Société de Calcul Mathématique SA
Outils d'aide à la décision
depuis 1995

La lutte contre le Réchauffement Climatique :

une croisade absurde, coûteuse et inutile

Livre Blanc

rédigé par la

Société de Calcul Mathématique SA

le dogue Liberté gronde et montre ses crocs
Victor Hugo : Les Châtiments

Août 2015

Siège social et bureaux : 111, Faubourg Saint Honoré, 75008 Paris. Tel : 01 42 89 10 89. Fax : 01 42 89 10 69. www.scmsa.eu
Société Anonyme au capital de 56 200 Euros. RCS : Paris B 399 991 041. SIRET : 399 991 041 00035. APE : 7219Z

Résumé Opérationnel

Des quais froids de la Seine aux bords brûlants du Gange,
Le troupeau mortel saute et se pâme, sans voir
Dans un trou du plafond la trompette de l'Ange
Sinistrement béante ainsi qu'un tromblon noir.

Charles Baudelaire : la Danse Macabre (les Fleurs du Mal)

L'ensemble des politiques publiques, françaises, européennes, mondiales, trouve aujourd'hui son origine, son inspiration, dans la lutte contre le réchauffement climatique. Le credo initial est simple à décrire : il postule que les températures à la surface du globe ne cessent d'augmenter depuis trente ans et que l'homme en est responsable.

Il en résulte toutes sortes de discussions, conférences, réglementations, qui ont en définitive un impact fort sur l'état de notre économie. Tous les domaines sont concernés : les transports, l'habitat, l'énergie, etc. Pourquoi faut-il économiser l'énergie ? C'est tout simple : il faut réduire l'impact de l'homme sur la planète. Voilà le credo de base.

Les conséquences sur la recherche scientifique dans son ensemble sont particulièrement nettes et particulièrement malsaines. Pas une étude ne peut être lancée, sur quelque sujet que ce soit, si elle ne fait directement référence au réchauffement climatique. Vous souhaitez travailler sur la géologie du bassin de la Garonne ? Voilà pourtant un sujet complètement normal et socialement utile à tous égards. Eh bien, votre étude ne sera financée, ne sera approuvée, ne sera publiée, que si elle mentionne les possibilités de stockage géologique du CO_2. C'est consternant.

La croisade a envahi tous les domaines et tous les esprits : la lutte contre le CO_2 est devenue une priorité nationale. Comment en sommes-nous arrivés là, dans un pays qui se veut cartésien ?

Elle trouve sa source dans les déclarations du GIEC, réitérées au fil des années, reprises par la Commission Européenne et par les Etats membres. La France, qui se veut le "bon élève de l'Europe", rajoute à chaque croisade une couche supplémentaire de vertu. Là où les autres décident une réduction, nous déciderons par principe une réduction plus importante, sans la moindre interrogation sur la pertinence de la mesure : une croisade est vertueuse par principe. On ne saurait être trop vertueux.

Mais le mathématicien ne croit pas aux croisades ; il regarde les faits, les données, les observations, les raisonnements.

Le présent Livre Blanc est organisé en trois parties :

Première Partie : Les faits

Chapitre 1 : La croisade est absurde

Il n'existe aucun fait, aucune donnée, aucune observation, qui permette de conclure que le climat soit "détraqué" en quoi que ce soit. Il est variable, comme il l'a toujours été localement, mais plutôt moins qu'à certaines époques, à certaines ères géologiques. Nos moyens de mesure modernes sont très insuffisants pour évaluer une température globale de la planète aujourd'hui, a fortiori les mesures faites il y a 50 ou 100 ans.

La concentration en CO_2 est variable, comme elle l'a toujours été ; les chiffres qui sont rapportés sont choisis de manière tendancieuse et malhonnête. L'élévation du niveau des mers est un phénomène normal, lié à la poussée d'Archimède : rien à voir avec un hypothétique réchauffement. Quant aux phénomènes extrêmes, il n'y a aucune augmentation de leur fréquence : nous avons nous-mêmes traité les données brutes concernant les cyclones.

On nous dit "un réchauffement de plus de 2°C par rapport au début de l'ère industrielle aurait des conséquences dramatiques, et il faut absolument l'empêcher". Entendant ceci, le bon peuple s'inquiète : sans doute en sommes-nous déjà à 1,9°C ? Mais pas du tout : les données sur la période 1995-2015 montrent une tendance au réchauffement d'environ1°C tous les cent ans ! Bien entendu, ces données, qui contredisent les politiques publiques, ne sont jamais portées à la connaissance de la population.

Chapitre 2 : La croisade est coûteuse

Les aides directes à des filières entièrement dépourvues de rentabilité (photovoltaïque, éolien, etc.), mais présentées comme "vertueuses" se comptent en milliards d'Euros : nous nous appuyons sur les rapports récents de la Cour des comptes (2013). Mais le coût le plus important réside dans le principe des "économies d'énergie", présenté comme particulièrement vertueux. Comme aucune civilisation ne peut se développer en économisant l'énergie, la nôtre a cessé de se développer : la France compte maintenant plus de trois millions de chômeurs ; c'est le prix à payer pour la vertu.

Nous voulons à toute force réduire nos émissions de CO_2 : c'est là notre vertu affichée. Pour cela, nous avons considérablement diminué notre activité et perdu des emplois. Mais avons-nous au moins atteint le but recherché : réduire nos émissions de CO_2 ? La réponse est amusante : évidemment non. Les émissions mondiales de CO_2 n'ont pas cessé d'augmenter, y compris celles générées par la France pour la conception et l'industrialisation de ses propres produits, comme le dit clairement la Cour des comptes. Simplement, ces productions, considérées comme coupables sur le plan de l'environnement, ont été délocalisées. Les mêmes productions se font désormais dans des pays beaucoup moins respectueux de l'environnement, et nous avons perdu les emplois correspondants. Comme le dit Baudelaire "la Nature mêle son ironie à notre insanité".

Chapitre 3 : La croisade est inutile

L'homme n'a, de toute façon, aucun moyen de changer le climat. Si nous arrêtions, en France, toute activité industrielle (ne parlons pas de notre activité intellectuelle : elle a disparu depuis longtemps), si nous supprimions toute trace de vie animale, la composition de l'atmosphère ne varierait pas de façon mesurable, perceptible. Pour faire comprendre ceci, faisons une comparaison avec la rotation de la Terre : celle-ci ralentit. Pour y remédier, on peut être tenté de demander à tous les Chinois de courir vers l'Est. Mais, malgré l'importance de la Chine, ceci n'aura aucune influence mesurable sur la rotation du globe terrestre.

En ce qui concerne les émissions de CO_2, la politique française est particulièrement stupide, puisque nous sommes l'un des pays dont l'industrie est la plus propre.

Les accords mondiaux sur ce sujet remontent au Protocole de Kyoto, mais les pays signataires de ce protocole ou de ses descendants sont de moins en moins nombreux : ils ne représentent plus aujourd'hui que 15 % des émissions de gaz à effet de serre.

Autrement dit, on voit bien ici la beauté de la chose : nous nous battons pour une cause (la réduction des émissions de CO_2) qui ne sert strictement à rien, à laquelle nous sommes les seuls à croire et à laquelle nous ne pouvons rien. Il faut probablement remonter assez loin dans l'histoire de l'humanité pour trouver pareil engouement.

Seconde Partie : Aspects scientifiques

Après avoir analysé les faits et leurs conséquences sociales, nous passons en revue un certain nombre de connaissances, plus ou moins bien établies.

Chapitre 1 : La variabilité naturelle du climat

Par le passé, il y a déjà eu d'innombrables variations du climat, dont certaines de grande ampleur (par exemple des glaciations) ; les raisons principales sont liées au Soleil et à l'albédo de la couche nuageuse (la lumière du Soleil pénètre-t-elle jusqu'au sol, ou bien est-elle réfléchie par les nuages ?). L'homme n'y est évidemment pour rien, mais les causes naturelles des variations climatiques ne sont jamais prises en compte par les apôtres des croisades, qui incriminent directement les activités humaines.

Chapitre 2 : L'homme a-t-il une influence sur le climat ?

On peut se demander si l'homme influe sur le climat, par ses constructions, par ses transports, en général par sa civilisation. La réponse est que cette influence est infime, négligeable devant les causes naturelles. La nature opère des changements majeurs, l'homme des changements minimes, auxquels son arrogance naturelle prête une importance qu'ils n'ont pas. Les assureurs le savent bien : le coût des phénomènes climatiques naturels (tornades, séismes, volcanisme) est de dix fois supérieur au coût de n'importe quelle catastrophe produite par l'homme.

Question complémentaire, mais essentielle ici : l'homme a-t-il la capacité technologique de changer le climat ? La réponse est non : l'homme ne peut agir ni sur l'activité solaire, ni sur l'état des océans, ni sur la température du magma terrestre, ni sur la composition de l'atmosphère. En revanche, l'homme a la capacité de s'agiter en tous sens, de sauter et de se pâmer, ce qu'il fait parfaitement bien, comme le dit Baudelaire.

Nous suggérons ici au ministre une mesure particulièrement intéressante et originale, qui s'apparente à la circulation alternée : pour augmenter l'albédo de la Terre, et lutter ainsi contre l'effet de serre, les jours de soleil, seuls les chauves au crâne verni seraient autorisés à circuler ; les personnes ayant une chevelure ne pourraient sortir que la nuit, ou bien les jours de pluie.

Chapitre 3 : Les conséquences d'un hypothétique réchauffement

On peut se demander quelles pourraient être les conséquences, pour l'homme et pour la Nature, d'un hypothétique réchauffement. La réponse est très simple : la Nature s'en accommodera très bien, comme elle l'a toujours fait ; les plantes, en particulier, se trouveraient bien d'un accroissement de la concentration en CO_2. En France, les conséquences positives l'emportent fortement ; si le réchauffement existait, il faudrait s'en réjouir. Et s'il n'existe pas, nous devrons continuer à nous chauffer neuf mois par an.

Troisième Partie : Le GIEC

Nous n'avons pas qualité pour nous interroger sur la composition du GIEC, sa légitimité, ses choix politiques, etc., et nous nous en garderons bien. Par contre, en tant que mathématiciens, nous avons toute légitimité pour répondre à la question suivante : si les travaux du GIEC étaient soumis pour publication à une revue scientifique honnête, seraient-ils acceptés ? Ce travail est celui d'un "referee" et il est commun en sciences.

La réponse est particulièrement simple : aucune revue de bon sens, de bon niveau, ne publierait de tels travaux. Les conclusions du GIEC sont en contradiction avec les observations ; les données utilisées sont délibérément choisies pour étayer les conclusions (au mépris de l'honnêteté scientifique la plus élémentaire), la variabilité naturelle des phénomènes est passée sous silence. Le rapport du GIEC n'obéit pas aux règles fondamentales de la recherche scientifique et ne pourrait être publié dans aucune revue avec comité de lecture.

En Conclusion : "le dogue Liberté gronde et montre ses crocs"

(Victor Hugo : Les Châtiments)

En démocratie, il y a une opposition, et cette opposition, par principe, a le droit de s'exprimer : c'est précisément ce qui distingue la démocratie d'une tyrannie. Mais, sur ces questions de réchauffement climatique dont nous parlons ici, l'opposition - ceux qui ne croient pas à la doctrine du réchauffement-, ont été priés de se taire : jamais un débat public, jamais un colloque contradictoire, aucun article dans les revues scientifiques. On leur a dit : "messieurs, la chose est avérée, il est temps d'agir".

En droit, il y a un principe fondamental, appelé "principe du contradictoire". Sous peine de nullité du procès, tout élément connu de l'accusation doit être porté à la connaissance de la défense. Même si vingt personnes ont vu l'abominable criminel exécuter son forfait, si la défense n'a pas eu accès aux analyses de sang, le procès sera cassé. Sur le réchauffement, quantité d'organismes disent "nous avons toutes les preuves", mais refusent de les communiquer. Les données ont été traitées, mais comment ? Les séries temporelles ont été modifiées, mais pourquoi ? Certains phénomènes sont écartés, pour quelle raison ? Nous n'en savons rien, et nous avons tout juste le droit de nous taire et d'obéir. Aucune contre-expertise n'est possible.

C'est sur les débris des principes fondamentaux du droit et de la démocratie que ce Livre Blanc a été écrit.

Bernard Beauzamy

*****

Ont collaboré à ce Livre Blanc :

Cécile Haberstich, Adrien Schmitt, Gottfried Berton, Gaëlle Tournié, Miriam Basso.

Relecture : Marie Gombero.

Les commentaires peuvent être envoyés à scm.sa@orange.fr

*****

Nos travaux antérieurs sur le réchauffement climatique sont disponibles ici :
http://www.scmsa.eu/rechauff0.htm

Première Partie

Les faits

L'honnête homme recule et s'accoude à l'écart
Victor Hugo : les Châtiments

Chapitre 1

La croisade est absurde

I. Les températures

Avant de présenter les relevés modernes de température, et leurs limitations, commençons par un rapide historique du sujet.

A. Historique des technologies de mesure

1. Le développement historique des technologies

L'histoire de la météorologie, et en particulier de la mesure des températures atmosphériques, remonte à l'Antiquité, avec la publication des *Météorologiques* d'Aristote (4e siècle avant JC). Cependant, l'avancée de la démarche scientifique et de la compréhension des grandeurs physiques associées à la météorologie date du 17e siècle, avec l'invention du thermomètre à mercure et du baromètre, voir [Civiate et Mandel].

Les premières mesures réellement exploitables en Europe datent des années 1850, voir [Info-Climat], avec une centaine de points de mesures répartis sur tout le continent, alors que les États-Unis sont raisonnablement fournis en capteurs depuis 1880. Cette remarque sera importante dans la suite.

La technologie pour mesurer la température au niveau du sol est relativement basique ; les thermomètres utilisés il y a plus de 100 ans peuvent être considérés comme fiables.

Les stations de mesure au sol (appelées aussi abris météorologiques) sont des ensembles de capteurs mesurant diverses grandeurs physiques (température, pression, pluviométrie, etc.). Ces stations obéissent à des normes fixées par l'Organisation Météorologique Mondiale (thermomètre entre 1,25 et 2 mètres au-dessus du sol, boîtier recouvert de peinture blanche pour réfléchir les radiations, etc.).

L'exploration verticale de l'atmosphère s'est développée à l'aide des montgolfières. Lors de la première ascension scientifique en ballon, organisée par l'Académie des Sciences en 1804, Jean-Baptiste Biot et Louis Gay-Lussac ont effectué des mesures de pression et de température jusqu'à 4000 m d'altitude.

En 1892, Gustave Hermite a inventé le ballon-sonde, emportant des instruments enregistreurs qui sont récupérés après être retombés au sol.

Dans la deuxième moitié du 20e siècle, l'utilisation des satellites a permis d'établir une banque de données globale, notamment sur les températures de l'atmosphère (en altitude). Depuis 1978, les données des capteurs infrarouges des satellites de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) recueillent à la fois les températures de surface (via des radiomètres avancés à haute résolution) et les températures à diverses altitudes de l'atmosphère (sondage aérologique). Il existe deux types de satellites météorologiques : les satellites géostationnaires et les satellites à défilement.

Les satellites géostationnaires ont pour caractéristique de surveiller toujours la même zone (ils ont la même vitesse de rotation que la Terre) ; ils localisent les masses nuageuses et identifient les principaux nuages. Ils évoluent à une altitude d'environ 36 000 km. La zone couverte par ces satellites (en orbite dans le plan de l'équateur) est satisfaisante, sauf au niveau des pôles.

Les satellites à défilement ont une orbite quasi-circulaire autour de la Terre, beaucoup plus basse que les précédents : environ 850 km et ils passent près des pôles. Contrairement aux géostationnaires, ils ne permettent pas le suivi d'une même zone dans le temps, mais assurent la surveillance des masses nuageuses au niveau des pôles.

La température ne peut pas être mesurée directement par les satellites. Dans le cas d'un satellite géostationnaire et d'un temps dégagé, la température est obtenue par application de la loi de Planck, qui lie le rayonnement d'un corps noir (en surface – terre et océans) à la température.

Pour déterminer la température en altitude, les satellites à défilement (en orbite plus basse) utilisent la bande d'absorption du gaz carbonique, ou celle de l'oxygène dans le cas d'un temps nuageux. Dans les deux cas, il s'agit de mesures indirectes.

Les mesures par satellites sont imprécises : des paramètres comme la pression ou la vitesse des vents sont difficiles à estimer par satellite, et l'interaction des nuages avec le rayonnement est encore mal comprise. Les radars infrarouges détectent les nuages les plus élevés, mais pas ceux situés en-dessous. Les capteurs micro-ondes voient à travers les nuages, mais évaluent mal les distances.

