très grande profondeur, en dessous de la croûte terrestre, elle vaut à peu près de 10 mW/m^2 et 50 mW/m^2 au niveau de la croûte grâce à l'apport de la décroissance radioactive. Les systèmes de pompe à chaleur sont bien reconnus pour leur efficacité dans les usages domestiques pour tempérer une habitation, mais leur usage pour produire de l'électricité demande de travailler à de bien plus grands écarts de températures, de l'ordre de 200°C , ce qui requiert des installations ambitieuses à bien des points de vue. Le déploiement rapide de cette technologie, dans l'optique d'une action d'urgence pour répondre au défi de la fin des énergies fossiles n'est actuellement pas jugé comme très réaliste techniquement.

Passons au chapitre des énergies nucléaires. La fusion thermonucléaire – le projet de faire fonctionner des petits soleils contrôlés sur Terre – en est encore au stade de la spéculation. Aucun prototype de réacteur n'a encore fonctionné dans des conditions opérationnelles qui correspondent à celle d'une exploitation industrielle²⁹. La recherche progresse, mais elle est un peu critiquée pour annoncer tous les dix ans que dans dix ans elle en sera au stade du prototype industriel. Ce n'est pas avant 2050 que devrait être commencée l'industrialisation de cette technologie. Ce n'est donc pas une candidate pour répondre dans les décennies à venir au défi de la fin des énergies fossiles. Quant au développement des filières nucléaires traditionnelles, il en est aux réacteurs de

²⁹ C'est le but d'un projet international DEMO qui doit bénéficier des résultats d'un autre projet d'ampleur, ITER, dont les premiers résultats déterminants sont attendus pour 2020 (http://fr.wikipedia.org/wiki/International_Thermonuclear_Experimental_Reactor).

3^e génération, qui se caractérisent principalement par une amélioration de la sécurité, qui doivent préparer la voie aux réacteurs de génération IV, dit de surrégénération. Un programme de développement international se poursuit de longue date, bon an mal an³⁰. La surrégénération repose sur une technique élégante qui permet de brûler les déchets des réacteurs nucléaires de générations antérieures. Elle n'est pas sans risques, mais dans le domaine des grandes réponses au défi de la fin des énergies fossiles, la filière nucléaire peut occuper une place importante à moyen et même à long termes. En combinant les filières basées sur les combustibles classiques avec celle du thorium, qui est, en gros, trois fois plus abondant que l'uranium, l'option nucléaire se présente comme un substitut sérieux aux ressources fossiles, pour plusieurs décennies. D'autres parlent parfois de siècles et de millénaires, mais il faut être prudent, ne pas confondre réserves et ressources, fantasmes et réalités. On le sait du pétrole, les coûts énergétiques induits par l'exploitation de minerais de plus en plus pauvres ou difficiles d'accès peut réserver des surprises. Il y a quelques années encore, avant que les thèses du pic pétrolier ne soient admises, les économistes parlaient facilement de décennies de réserves de pétrole et de siècles pour celles de charbon. Tout cela a été nettement revu à la baisse. Toutefois, même s'il s'agit de décennies ou d'un petit siècle, la filière nucléaire est largement testée et offre des perspectives de développements élégantes. Voilà brossé le panorama de quelques grandes options techniques qui pourraient être mobilisées pour faire face à la fin des énergies fossiles.

³⁰ Le forum génération IV (<http://www.gen-4.org/>)

