

Commentaires sur le manuel d'Éducation à la Philosophie et à la Citoyenneté Manuel de boeck - Editions Van In, 1^{ère} édition, 2017

UAA « Relation sociale et politique à l'environnement », chapitre 2.1.6

Travail réalisé par Corcoral Maud, Hilaire Sylvain, Hulin Estelle, Vandermeer Laure, Vlachos Margaux, dans le cadre d'un Master en sciences et gestion de l'environnement, Projet interdisciplinaire 2, **ULB**, Mars 2018.

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos	1
Introduction	2
Le discours, les erreurs et les biais	3
L'histoire en introduction	3
Cueillette de questions	5
Commentaires des élèves par rapport à l'histoire	6
Submersion des terres aux Pays-Bas	6
Conclusion intermédiaire 1	8
Fiche matière sur le 5e rapport du GIEC	8
Fiche matière sur les gaz à effet de serre	9
Les arguments climatosceptiques	10
Le réchauffement est trop faible pour avoir un impact	10
On ne sait pas prédire la météo à plus de dix jours	11
Les stations de mesure sont mal réparties	11
C'est l'effet d'îlot urbain	13
L'océan est insuffisamment pris en compte	13
Une température globale n'a pas de sens	14
Le GIEC a déjà fait des erreurs	15
Les incertitudes sont larges	15

	L'homme émet moins que les vers de terre	16
Conclusion		19
Références		21

AVANT-PROPOS

Le présent document se veut être une révision scientifique du chapitre intitulé « Relation sociale et politique à l'environnement. Se préserver des gaz polluants ? » issu du manuel d' « Éducation à la philosophie et à la citoyenneté » édité par de Boeck en 2017 (pp 173-184)¹ [1]. Ce manuel s'adresse aux enseignants chargés du cours d'EPC, et propose une partie théorique concernant la démarche philosophie et l'éducation à la citoyenneté, ainsi que des exemples didactiques de démarches pédagogiques pour 12 UAA (Unité d'acquis d'apprentissage) parmi celles définies par le référentiel de la FWB.

Ainsi, l'UAA « Relation sociale et politique à l'environnement » vise les compétences finales qui sont d'identifier et expliciter les relations de l'humain avec son environnement naturel et culturel, et de justifier une prise de position dans la relation sociale et politique à l'environnement. Pour cette UAA, De Boeck se propose d'aborder la thématique des gaz polluants, au travers de la problématique du réchauffement climatique et des gaz à effet de serre. La question centrale proposée par le manuel est « Le citoyen doit-il diminuer sa production de gaz à effet de serre (GES) ? Pourquoi ? ».

Les auteurs du chapitre proposent la conclusion suivante : « *Même s'il faut rester vigilants et critiques par rapport à ce qu'on nous dit en matière d'intervention anthropique sur le réchauffement climatique, il nous faut, d'une part, agir pour préserver notamment la qualité de l'air en diminuant les productions d'émanations polluantes et, d'autre part, adopter un principe de précaution pour préserver les vies humaines qui pourraient être menacées par les effets du réchauffement climatique* »

Si cette conclusion nous semble à la fois scientifiquement et éthiquement valide, deux éléments nous semblent cependant problématiques dans la séquence proposée par le manuel de Boeck :

- Certains faits évoqués dans le corps du texte manquent de précision scientifique, avancent des faits erronés, détournent des citations en omettant certaines parties. Nous détaillerons ces arguments dans le corps de ce document, et tenterons d'y apporter des précisions.
- L'agencement lui-même de la séquence donne une impression de remise en question de l'existence du changement climatique et de son origine anthropique.

¹ Le chapitre peut être consulté sur la page : <http://data.vanin.be/Mediafiles/flipbooks/education-philosophie-citoyennete-complet/index.html#175>

INTRODUCTION

La suite du document consiste en deux parties.

Dans la première section “*Le discours, les erreurs et les biais*”, les éléments évoqués dans le manuel sont contextualisés sans rentrer dans le détail de la science. Dans un premier temps, le récit présenté en introduction est commenté. Ensuite viennent des commentaires sur les questions fictives des élèves ainsi que sur la synthèse des arguments climatosceptiques présentés dans l’histoire. Une citation partielle est complétée, ce qui en change radicalement l’interprétation. La section se conclut sur une discussion de l’explication de l’effet de serre.

La seconde partie liste les arguments climatosceptiques présentés dans le chapitre du manuel et leur répond en rentrant dans les détails techniques lorsque cela est nécessaire.

Dans la suite, les références proposées sont issues essentiellement du GIEC (Groupe d’experts Intergouvernemental sur l’Evolution du Climat) et du site multilingue *skepticalscience.com*. Rappelons que :

- Le GIEC est composé de près d’un millier de scientifiques spécialisés sur les questions climatiques, qui a pour mission d’examiner et d’évaluer les données scientifiques, techniques et socio-économiques liées à la compréhension des changements climatiques, y compris les études dont les résultats appuient la thèse du climatoscepticisme ;
- Le GIEC suit un principe de transparence, notamment via le public qui peut consulter l’avancement du rapport et y pointer des erreurs dont le GIEC est obligé de tenir compte selon une procédure standardisée [2]
- Le GIEC publie, environ tous les 6 ans, des rapports prenant en compte les avancées scientifiques les plus récentes et revues par les pairs. Le rapport le plus récent, le cinquième, date de 2014.

Les sources sur lesquelles se base ce document ne sont pas systématiquement reportées, et sont, dès lors, à considérer comme des propositions d’informations supplémentaires. Lorsque les références ne sont pas indiquées, c’est dans la majeure partie des cas que l’information vient de l’un des rapports du GIEC (le 5e lorsque la donnée s’y trouve), ou du site *skepticalscience.com*.

LE DISCOURS, LES ERREURS ET LES BIAIS

L'histoire en introduction (p. 174)

L'histoire relatée à partir de la p. 176 apparaît comme semi-fictionnelle, car certains éléments font référence à des faits et personnages réels, mais d'autres sont entièrement de la fiction ou sont librement empruntés de la vie d'autres personnages. En effet, un Mancham (James, et non Charles) a effectivement été président des Seychelles ; une réunion de ministres a effectivement été convoquée au fond de la mer, mais par un certain Mohamed Nasheed, alors chef d'état des îles Maldives ; un tsunami dévastateur a bien eu lieu le 26 décembre 2004 ; il existe un climatologue John Duke qui ne semble affilié à aucune université ni remettre en question le réchauffement climatique ; il n'existe aucune trace d'une entreprise nommée SeSeConstruct ou d'un fait divers proche de cette histoire d'extorsion, ... voilà quelques exemples du flou entretenu par ce récit.

Si, après une analyse approfondie, la nature fictionnelle de ce récit semble évidente, le style de narration - très journalistique - suggère que l'histoire relatée est réelle. Sans une vérification un par un des faits avancés, peu d'éléments permettent de saisir cette nuance. Seules les mentions en bas de texte « propos empruntés de... » font comprendre au lecteur que les mots repris n'ont jamais été prononcés par ce John Duke.

La question du changement climatique paraît secondaire face aux questions politiques, économiques et d'intérêt personnel mises en avant par le récit. En résumé, voici ce que nous retenons de ce récit, et vraisemblablement les élèves qui le liront un jour : Charles Mancham, décrit comme un porte-drapeau de la lutte contre le changement climatique, s'avère finalement être un profiteuse, dévoilé au grand jour par un professeur émérite du MIT. En ligne, peu d'informations sont disponibles sur l'auteur² et sur l'ouvrage d'où provient cet extrait, afin de pouvoir le recontextualiser. Nous ne prêterons donc pas à l'auteur des intentions qui nous sont inconnues. Cependant, nous nous interrogeons sur le message envoyé par ce récit, principalement comme introduction à une séance portant sur le changement climatique.

Plus encore, le récit laisse une large place à des propos tenus par des climatosceptiques³ qui se revendiquent ouvertement comme tels ; Richard Lindzen et Benoît Rittaud, sans que la parole soit donnée à la défense. Une brève recherche sur un moteur de recherche laisse paraître la prise de parti flagrante de ces deux hommes. Or, comme cela arrive d'ailleurs fréquemment dans les médias, c'est un énorme biais de donner une telle place à leurs propos quand leurs opinions sont remises en question par l'immense majorité des climatologues.

Au-delà du message envoyé par le récit lui-même, ce que nous déplorons, c'est l'absence de toute proposition d'analyse critique de celui-ci dans la suite de la démarche proposée par le manuel de Boeck. A aucun moment, le manuel ne propose aux professeurs d'effectuer avec leur classe la démarche que nous avons effectuée plus haut, à savoir démêler le vrai du faux, replacer

² Il est également co-auteur du manuel, et collabore régulièrement avec Claudine Leleux.