Ainsi, les mesures par satellites ne sont fiables qu'en temps dégagé, et la température ainsi estimée doit prendre en compte les incertitudes liées aux autres paramètres, qui sont mal évalués.

En mer, les technologies de mesure des températures sont les mêmes que sur terre.

Ce sont en l'occurrence des bouées météorologiques mesurant de façon constante la température au niveau de la mer, ainsi que la pression, le vent, etc.

Les bouées les plus utilisées sont les bouées dites dérivantes, d'une autonomie d'un an, très légères et faciles à mettre en place. Elles sont utilisées depuis les années 1970 et transmettent les mesures par radio. Elles suivent les courants marins et ne mesurent donc jamais deux fois la température en un même point.

L'autre type de bouée météorologique est la bouée ancrée, très lourde et fixée par une ancre au fond de l'océan. L'avantage de ces bouées est leur position fixe, permettant de valider et d'étalonner les données satellitaires. Cependant, elles sont extrêmement coûteuses, difficiles à mettre en place, et il n'existe pas à l'heure actuelle de réseau mondial de bouées ancrées.

Comme sur terre, les radiomètres des satellites météorologiques permettent de mesurer la température à la surface, mais ils sont dépendants des conditions locales.

Pour mesurer la température en mer, on utilise également de navires de recherche. Cependant, ceux-ci présentent des erreurs sur les mesures d'environ 0,6°C (dues au fait que le capteur du navire est situé à proximité de la salle des machines).

2. Développement des réseaux de stations de mesure

À la fin du 18e siècle, la Société Royale de Médecine a été le premier organisme à développer un réseau d'observateurs afin de mesurer la température en plusieurs endroits en France (Haguenau en Alsace, Dijon, La Rochelle, etc.). Les moyennes mensuelles étaient publiées dans la revue *Histoire et mémoires de la Société Royale de Médecine,* voir [CNRS].

En 1849, le *Smithsonian Institute*, sous la direction du physicien Joseph Henry, a commencé à mettre sur pied un réseau de stations météorologiques d'observation aux États-Unis. Les observations se sont disséminées rapidement, grâce à l'invention en 1837 du télégraphe par Samuel Morse.

Suite à la tempête du 14 novembre 1854 qui a détruit les flottes françaises, anglaises et turques en Mer Noire, le directeur de l'Observatoire de Paris a créé un réseau de mesures destiné à avertir les marins de l'arrivée des tempêtes. Ce service météorologique a ensuite été progressivement étendu à l'Europe, avec 59 stations de mesures à travers le continent en 1865. Le service français a été baptisé Bureau Central Météorologique de France en 1878.

En 1873, l'Organisation Météorologique Internationale (OIM) a été fondée à Vienne par les pays ayant un service météorologique.

Selon le Global Historical Climatology Network (base de données gérée par le National Climatic Data Center), 226 stations enregistrent depuis plus de 150 ans, majoritairement en Europe, et 1 656 stations sont utilisées depuis plus de 100 ans.

La carte ci-dessous montre la répartition des stations de mesure de température et leur âge. L'Europe est bien fournie en capteurs depuis plus de 150 ans, et la répartition des stations aux États-Unis est satisfaisante depuis plus de 110 ans.

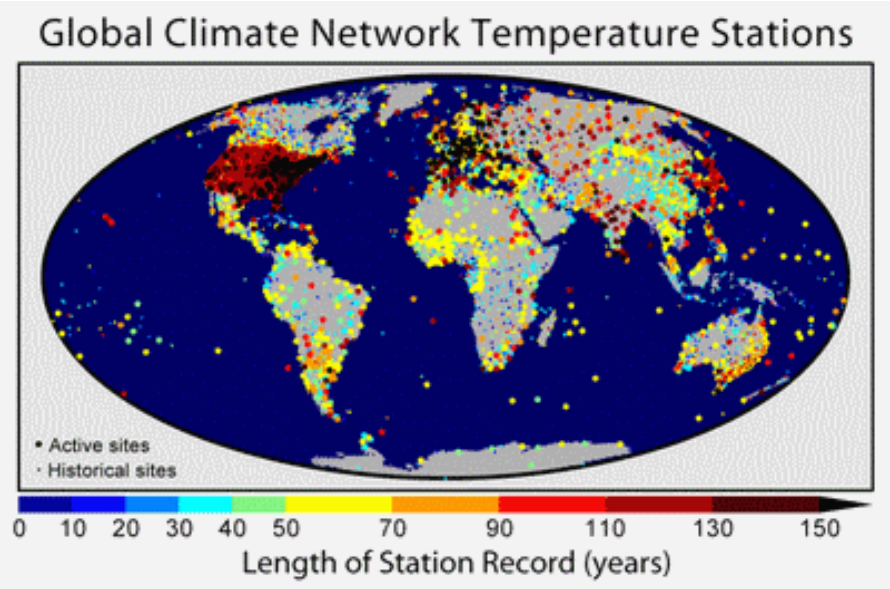


Figure 1 : Répartition et âge des stations de mesure de température

B. Répartition des stations de mesure

1. Répartition des stations de mesure en France

Les stations météorologiques professionnelles du réseau de Météo-France, appelé réseau Radome, sont au nombre de 554 en métropole (une tous les 30 km) et 67 en Outre-Mer. Ces stations mesurent de façon automatique les paramètres de base (température et humidité sous abri), les précipitations et le vent (vitesse et direction) à une hauteur de 10 mètres.

Une cinquantaine de stations entrent dans le dispositif de Veille Météorologique Mondiale (VMM) de l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) : leurs données alimentent les bases de données des modèles de tous les pays.



Figure 2 : Carte des stations de mesure en France

La carte ci-dessus donne la répartition actuelle des stations de mesure en France, voir [MeteoFrance]. Nous constatons que si les stations utilisées par Météo France (tous les points) sont plutôt bien réparties, celles utilisées par l'OMM (en bleu) sont mal réparties.

Il n'est pas raisonnable, à l'heure actuelle, de se limiter à 50 stations pour couvrir un pays aussi grand et aussi facile d'accès que la France. Pourquoi ne pas utiliser toutes les stations existantes ? Il y a là une bizarrerie, que nous rencontrerons à nouveau dans la suite.

2. A l'échelle mondiale (en surface)

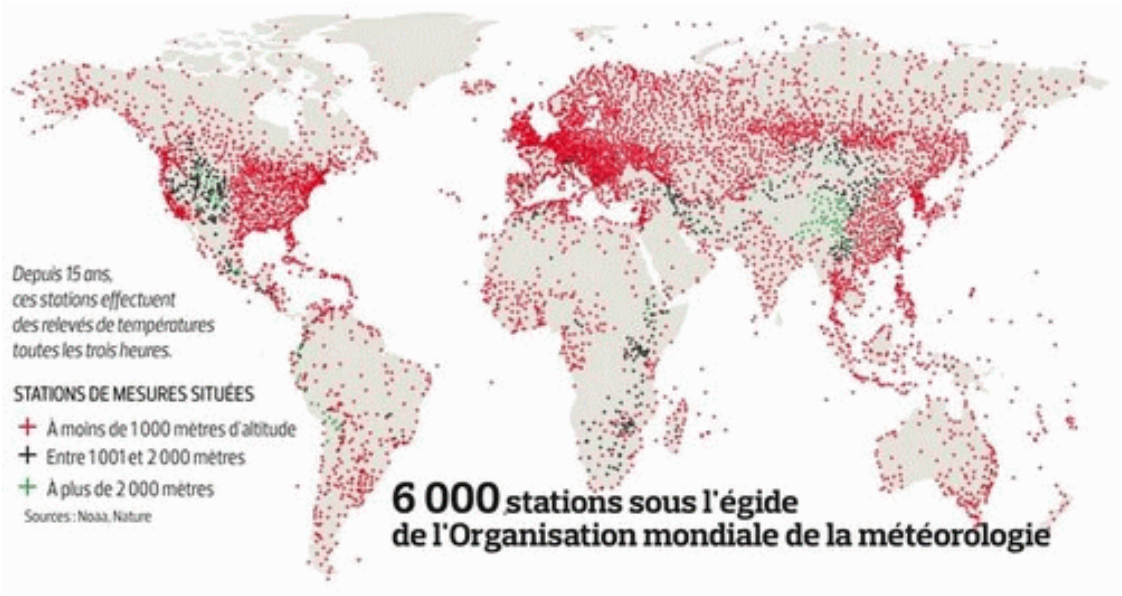


Figure 3 : Répartition mondiale des stations de mesure terrestres en 2010

Voici la carte montrant la répartition des 6 000 stations de mesure utilisées par l'OMM, voir [NOAA et Nature]. L'Europe (sauf la France, l'Espagne et la Norvège), les États-Unis et l'est de la Chine sont bien fournis en capteurs, mais ce n'est pas du tout le cas pour la majeure partie des terres émergées, voir [SurfaceStations]. Il n'y a que très peu de capteurs dans des zones telles que le Groenland, le Nord du Canada, l'Afrique centrale, l'Australie, etc. Globalement, les zones difficiles d'accès comme les zones de haute montagne, les déserts et les forêts sont peu fournies en stations de mesure au sol.

Comme nous l'avons vu, les satellites mesurant la température par infrarouge permettent d'estimer la température au sol, mais cette technologie dépend énormément des conditions locales (temps clair au moment du relevé, absence d'arbres, etc.).

Attention cependant : la NOAA dit n'utiliser actuellement que 1 500 stations sur les 6 000 de la carte, soit un quart seulement. La NOAA explique ceci ainsi : "le nombre de stations au sol utilisées a diminué en raison de l'amélioration des technologies et du fait que les données de vieilles stations ne sont plus accessibles en temps réel". Mais, de ce fait, le sous-échantillonnage est encore plus criant.

L'argument de la NOAA "les données ne sont pas accessibles en temps réel" n'est pas fondé. Une étude du réchauffement climatique ne nécessite pas des données en temps réel. Il suffit que les stations envoient leurs données une fois par an.

3. A l'échelle mondiale (en mer)

Comme expliqué plus haut, en mer ce sont les bouées météorologiques qui sont les plus utilisées pour mesurer la température.

Selon la NOAA, il y a actuellement 1 285 bouées opérationnelles sur les océans du globe. En voici la répartition :

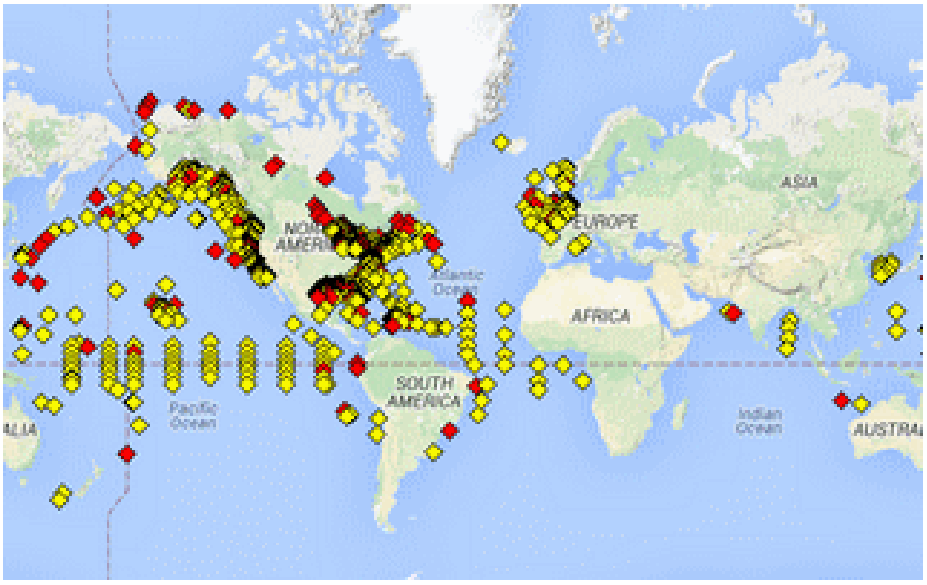


Figure 4 : Répartition des bouées météorologiques

Le Golfe du Mexique et la Côte Ouest des États-Unis sont bien fournis en capteurs. La répartition des stations de l'Océan Pacifique est inhomogène et très insuffisante dans les Océans Atlantique et Indien, tout comme aux pôles.

4. Analyse critique

La répartition des moyens de mesure n'est pas du tout homogène sur l'ensemble de la planète. Il existe des zones très bien fournies en stations de mesure terrestres et maritimes, comme le Royaume-Uni et les États-Unis. D'autres zones sont bien équipées en stations terrestres mais manquent de relevés maritimes (Est de l'Asie, Côte Méditerranéenne). L'Alaska est bien fourni en capteurs maritimes mais n'a que très peu de capteurs terrestres. Enfin, des zones immenses (Océan Indien, Australie, Pôle Nord, Atlantique Nord, Canada) sont dépourvues de capteurs, qu'ils soient terrestres ou maritimes).

De plus la NOAA utilise de moins en moins de stations pour établir le profil mondial de température, justifiant cela par l'avancée des technologies et la difficulté d'accès aux données des vieilles stations.

Analysons grossièrement la qualité de la répartition des stations. Admettons que les informations délivrées par un capteur soient représentatives des conditions climatiques des 100 km² alentours.

La Terre possédant une superficie totale d'environ 500 millions de km², une analyse globale pertinente nécessiterait alors au moins 5 millions de capteurs, soit 1 600 fois plus que les 3 000 stations utilisées actuellement. Et encore ne s'agit-il que d'un calcul de surface ; il faut répéter ceci pour toutes les couches de l'atmosphère et toutes les profondeurs des océans.

Ce simple calcul montre bien que le nombre de stations est insuffisant pour reconstituer la température de la surface du globe, et les satellites ne peuvent remplacer les stations. La diminution observée du nombre des capteurs est fondamentalement malsaine : la température varie d'un point à un autre, d'une heure à l'autre et cette variabilité naturelle ne peut être mise en évidence que par un réseau de capteurs très dense.

C. L'évolution récente des températures

1. Sources de données

Les valeurs moyennes annuelles de température ont été récupérées sur le site de la NOAA, sur les bulletins climatiques de la rubrique " Climate Monitoring ".

Les chiffres annuels publiés par la NOAA sont pour la plupart donnés sous la forme "d'anomalies de température" (l'explication à ce sujet est donnée dans le paragraphe "D. Méthodologie : le raisonnement par anomalies de température"). Il s'agit de la différence entre la température moyenne de l'année considérée et une moyenne à long terme (de 1880 à 2000) qui fait office de référence. Selon la NASA et la NOAA, ces données seraient plus appropriées pour calculer des moyennes spatiales et temporelles car elles sont représentatives sur des domaines et des périodes beaucoup plus importants que les températures absolues (l'explication fournie par la NOAA est donnée plus loin).

Cependant ces données sont peu claires pour le lecteur, car ces anomalies annuelles sont calculées par rapport à une moyenne référence "glissante" qui varie elle-même chaque année. Par exemple, en 2005, l'anomalie est donnée par rapport à la moyenne entre 1880 et 2004, en 2006 par rapport à la moyenne entre 1880 et 2005, etc. Pire encore, les données sont parfois référencées par rapport à la période 1961-1990. Si l'utilisation d'une moyenne de référence pour établir des comparaisons à long terme peut au départ sembler être une bonne idée, cela perd tout son sens ici dans la mesure où cette référence est elle-même variable.

Il est fascinant de voir que, sur un sujet aussi débattu, on ne trouve nulle part sur le site de l'Administration américaine un chiffre simple et global : pour l'année N, la température moyenne est de tant. Cette présentation en elle-même suffit à mettre "la puce à l'oreille" à tout scientifique un peu curieux.

Les données sur les moyennes annuelles mondiales sont très difficiles à obtenir, même pour des époques récentes, en raison de l'hétérogénéité des formats des bulletins de la NOAA.

2. Les valeurs récentes des températures

Le format des bulletins de la NOAA est variable d'une période à une autre, et il est difficile de trouver des informations équivalentes. En effet la température moyenne absolue n'est quasiment jamais donnée explicitement, et toutes les valeurs sont des anomalies par rapport à la période de référence "glissante" mentionnée ci-dessus.

Nous avons pu trouver sur le site du CRU (Climatic Research Unit, qui fait partie de l'Université d'Est Anglia) un bulletin d'information donnant les températures moyennes annuelles depuis 1850. Les températures sont données sous forme d'anomalies par rapport à la période de référence 1961-1990. Sur le site de l'Organisation Météorologique Mondiale, nous trouvons que cette moyenne de référence est de 14°C.