4.5 Décroissance ou défi prométhéen ?

Paradoxalement peut-être, c'est Nicholas Georgescu-Roegen, l'économiste dont la pensée est à l'origine du concept de *décroissance*³¹ qui a analysé le plus lucidement les enjeux globaux de la fin des énergies fossiles. Il voyait cette transition comme une des grandes étapes marquant la fin de l'économie minérale. Son analyse se place au-delà de l'injonction « every BIG helps »³². Les enjeux sont prométhéens : il s'agira pour l'homme d'aller, une fois encore, voler un peu de feu à quelques divinités. Les énergies renouvelables solaires et éoliennes ne sont pas de la partie, c'est selon lui une affaire de rupture technologique, comme la surrégénération nucléaire en ce qu'elle met en œuvre un processus physique inédit. L'élan prométhéen ne garantit pas la durabilité, puisque le combustible nucléaire est de nature minérale, mais il ouvre sur de l'inconnu, offre des opportunités tout en présentant des risques bien sûr. L'idée d'un passage massif à l'énergie nucléaire comme substitut au pétrole n'est pas nouvelle. Elle est par exemple exprimée dès les années 50 par le père de la théorie du pic pétrolier, M. K. Hubbert³³. Les années passent, les mêmes options reviennent sur la table à propos des mêmes problèmes. Les mêmes inquiétudes se transmettent, et resurgissent comme des patates chaudes qui le deviennent davantage à chaque occurrence.

Nicholas Georgescu-Roegen est également l'économiste qui a abordé le plus scientifiquement et le plus en profondeur la relation

³¹ La décroissance, Nicholas Georgescu-Roegen, Sang de la terre, 1995 (1979). Recueil de conférences annotées par Jacques Grinevald et Ivo Rens où il est largement question des enjeux énergétiques.

³² Op. cit. note 26 p. 253.

³³ "Nuclear energy and the fossil fuels", M.K. Hubbert, Shell development company, exploration and production research division, publication 56, 1956.

entre l'économie et le monde naturel³⁴. En réponse à l'épuisement général des ressources minérales, il en est venu à prôner une bioéconomie simple, non violente et fondée sur la joie de vivre ; une utopie qui lui a valu son statut de père de l'idéologie de la *décroissance*. Sa posture est encore considérée comme provocatrice tant il paraît inconcevable, même en écologie politique, de bâtir une politique sur une gestion raisonnée de la décroissance. Mais son argumentation sur les limites de l'économie minérale est solidement fondée, bien mieux que les pétitions de principe sur le progrès technique que se donne l'analyse économique usuelle. Au lieu de faire du progrès technique un *deus ex machina*, Georgescu-Roegen chausse des binocles de scientifique dur, ose aller voir comment ce demi dieu fonctionne et cherche à comprendre les relations qu'il entretient avec les questions que se pose l'économie. L'attitude est complètement hétérodoxe, quoique parfaitement conforme à l'esprit scientifique. Elle lui apprend ce que tout ingénieur ou artisan sait, que tout processus de transformation de matière produit des déchets, qu'une ressource utilisée subit une inévitable dégradation que le deuxième principe de la thermodynamique permet de quantifier (voir chapitre 2.2.5). Ainsi la production de biens économiques crée des déchets et ces biens s'usent et se dégradent, c'est encore une conséquence du deuxième principe de la thermodynamique. Recyclage ou pas, arrivera un jour où il n'y aura plus assez de ressources minérales pour répondre au besoin de tout le monde. Sur Terre, il n'y a que la biomasse, dont l'homme nu, qui échappe à cette usure, au moins tant que le soleil brillera. Ailleurs dans l'univers, on ne sait pas. Mais pour l'heure, le mécanisme du pic pétrolier est sur Terre une des grandes manifestations de l'usure d'un capital géologique donné. Quel est le moyen d'y échapper ? A-t-on un autre choix que de bâtir une éco-

³⁴ Dans l'ouvrage majeur *The entropy law and the economic process*, Harvard University, 1970.