³ Les arguments climatosceptiques relayés dans cette histoire sont traités dans leur contenu dans la section "Les arguments climatosceptiques". Il s'agit pour l'essentiel d'arguments fréquemment opposés aux climatologues, qui proviennent d'une mauvaise compréhension de la climatologie, mais qui peuvent sembler convainquant à qui ne possède pas les informations nécessaires.

les acteurs par rapport à leurs affiliations, les sources dans leur contexte, les propos dans leurs enjeux. Dans cette optique, voici deux ouvrages grand public susceptibles de servir de point de comparaison :

- Jean-Marc Jancovici, *Le réchauffement climatique expliqué à ma fille*, Seuil, 2017, 112 pages, EAN 978-2021365740, ISBN 978-2-0213-6574-3
- Pier Vellinga, *Le changement climatique, mythes, réalités, et incertitudes*, UBlire, 2013, 160 pages, ISBN 978-2-8004-1535-2

Finalement, deux assertions exprimées dans le récit sont scientifiquement imprécises. Concernant la hausse du niveau des mers, il est dit : “*Même si les émissions de gaz à effet de serre étaient stabilisées, les experts prévoient une montée des mers allant de 0,5 à 4 mètres pour la période à venir.*” Premièrement, certains des mécanismes à l’origine de la montée des mers sont à long terme : il s’agit essentiellement de la fonte des calottes glaciaires⁴. Il est dès lors crucial de préciser ce qu’on entend par *la période à venir*. En effet, la hausse du niveau des mers prévues entre les périodes 1986-2005 et 2081-2100⁵ est comprise entre 32 et 63 cm pour le scénario de stabilisation d’émissions de gaz à effet de serre⁶ (voir figure 1 [3]), qui s’ajoute à la hausse de 1,7 cm par an estimée entre 1901 et 2010. Le “pire” scénario, le scénario RCP8.5 qui suppose l’absence de politique de limitation des émissions de gaz à effets de serre, prévoit une hausse de 45 à 82 cm de 1986-2005 à 2081-2100 (voir figure 2 [3]). Si *la période à venir* est l’échéance 2100, les nombres avancés sont grandement exagérés. Les projections à plus long terme sont entachées d’énormes incertitudes liées à la difficulté de modéliser les calottes polaires, et montrent la possibilité que le niveau monte de 7 mètres en mille ans.

⁴ Le mécanisme dominant à l’heure actuelle est l’expansion thermique des océans.

⁵ A cause de la grande variabilité des variables climatiques à court terme, notamment liées au phénomène El Niño (mais pas seulement), les valeurs de ces variables sont toujours moyennées sur quelques décennies.

⁶ Il s’agit du scénario RCP4.5 pour “Representative Concentration Pathways - stabilisation du flux radiatif de l’atmosphère vers le sol à 4,5 W/m² d’augmentation sur la période 1750-2100”. Dans ce scénario, les émissions de GES-équivalent atteignent un maximum avant 2050 et annulent le bilan carbone entre 2050 et 2100. 2100 est de loin l’échéance la plus discutée dans le 5e rapport du GIEC.

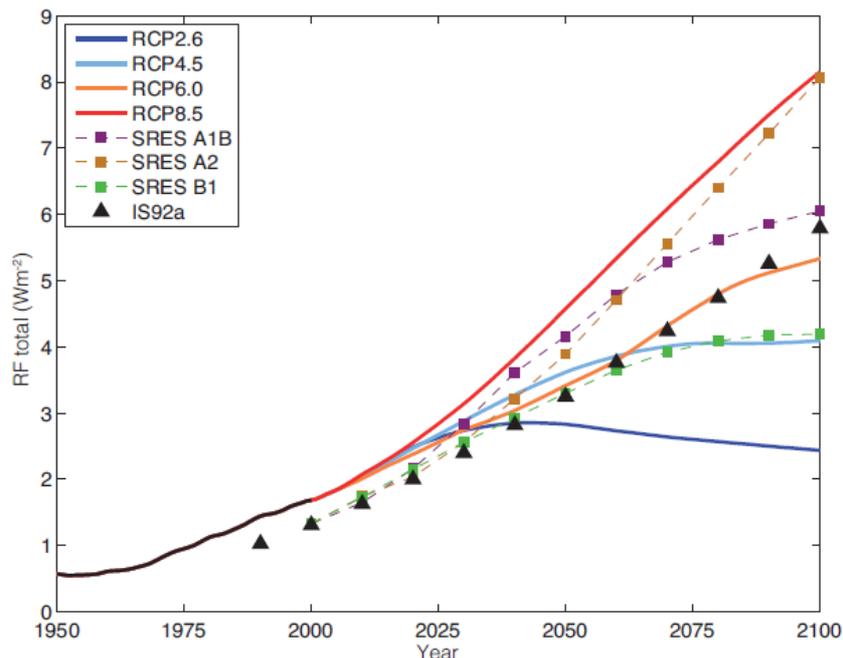


Figure 1 : Graphe de différents scénarios d'émissions de gaz à effet de serre. Nous voyons que ces scénarios diffèrent à partir de l'année 2000.

L'autre assertion imprécise concerne la hausse des températures moyennes. Le récit explique : "La première chose qui frappe est l'ordre de grandeur des changements climatiques dont on parle : à peine $0,7^{\circ}C$ d'augmentation de la température en cent cinquante ans." Même si cela n'est pas précisé, il s'agit vraisemblablement des observations : le réchauffement moyen, sur la période 1880-2012, est compris avec 90% de certitude entre $0,65^{\circ}C$ à $1,06^{\circ}C$ [4], bornes qui contiennent les $0,7^{\circ}C$ proposés. Cependant, en ce qui concerne le réchauffement de la période 1986-2005 à 1981-2100, le réchauffement attendu pour le scénario RCP4.5 est de $1,1^{\circ}C$ à $2,6^{\circ}C$, et le réchauffement pour le scénario RCP8.5 de $2,6^{\circ}C$ à $4,8^{\circ}C$, ce qui est largement plus grand que les $0,7^{\circ}C$ mentionnés dans le récit.

“Cueillette de questions” (p. 177)

Il est noté "*P. note au tableau quelques questions non factuelles.*" La première question, sur l'existence du réchauffement climatique, est factuelle. En effet, la réponse n'est pas du ressort de la réflexion philosophique mais de la capacité des scientifiques à prendre des mesures et interpréter les résultats. Qu'il y ait réchauffement climatique ou pas, la classe n'est pas capable de s'en assurer.

Deux des trois questions sont à caractère climatosceptique. Cela peut avoir un sens en classe de secondaires, quand les élèves n'ont encore presque aucune idée de la certitude qu'ont les scientifiques sur les changements climatiques. Les informer du consensus existant et des divergences d'opinion rentre dans les objectifs du cours. Dans ce sens, les questions qui émergent des élèves peuvent effectivement être naïvement climatosceptiques.

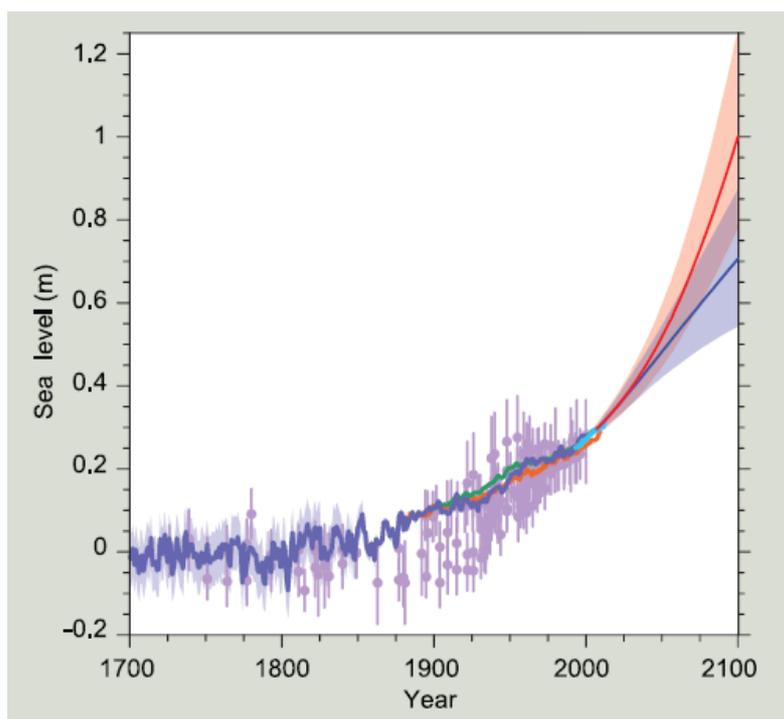


Figure 2 : Compilation des données historiques de montée du niveau marin et projections selon les scénarios d'émissions de gaz à effet de serre RCP2.6 (bleu) et RCP8.5 (rouge), exprimées par rapport à l'année 1700 (période préindustrielle)

Commentaire des élèves par rapport à l'histoire (p. 178)

Les deux premières questions proposées par le professeur recueillent 7 réponses, dont 4 sont climatosceptiques⁷. Cela ne reflète aucunement l'opinion scientifique (97% des climatologues en activité sont convaincus qu'il y a un réchauffement climatique d'origine anthropique [5,6]. Il est probable à 90% que le réchauffement moyen de la planète soit compris entre 0.65°C et 1.06°C en ajustant une droite sur la période 1880-2012 [7]). Il y a donc un parti pris des auteurs du manuel, qui remettent en cause les conclusions des scientifiques.