Voici l'histogramme des températures moyennes annuelles depuis 20 ans :

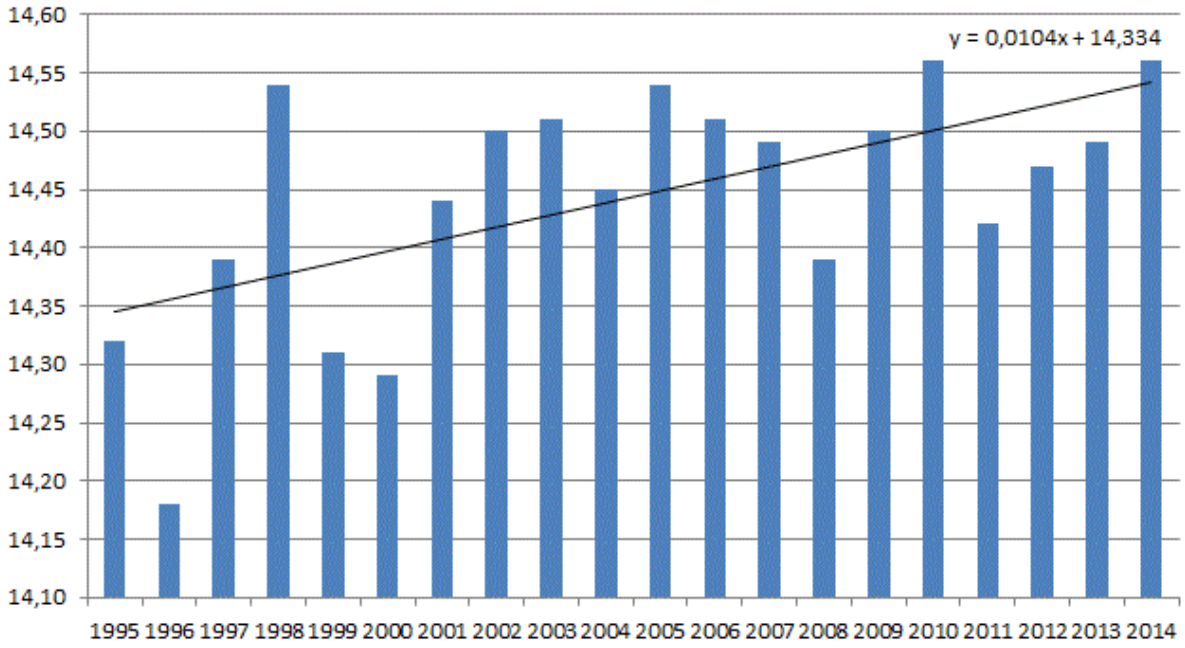


Figure 5 : Histogramme des températures moyennes annuelles depuis 20 ans (source CRU)

Une régression linéaire nous donne une pente de 0,0104°C par an, soit 1,04°C d'augmentation en 100 ans.

Il y a, dans le graphe ci-dessus, un point véritablement intéressant pour un scientifique : on constate que, d'une année sur l'autre, les températures moyennes calculées sont différentes. Or l'action du soleil et la géothermie sont à peu près constantes. Ces inégalités tiennent au fait que les capteurs sont inégalement répartis et que, d'une année sur l'autre, il fait plus chaud ici ou là. Nous avons donc ainsi une preuve que le nombre de capteurs est insuffisant. Mais alors, dans ces conditions, on ne peut conclure à une évolution du climat, dans un sens ou dans un autre. Tout ce que nous enregistrons (aujourd'hui et plus encore hier), ce sont des variations qui résultent simplement de l'insuffisance des observations.

Cette simple observation : les températures moyennes enregistrées varient d'une année à l'autre, pourquoi ? n'est jamais analysée par les scientifiques en charge de ces questions.

D. Méthodologie : le raisonnement par anomalies de température

1. Introduction

Sur la plupart des sites évoquant le réchauffement climatique, on trouve des données relatives aux températures. Cependant le paramètre pris en compte n'est pas la température elle-même mais une "anomalie", c'est-à-dire un écart de température par rapport à une moyenne.

Cette moyenne est celle d'une période dite de référence, servant de base de comparaison pour les températures. Cette période de référence est 1951-1980 pour la NASA et 1961-1990 pour la NOAA.

L'anomalie de température est donc la différence entre le relevé de température et cette température moyennée sur la période de référence.

2. Pourquoi un raisonnement par anomalies ?

Voici l'explication que donne la NOAA sur son choix d'utiliser des anomalies de températures plutôt que des relevés absolus [NCDC] :

"Les températures absolues sont difficiles à utiliser pour plusieurs raisons. Certaines régions n'ont que peu de stations de mesure et des interpolations doivent être faites sur de vastes étendues. Dans les régions montagneuses, la plupart des observations proviennent de vallées inhabitées, ainsi l'altitude doit être prise en compte dans la moyenne des températures d'une région. Par exemple, un mois d'été peut être plus froid que d'habitude dans une région, à la fois au sommet d'une montagne et dans la vallée à proximité, mais les températures absolues seront très différentes d'un endroit à l'autre. L'utilisation des anomalies montrera dans ce cas que les températures sont en-dessous de la moyenne pour les deux endroits."

"Ainsi les grandes étendues sont traitées par anomalies et non par températures absolues. Les anomalies décrivent avec plus de précision la variabilité du climat sur une large zone que ne le feraient les températures absolues et permettent de comparer plus facilement les zones entre elles."

Le mot "anomalie" est en soi orienté et bien peu scientifique ; il prépare le lecteur à l'idée qu'il y aura quelque chose d'anormal, alors qu'il ne s'agit que de la différence avec une période de référence.

3. Failles dans le raisonnement

La NOAA explique que raisonner par anomalies permet de "lisser" les écarts de température d'un endroit à l'autre. Ceci implique de toute façon d'avoir des stations de mesure dans les deux endroits, en l'occurrence au sommet de la montagne et dans la vallée, pour reprendre l'exemple précité. Dans ce cas pourquoi ne pas garder les températures absolues ? Le fait de raisonner par anomalie n'est qu'un traitement des données brutes et s'il y a une erreur dans une valeur de température, elle se répercutera forcément sur l'anomalie.

De plus, une anomalie de température par rapport à une période de référence implique un examen attentif du choix de cette période. La NASA et la NOAA utilisent des moyennes sur 30 ans (1951-1980 pour la NASA et 1961-1990 pour la NOAA).

Les données de la NASA portent uniquement sur les États-Unis, avec des anomalies de températures entre 1880 et 2010 par rapport à la moyenne 1951-1980. Mais nous avons vu plus haut que les stations sont présentes en grand nombre et bien réparties depuis 1880 aux États-Unis.

Immédiatement, une question vient à l'esprit : si les données sont de bonne qualité et en nombre raisonnable depuis 1880, pourquoi utiliser la période de référence 1951-1980 au lieu d'une période 1880-2010 ? Il semble logique de choisir la période de référence la plus étendue possible, et la qualité du système américain permet de remonter jusqu'en 1880.

Nous retrouvons le même cas de figure pour l'Europe, qui dispose de données de bonne qualité remontant à 1850, alors que la NOAA choisit une période de référence 1961-1990.

Une contradiction existe sur le site de la NOAA, dans la rubrique "Global Climate Change Indicators ", partie "Warming Climate". Dans cette partie, les températures ne sont plus données en termes d'anomalies, mais en températures absolues.

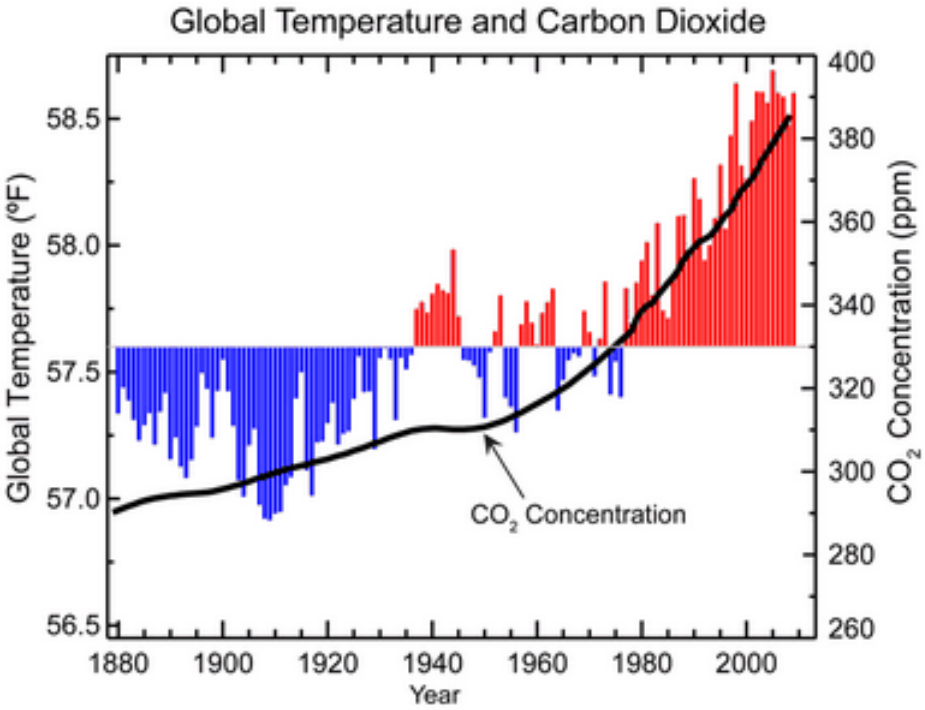


Figure 6 : Graphe des températures entre 1880 et 2010 (°F)

Là encore, une période de référence est utilisée à titre d'étalon, cependant il s'agit d'une moyenne arithmétique sur la période 1901-2000. Cette température de référence est de 57,6°F, soit 14,2°C. Nous pouvons nous questionner sur le choix de cette température de référence, qui implique une interprétation du graphique avec un code couleur alors qu'une comparaison à 0°C aurait été plus logique.

Ainsi la mise en forme de ce graphique ("histogramme inversé", code couleur) pousse le lecteur à faire des interprétations en faveur d'une hausse récente des températures. Sur ce graphique figure également le profil de CO_2, et le format du graphique peut induire le lecteur en erreur : il sera tenté d'établir une corrélation entre température et CO_2, alors que les deux profils sont distincts entre 1880 et 1980 et qu'un simple changement d'échelle des axes modifierait la forme de la courbe de CO_2, détruisant le lien visuel que l'on est tenté d'établir.

Comme dit précédemment, le raisonnement par anomalie n'a pas de sens si la période de référence est variable selon les organismes (et au sein même des organismes, comme ici pour la NOAA).

Disons-le clairement : la présentation par "anomalie" n'est en rien justifiée scientifiquement ; elle est tendancieuse et prépare aux conclusions relatives au réchauffement climatique. On serait en droit d'attendre un chiffre simple et global, qui serait simplement la moyenne des valeurs enregistrées localement. Ce chiffre n'aurait pas grand sens en pratique (certaines régions sont sous-équipées en capteurs, comme nous l'avons vu), mais on pourrait au moins en comparer les valeurs d'une année sur l'autre.

Mais, dans un tout autre registre, nous allons voir que la définition même d'une température globale pour la Terre pose de sérieux problèmes.

Comment définir une "moyenne de température" ? A priori, il existe plusieurs types : moyenne arithmétique (somme des valeurs divisée par le nombre de relevés), moyenne géométrique (moins sensible aux valeurs extrêmes) et la moyenne thermodynamique (plus complexe, repose sur des équations de thermodynamique). Nous allons analyser les diverses possibilités. Chose étonnante, aucun des organismes en charge du réchauffement climatique, sous quelque forme que ce soit, ne s'est jamais posé la question !

4. Comment définir et calculer une température moyenne ?

Les organismes utilisent une moyenne arithmétique : on fait la somme de toutes les températures disponibles et on divise par le nombre de capteurs. Mais ceci pose de sérieux problèmes, comme nous allons maintenant le voir.

Imaginons d'abord une situation simple : deux capteurs, chacun surveillant une zone de $1\,km^2$. Le premier indique 10°C et le second 12°C. On est tenté de dire que la température moyenne de l'ensemble (comportant $2\,km^2$) est de 11°C. Nous verrons plus loin que ce raisonnement simple n'est pas correct.

Imaginons maintenant que l'une des zones fasse $1\,km^2$ et l'autre $5\,km^2$; les capteurs indiquent toujours 10°C et 12°C. Comment allons-nous calculer la température moyenne ? Personne ne le sait !

Plus difficile, imaginons maintenant, comme cela se passe dans la réalité, que l'un des capteurs surveille une portion d'atmosphère de $1\,km^3$ et l'autre une portion de terre de $3\,km^2$;

comment calculer la température moyenne de l'ensemble terre-atmosphère ? Les deux n'ont ni le même volume, ni la même densité !

Personne ne sait répondre à ces questions, et personne n'ose même les poser. Revenons aux fondamentaux de la physique, pour essayer de voir ce qu'est une température.

a. Définition

Un système est constitué de particules (atomes, molécules, ions) qui sont perpétuellement en mouvement (mouvements désordonnés pour les fluides et gaz, oscillations autour d'une position d'équilibre pour un réseau cristallin).

La température est une mesure macroscopique de l'agitation moléculaire du système. Elle représente l'énergie moyenne d'une molécule. Plus la température est élevée, plus l'amplitude des oscillations d'un atome autour de sa position moyenne augmente. Mais cette définition n'est pas quantitative.

L'unité fondamentale du Système International est le Kelvin [K]. Le zéro Kelvin (zéro absolu) est la température qui correspond à l'agitation moléculaire la plus faible.

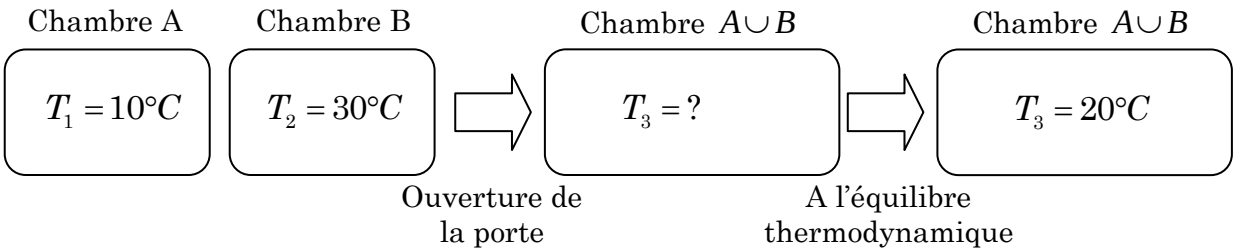
La température est une grandeur intensive : elle ne dépend pas de la quantité de matière et elle est homogène sur l'ensemble du système. Prenons l'exemple de deux chambres A et B séparées par une porte, et qui sont respectivement à une température de 10°C et 30°C. Lorsque l'on ouvre la porte, la température du système $A \cup B$ n'est pas de 40°C, mais intermédiaire et répartie de façon homogène.

Au contraire, le volume est une variable extensive, qui dépend de la quantité de matière. Reprenons les chambres A et B, supposons que leurs volumes sont respectivement 10 m^3 et 20 m^3. Le volume de la pièce si on prend le système $A \cup B$ est de 30 m^3.

b. Pertinence d'une température moyenne

Comme expliqué précédemment, la température est une grandeur intensive. Si nous reprenons l'exemple ci-dessus, il est donc impossible d'additionner les températures des deux chambres.

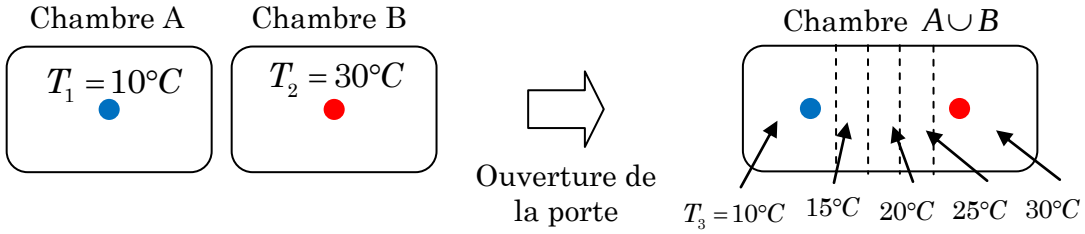
Imaginons que les chambres A et B, avant ouverture de la porte, soient des systèmes adiabatiques (pas de source, ni de puits de chaleur, pas d'échange thermique avec l'extérieur) à l'équilibre thermodynamique : cela signifie que dans la pièce A (respectivement B), la température est homogène et fait 10°C (respectivement 30°C). Lorsque la porte s'ouvre, il y a des échanges thermiques jusqu'à atteindre l'équilibre. Une fois l'équilibre thermodynamique atteint, la température est homogène entre les deux chambres et on peut mesurer la température "moyenne" (il y a des variations, mais seulement au niveau microscopique).



La Terre n'est pas un système adiabatique ; il y a des sources et des puits de chaleur. L'équilibre thermodynamique n'est jamais atteint. Reprenons le cas des deux chambres :

- la chambre A contient un climatiseur refroidissant la chambre à 10°C ;
- la chambre B contient un radiateur chauffant la chambre à 30°C.