nomie sur ce qui se ressource naturellement, le monde vivant ? Pas vraiment. Faut-il s'en plaindre ? La biomasse, c'est un monde que les sciences et techniques commencent à peine à ausculter en détail, dans la suite logique de ce que l'humanité fait depuis qu'elle s'est émancipée du statut de chasseur cueilleur. L'utopie bioéconomique de Georgescu-Roegen n'est pas conquérante, ni expansive. C'est une option, car une bioéconomie pourrait être biotechnologique et orienter l'humanité vers une croissance réellement verte, qui ne soit pas nécessairement idiote, ni aliénante. Cette perspective a fait réfléchir les esprits les plus créatifs : *« Au cours des cent prochaines années, quand notre maîtrise des biotechnologies nous aura permis de créer de nouvelles espèces pour enrichir notre propre planète, nous apprendrons également comment sélectionner de nouvelles espèces de plantes, d'animaux et de microbes adaptés à la survie dans des environnements étranges qu'on n'a jamais vus sur Terre. On mettra au point des pommes de terre à sang chaud qui pousseront à l'état sauvage sur Mars puis des papillons qui voleront dans l'espace en utilisant la pression de la lumière solaire sur leurs ailes pour naviguer. »*³⁵ Cette bioéconomie high-tech n'exclut pas la culture de petits jardins où de savoureux légumes transgéniques pousseraient en symbiose avec des plantes aux bagages génétiques ancestraux. Un épicurien accueillerait cette perspective avec pragmatisme en se disant que les soupes et ratatouilles du futur pourraient devenir encore meilleures et plus diversifiées. Par essence, la bioéconomie est évolutive et imprévisible, comme la vie sur Terre. Un curieux produit de cette biomasse, l'homme, est parvenu à mettre en œuvre une économie minérale exubérante qui commence à toucher à sa fin. Il s'enivre de modèles mathématiques raffinés et de discours alambiqués pour se persuader qu'il n'en est rien, que tout peut changer pour que rien ne bouge. Maladie de l'esprit ou tare génétique d'une

³⁵ *La vie dans l'univers*, F.J. Dyson, Gallimard, 2009, p. 168.

espèce encore perfectible ? Le simple fait de se poser la question donne l'espoir de pouvoir y répondre. Dans l'immédiat, elle appelle à des exercices d'hygiène intellectuelle. En évoquant la technologie qui, selon lui, survivrait à la fin de l'économie minérale, Georgescu-Roegen disait qu'« *évidemment, cette dernière technologie ne pourra être qu'un nouvel âge du bois, différent quand même de celui du passé, parce que nos connaissances techniques sont plus étendues aujourd'hui. Il ne pourrait en être autrement étant donné que tout processus évolutionniste est irréversible. Et si ce retour devient nécessaire, la profession d'économiste subira un changement curieux : au lieu d'être exclusivement préoccupé de croissance économique, les économistes chercheront des critères optima pour planifier la décroissance.* »³⁶ Mais le mot décroissance fait peur, tellement qu'en économie on préfère parler de croissance négative quand s'infléchissent des courbes qui devraient être à la hausse. Le défi prométhéen quant à lui comporte des risques et on préfère ne pas y penser, par précaution. Y a-t-il une voie médiane entre ces obscures postures ? Si elle résulte d'un compromis entre ces deux positions, elle ne sera pas forcément clairvoyante, au mieux cynique : la croissance verte pour tous et sans risque. Mais plane encore dans l'air du temps l'idée qu'on puisse avoir le beurre et l'argent du beurre. Certes, il y a du gras dans des sociétés qui se sont construites sur une copieuse rente énergétique, il est possible de croître mieux, moins idiot. Sans perte de confort ? C'est déjà une preuve d'idiotie que de s'en soucier en priorité. La fin des énergies fossiles va faire fondre le gras, tailler dans le lard et s'attaquer à la viande. Alors, pour savoir si des voies médianes sont possibles et durables, il faut d'abord accepter les termes de l'alternative exposée ci-dessus : Prométhée ou la décroissance. Puis les analyser et chercher à en comprendre

³⁶ *La décroissance*, Nicholas Georgescu-Roegen, Sang de la terre, 1995, chap. 4, p. 190.