La troisième question suggérée au professeur propose explicitement de rassembler les arguments des climatosceptiques. Cela participe à forger dans la tête des élèves des doutes sur le changement climatique, l'actuel consensus, mais peut-être aussi sur la science de manière générale.

De plus, certaines de ces critiques sont contrées par les climatologues. Les réponses apportées sont données dans le tableau de la section "Les arguments climatosceptiques".

⁷ "Un réchauffement climatique pourrait-il avoir comme conséquence l'engloutissement de certains pays, si la montée des eaux est effective." ; "Il y a peut-être un réchauffement climatique mais qui aurait lieu de toute façon, que les hommes existent ou non." ; "Le GIEC a déjà fait plusieurs erreurs de prévision. Il se pourrait donc qu'il n'y a pas de réchauffement climatique." ; "Dans l'histoire, le climatologue nous dit que ce réchauffement est très difficile à déterminer au point qu'on ne sache pas dire si c'est vrai ou pas."

La réponse "il suffit de voir la banquise qui fond" n'est pas non plus valide scientifiquement : la fonte de la banquise proprement dite est un phénomène naturel lié au cycle des saisons. L'argument scientifique qui incite à penser que le réchauffement climatique est en cours est la tendance sur plusieurs décennies à une diminution de la superficie de la banquise Arctique [8] lors de son minimum estival, à la diminution de l'épaisseur et du taux de couverture⁸ de la banquise Arctique, et au retard temporel de formation de cette dernière. Cependant, la série temporelle est encore trop courte pour pouvoir l'associer avec certitude au réchauffement climatique. La banquise Antarctique est quant à elle en expansion, ce qui s'explique par une augmentation d'apport en eau douce due à la fonte de la calotte glaciaire.

Immersion des terres aux Pays-Bas (p. 179)

Le manuel donne un exemple d'erreur commise par le GIEC sur l'estimation de la proportion de terres en-dessous du niveau de la mer aux Pays-Bas. Le manuel pointe du doigt l'erreur qu'a fait le GIEC de surévaluer, presque du simple au double, la surface des Pays-Bas sous le niveau de la mer.

Les deux citations du manuel et leurs références sont correctes. La première citation proposée, tirée de l'*Examen de la méthodologie d'Expertise du GIEC sur le changement climatique* [9], explique que le gouvernement néerlandais, ayant constaté l'erreur, a sollicité l'Agence Néerlandaise de l'Environnement (Planbureau voor Leefomgeving, PBL, Institut national pour l'analyse de la politique stratégique dans le domaine de l'environnement, de la nature et de l'espace) afin d'en chercher d'autres.

Dans le dossier *Klimaatverandering (Changement climatique)* du site du PBL, on trouve le texte suivant : *Correctie formulering over overstromingsrisico Nederland in IPCC-rapport* [10] (*Correction de la formulation au sujet du risque d'inondation aux Pays-Bas dans un rapport GIEC*). Une seule correction y est mentionnée, et concerne celle à laquelle fait référence le manuel DeBoeck. On y lit:

In het hoofdstuk Europa staat op bladzijde 547 dat 55 procent van Nederland onder zeeniveau ligt ("The Netherlands is an example of a country highly susceptible to both sea-level rise and river flooding because 55 % of its territory is below sea level"). Hier had echter moeten staan dat 55 procent van Nederland gevoelig is voor overstromingen; 26 procent van Nederland ligt onder zeeniveau en 29 procent is gevoelig voor rivieroverstromingen.

Dans le chapitre Europe, à la page 547, il est dit que 55 pourcents des Pays-Bas se trouvent sous le niveau de la mer ("Les Pays-Bas sont un exemple de pays hautement susceptible de faire face à la fois à la hausse du niveau des mers et à des débordements de rivières parce que 55% de son territoire sont en-dessous du niveau de la mer"). Ici, il devrait plutôt être écrit que 55% des

⁸ Taux de couverture : fraction d'eau de mer recouverte par la glace au sein de l'extension de la banquise (la banquise n'est en général pas une plaque homogène et lisse)

Pays-Bas sont susceptibles d'être submergés ; 26% des Pays-Bas sont sous le niveau de la mer et 29% sont à risque de débordements de rivières.

Suivi de:

Nederland is gevoelig voor klimaatverandering. Zowel de zeespiegelstijging als de hoge piekafvoeren van de rivieren vragen om voorzorgsmaatregelen. De onjuiste formulering in het rapport heeft geen consequenties voor deze conclusie.

Les Pays-Bas sont sensibles au changement climatique. Tant la montée du niveau de la mer que les crues des rivières incitent à prendre des mesures de prévention. La formulation erronée dans le rapport n'a aucune conséquence pour ces conclusions.

Le rapport du PBL concernant les erreurs repérées sont présentées dans le document *Assessing an IPCC assessment – an analysis of statements on projected regional impacts in the 2007 report* [11]. On y lit, dans le résumé exécutif:

Our findings do not contradict the main conclusions of the IPCC on impacts, adaptation and vulnerability related to climate change. There is ample observational evidence of natural systems being influenced by climate change on regional levels. The negative impacts under unmitigated climate change in the future pose substantial risks to most parts of the world, with risks increasing at higher global average temperatures.

Nos résultats ne contredisent pas les principales conclusions du GIEC sur les impacts, l'adaptation et la vulnérabilité liés au changement climatique. Il y a de nombreuses observations de systèmes naturels influencées par le changement climatique au niveau régional. Les impacts négatifs du changement climatique, s'il n'est pas limité dans le futur, représentent une menace sérieuse dans la plus grande partie du globe, et plus la température moyenne globale monte, plus les risques sont grands.

Ce paragraphe pointe la validité scientifique des conclusions suivantes :

- le changement climatique a des conséquences déjà observables dans la nature ;
- les conclusions majeures du GIEC restent valables, et...
- ... en particulier concernant les impacts négatifs d'un réchauffement global.

La deuxième citation que propose le manuel de Boeck, tirée du même document que la première, attire l'attention sur ce qui est vraisemblablement une coquille d'impression (2035 au lieu de 2350). Elle montre que la méthodologie de rédaction d'un rapport interdisciplinaire spécialisé est mouvante. Elle ne contient aucun propos climatosceptique, précisant même que :

Le rapport (IAC, 2010) n'a pas remis en cause les résultats de l'expertise mais a recommandé une série d'améliorations.

Les améliorations citées sont d'ordre méthodologique pour améliorer la communication.

On note dans la foulée une erreur p. 178 du manuel de Boeck : ce n'est pas 29% du territoire hollandais qui est sous le niveau de la mer, mais bien 26%.

Conclusion intermédiaire (p. 180)

A la lumière des réponses aux propos climatosceptiques tenus jusque-là (voir section "*Les arguments climatosceptiques*"), la conclusion intermédiaire en p. 180 n'est pas justifiée. En effet, il apparaît que le réchauffement climatique est établi à l'heure actuelle, et notamment en tenant compte de l'énergie thermique absorbée par les océans. Il faudrait donc proposer une autre formulation, qui laisse toujours la place à l'esprit critique, mais qui ne prend pas explicitement position.

Fiche matière sur le 5e rapport du GIEC (p. 180)

Précisons ici que la principale raison pour laquelle des mesures de lutte contre l'appauvrissement de la couche d'ozone ont été prises est l'altération de la protection d'UV que cette couche nous confère. C'était un problème de santé publique ; son appauvrissement n'a que peu d'impact (mais il en a bien un) sur le réchauffement du climat.

En fait, la couche d'ozone est un nom donné à l'ozone dit "stratosphérique", entre 25 et 50 km d'altitude. Cet ozone est formé par des réactions photochimiques qui absorbent une grande partie des rayonnements UV solaires. Il ne doit pas être confondu avec l'ozone à la surface du sol, dit "troposphérique" (en-dessous de 10 km d'altitude), qui est créé par les pollutions humaines, cause des problèmes respiratoires, et a un impact bien plus grand sur le réchauffement climatique.

Fiche matière sur les gaz à effet de serre (p. 181)

Le tableau présent p.181 est une explication de ce que sont les gaz à effet de serre. Celle-ci est globalement correcte exceptée une chose.