À l'ouverture de la porte il y a des échanges thermiques : le système se stabilise en formant un gradient de température entre la source froide et la source chaude. En calculant la moyenne de la température du système $A \cup B$, on trouve 20°C. Mais cette température moyenne n'est pas représentative de la température en tout point de la pièce.



Déterminer une moyenne de température sur un système aussi complexe que la Terre n'a pas de sens physique. Malheureusement, cette question, pourtant fondamentale, n'est jamais abordée par les organismes qui s'occupent de météorologie. Pour eux, la réponse est simple : on prend tous les capteurs et on fait la moyenne !

Indépendamment de la question du sens et de la pertinence de la température globale, il est aussi légitime de se demander si cette grandeur peut en pratique être calculée avec un niveau de fiabilité correct.

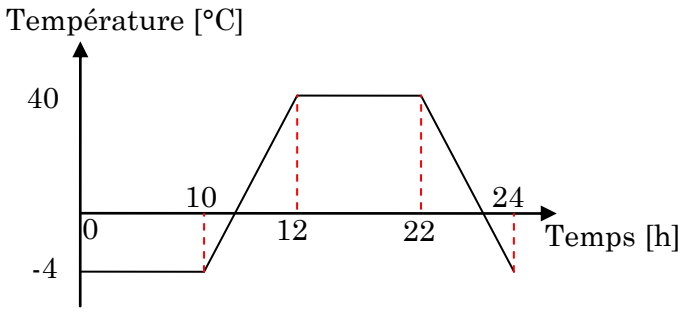
Pour mieux comprendre l'erreur commise lorsqu'on effectue une moyenne sur une grandeur intensive, prenons comme exemple la vitesse. Lorsqu'un lièvre se déplace à 9 km/h et une tortue à 1 km/h, la moyenne est :

- Moyenne arithmétique : $\frac{(9+1)}{2} = 5$ km/h pour le système lièvre-tortue ;
- Moyenne harmonique : lorsqu'ils parcourent 1 km, le lièvre met environ 6 min 40, et la tortue 1 h. Il faut donc au système lièvre-tortue 1 h 6 min et 40 sec pour parcourir 2 km. Leur vitesse moyenne est de 1,8 km/h.

La méthode utilisée pour calculer la moyenne influe sur le résultat.

Prenons maintenant l'exemple d'une chambre avec une température qui oscille dans le temps de la manière suivante :

- -4°C de 0h à 10h ;
- une montée de température de -4°C à +40°C de 10h à 12h ;
- 40°C de12h à 22h ;
- une descente de température de 40°C à -4°C de 22h à 24h.



Moyenne arithmétique : $T_{moyenne} = \sum T / n$; soit 13,6°C

Moyenne intégrale : $T_{moyenne} = \frac{1}{24} \cdot \int_0^{24} T(t) \cdot dt$; soit 18°C

On voit encore sur cet exemple que la méthode utilisée pour calculer la moyenne influe sur le résultat. Selon la méthode des intégrales, la moyenne est de 18°C, ce qui est une température confortable pour les habitants. Cependant cette température moyenne de 18°C n'existe que pendant un court instant (deux fois par jour) et la durée des températures hautes et basses empêcherait tout développement normal de vie dans cet habitat. La température moyenne n'a donc aucune signification pratique.

Aucune des méthodes ne permet de représenter la température réelle de la pièce dans une journée.

Le terme "température moyenne" est une aberration scientifique, d'autant plus que cette grandeur est calculée sur un système avec énormément de disparités dans le temps et dans l'espace. La température moyenne ne correspond pas à une réalité immédiate, locale et perceptible. Il y a deux facteurs à prendre en compte, qui sont le temps et l'espace.

c. Calcul d'une température moyenne

Plusieurs méthodes ont été proposées pour déterminer la température de la Terre. Nous allons présenter deux d'entre elles et les commenter.

- **Moyenne thermique**

Tous les corps, quel que soit leur état (solide, liquide ou gazeux), émettent un rayonnement de nature électromagnétique. Celui-ci se propage de manière rectiligne à la vitesse de la lumière et il est constitué de radiations.

La loi de Stefan-Boltzmann permet de relier la puissance lumineuse émise (émittance) par un corps noir de surface A [m²] avec la température et la constante $\sigma = 5{,}67 \cdot 10^{-8}$ [W.m^{-2}.K^{-4}] suivant l'égalité :

$$\Phi = A\sigma T^4$$

Par définition, un corps noir absorbe toutes les radiations qu'il reçoit. Cependant la Terre n'est pas un corps noir, car une partie du rayonnement du soleil est réfléchie par les océans, les glaces, et aussi par les terres. Il n'est pas possible d'utiliser cette approche pour déterminer la température mondiale.

- **Moyenne thermodynamique**

Comme expliqué précédemment, la température est une représentation des oscillations des molécules. Il est possible d'utiliser les modèles statistiques pour trouver une corrélation entre température et énergie. La différence entre les deux est que la température est une grandeur intensive alors que l'énergie est une grandeur extensive. Il est donc possible d'additionner les énergies et d'en faire une moyenne. La difficulté est de prendre en compte les nombreuses relations qui permettent de relier la température et l'énergie. Ces dernières varient selon le système étudié (liquide, gaz, solide).

Par exemple l'énergie interne, notée U, d'un système est :

- Pour un gaz parfait monoatomique : $U = \frac{3}{2} nRT$
- Pour un gaz parfait polyatomique : $U = nC_{Vm}T$
- Pour une phase condensée : $U = nC_{Vm}T + Ep_{\text{int}}$ ou $dU = nC_{Vm}dT$

Les différentes variables sont définies dans le tableau suivant :

T	température [K]
U	énergie interne [J] ou [kg.m².s^{-2}]
n	quantité molaire d'atome [mol]
$R = 8{,}314$	constante des gaz parfait [J.K^{-1}.mol^{-1}]
C_{Vm}	capacité calorifique molaire à volume constant [J.K^{-1}.mol^{-1}]
Ep_{int}	énergie constante car le volume est constant [J]

S'il est possible d'effectuer un bilan énergétique de la planète et de déterminer une énergie moyenne, il est en revanche impossible de revenir à une température sans faire une hypothèse aberrante : "la terre est un gaz parfait".

d. Les moyennes utilisées actuellement

Au regard de ces explications, nous avons cherché ce qui est fait en pratique. Les organismes internationaux semblent tous utiliser la moyenne arithmétique pour établir la moyenne de la période de référence. Au Canada par exemple, la moyenne est une "moyenne arithmétique sur la période considérée". Selon le MetOffice anglais, "The global average temperature is the arithmetic mean of the northern hemisphere average and the southern hemisphere average."

Ce type de raisonnement est utilisé par tous les organismes internationaux, et on peut légitimement se questionner sur sa validité. De son côté, la moyenne thermodynamique est trop complexe à mettre en œuvre, et nécessite l'utilisation de modèles (avec leurs limites et leurs incertitudes).

Nous pouvons cependant nous demander pourquoi, dans des zones moins bien fournies en capteurs ou présentant de fortes valeurs, la moyenne arithmétique est toujours utilisée. Si on se contente de faire une moyenne arithmétique sans pondération, les zones avec la plus forte densité de capteurs seront surreprésentées !

Notre conclusion est ici très claire :

- Faire la moyenne arithmétique pour la Terre entière n'a aucun sens et ne peut conduire qu'à des erreurs;

- On peut faire la moyenne arithmétique pour les zones bien équipées (Europe, USA) et comparer les valeurs d'une année sur l'autre. Cela peut renseigner sur une variation locale du climat.

E. Désinformation

1. **Etude des données de la NASA**

Une publication de Hansen et al. 1999 [Hansen1], disponible sur le site de la NASA, analyse les changements de température à la surface de la Terre pour la période 1880-1999. Cette analyse se base sur les mesures enregistrées par les stations météorologiques.

Nous nous intéressons à un graphique, situé en figure 6 page 37 de la publication, qui représente les anomalies de températures aux États-Unis entre les années 1880 et 2000 par rapport à la période de référence 1951-1980.

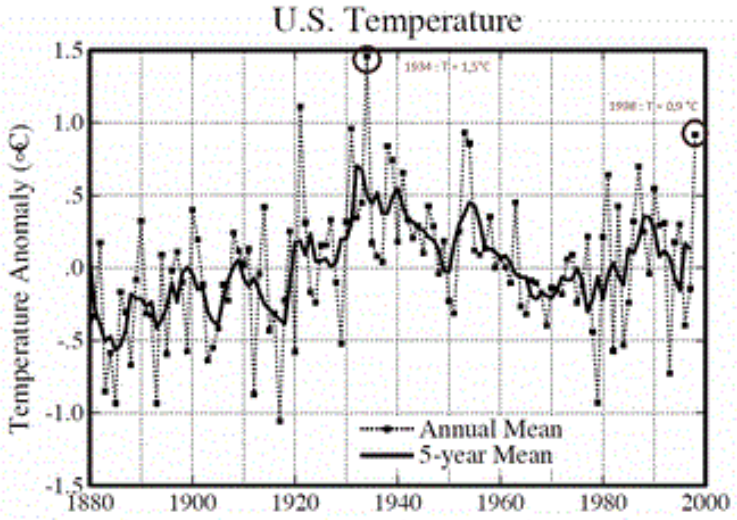


Figure 7 : Moyenne annuelle et moyenne sur 5 ans des anomalies de température pour 48 états des États-Unis par rapport à la période de référence de 1951-1980 (version 1999)

Entre les années 1880 et 1930, les températures augmentent de 0,8°C, avec un pic pour l'année 1934 de 1,5°C. Entre les années 1930 et 1970, les températures diminuent de 0,7°C. Enfin de 1970 à 1990, les températures augmentent de 0,3°C, avec un pic pour l'année 1998 de 0,9°C.

Les données de 1999 ont ensuite été corrigées par la NASA en 2001 car, à l'époque, elles ne prenaient pas en compte les mouvements des stations météorologiques (on ne sait pas de quels "mouvements" il s'agit !) et les changements de temps d'observation (idem). Après corrections des bases de données, la NASA obtient le graphique suivant [Hansen2] :

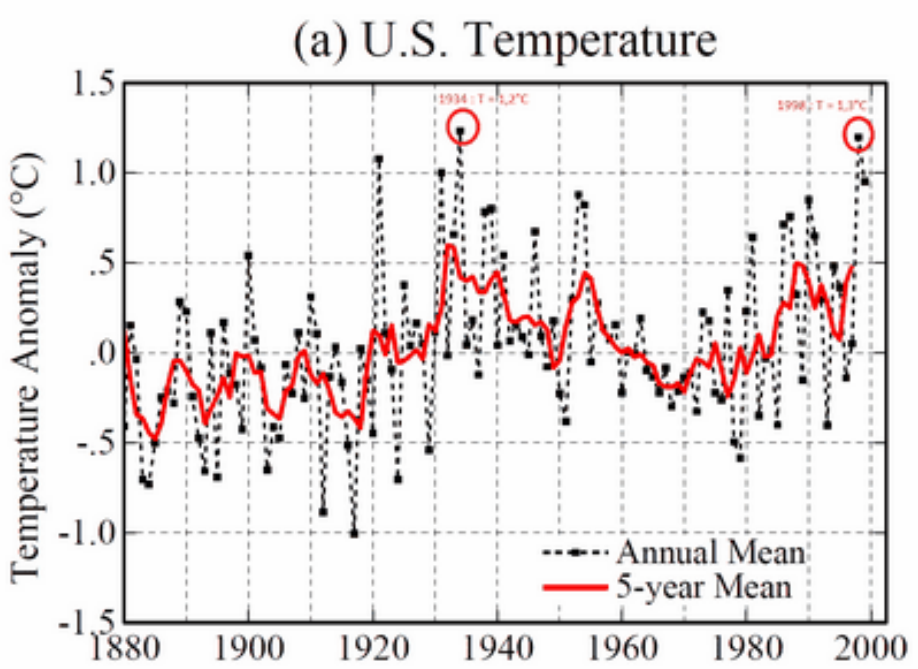


Figure 8 : Moyenne annuelle et moyenne sur 5 ans des anomalies de température pour 48 états des États-Unis par rapport à la période de référence de 1951-1980 (après mises-à-jour correctives en 2001)

Les températures augmentent graduellement des années 1880 aux années 2000. Le pic d'anomalie de 1934 voit sa température 1,5°C diminuer à 1,2°C avec les corrections. A l'inverse, le pic de température de 1998 est passé de 0,9 °C à 1,3°C après ajustements.

2. Etude des corrections apportées par la NASA

La nouvelle publication de Hansen et al. 2001 [Hansen2], disponible sur le site de la NASA, s'appuie sur les changements des analyses du GISS (Goddard Institute for Space Studies) et du USHCN (United States Historical Climatology Network) pour expliquer les corrections apportées aux données de 1999.

Les ajustements effectués par le USHCN sont les suivants :

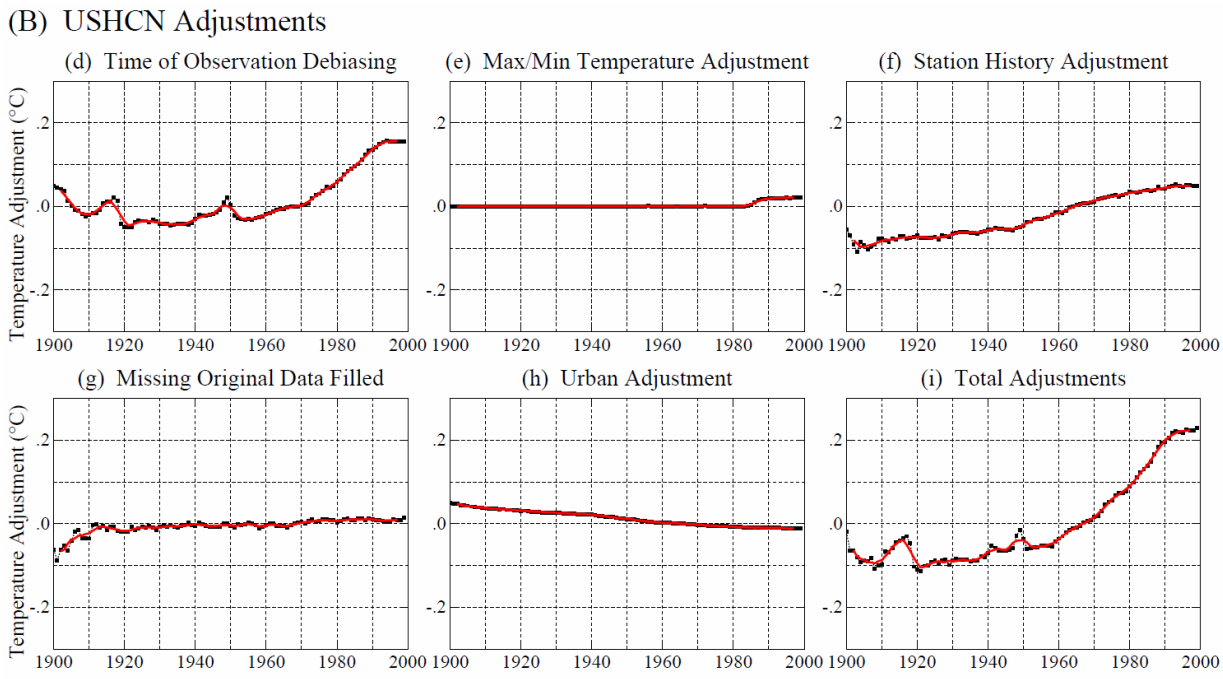


Figure 9 : Corrections du USHCN (2001)

Ceux réalisés par le GISS sont les suivants :

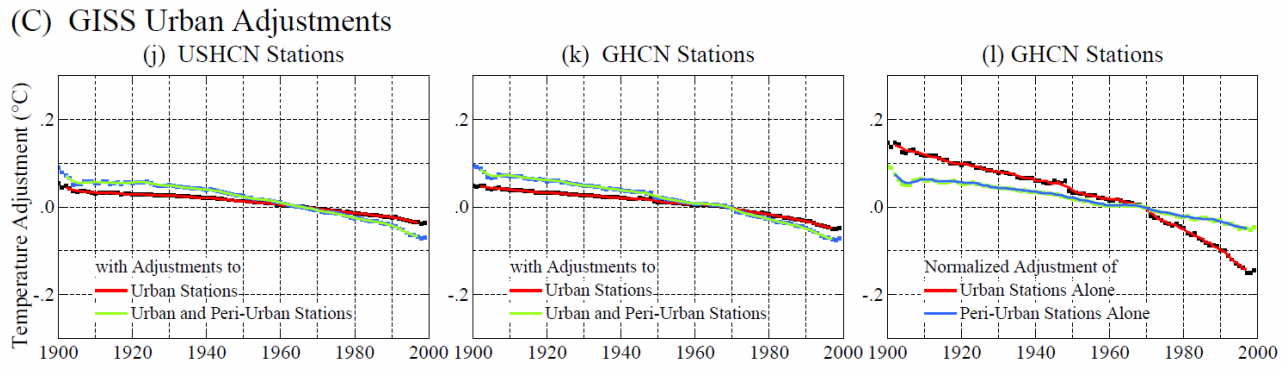


Figure 10 : Corrections du GISS

In fine, à partir des données brutes, voici ce qui est obtenu après les différentes corrections :

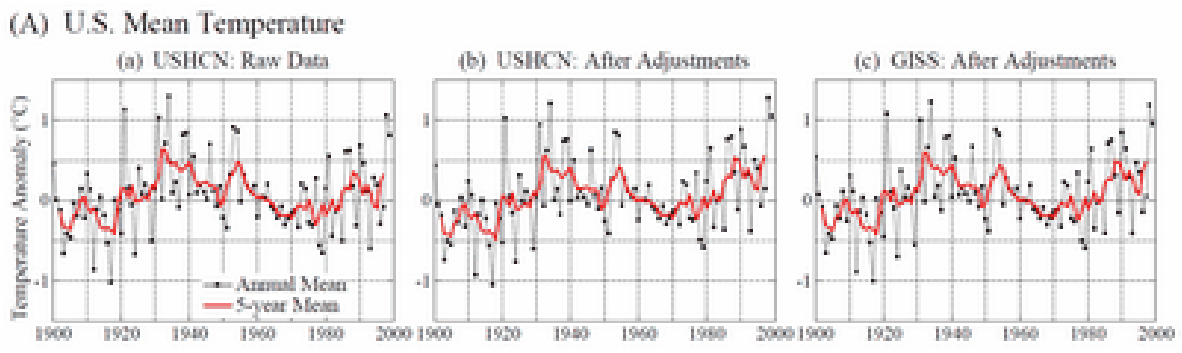


Figure 11 : Récapitulatif des corrections USHCN et GISS

Après corrections, la tendance générale des pics des courbes est atténuée entre les années 1900 et 1970. Les pics pour les années 1920 ou 1934 diminuent. En revanche, la tendance générale des pics après 1970 est accentuée ; en particulier les pics des années 1990 et celui de 1998 augmentent.