les enjeux. Une voie médiane ne peut se définir que par une connaissance de l'espace dans lequel elle s'inscrit. La simplicité volontaire donne une réponse rationnelle au déclin économique qui sera induit par la fin des ressources fossiles. Au chapitre des options prométhéennes, la filière nucléaire est la mieux connue et la plus largement testée. Elle est aussi une des plus détestées et diabolisées, quoique des statistiques montrent que c'est la source d'énergie qui a causé le moins de morts par quantité d'énergie produite jusqu'à présent³⁷. Ce fait ne va pas rétablir l'image d'une technologie qui fait l'objet d'un rejet de principe. L'accident survenu récemment sur le site de Fukushima au Japon l'a montré jusqu'à l'indécence. C'est à croire que le tsunami qui a ravagé le Japon a été déclenché par les problèmes survenus à la centrale atomique de Fukushima. Mais ce n'est peut-être que passager. Un étonnant commentaire³⁸ sur cet accident vient en effet rappeler que l'heure n'est plus aux discussions légères et émotionnelles. Il est écrit par un célèbre chroniqueur du *Guardian*, intellectuel engagé et très pointu sur les questions d'environnement. Il commence par remarquer que ces réacteurs nucléaires qu'on a dit vieux et fatigués ont résisté à un « crash test » d'une intensité près de cent fois supérieure à ce pour quoi ils ont été conçus, que la situation est très critique mais qu'il n'y a aucun mort à déplorer par irradiation, donc pas de catastrophe humaine directement causée par la technologie nucléaire. Dans le délire médiatique qui a suivi l'accident, ce commentaire devient audacieux à force d'être factuel. Et il se poursuit par quelques réflexions générales sur le potentiel des énergies renouvelables, assez proches de celles qu'on vient pré-

³⁷ Dans *Sustainable energy without the hot air* (op. cit. note 26 p. 253), chap. 24, p. 168, la légende de la figure 11 cite des rapports faits par des centres de recherche réputés.

³⁸ George Monbiot: "Why Fukushima made me stop worrying and love nuclear power", dans le *Guardian* du 24 mars 2011.

senter. On ne peut pas être contre, mais il faut savoir compter. Sa chronique se conclut alors par un aveu qui, venant d'un écologiste engagé et écouté, peut sonner comme une provocation : « *La crise de Fukushima m'a converti à la cause de l'énergie nucléaire !* » À l'heure où la plus grande incertitude plane sur l'avenir énergétique, ce commentaire vient diaboliser cette filière. Après tout, ce n'est que revenir au traitement que mérite d'abord un système technique. En tant que tel, tout système énergétique comporte des risques de dysfonctionnements et d'accidents. Mais, à n'envisager les questions énergétiques que sous l'angle économique, on est porté à croire qu'une société libérée des ressources fossiles est possible sans prendre de risques ni faire d'efforts d'imagination autres que commerciaux, comme s'il suffisait de se promener dans un supermarché de solutions où chacun peut maximiser ses préférences et minimiser ses peurs.

Pourquoi la sortie des énergies fossiles ne serait-elle pas, dans l'histoire de l'humanité, une étape aussi riche et marquante que celle des débuts de la Révolution industrielle ? L'air du temps des années 70 était lourd de ce genre d'inquiétudes. Elles ont enfanté un catastrophisme climatique fictif et promu l'idée de plans de sauvetage planétaire. Bêtise, orgueil, désarroi ou déni de réalité ? Toujours est-il qu'un retour sur Terre semble amorcé qui devrait, dans le meilleur des cas, déboucher sur une écologie plus cohérente et plus industrielle. Elle s'intéresserait, sereinement, à la possibilité d'une décroissance technophile, susceptible de jeter les bases d'un monde où la consommation et le PIB seraient volontairement mis au second plan. Dans sa célèbre conférence sur la bêtise, Robert Musil concluait : « *Je n'ai pas découvert de théorie de la bêtise à l'aide de laquelle je pourrais entreprendre de sauver le monde ; je n'ai même pas trouvé, à l'intérieur des limites de la réserve scientifique, un seul chercheur qui en ait fait son objet, pas même le témoignage d'une unanimité qui se serait établie tant bien que mal à*