“L’effet de serre est un processus thermique naturel de réchauffement du climat dû aux gaz à effet de serre contenus dans l’atmosphère, à savoir principalement la vapeur d’eau, le dioxyde de carbone et le méthane. [...] Ce concept repose sur la captation du rayonnement infrarouge, fourni par la chaleur solaire, au sein d’un environnement clos sous verre.”

La concentration en vapeur d’eau dans l’atmosphère dépend essentiellement de la température. Les derniers rapports du GIEC citent également souvent le protoxyde d’azote (N₂O).

L’erreur présente repose sur le concept d’effet de serre. Toutes les longueurs d’ondes sont en fait captées, celles-ci étant plus ou moins atténuées par l’atmosphère avant d’atteindre le sol. Elles sont alors restituées sous forme de rayonnement émis par la surface terrestre, essentiellement dans l’infrarouge qui lui-même est réabsorbé provisoirement par les gaz à effet de serre au lieu avant de s’échapper vers l’espace (figure 1)

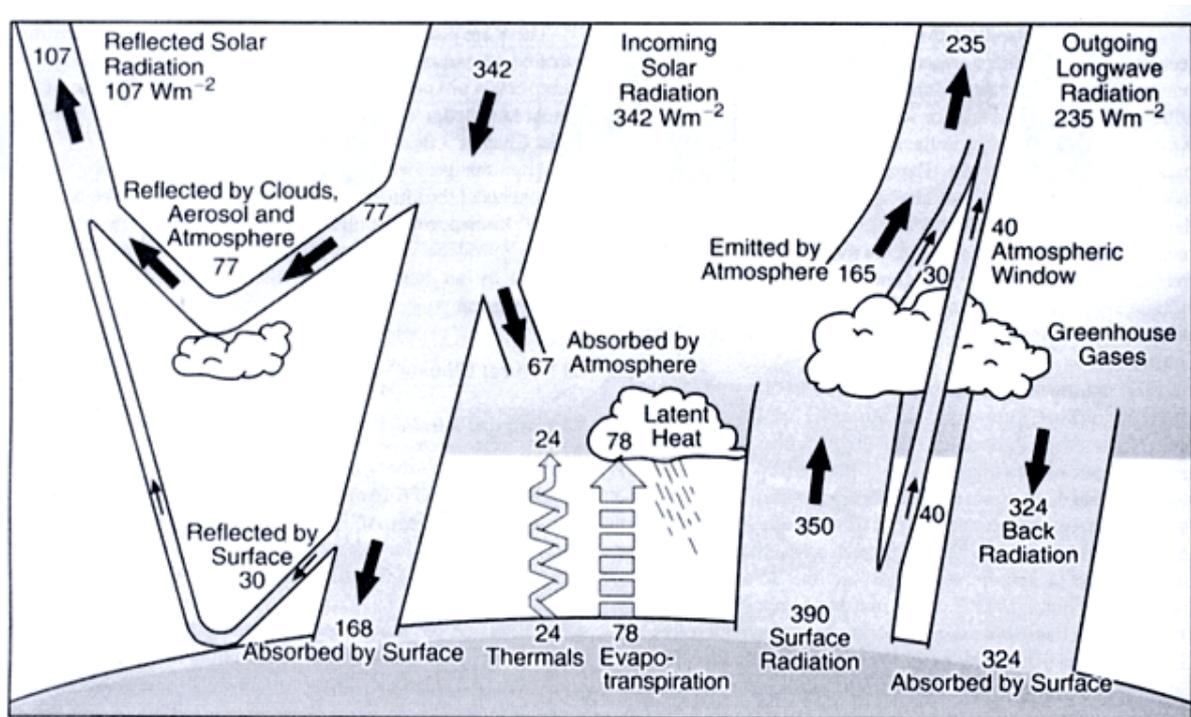


Figure 3 : Schéma montrant les différentes radiations entrantes et sortantes à la surface terrestre. Nous pouvons voir sur la partie droite du graphique le processus d’effet de serre (Greenhouse Gases) qui est responsable d’un retour de radiations de 324 W/m².

Ensuite ils émettent quatre causes anthropiques des quantités importantes de gaz à effet de serre présentes dans l’atmosphère.

“C’est la production en quantité trop importante par l’homme de gaz à effet de serre (GES) qui cause un réchauffement climatique préjudiciable à l’équilibre climatique de la planète :

- *Par la combustion des énergies fossiles*
- *Par la pollution industrielle*
- *Par l'émission polluante des transports*
- *Par la déforestation"*

Il s'avère en fait que la combustion d'énergie fossile regroupe la pollution industrielle, celle due aux transports ainsi que la production de ciment. L'augmentation de concentration en CH₄ peut également provenir des cultures de riz, du bétail ainsi que des décharges et déchets. Le N₂O trouve entre autres ses sources anthropiques dans l'agriculture et la combustion de biomasse.

LES ARGUMENTS CLIMATOSCEPTIQUES

Dans la liste suivante sont résumés chacun des arguments climatosceptiques présentés jusque-là et la réponse qui leur est donnée. Ils se présentent de la façon suivante : l'argument climatosceptique tiré textuellement du texte, en italique souligné et entre guillemets, suivi de la réponse que l'on apporte, en retrait.

1. *"La première chose qui frappe est l'ordre de grandeur de changements climatiques dont on parle ; à peine 0.7°C d'augmentation de la température en cent cinquante ans. Nous subissons quotidiennement des écarts de température bien plus importants sans même nous en rendre compte. Bâtir des scénarios d'apocalypse à partir d'un phénomène aussi anodin est risible."* (p.176)

En préambule, notons la confusion entre climatologie et météorologie (argument 2).

D'une part, de nombreuses conséquences des changements climatiques sont déjà observées (argument 8). Le rapport du deuxième groupe de travail du GIEC en examine les conséquences (impacts, adaptation et vulnérabilité) sur plus de 1000 pages.

D'autre part, les changements climatiques à venir - et observés - varient en fonction des régions ; de manière générale, les pôles se réchauffent plus que les tropiques. Certaines régions encourent donc un réchauffement de plusieurs degrés de plus que la valeur moyenne, tandis que certaines pourraient même se refroidir (à cause, par exemple, de l'apport d'eau de fonte très froide dans la mer du Labrador). Les impacts sont donc à évaluer en tenant compte des disparités régionales.

Cependant, certains impacts, comme la hausse du niveau des mers ou l'acidification des océans qui absorbent une partie du dioxyde de carbone émis par l'homme, sont globaux. Ces effets, indirectement liés à la hausse des températures, mettent avec celle-ci de nombreux écosystèmes et populations humaines en péril, notamment par la submersion de zones côtières ou l'asphyxie

des récifs coralliens⁹ qui fournissent beaucoup de produits de la pêche aux communautés humaines.

De plus, certaines boucles de rétroaction positive peuvent s'enclencher à partir d'un réchauffement global de 2°C. C'est le cas de la fonte du permafrost, qui menace de libérer dans l'atmosphère l'équivalent du double de la quantité actuelle de carbone atmosphérique. Dans ce scénario d'emballement du réchauffement climatique, les impacts seraient énormes à l'échelle mondiale.

De manière générale, certains changements seront vraisemblablement continus, comme le déplacement des espèces vers les hautes latitudes, tandis que d'autres se déclencheront à partir d'un certain seuil et sans que rien ne puisse les arrêter [12].

2. "Les météorologistes sont aujourd'hui incapables de prévoir le temps qu'il fera dans une quinzaine de jours. Comment, dans ces conditions, prétendre prévoir le climat à l'horizon des cinquante ou cent prochaines années ?" (p.176)

Les climatologues n'essayent pas de prédire la météo des dizaines d'années à l'avance, mais le climat, dont l'une des définitions est d'être une moyenne des états météorologiques régionaux sur trente ans. Or, il existe différents climats sur Terre, qui ont évolué dans le passé : il est dès lors vraisemblable qu'ils évoluent dans le futur.

Ce ne sont donc pas les climatologues qui calculent la météo : ce n'est pas la même science, et les équations manipulées ne sont pas les mêmes. La météorologie calcule la vitesse des vents et des précipitations en suivant à la trace les masses d'air et les nuages. Une grande part des prévisions repose sur la comparaison de la météo du jour avec des situations similaires dans le passé et l'étude statistique de ce qui a suivi. Les modèles sont actualisés quotidiennement, et ceux qui ont donné de mauvais résultats sont abandonnés. La climatologie, au contraire, évalue le bilan moyen ("l'espérance") de températures ou des précipitations en tenant compte des transferts de chaleur à l'échelle du globe, et établit des tendances sur plusieurs décennies ; les modèles assimilent sans cesse de nouvelles données et doivent pouvoir reproduire les variations climatiques sur une échelle de cent ans. Les limitations ne sont pas les mêmes : là où la météorologie est inutilisable au-delà de deux semaines, la climatologie n'est pas efficace et pertinente sur des périodes de moins de dix ans.