Notons encore une fois qu'apporter des corrections à une série de données n'est légitime que si l'on apporte ces corrections à toutes les données ; si on ne le fait qu'à partir d'une certaine date, cela fausse les comparaisons.

3. **Etude des données EPA**

L'EPA (United States Environmental Protection Agency) a enregistré les valeurs annuelles des indices de vagues de chaleur (Heat Wave Index) aux États-Unis entre les années 1895 et 2013, voir [EPA].

Une vague de chaleur est une période prolongée où il fait anormalement chaud. Selon l'EPA, il n'existe pas de définition universelle pour la vague de chaleur. L'EPA la définit comme une période de quatre jours dont la température moyenne mesurée n'est observable qu'une fois tous les 10 ans (par rapport à des données historiques).

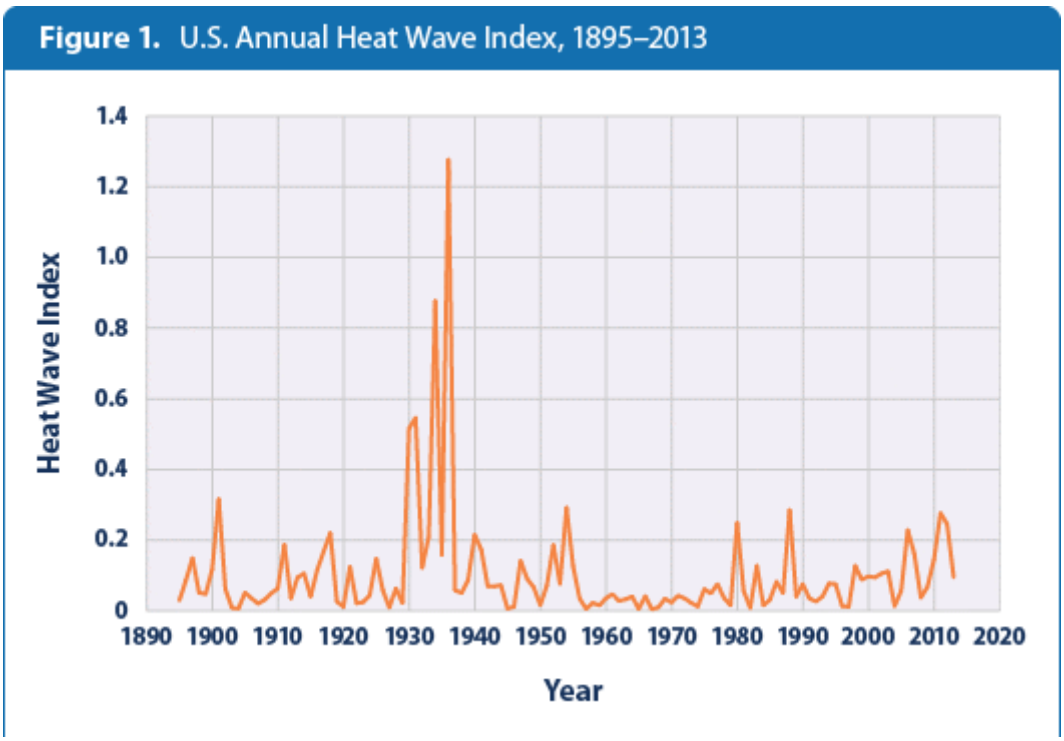


Figure 12 : Indices des vagues de chaleur aux États-Unis entre 1895 et 2013

La vague de chaleur la plus importante se situe entre les années 1930 et 1940 (avec une variation de l'indice entre 0,6 et 1,3). Il n'y a pratiquement pas de variation de l'indice entre les années 1940 et 2013 (elle oscille entre 0 et 0,3).

4. **Comparaison entre organismes**

Nous pouvons nous interroger sur les corrections réalisées par la NASA, en particulier lorsque l'on recoupe ces données avec celles obtenues par l'EPA.

Ci-dessous, trois représentations graphiques des anomalies de température aux États-Unis effectuées respectivement en 1999, 2001 et 2014, voir [NASA] :

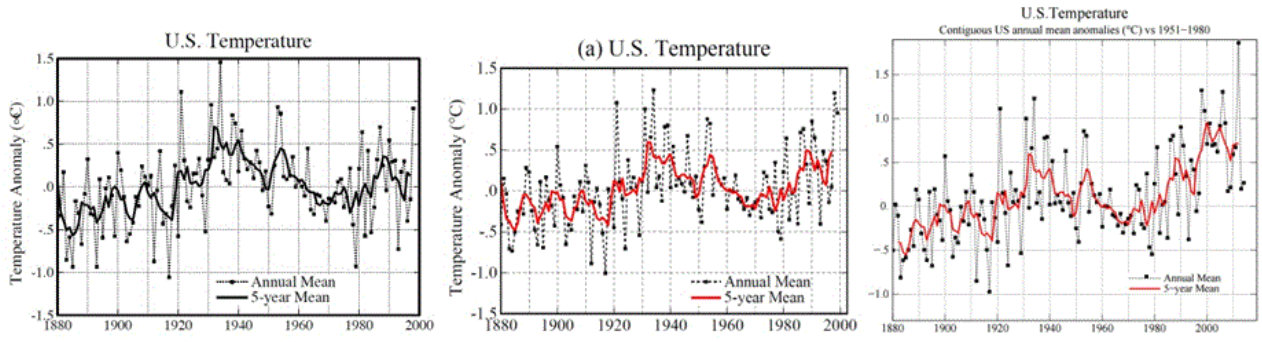


Figure 13 : Anomalies de températures aux États-Unis, version 1999 (à gauche), version 2001 (au milieu) et version 2014 (à droite)

La tendance générale des courbes moyennes sur 5 ans change de 1999 à 2014 :

- En 1999, nous avons une augmentation de la courbe moyenne sur 5 ans, avec un pic pour l'année 1934 à 1,5°C, suivie d'une diminution des anomalies jusqu'en 1980. De 1980 à 2000, une légère augmentation est observée avec un pic en 1998 de 0,9°C ;

- En 2001, les corrections apportées ont diminué le pic de 1934 à 1,2°C et accentué le pic de 1998 à 1,3°C. Ainsi, la tendance générale de la courbe moyenne sur 5 ans est celle d'une courbe croissante ;

- En 2014, les corrections accentuent davantage cet effet de tendance croissante. En effet, entre 2001 et 2014, la forme de la courbe a changé pour la période 1880-1900 : la tendance de croissance est nettement accentuée en 2014. Le pic en 2012 avec 2°C finit d'accentuer l'effet de croissance constante de la courbe des anomalies de température sur 5 ans.

En comparant avec les vagues de chaleur observées par l'EPA, on constate que les corrections des données par la NASA (montrant des pics importants pour les années 1998, 2006 et 2012, et un léger pic en 1930) ne sont plus en accord avec les données de l'EPA (montrant une vague de chaleur aux États-Unis entre 1930 et 1940, et une relative stabilité entre les périodes 1895-1930 et 1940-2013). La version 1999 du graphique de la NASA (pic en 1930, puis baisse des anomalies) est bien plus proche des observations effectuées par l'EPA.

5. **Analyse critique**

L'ensemble de l'information relative aux températures mondiales est entièrement dépourvu de valeur scientifique, et ne devrait servir de base à aucune décision politique. On constate, de manière parfaitement claire, que :

- Les capteurs de température sont en nombre beaucoup trop faible pour donner une idée de la température du globe ;

- On ne sait pas, par principe, ce qu'une telle température pourrait signifier. On ne parvient pas à lui donner un sens physique précis ;

- On constate de nombreuses dissimulations et manipulations dans les données ; il y a une volonté affichée de passer sous silence ce qui pourrait passer pour rassurant, et de mettre en évidence ce qui est présenté comme inquiétant ;

- Malgré cela, l'utilisation la plus directe des chiffres disponibles ne montre pas de vraie tendance au réchauffement !

II. Le CO_2

A. Introduction

Beaucoup de scientifiques se posent la question de l'influence des gaz à effet de serre sur le climat. L'atmosphère terrestre est composée en majorité d'atomes d'azote, d'oxygène et d'argon et les trois principaux gaz à effet de serre sont : la vapeur d'eau, le dioxyde de carbone (CO_2) et le méthane (CH_4). La composition de l'atmosphère sera vue de manière plus détaillée dans le paragraphe IV du Chapitre 1 de la Partie 2.

La particularité d'un gaz à effet de serre est sa capacité à s'échauffer en absorbant les rayons infrarouges provenant du soleil et de la terre. Les facteurs qui font qu'un gaz influe sur le réchauffement climatique sont : sa capacité d'absorption des infrarouges, son temps de vie et sa concentration dans l'atmosphère.

Dans la suite de ce chapitre, nous nous intéresserons uniquement au CO_2, celui-ci étant considéré comme responsable du réchauffement climatique. La capacité d'absorption des infrarouges du CO_2 est un facteur quantifiable et mesurable en laboratoire, ce qui n'est pas le cas pour son temps de vie et sa concentration mondiale dans l'atmosphère. En effet, le CO_2 participe au cycle du carbone (Figure 14). Cela signifie que les atomes de carbones provenant du CO_2 sont transférés dans différents "réservoirs". Il y a un flux d'échange continu entre les réservoirs. Durant ces transferts, ceux qui relâchent du CO_2 dans l'atmosphère sont appelés les "sources" et ceux qui en consomment sont les "puits". Par exemple, l'océan est à la fois source et puits.

A cause du cycle du carbone, il est difficile de déterminer le temps de vie du CO_2 dans l'atmosphère. C'est pour cette raison que les scientifiques s'intéressent plus à sa concentration.

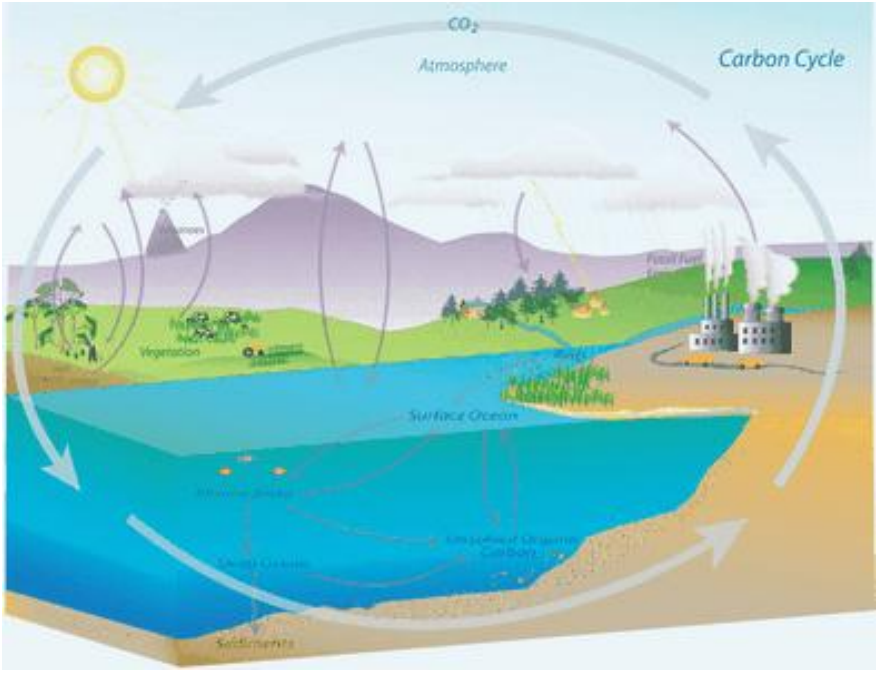


Figure 14 : Cycle du Carbone ; Source: Barb Deluisi, NOAA

La concentration brute en CO_2 ne permet pas de montrer l'évolution de ce gaz, car la composition de l'atmosphère dépend de la pression, de la température et de la dilution des autres gaz dans la vapeur d'eau. Afin d'obtenir une mesure qui ne dépende pas de ces paramètres, on mesure le nombre de molécules de CO_2 dans 1 million de molécules d'air sec. Cette mesure se chiffre en ppm (partie par million) et est appelée fraction molaire, voir [Tans et Thoning].

Plusieurs types de mesures sont actuellement effectués. Dans la plupart des cas, celles-ci reflètent une concentration locale en CO_2 et sont prises à une altitude définie. Nous allons montrer la variabilité des valeurs et l'hétérogénéité des mesures.

B. Mesures par Infrarouge

Les mesures par infrarouge présentées dans ce rapport proviennent de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), qui rassemble les données d'un réseau de plus de 100 sites dans le monde. Les échantillons sont pris à des intervalles de temps variables. L'objectif de la NOAA est de créer une "carte" de la concentration de gaz à effet de serre dans le monde, pour différentes altitudes.

1. **Prélèvement d'échantillons**

Les échantillons analysés par la NOAA proviennent de quatre méthodes de prélèvement :

1) <u>Mesure en surface</u>

Les échantillons d'air sont prélevés hebdomadairement et contenus dans des bonbonnes de gaz. Elles proviennent de différents laboratoires répartis dans le monde (voir Figure 15). Ces mesures permettent de déterminer la concentration des gaz à effet de serre et les variations (à court et long terme) sur le lieu de leurs prélèvements. Ceux-ci sont réalisés au niveau du sol.

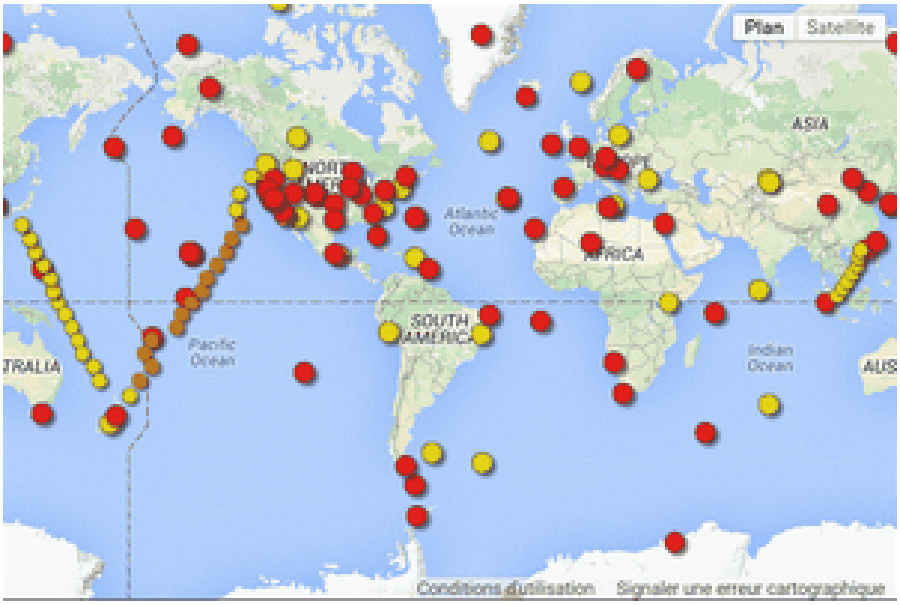


Figure 15 : Localisation des laboratoires effectuant des prélèvements dans des bonbonnes de gaz. Les points rouges sont les sites actifs, les jaunes les inactifs et les oranges, ceux pris sur un bateau.