*son sujet dans l'analyse de phénomènes analogues. Peut-être cela tient-il à mon manque d'information ; mais il est plus probable que la question : « Qu'est-ce que la bêtise ? » est aussi peu naturelle à la pensée moderne que la question : « Qu'est-ce que le beau, ou le bien, ou l'électricité ? »*³⁹ Une façon d'y répondre serait d'oser des concours de beauté pour de futures centrales nucléaires, petites et grandes, ou pour de futurs systèmes bioénergétiques. On fait bien des concours d'architecture pour des bâtiments industriels ou commerciaux. D'anciennes halles industrielles du XIX^e siècle se sont muées en des lieux appréciés pour la culture alternative comme classique. Pourquoi s'interdire de penser l'avenir énergétique avec un peu d'audace et d'esthétique, d'autant plus que la raison économique du moment n'est pas à la hauteur des enjeux ? Ces rêves d'échappée par le haut ne datent pas d'hier, ils accompagnent les crises et grandes peurs récurrentes. *« Surtout, n'attachons pas une importance excessive, et ne sacrifions pas à des nécessités présumées des valeurs d'une signification plus profonde et plus durable. L'étude des problèmes économiques devrait être confiée à des spécialistes – de même que l'on confie les soins de la bouche aux dentistes. Si les économistes parvenaient à se cantonner dans le rôle d'hommes modestes et compétents sur le même plan que les dentistes, ce serait merveilleux ! »*⁴⁰ Mais il ne servirait à rien de jeter la pierre aux économistes, même s'ils traitent les affaires de culture comme des arracheurs de dents. Cela reviendrait à vouloir tuer des messagers. Il s'agit plutôt de se demander pourquoi leurs doctrines et modèles s'imposent encore et toujours à ce point dans l'évaluation des affaires de sociétés. L'esprit scientifique ne donne pas de réponse mais maintient des espaces de liberté en s'opposant

³⁹ *De la bêtise, op. cit.*

⁴⁰ *Essai de persuasion : perspectives économiques pour nos petits-enfants*, J. M. Keynes, trad. française, Gallimard 1931 (1930).

à l'émergence de dogmes et aux dérives de la *science responsable*,
à la manière de ces plantes sauvages qui parviennent à déformer,
puis percer par endroit, les chappes de bitume urbain.

Table des matières

AVANT-PROPOS	7
1 – CLIMATOSCEPTICISME ET HUMANISME	13
1.1 Une science anarchiste ? Rien de neuf sous le ciel.....	15
1.1.1 <i>Pourris les climatosceptiques ? Réponse en quelques portraits</i>	25
1.2 Une science sous influence ? Et le ciel s’obscurcit.....	46
1.2.1 <i>Modèles et alertes artificielles</i>	61
2 – UN CADRE POUR ENTRER EN MATIÈRE	83
2.1 Qu’est-ce que la science ?.....	84
2.1.1 <i>Le piège pastafariste</i>	92
2.2 Thermodynamique	96
2.2.1 <i>Température et chaleur</i>	97
2.2.2 <i>Conduction et convection</i>	101
2.2.3 <i>Radiations et corps noir</i>	103
2.2.2 <i>Conservation de l’énergie</i>	109
2.2.3 <i>Croissance de l’entropie</i>	111
2.3 Le système climatique.....	114
2.3.2 <i>Les cycles du carbone et de l’eau</i>	117
2.4 Deux formules pour entrer en matière.....	121