⁹ Les coraux sont des organismes qui dépendent de la photosynthèse. Or, l'eau absorbe la lumière du soleil, et une trop grande épaisseur d'eau entre les coraux et la surface les prive donc de l'énergie nécessaire à leur développement.

3. “Les stations qui mesurent les changements climatiques se trouvent sur les terres émergées, qui constituent moins de 30% de la surface du globe. Les deux tiers de ces stations se situent sur le seul territoire des Etats-Unis, qui représente moins de 7% des terres émergées.” (p.177)

Une part des mesures de température de l'air à la surface du sol est prise en charge par les stations météorologiques, qui effectivement, se trouvent sur la terre ferme. Cependant, des mesures sont prises par bateau et par bouée dans les océans. Ainsi ceux-ci sont effectivement pris en compte, même si le nombre de données est moins important. [5]

Boîte d'informations supplémentaires

Il existe plusieurs méthodologies d'analyse et sources de données d'augmentation de température. Celui que nous présentons ici est issu du GISS (NASA) et concorde avec les résultats du GIEC (la figure 2 compare quatre différents sets de données et/ou traitements des données). Les données d'augmentation régionale de températures suivantes proviennent de trois sources de données : une pour les continents habités (GHCN v3), une pour les océans (ERSST v5), et une pour l'Antarctique (majoritairement SCAR). [13]

Certaines régions sont donc plus représentées que d'autres dans les données brutes. Cependant, la manière dont sont traitées ces données n'en souffre pas. En effet, la surface terrestre est découpée en milliers de cellules pour lesquelles la différence de température avec les valeurs passées est calculée. La moyenne de l'anomalie de température est ensuite calculée à l'échelle du globe en tenant compte de la superficie des cellules. Lorsqu'une cellule n'a pas de mesure à disposition, la valeur d'anomalie de température est interpolée entre ses voisines.

En conclusion, comme les données sont moyennées dans des régions de même taille, le nombre de stations de mesure dans une cellule n'influence pas la valeur finale d'anomalie de température, mais la fidélité (répétitivité) du résultat.

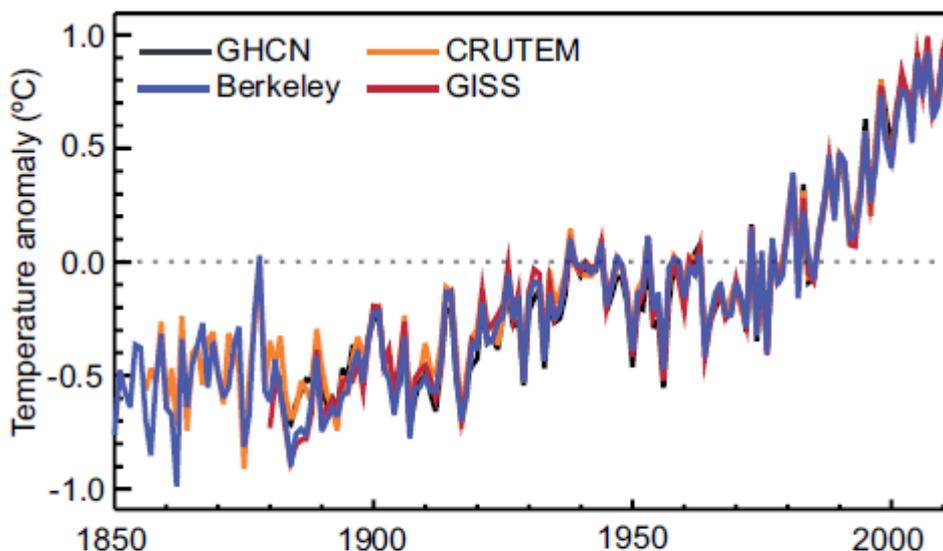


Figure 2 : Anomalie de température mesurée par différents ensembles de données. Les différentes méthodologies (manière de prendre en compte les données manquantes, l'effet d'îlot urbain, ...) donnent des résultats très semblables pour les 150 dernières années.

4. “Un grand nombre [des stations qui mesurent les changements climatiques] étaient initialement localisées à la campagne mais par le développement des villes, elles sont progressivement cernées par des immeubles, routes ou aéroport et se nichent donc dans ce qu'on appelle “des îlots de chaleur urbaine”. En conséquence, les températures qu'ils notent sont en hausse mais cette augmentation n'a rien à voir avec un réchauffement de la planète.” (p.177)

D'une part, les zones urbaines sont une fraction de la surface terrestre. L'augmentation de la température en ces endroits, même due à un effet local d'îlot urbain, participe à l'augmentation de la température moyenne du globe, et a des impacts climatiques locaux. La dissipation de chaleur industrielle est un mécanisme qui s'ajoute au réchauffement climatique par effet de serre, bien que son impact soit environ 100 fois moins important.[14]

D'autre part, l'effet d'îlot urbain est connu et pris en compte. Les stations en zone urbaines sont détectées en mesurant l'éclairage nocturne (pour GISS), ou via la densité locale de population. L'évolution de température des stations urbaines est alors comparée aux stations rurales voisines et est ajustée pour suivre la tendance à long terme de ces dernières. S'il n'y a pas de station rurale à proximité, la station urbaine n'est pas prise en compte. [15]

Finalement, l'importance de ce phénomène a été évaluée pour la période 1900-2009 et fait passer l'anomalie de température globale de 0.71°C à 0.70°C. [5]

5. “[...] les modèles informatiques ne sont pas non plus à la hauteur car ils tiennent insuffisamment compte de l'énergie thermique contenue dans les océans qui couvrent plus de 70% de la surface de la terre.” (p. 177)

L'océan est un facteur crucial dans la détermination des climats terrestres, à cause de sa superficie, mais aussi des transferts de chaleur via la température et l'évaporation-précipitation de l'eau (ainsi que d'autres processus d'échange avec l'atmosphère, par exemple l'absorption du CO₂ anthropogénique). Il est loin d'être, en climatologie, une boîte passive : animée de grands courants marins à l'échelle du globe, les réactions chimiques et la photosynthèse à sa surface sont cruciales. Ce n'est pas du tout un élément annexe du climat et il a toujours été identifié comme composant majeure, voire le principal composant, des climats terrestres. Il est dès lors simplement inconcevable qu'il ne soit pas *suffisamment* pris en compte, surtout quand on se souvient que la climatologie (et en particulier le GIEC) est menée par des milliers de spécialistes qui partagent ensemble leurs recherches, en les améliorant les uns les autres.

La captation d'énergie thermique par les océans était par ailleurs déjà prise en compte dans le cinquième rapport du GIEC en 2014 (voir figure 3 ; une augmentation de 1 Joule est équivalente à un réchauffement de 0,24°C de 1g d'eau). [16] Elle couvre plusieurs aspects : la mesure et l'évaluation de son ampleur, son impact sur les prévisions du réchauffement de l'air (l'ignorer reviendrait à surestimer ce réchauffement), ainsi que les conséquences directes, telles la hausse du niveau des mers dont elle est un facteur majeur.

Cependant, les mesures de l'évolution des propriétés de l'océan (contenus en énergie thermique ou volume, par exemple) sont entachées de larges incertitudes actées dans les rapports du GIEC. Les valeurs des grandeurs physiques citées partagées au grand public sont soit des bornes contenant avec, typiquement, 90% de certitude la vraie valeur, soit la médiane ou la moyenne des estimations.