2) Programme aérien

Il permet de collecter des échantillons saisonniers d'air dans les différents niveaux de la troposphère (au-dessus de 8000 m). Les prélèvements sont principalement concentrés au nord de l'Amérique. (voir Figure 16).



Figure 16 : Localisation des mesures par le programme aérien.
Les avions en jaune représentent les sites inactifs.

3) Mesure par haute tour

Le réseau de tours fournit des mesures du CO_2 quotidiennement pour des altitudes de l'ordre de 500 m. A cette altitude, l'air se mélange et il est possible de mesurer une "empreinte" de l'atmosphère. Les prélèvements sont principalement concentrés au nord de l'Amérique. (voir Figure 17)



Figure 17 : Localisation des sites de haute tour. L'icône jaune représente un site inactif.

4) Observatoires de référence

Ce sont des laboratoires qui sont isolés de la civilisation. Leurs emplacements permettent de mesurer quotidiennement une atmosphère qui n'est pas "faussée" par une pollution extérieure. Il y en a six : Barrow (Alaska), Summit (Groenland), Trinidad Head (Californie), Mauna Laua (Hawaii), American Samoa, Pôle sud (Antartique).

Parmi ces observatoires, celui de Mauna Loa est connu pour ses mesures sur le CO_2, qui sont effectuées uniquement sur la haute atmosphère. Les résultats présentés par la NOAA proviennent principalement de cet observatoire. Il est situé aux États-Unis, dans le sud-ouest de l'île d'Hawaï (Big Island), la plus grande de l'archipel et État d'Hawaï.

Willis Eschenbach justifie dans un article, voir [Eschenbach], le choix de cette station de mesure, comme représentatif de la concentration mondiale, de la manière suivante :

L'influence locale des rejets de plantes ou de l'activité humaine sur les mesures de CO_2 doit être éliminée. C'est pourquoi le laboratoire est isolé sur une île située sur un volcan, à une altitude de 3 397 mètres au-dessus du niveau de la mer et est entouré par des kilomètres de surface volcanique sans aucune végétation aux alentours.

L'influence des rejets gazeux liés à l'activité volcanique pourrait être limitée par l'existence d'un vent ascendant soufflant le jour, et un vent descendant soufflant la nuit. Ces courants d'air sont créés par la différence de température entre le sol de l'île et de la mer. Durant la journée, le sol de l'île chauffe plus vite que l'océan. L'air au niveau de la terre s'échauffe donc plus rapidement et crée un courant ascendant car l'air chaud, moins dense, remonte dans l'atmosphère. Le problème est qu'en journée ce courant ramène l'air du sol et de l'océan (avec l'influence de la flore et humaine) au niveau des capteurs du laboratoire. Dans ces conditions, la concentration mesurée n'est plus une concentration globale mais dépendante de l'environnement, voir [Eschenbach].

Inversement, durant la nuit, la température de l'île est plus froide que celle de l'océan, et c'est un courant d'air descendant qui est créé (voir Figure 18 18). Il permet donc de mesurer de l'air provenant de la très haute altitude.

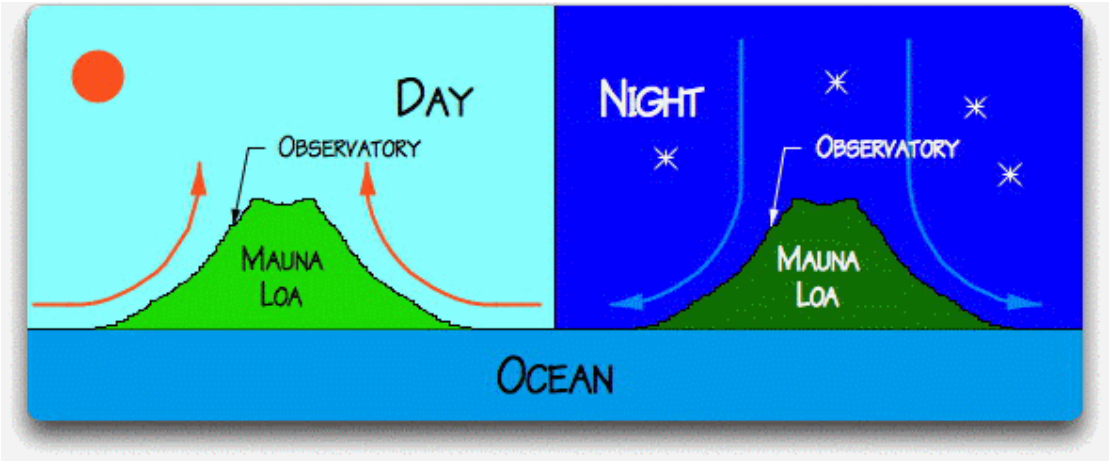


Figure 18 : Courant d'air jour et nuit à Mauna Loa

Les mesures à Mauna Loa commencent en 1958. Elles sont effectuées toutes les heures. Cependant, comme expliqué précédemment, seules quelques heures dans la journée sont finalement choisies pour calculer la moyenne journalière des concentrations en CO_2.

En conclusion la répartition des échantillonnages n'est pas homogène sur l'ensemble du globe. Certaines zones sont très bien pourvues en stations de mesures (Etats-Unis, Europe Occidentale) alors que d'autres n'en possèdent quasiment aucune (Afrique, Asie).

2. Mesure par absorption infrarouge

Les échantillons ainsi prélevés sont ensuite analysés. Chaque gaz est caractérisé par une technique différente :

- CO_2 par absorption infrarouge ;
- CO par fluorescence ;
- CH_4, N_2O, SF_6, H_2 par chromatographie au gaz.

Le CO_2 est analysé par absorption infrarouge et le principe de fonctionnement est le suivant : l'air est aspiré dans un cylindre. Un émetteur envoie une lumière infrarouge qui traverse l'échantillon d'air et passe par un détecteur infrarouge. Les atomes de CO_2 présents dans l'échantillon d'air vont absorber une partie du rayonnement infrarouge selon une fréquence propre. Plus la concentration des molécules est importante, plus la quantité d'infrarouge absorbée est grande et moins fort est le signal reçu par le récepteur. Le signal du détecteur (signal électrique) est alors traduit en une quantité de CO_2. Une calibration est effectuée, chaque heure, afin de vérifier l'exactitude des mesures.

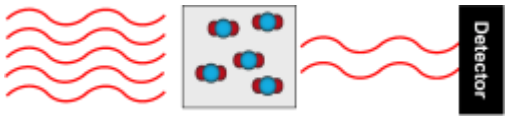


Figure 19 : Schématisation du phénomène d'absorption infrarouge.

3. Traitement des résultats

En sortie du spectromètre infrarouge, on obtient des données brutes de concentration en CO_2 pour un site et une date. Elles sont ensuite sélectionnées selon une méthode bien précise.

- Premièrement, la déviation standard sur une minute doit être inférieure à 0,30 ppm ;
- Deuxièmement, les données horaires ne doivent pas différer de plus de 0,25 ppm de l'heure précédente ;
- Troisièmement, les heures où le vent souffle vers le haut ne sont pas sauvegardées ;
- Enfin, une méthode d'éjection de données aberrantes est utilisée. Une courbe est ajustée sur les données des heures précédentes, et, pour chaque jour, les heures déviant de cette courbe de plus de deux fois la déviation standard sont retirées.

Au total, en moyenne seules 13,7 heures sont conservées sur une journée.

Les traitements préliminaires subis par les données ne sont pas neutres et sont scientifiquement très discutables. Ils ont évidemment pour effet d'éliminer un certain nombre de variations, qui peuvent avoir une réalité.

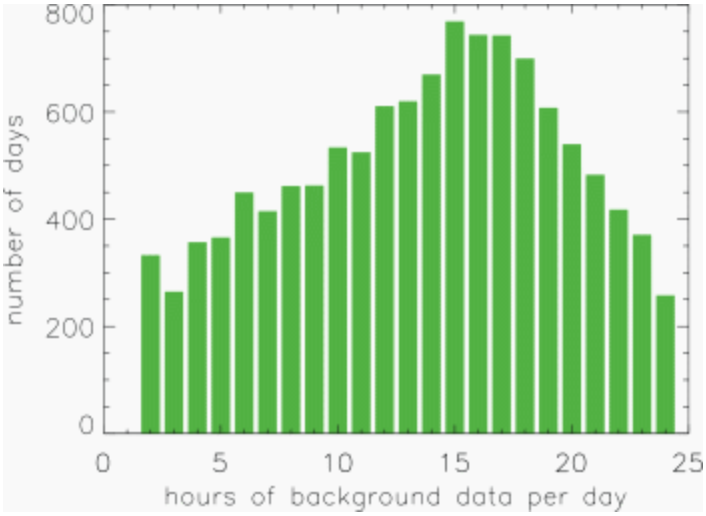


Figure 20 : Répartition du nombre d'heures conservées dans les données

Ci-dessus, la répartition du nombre d'heures sélectionnées, sans considérer les jours où moins de 2 heures ont été conservées. Pour plus de 6,5 % des jours, seulement 0 ou 1 heure a été conservée.

4. **Résultats**

Les données récoltées sur le site de la NOAA montrent les résultats suivants :

- Il y a une augmentation de la concentration en CO_2 en différents endroits du globe ;
- La variation de concentration dépend de la position du prélèvement (longitude, latitude) ;
- Il y a une oscillation saisonnière.

La précision des données dépendent en partie de la méthode de prélèvement des échantillons. Les résultats sont mieux détaillés pour les observatoires de référence que pour les mesures en surface.

a. Observatoires de référence :

Les mesures ont été effectuées depuis les années 1974 jusqu'à 2013 pour les quatre observatoires suivants : Barrow (Alaska), Mauna Loa (Hawaii), American Samoa, Pôle sud (Antarctique).

Les données pour chaque observatoire sont disponibles sur le site de la NOAA sous forme de fichier texte. Trois fichiers sont proposés pour chaque observatoire : les moyennes horaires, les moyennes journalières et les moyennes mensuelles.

Les fichiers présentent plusieurs colonnes :

- le code correspondant au nom du site ;
- la date allant de 1974 à 2013 : l'année, le mois, l'heure, les minutes, les secondes ;

- les concentrations : une valeur de -999,99 est donnée quand une valeur est manquante ;
- l'écart-type sur les mesures de concentration ;
- le nombre de point pris en compte pour calculer la moyenne ;
- la latitude, longitude, altitude ;
- la qualité de la mesure.

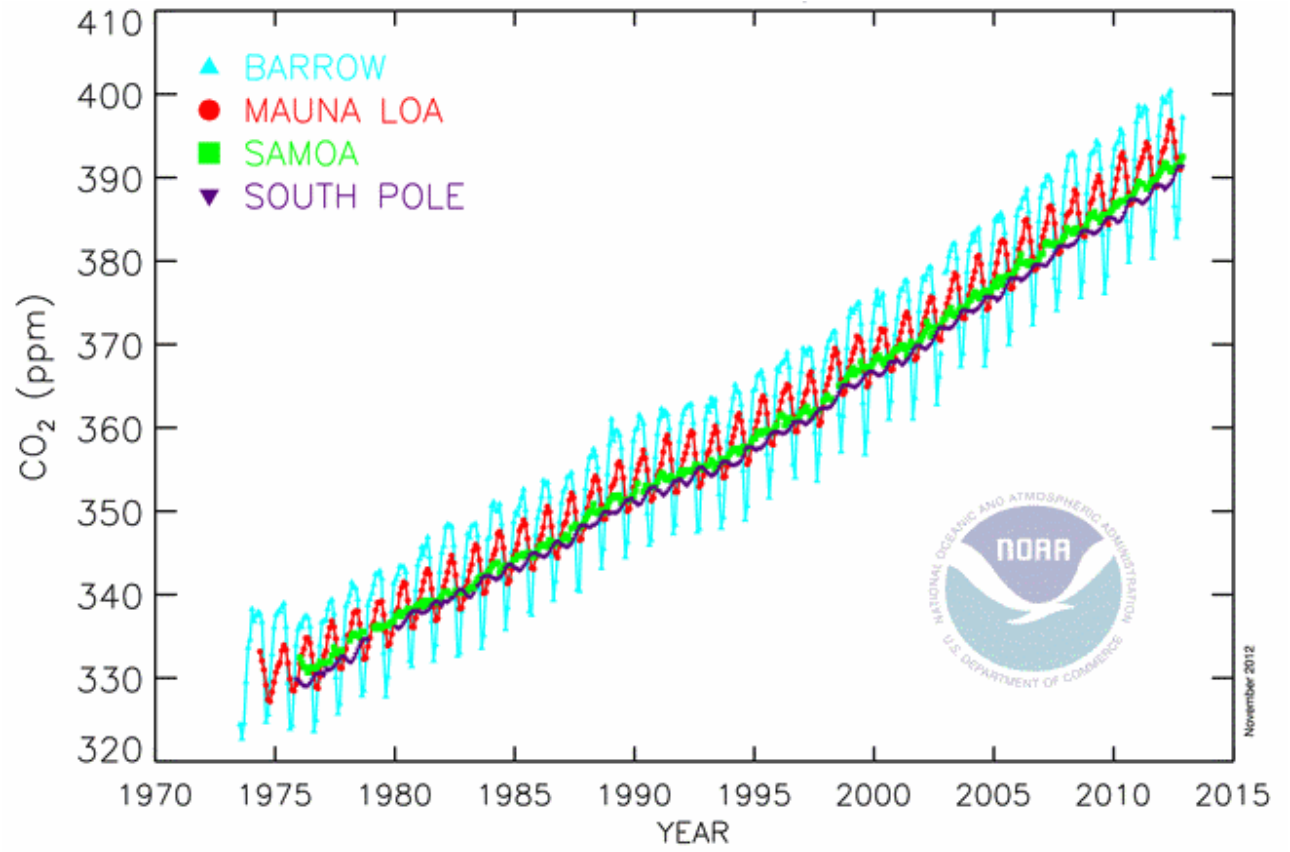


Figure 21 : Moyenne mensuelle de CO_2 pour différents laboratoires.
Les trois observatoires diffèrent par leur position (longitude et latitude). [Tans]

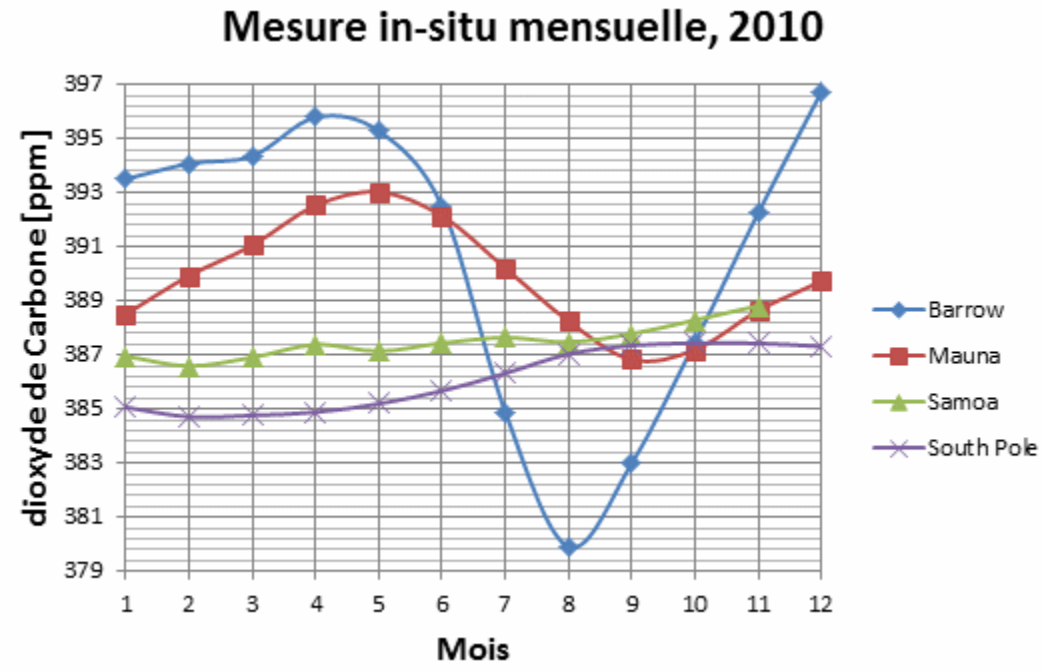


Figure 22 : Moyenne mensuelle de CO_2 pour différents laboratoires et pour l'année 2010. Les trois observatoires diffèrent par leur position (longitude et latitude).