3 – CRITIQUE DE LA THÈSE DE « L'EFFET DE SERRE »	127
3.1 La thèse de « l'Effet de serre ».....	129
3.2 Premiers doutes	132
3.2.1 Une température globale est-elle mesurable ?	134
3.2.2 « L'Effet de Serre », le mal nommé ?	138
3.2.3 « Effet de serre » ou effet de serre ?	141
3.2.4 Limite d'application de la loi du « corps noir »	148
3.3 Problèmes et limites des modèles	153
3.3.1 Qu'apprendre des bilans radiatifs simples ?	156
3.3.2 « Effet de serre » ou effet de serre dans les gros modèles ?	160
3.3.3 Existe-t-il des signatures de « l'Effet de serre » ?	168
3.3.4 L'« Effet de serre » existe-t-il réellement ?	174
3.4 Que dire des reconstructions de températures ?	182
3.4.1 Effet « canne de hockey », aussi vrai que « l'Effet de serre » ?	187
3.4.2 Température – concentration de CO ₂ , quoi cause quoi ?	194
3.5 Vers un CO ₂ tranquille dans une atmosphère stable.....	197
3.5.1 Atmosphère et climatisation naturelle	198
3.5.2 Modèle de l'atmosphère adiabatique	204
3.5.3 Modèle de l'effet de serre saturé	209
3.6 Les cycles et humeurs du soleil mènent le bal	222
4 – FAUT-IL JETER LES PLANS DE SAUVETAGE CLIMATIQUES AVEC « L'EFFET DE SERRE » ?	229
4.1 Sans « Effet de serre », à quoi bon mettre un prix aux émissions de CO ₂	231
4.2 Les scénarios d'émissions de CO ₂ sont irréalistes, pourquoi ?	234
4.3 Qu'attendre de l'éolien et du solaire dans un futur mix énergétique global ?	241
4.4 Et si on était en plein pic pétrolier ?	249
4.5 Décroissance ou défi prométhéen ?	258

LA LÉGENDE DE L'EFFET DE SERRE

Contester le rôle de l'activité humaine dans les changements climatiques suscite souvent des injures de la part de « climatologues ». Quand une société qui se réclame du savoir tolère de telles agressions, la science n'a qu'à bien se tenir. Heureusement, c'est ce qu'elle fait et cet essai le démontre. Il propose une enquête focalisée sur la réalité physique de « l'Effet de serre », la clé de voûte de la climatologie. Qui n'en a pas entendu parler? Mais qu'est-ce donc que cet « Effet de serre »? Le résultat est désormais sans appel, **c'est une chimère informatique dénuée de fondement physique**. Que faire alors de ces plans de sauvetage du climat, tout est-il à nouveau permis sous le ciel? Non, la nécessité de passer à d'autres ressources énergétiques que fossiles reste un impératif majeur. Toutefois, les mesures préconisées sont aussi bidonnées que « l'Effet de serre » qui les a suscitées. Il est vraiment grand temps de revenir sur Terre. La fin des énergies fossiles est une étape historique, la conclusion d'une aventure industrielle commencée au début du XIX^e siècle. Elle ne sera pas nécessairement tragique, mais certainement pas réductible aux solutions toutes faites produites par une pensée dogmatique. Ce livre est un travail salutaire et sérieux permettant de voir clair!

L'auteur n'est pas du tout isolé dans son propos. Il nous présente la position d'une petite centaine de grands scientifiques du monde entier qui partagent le même doute. Et il rappelle, en outre, qu'une initiative de pétition et documentation sceptiques en ligne américaine, *Global Petition Project* <http://www.petitionproject.org/> a attiré jusqu'à présent plus de 31'000 scientifiques, dont plus de 9000 sont des sommités dans leurs domaines.



François Meynard est responsable du programme d'enseignement de Sciences humaines de l'EPFL. Ingénieur physicien et docteur en mathématiques de l'École polytechnique fédérale de Lausanne, il y anime un enseignement sur les enjeux économiques des limites des ressources énergétiques fossiles et sur les changements climatiques. Auparavant, il a travaillé une dizaine d'années

dans le domaine des infrastructures énergétiques à un niveau international, comme ingénieur de recherche, chef de projet et cadre.

ISBN: 978-2-8289-1158-4



9 782828 911584