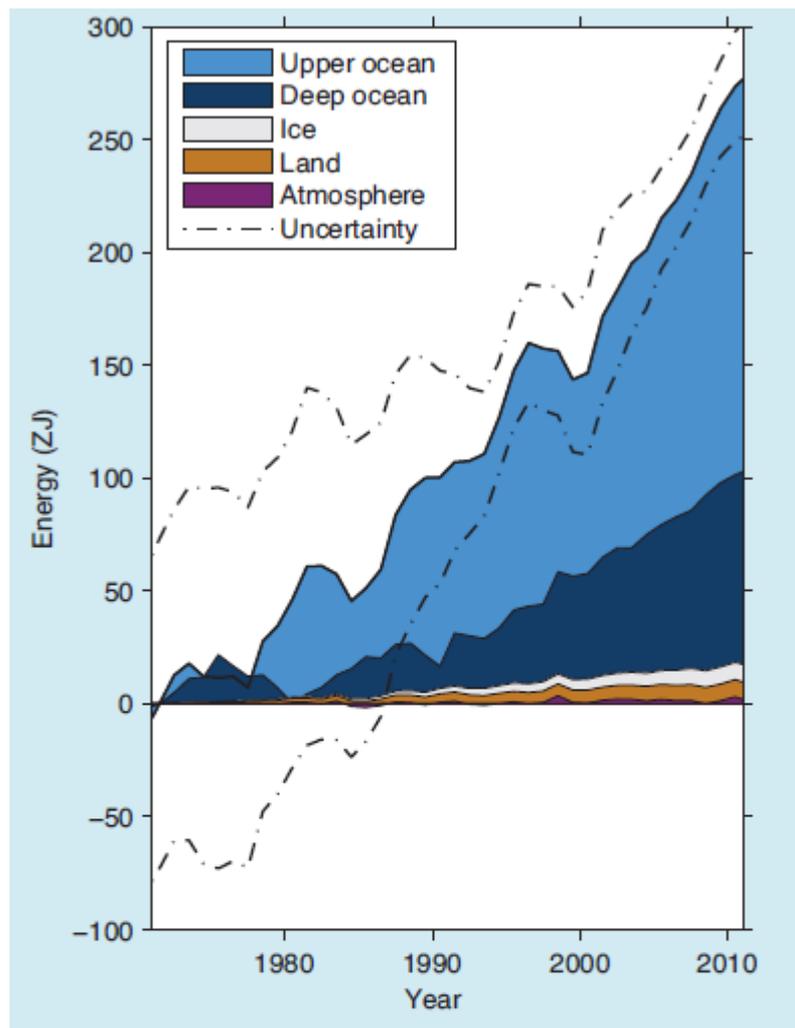


Figure 3 : Augmentation du contenu en énergie thermique de l'océan de surface (moins de 700 m de profondeur, bleu clair), de l'océan profond (plus de 700 m, bleu foncé), de l'énergie ayant servi à faire fondre la glace (gris), du réchauffement du sol et des lacs (brun), et du réchauffement de l'atmosphère (violet), qui n'est en quelque sorte que la partie émergée de l'iceberg, pour la période 1971-2010.

6. “Encore faudrait-il que cela ait un sens de calculer une “température globale” dans la mesure où il n'existe pas un “climat global” sur terre. En réalité, nous vivons dans des climats régionaux qui sont fort différents les uns des autres.” (p.177)

Cela a le sens d'une moyenne : c'est un indicateur intégré dont les variations révèlent une évolution de la température en certains endroits non compensée, donc une variation du contenu en énergie calorifique du système Terre. Elle ne doit pas être interprétée comme la température d'un “climat global”, ce qui n'existe pas. C'est un indice mathématique.

De plus, certaines régions du monde sont susceptibles de connaître un refroidissement dans les décennies à venir. Deux causes sont possibles : un changement dans la circulation atmosphérique locale ou dans la circulation océanique, comme l'affaiblissement du courant Nord-Atlantique (abusivement

appelé “Gulf Stream”) suite à l’apport d’eau de fonte de la calotte Groenlandaise.

7. “Le GIEC a déjà fait plusieurs erreurs de prévision” [21] (p. 178)

La science évolue constamment et produit des résultats de qualité sans cesse croissante, ce qui amène à revoir les résultats précédents. Par exemple, il arrive que des phénomènes longtemps considérés comme négligeables s’avèrent déterminants au travers de boucles de rétroaction.

De plus, la science ne traite pas de certitudes, mais de probabilités (toujours inférieures à 100%). Le discours scientifique est de dire “suivant les indices disponibles, il semble probable à telle probabilité que tel phénomène se produise dans les bornes proposées”.

Dans le cas où les scientifiques voient que la probabilité d’événements catastrophiques pour l’humanité est non nulle, c’est le principe de précaution qui est invoqué. Il permet de justifier des décisions même si les risques encourus ne sont pas certains, car on sait qu’ils sont possibles. Ce principe peut donc légitimer, en principe, de prendre des mesures dont l’avenir seul peut dire si elles auront été superflues.

Dans la majorité des cas, les changements projetés du système climatique mentionnés par le GIEC sont moins importants que ceux effectivement mesurés, en particulier pour les variables clefs. [17] C’est le cas de la hausse du niveau des mers, de l’extension minimale de la banquise Arctique en été, la fonte du permafrost, ou de l’augmentation des concentrations de dioxyde de carbone dans l’atmosphère par exemple.

8. “Dans l’histoire, le climatologue nous dit que ce réchauffement est très difficile à déterminer au point qu’on ne sache pas dire si c’est vrai ou pas.” (p.178)

Les barres d’erreurs sont larges, mais le réchauffement reste certain (l’intervalle de température de 0.65°C à 1.06°C contient avec 90% de confiance la vraie valeur du réchauffement). [5]

De plus, les mesures directes de la température du globe ne sont pas le seul indicateur du réchauffement climatique. Il existe en effet de nombreuses autres grandeurs physiques indépendantes qui mènent à la conclusion que la température moyenne du globe a augmentée au cours du dernier siècle. Citons parmi celles-ci¹⁰ :

- Des modifications de la structure de l’atmosphère, notamment l’avancement des saisons et du contenu en humidité de l’air ;
- la montée du niveau des mers ;
- la fonte du permafrost, la perte de masse de plus en plus rapide de la quasi-totalité des glaciers de montagnes, des calottes du Groenland et de l’Antarctique, ainsi que la diminution de la surface annuelle minimale couverte par la banquise

¹⁰ Les exemples cités sont choisis parmi les plus évocateurs de la liste présentée sur le site <https://www.skepticalscience.com> en réponse à la critique “It’s not happening”.

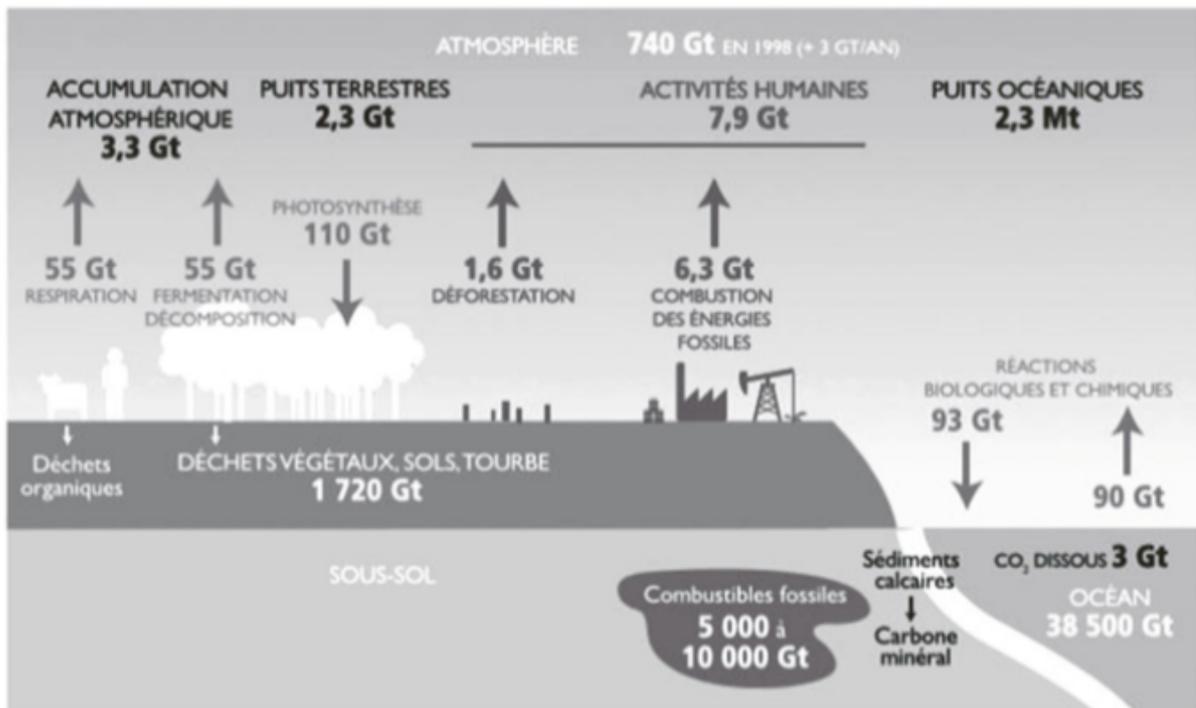
Arctique (voir section “Commentaire des élèves par rapport à l'histoire (p. 178, Phase formative”)) ;

- un déplacement des populations d'arbres, de coraux et d'animaux vers les pôles et/ou les plus hautes altitudes ;
- l'avancement de la floraison, du développement des populations de papillons, des migrations d'oiseaux et fabrication de leurs nids.

9. “En décomposant les détritux dans le sol, [les vers de terre] contribuent à fabriquer de l'humus qui stocke du CO₂ mais leur activité dégage elle aussi du CO₂ et du méthane. Ainsi les sols et détritux émettent plus de 1,5 millions de kilos de CO₂ par seconde (compteur), soit 50 milliards de tonnes par an. [...] nous voyons que la production humaine de CO₂ est relativement faible par rapport à la production de CO₂ générale” (p.182)

Il est mis que 50 Gt de CO₂ par an est émis par cette activité. La source existe bel et bien. Celle-ci se base elle-même sur un article qui exprime que les sols dans lesquels se produit la décomposition par les vers de terres produisent 33% de CO₂ de plus que les sols dépourvus de vers de terre. [18] L'article ne parle pas de taux de CO₂ par an. Dans la littérature il est difficile de trouver un taux précis en raison d'autres facteurs entrant en compte, notamment l'intervention de la végétation.