Les résultats de ces observatoires montrent une augmentation de la concentration en CO_2 qui est indépendante de la latitude (Figure 21). On constate des oscillations annuelles de la concentration en CO_2, provenant des changements saisonniers et de la photosynthèse des plantes. Durant l'été, cette dernière est très importante et la concentration en CO_2 est forte ; inversement en hiver. Le cycle saisonnier est plus fort dans l'hémisphère nord car la surface terrestre est plus grande.

La Figure 22 montre que la variation de concentration en CO_2 n'est pas la même sur l'ensemble du globe. Par exemple, le maximum de CO_2 mesuré n'est pas atteint à la même date pour Barrow et le Pôle sud. La variation de concentration est aussi différente dans chacun des sites : plus l'observatoire est situé à une latitude faible, plus la variation est petite.

Revenons à Mauna Loa. Les mesures qui y ont été effectuées pendant l'année 1990 sont représentées sur la Figure 23. Elles présentent une variabilité journalière de l'ordre de 3 ppm et, après traitement des données, il y a un décalage des valeurs mensuelles par rapport aux valeurs journalières : elles sont au-dessus lorsqu'il y a une tendance à la hausse et en dessous lors d'une diminution. Cela s'explique par le choix de la date pour la moyenne mensuelle : par exemple pour le mois de janvier, elle est placée à la date du premier janvier au lieu du 15 janvier (moitié du mois).

De plus, on observe la saisonnalité des concentrations en CO_2 sur la Figure 24. Un maximum de la concentration est atteint au mois de mai et un minimum au mois de septembre. La NOAA explique que cette différence provient de la photosynthèse des plantes.

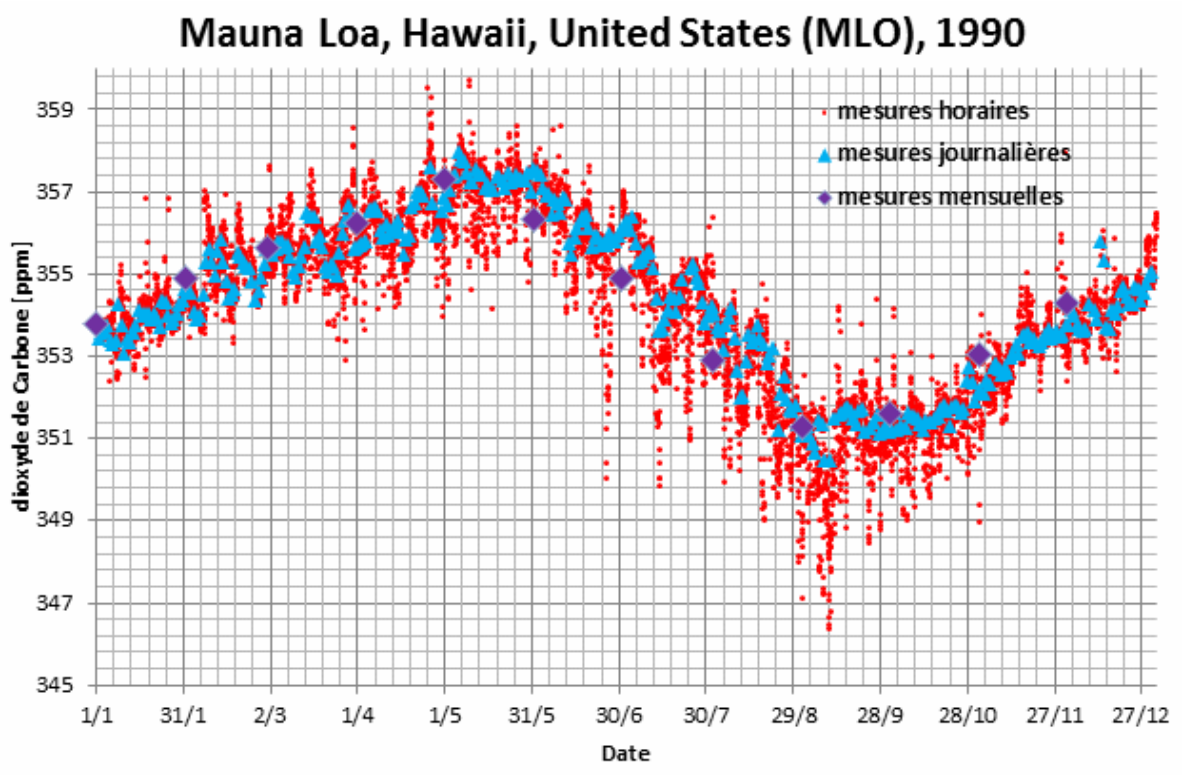


Figure 23 : Mesures des concentrations de CO_2 à Mauna Loa pour l'année 1990.

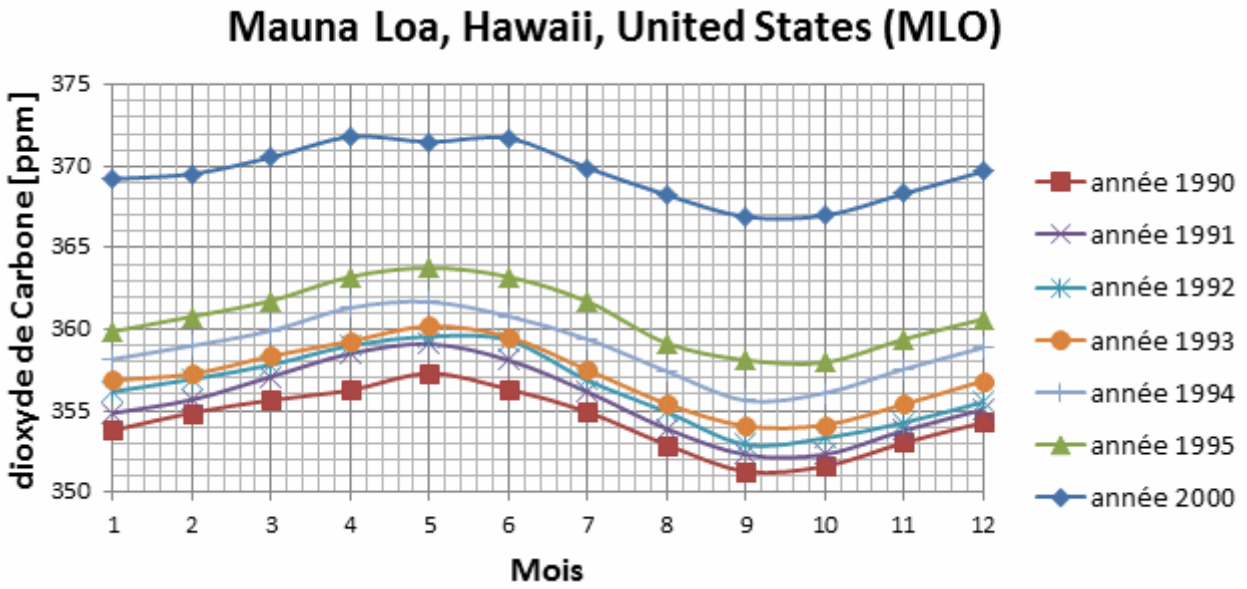


Figure 24 : Mesure du CO_2 à Mauna Loa, pour les années 1990 à 2000.

b. Hautes tours

Les données pour ce type de prélèvement ne sont pas fournies. Seuls les résultats présentés ci-dessous (en Figure 25 et Figure 26) sont accessibles.

Une étude a été réalisée au Wisconsin (Etats-Unis) à partir d'une haute tour. Les résultats présentés mettent en évidence l'influence de l'altitude sur les mesures de concentration en CO_2 (Figure 25). La variabilité des mesures est accrue lorsqu'elles sont réalisées à basse altitude. L'explication proposée par la NOAA est que l'influence humaine et de la flore est mieux ressentie à basse qu'à haute altitude : pendant les horaires de la journée, les concentrations atteignent un maximum alors que la nuit les concentrations sont au plus bas.

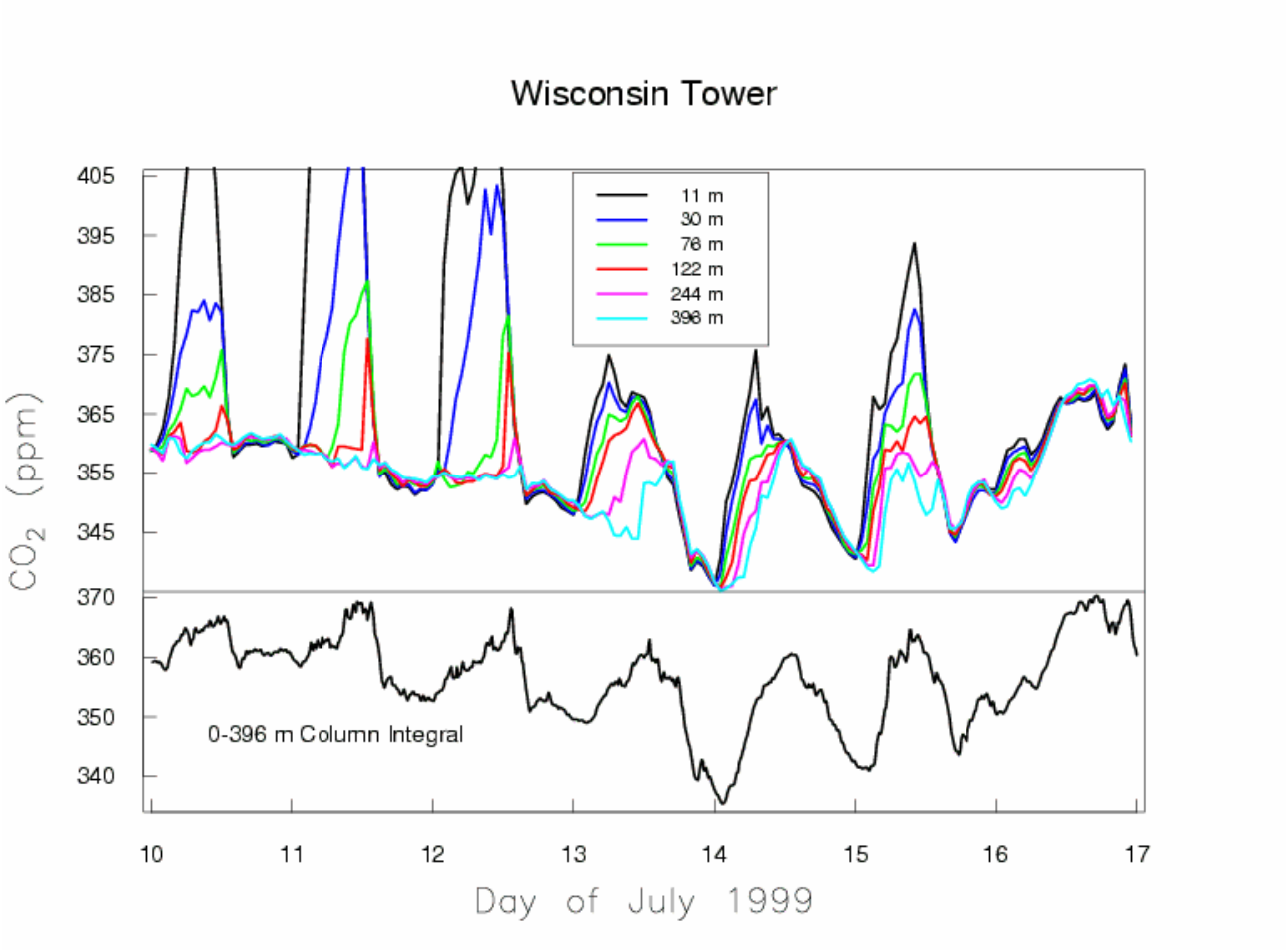


Figure 25 : Mesures de concentration en CO_2 pour une semaine de juillet 1999 à partir d'une haute tour (Wisconsin)

La Figure 26 présente l'influence des saisons sur la variabilité des mesures à différentes altitudes. Au mois de janvier, l'altitude ne joue aucun rôle sur la concentration mesurée : il y a moins de végétation et moins de "respiration de la flore".

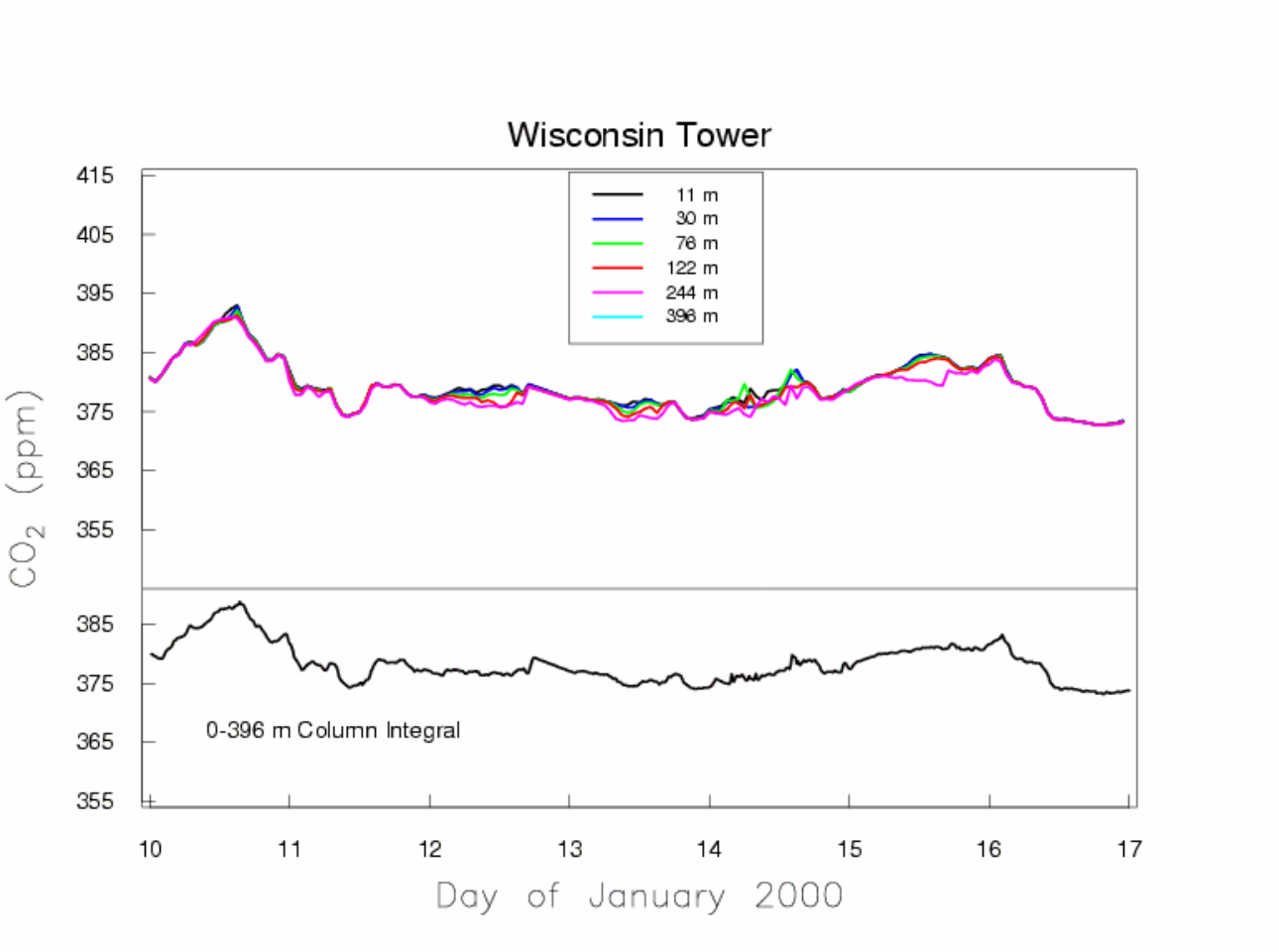


Figure 26 : Mesure de concentration en CO_2 pour une semaine de janvier 2000 à partir d'une haute tour (Wisconsin)

c. Mesures en surface

Les prélèvements ont été effectués dans différents laboratoires du monde et placés dans des bonbonnes.

Les données pour chaque laboratoire sont disponibles sur le site de la NOAA sous forme de fichier texte (91 fichiers). Chaque laboratoire propose un fichier texte avec les résultats mensuels (déjà traités). Les dates de prélèvement varient pour chaque laboratoire : par exemple les mesures en France vont de 1982 à 2013 et celles d'Allemagne de 2006 à 2013.