Considérons ensuite le schéma présenté dans le manuel de Boeck en page 182, et reproduit ici à la figure 4. Le document d'où provient le schéma existe bel et bien. Il provient d'un rapport fait par l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie en France. Il y est indiqué que le schéma est basé sur des données d'un rapport du GIEC datant de 2000. Seulement, il n'existe pas de rapport publié en 2000. On peut dire que ce schéma est donc une conclusion d'un rapport du GIEC. Dans la suite, nous utilisons un rapport du GIEC plus récent (2013) pour en critiquer un plus ancien (voir figure 5). Il faut bien faire attention à toujours se baser sur les récentes découvertes et publications de ce groupe d'experts car l'étude du changement climatique est une science et évolue donc avec le temps.



Source GEC 2000

Figure 4 : Schéma exprimant les émissions naturelles et anthropiques de CO₂ ainsi que les stocks de carbone. Il est présent dans le manuel de Boeck (p.182), mais la légende, au-dessus à gauche, ne précise pas quels nombres correspondent à quelles grandeurs. Les nombres blancs sont des masses de carbone, les nombres noirs et gris sont des flux ou des bilans de carbone en Gigatonnes par an.

Le message transmis par le manuel est que les émissions de CO₂ faites par l'homme sont moindres par rapport aux émissions naturelles. L'homme n'apparaît donc pas comme cause du changement climatique.

Les émissions naturelles de CO₂ dues à la respiration et à la fermentation d'une part sont compensées par l'absorption du CO₂ par la photosynthèse. En ce qui concerne les émissions de CO₂ provenant de l'océan, celles-ci sont également compensées par des réactions chimiques et biologiques. Le résultat de ces deux compensations résulte en un bilan quasiment nul des émissions de CO₂ naturelles. Les émissions anthropiques apparaissent donc comme seules restantes et une évolution des puits naturels a dû se faire pour absorber ce surplus de CO₂ rejeté par l'homme. En fait, il ne faut pas comparer les émissions humaines aux flux naturels, mais au bilan entre les flux naturels : 7,9Gt/an est évidemment bien plus grand que 0Gt/an dans le système non perturbé.

Cette augmentation de la concentration en dioxyde de carbone dans l'atmosphère est déjà responsable d'une augmentation du flux d'énergie radiative de l'atmosphère vers la surface (qui l'absorbe et la convertit en chaleur) comprise entre 1.13 et 3.33 W/m². C'est de cette manière que la température moyenne de la planète s'est élevée de près de 1°C par rapport à la période préindustrielle.

Boîte d'informations supplémentaires

Tout d'abord, si l'on parcourt le dernier rapport du GIEC, les valeurs d'émissions ont évoluées. En effet, il est dit qu'en 2011 les émissions cumulées dues aux combustibles fossiles sont de 375 GtC (10^{15} g de carbone) avec un flux de 9,5 GtC/an. Les déforestations ayant provoquée une production de CO₂ de 180 GtC ont été évaluées à un flux de 0,9 GtC/an, même si actuellement on compte une régénération des forêts qui représente un taux compensé de 2 GtC/an. Ce rapport nous informe que 240 GtC se sont accumulées dans l'atmosphère depuis 1750. La concentration atmosphérique est passée de 278 ppm à 390,5 ppm dans l'atmosphère. La répartition du CO₂ dans l'atmosphère indique que les émissions proviennent essentiellement des pays industrialisés et donc de l'homme. En ce qui concerne les deux autres puits terrestres, le contenu en carbone a augmenté de 155 GtC dû aux émissions anthropiques dans l'océan depuis 1750. Entre 1750 et 2011, l'augmentation mesurée pour les écosystèmes terrestres est de 160 GtC. Le taux d'accumulation de CO₂ anthropique dans les réservoirs océanique et terrestre s'élève respectivement à 2.3 et 2.6 GtC/an. Le flux de 2,3 MtC/an soulevé dans le schéma du de Boeck est erroné : il s'agit de 2,3 GtC/an. L'accumulation de ce CO₂ s'exprime par un renforcement de la photosynthèse, un accroissement des dépôts d'azote et un allongement des périodes de végétations aux latitudes moyennes et supérieures. [19] Le schéma (figure 5) ci-dessous est une synthèse des flux et taux de carbone et provient également du 5e rapport du GIEC.

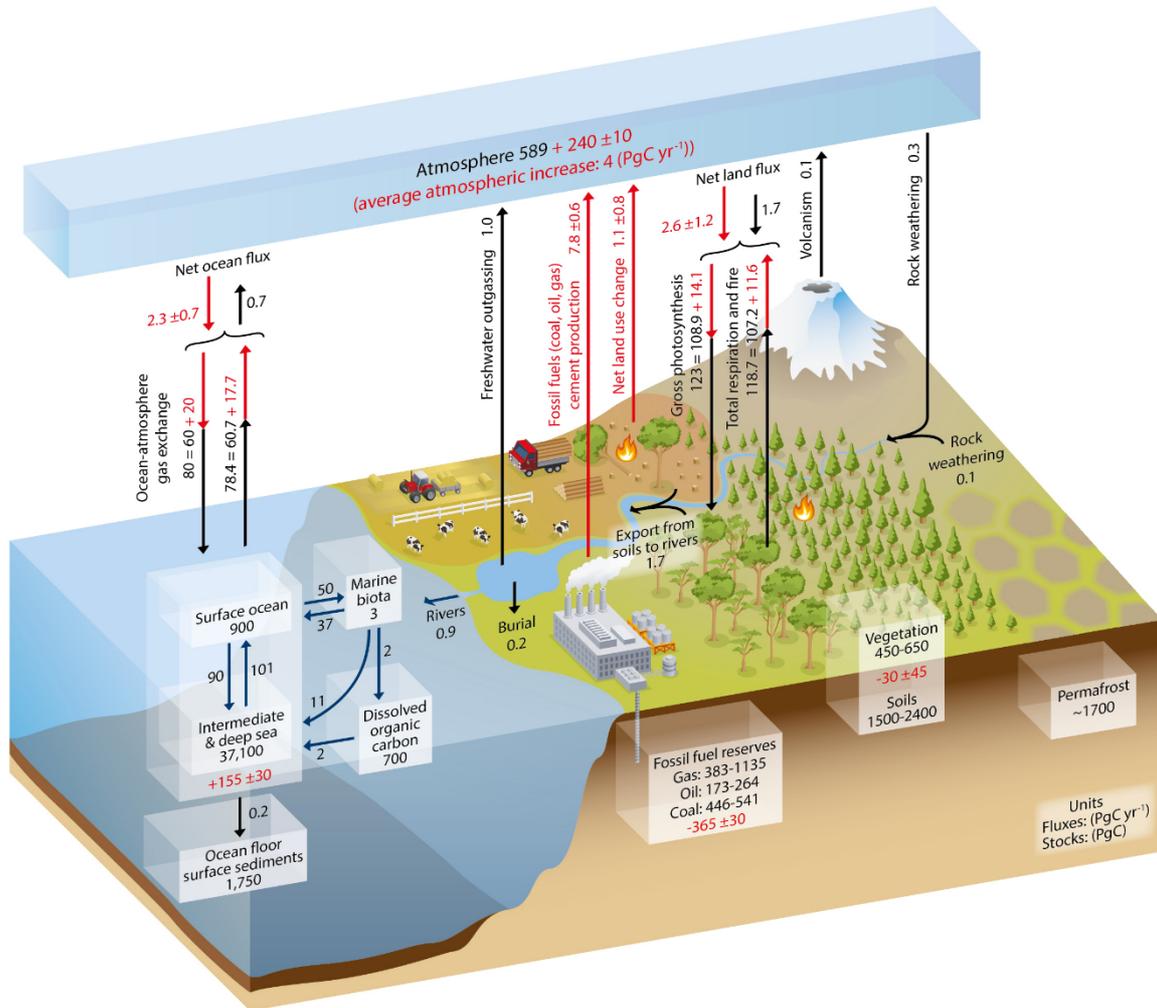


Figure 5 : Flux et stocks de carbone (naturels : noir ; perturbation anthropique : rouge au début du XXIe siècle, exprimés en Petagrammes de carbone (1 PgC = 1 GtC) par an. Les flèches représentent les flux, les stocks sont exprimés dans les différentes boîtes.

Ensuite viennent deux pages sur la qualité de l'air et son assainissement que nous n'allons pas relever car celles-ci ont un bon intérêt pour l'éducation à la citoyenneté et le respect de cet air que nous respirons. En effet, il a été calculé que la pollution de l'air cause 550 000 morts/an.

CONCLUSION

Grâce à ce développement, nous pouvons voir dans quelle mesure le manuel de Boeck a dépassé les limites de la rigueur scientifique. L'histoire en introduction ainsi que les commentaires fictifs des élèves et réponses proposées aux professeurs présentent de nombreuses erreurs ainsi que des opinions à tendance contraire au réchauffement climatique. Les propos développés sont typiques de désinformation (volontaire) ou de mésinformation (involontaire) de la part des auteurs. De plus, la précision scientifique est essentielle à la compréhension de tout phénomène, en particulier en climatologie, qui est un domaine sans cesse en évolution. De ce fait, se tenir informé des nouvelles découvertes faites dans le domaine est primordial. Dans le manuel, nous voyons de manière récurrente d'anciens rapports du GIEC cités comme source. Cependant, ces rapports ne sont eux-mêmes pas à jour : une fois publiés, ils n'évoluent plus, alors que le climat change en raison des émissions anthropiques en augmentation et du temps d'ajustement du système Terre. Citer le dernier rapport publié est donc indispensable. Nous nous sommes d'ailleurs grandement basés sur le dernier rapport du GIEC (IPCC AR5) pour argumenter et ajuster les faits et affirmations évoqués dans le manuel.

Pourquoi ces éléments sont-ils problématiques ?

Les objectifs du cours d'EPC, établis dans le décret de la FWB [20], sont principalement axés autour du développement d'un questionnement philosophique et éthique, dans le respect du pluralisme des convictions. En tant que cours du tronc commun, le cours d'EPC est également tenu de respecter le principe de neutralité. Si ce principe prévoit le respect des libertés, dont la liberté d'expression, il met cependant en avant la recherche d'objectivité en ce qui concerne la détermination et l'interprétation des faits. A ce titre, le référentiel de la FWB soulève le fait que « Cette volonté de décrire la réalité aussi fidèlement que possible, prévient toute interprétation relativiste de la neutralité qui reviendrait, par exemple, à s'abstenir **de faire la différence entre science et croyance**. Dans le domaine des idées, là où la recherche de l'objectivité ne peut prétendre réduire les options en présence, la diversité et la tolérance sont encouragées. Pour autant, l'on ne verse pas davantage dans une forme de relativisme selon laquelle tout se vaudrait, puisqu'il importe de préparer chaque élève à ses responsabilités de citoyen. » [21], mais également que « faire preuve de neutralité dans l'exercice de son métier d'enseignant, c'est sans aucun doute développer une attitude de réserve vis-à-vis de ses propres convictions, mais aussi et surtout **s'engager en faveur de la connaissance**, de la citoyenneté et de l'autonomie de l'élève. » [22]

Au regard de ces précisions, l'extrait concerné du manuel de Boeck nous semble problématique, car il invite à une approche visant à reléguer l'existence d'un changement climatique d'origine anthropique dans le domaine de la croyance, et occulte par là le consensus scientifique établi actuellement, relayé principalement par le GIEC.

Or, le chapitre du manuel tend à minimiser la validité scientifique des conclusions du GIEC, voir à les décrédibiliser en mettant en avant comme problématique un fait inhérent à l'évolution scientifique : la révision des données et ses incertitudes. Si le scepticisme est bon pour la science, il est à ne pas confondre avec l'ignorance des faits ; ce n'est pas être sceptique, ni critique, de

choisir de croire une minorité de scientifiques plutôt qu'une majorité. L'attitude à valoriser est plutôt de rester attentif à ce qui est dit, et d'essayer de comprendre.

La question du changement climatique fait appel à des notions scientifiques à la fois multiples et complexes. La compréhension des notions précisées dans ce document nécessite des connaissances scientifiques qui ne sont pas attendues d'un jeune fréquentant l'école secondaire. Dans le cadre de l'enseignement du cours d'EPC, nous reconnaissons donc la nécessité de pouvoir rendre ces informations accessibles, et par là de pouvoir les adapter tant au niveau de connaissances des élèves concernés, mais également au temps donné, relativement court – tout au plus quelques périodes de 50 minutes. Par ailleurs, nous notons également que le cours d'EPC n'a pas pour mission de se substituer au cours de sciences. Cependant, nous nous questionnons sur le danger potentiel d'une simplification des faits scientifiques dans l'objectif de les rendre compréhensibles rapidement et par tous. Dans cette situation, l'enjeu est de pouvoir fournir des informations à la fois accessibles, mais également fidèles aux découvertes scientifiques les plus récentes, afin de fournir aux élèves une vision réaliste des faits scientifiques actuels à partir desquels ils pourront construire une approche individuelle philosophique et citoyenne.

RÉFÉRENCES

- [1] <http://data.vanin.be/Mediafiles/flipbooks/education-philosophie-citoyennete-complet/index.html#175>
- [2] IPCC Protocol for Addressing Possible Errors in IPCC Assessment Reports, Synthesis Reports, Special Reports or Methodology Reports
- [3] Cubasch, U., D. Wuebbles, D. Chen, M.C. Facchini, D. Frame, N. Mahowald, and J.-G. Winther, 2013: Introduction. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- [4] Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, L.V. Alexander, S.K. Allen, N.L. Bindoff, F.-M. Bréon, J.A. Church, U. Cubasch, S. Emori, P. Forster, P. Friedlingstein, N. Gillett, J.M. Gregory, D.L. Hartmann, E. Jansen, B. Kirtman, R. Knutti, K. Krishna Kumar, P. Lemke, J. Marotzke, V. Masson-Delmotte, G.A. Meehl, I.I. Mokhov, S. Piao, V. Ramaswamy, D. Randall, M. Rhein, M. Rojas, C. Sabine, D. Shindell, L.D. Talley, D.G. Vaughan and S.-P. Xie, 2013: Technical Summary. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- [5] Hartmann, D.L., A.M.G. Klein Tank, M. Rusticucci, L.V. Alexander, S. Brönnimann, Y. Charabi, F.J. Dentener, E.J. Dlugokencky, D.R. Easterling, A. Kaplan, B.J. Soden, P.W. Thorne, M. Wild and P.M. Zhai, 2013: Observations: Atmosphere and Surface. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- [6] Peter T. Doran and Maggie Kendall Zimmerman, "Examining the scientific consensus on global change", EOS, 2009
- [7] William R. L. Anderegg, James W. Prall, Jacob Harold, and Stephen H. Schneider, "Expert credibility in climate change", PNAS, 2010
- [8] Josefino C. Comiso, "A rapidly declining perennial sea ice cover in the Arctic", Geophysical Research Letters, 2002
- [9] Maud H.Devès, Paul-Henri Bourrelier, Henri Décamps, Michel Lang, Yves Le Bars, "Examen de la méthodologie d'expertise du GIEC (IPCC) sur le changement climatique", AFPCN - GT "Expertise et Décision publique", 2014
- [10] <http://www.pbl.nl/dossiers/klimaatverandering/content/correctie-formulering-over-overstromomgsrisico>
- [11] Netherlands Environmental Assessment Agency (PBL), Assessing an IPCC assessment. An analysis of statements on projected regional impacts in the 2007 report, 2010
- [12] Keller et al. 2005, "Avoiding dangerous anthropogenic interference with climate system", *Climate Change* 73, 227-238
- [13] <https://data.giss.nasa.gov/gistemp/>
- [14] <https://www.skepticalscience.com/waste-heat-global-warming.htm>
- [15] Hansen 2010 (GISS NASA) & <https://data.giss.nasa.gov/gistemp/>

[16] Rhein, M., S.R. Rintoul, S. Aoki, E. Campos, D. Chambers, R.A. Feely, S. Gulev, G.C. Johnson, S.A. Josey, A. Kostianoy, C. Mauritzen, D. Roemmich, L.D. Talley and F. Wang, 2013: Observations: Ocean. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. (chapitre 3, point 2)

[17] Brysse et al., "Climate change prediction: Erring on the side of least drama?", *Global Environmental Change* 23, 327-337, 2013

[18] Lubbers et al., "Greenhouse gas emissions from soils increased by earthworms", *Nature CLimate Change*, 2013

[19] Ciais, P., C. Sabine, G. Bala, L. Bopp, V. Brovkin, J. Canadell, A. Chhabra, R. DeFries, J. Galloway, M. Heimann, C. Jones, C. Le Quéré, R.B. Myneni, S. Piao and P. Thornton, 2013: Carbon and Other Biogeochemical Cycles. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

[20] Décret relatif à l'organisation d'un cours et d'une éducation à la philosophie et à la citoyenneté. Parlement de la Communauté Française, 9 décembre 2015.

[21] Référentiel de la Fédération Wallonie-Bruxelles « Cours de philosophie et de citoyenneté. 2^e et 3^e degré de l'enseignement secondaire ». Page 11.

[22] Ibid. Page 1