Les fichiers présentent plusieurs colonnes :

- le code correspondant au nom du site ;
- la date : l'année, le mois ;
- les concentrations : une valeur de -999,99 est donnée quand une valeur est manquante.

Les fichiers sont beaucoup moins détaillés que ceux des observatoires de référence. Il est possible de trouver la géolocalisation des laboratoires sur le site de la NOAA, mais pas directement dans le fichier texte.

Prenons comme exemple les laboratoires suivants :

Code	Nom	Pays	Latitude	Longitude	Elévation [m]
KZM	Plateau Assy	Kazakhstan	43,250	77,880	2519,0
KCO	Kaashidhoo	Républic of Maldives	4,970	73,470	1,0
CRZ	Crozet Island	France	-46,434	51,848	197,0

Tableau 1 : Répartition de trois laboratoires effectuant des mesures en surface.

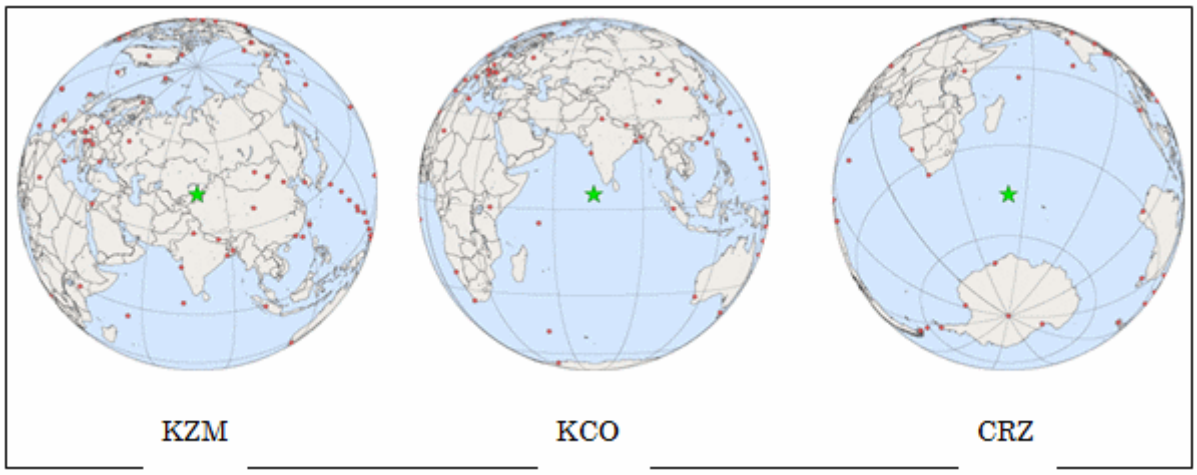


Figure 27 : Localisation des laboratoires appartenant à la France, au Kazakhstan et à la République des Maldives

Ces trois laboratoires se situent environ à la même longitude (Tableau 1). En couplant les données pour les années 1998 et 1999, il est possible d'observer les mêmes phénomènes que pour la Figure 23. Les variations de concentration sont plus importantes pour de hautes latitudes. Contrairement aux mesures effectuées dans les observatoires de référence, les fréquences de mesure de ces trois laboratoires sont moins constantes.

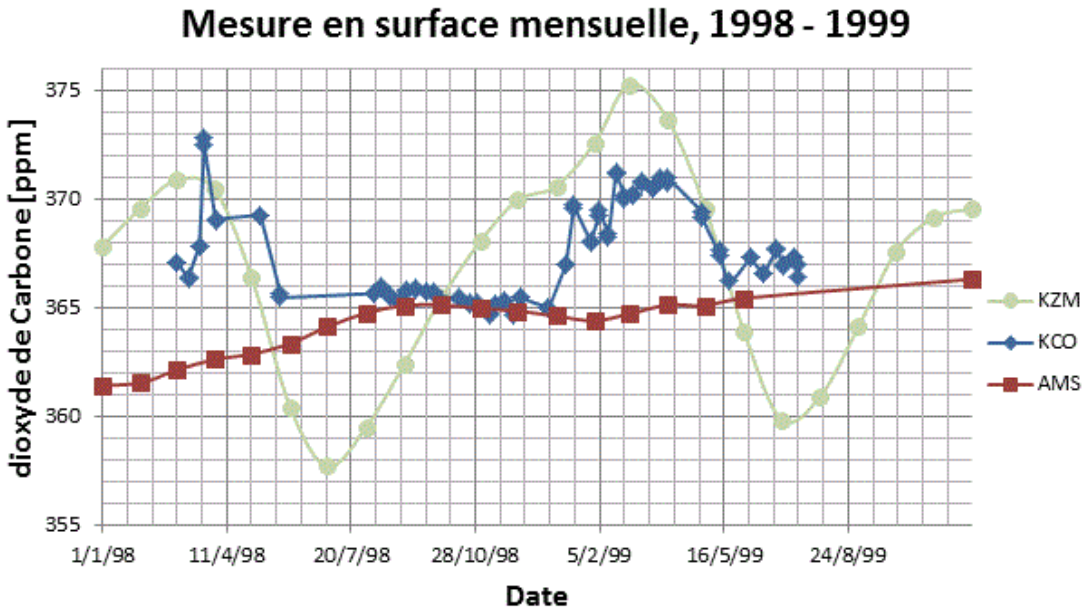


Figure 28 : Moyenne mensuelle de CO_2 pour différents laboratoires et pour l'année 1998 - 1999.

5. **Conclusion**

- Mauvaise répartition des capteurs

Pour les relevés mondiaux, la répartition spatiale des mesures n'est absolument pas homogène. Ainsi, quasiment toutes les stations de mesures sont localisées en Europe ou aux Etats Unis.

Le choix de la station de mesure de Mauna Loa pour représenter toute l'atmosphère terrestre est contestable, malgré les arguments de certains scientifiques. Les mesures ne sont effectuées qu'à un seul endroit, en haute atmosphère, sur un volcan. On aurait pu comparer les données de Mauna Loa aux autres mesures, sur une longue période, pour voir si elles étaient représentatives, mais cela n'a jamais été fait.

Il n'a jamais été prouvé qu'à partir d'une certaine altitude, le CO_2 soit réparti de manière homogène. La quantité de CO_2 qui se trouve dans la basse atmosphère ne peut en aucun cas être éliminée d'un bilan global. Il ne viendrait à l'esprit de personne de dire que l'on va éliminer la mesure des températures au niveau du sol, pour ne garder que les mesures en haute altitude.

- Insuffisance des données

Un premier problème se pose dans la façon d'analyser les échantillons de CO_2 récoltés. Seulement 13,7 heures sont conservées chaque jour dans les mesures de Mauna Loa, ce qui correspond à une grosse moitié de journée.

Pour les relevés mondiaux deux problèmes supplémentaires se posent. Premièrement, les données de chaque site ne sont pas disponibles pour des périodes journalières, mais uniquement par mois.

De plus, chaque laboratoire/observatoire édite et sélectionne ses propres données. Les résultats ainsi obtenus sont spécifiques à leur localisation.

Pour la station de Mauna Loa, seules des mesures nocturnes sont conservées. Comme expliqué précédemment, ceci est "justifié" par les flux d'air.

- Traitement des données

Les fichiers textes ont été préalablement traités. Le remplacement par moyenne ou interpolation des valeurs initialement manquantes est précisé. Les courbes précédentes sont directement issues des données de la NOAA.

Les données publiées montrent une augmentation de la concentration en CO_2, mais l'inhomogénéité des mesures et le traitement qui en est fait avant leur publication leur ôtent toute valeur scientifique : les données brutes sont nécessaires pour valider les traitements qui ont été faits.

C. Mesures chimiques directes du CO_2

1. Technologie de mesure

Les mesures directes de concentrations du CO_2, recueillies par différents scientifiques, ont été compilées par Ernst-Georg Beck dans "180 Years of atmospheric CO_2 gas analysis by chemical methods".

Plusieurs techniques ont été employées : la titrimétrie, la volumétrie, etc. Ces techniques permettent d'avoir une mesure à 3 ppm près. Il s'agit de techniques bien maîtrisées depuis 1812 et optimisées depuis.

Ces mesures ont été récoltées dans des zones rurales ou en périphérie de grandes villes. Elles sont donc sujettes à une forte variabilité locale due à l'absorption ou rejet du CO_2 par l'océan ou par les sols, la photosynthèse de la végétation, l'industrie, la pression atmosphérique locale, le vent, ou les diverses fluctuations naturelles. Pour pouvoir interpréter ce type de mesure, il faudrait mesurer le CO_2 dans chaque kilomètre cube du globe.

Les mesures chimiques dans la troposphère présentent des variabilités de plus de 400 ppm en moins de 5 ans, ce qui revient à dire qu'une quantité aberrante de CO_2 a été émise dans l'atmosphère durant cette période. Ces mesures ne reflètent donc pas la concentration mondiale du CO_2.

2. Répartition spatiale et temporelle des mesures

Ces mesures ont été prises, depuis 1812, en différents endroits de la surface du globe, majoritairement dans l'hémisphère nord. La densité temporelle des points de mesure est très variable en fonction des endroits.

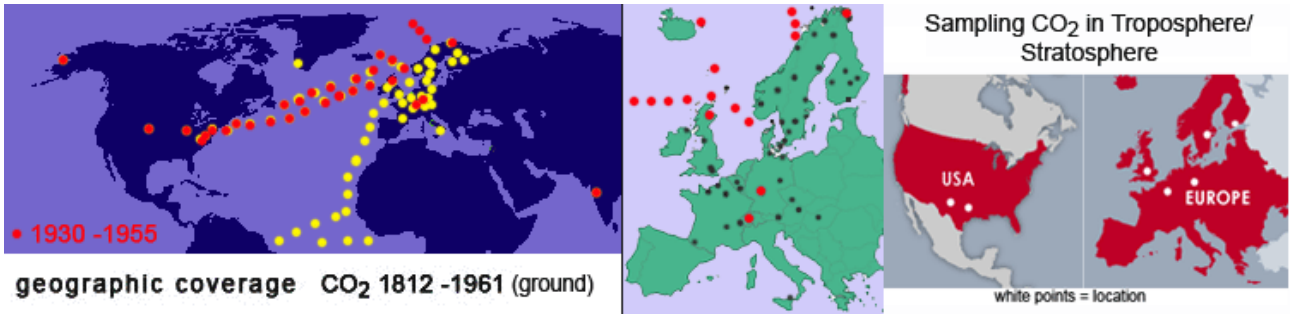


Figure 29 : Répartition des mesures chimiques

3. Résultats

Les mesures compilées par Georg-Ernst Beck indiquent une concentration en CO_2 dépassant 400 ppm à plusieurs reprises par le passé.

Ces données montrent une grande variabilité de la concentration du CO_2 ces 150 dernières années, et contredisent les données issues des carottes de glaces qui indiquent une concentration strictement croissante et très peu variable.

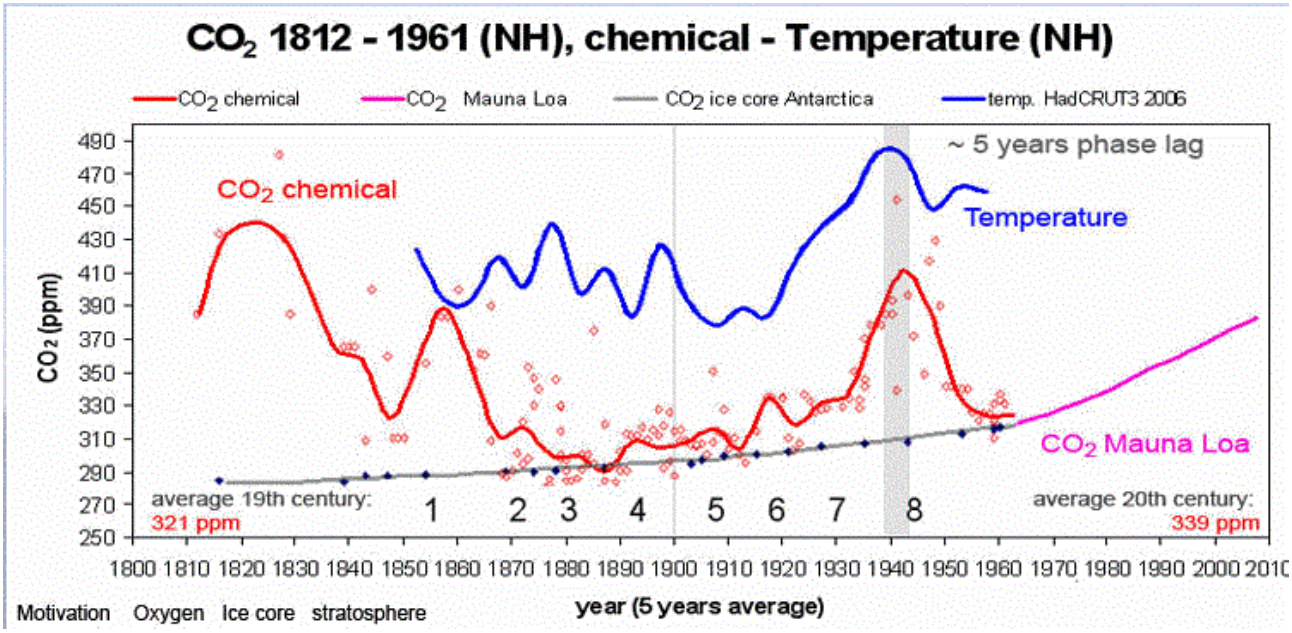


Figure 30 : Comparaison des différentes techniques (Beck et al. 2008)

4. Conclusion

Cette technique de mesure de CO_2 est bien maîtrisée, mais les stations de mesures ne sont pas réparties de façon homogène et leur nombre est clairement insuffisant, compte-tenu de la grande variabilité de la concentration en CO_2. On observe simplement que les données ainsi recueillies ne permettent pas de conclure à une augmentation de la concentration en CO_2.

D. Mesures sur les carottes glaciaires

1. Technologie de mesure

La concentration des bulles d'air est mesurée par spectroscopie, par absorption des rayons lasers et par chromatographie gazeuse. Des échantillons de glace de 40 grammes sont placés sous vide et écrasés par une aiguille. L'air qui s'échappe est récupéré, puis analysé.

Cette méthode de mesure a une faible fiabilité, voir [Delmas]. Il s'agit de mesures indirectes, ne reflétant pas nécessairement la composition d'origine. Le CO_2 peut se dissoudre au fil du temps et être absorbé. Des réactions acido-carbonate peuvent se produire, ainsi qu'une oxydation de la matière organique par le H_20_2. Ces incidents sont favorisés par la présence d'impuretés dans la glace. Celles-ci sont beaucoup moins présentes en Antarctique qu'au Groenland.

L'absence de gaz émis récemment (tels que le SF_6) dans les carottes glaciaires permet de conclure que celles-ci sont parfaitement hermétiques et n'ont pas été contaminées par l'air récent.

2. **Répartition spatiale et temporelle des mesures**

Dans les zones où les températures sont au-dessous de 0°C, la neige qui tombe ne fond pas mais s'accumule et se transforme progressivement en glace. Elle emprisonne ainsi des microbulles d'air et des poussières. Aujourd'hui, l'étude des carottes de glace permet de déterminer la concentration en CO_2 de ces microbulles d'air jusqu'à 800 000 ans.

Les chutes de neige en Antarctique sont peu fréquentes, ce qui limite le nombre de données disponibles.

De plus, pour les périodes les plus anciennes, la glace s'est compactée en profondeur sous son poids, ce qui réduit la précision dans la date. Les concentrations relevées sont ainsi des moyennes prises sur de très longues périodes. L'âge des bulles d'air peut différer de 6 000 ans par rapport à l'âge de la glace qui les emprisonne, et cet écart n'est pas correctement estimé actuellement.

Les données issues des carottes glaciaires sont disponibles sur le site de la NOAA en fichier texte. Ils présentent plusieurs colonnes : l'âge de l'air mesuré, l'âge de la glace, la profondeur de la glace, la concentration en CO_2 avec l'incertitude associée. Les principales sources de données brutes sont listées ci-après :

1) Les données de Vostok [DonnéesVostok] sont datées entre l'année -420 000 av. J.-C. et +2000 apr. J.-C. L'âge de l'air est calculé avec une précision de plus ou moins 5 000 ans, dépassant parfois 10 000 ans, et l'échantillonnage temporel varie de 2 400 à 4 500 ans dans les couches profondes, voir [Fisher].

2) L'étude ayant la plus grande profondeur historique a été réalisée par le projet européen EPICA en Antarctique [DonnéesDomeC]. La carotte de glace extraite mesure 3,1 km et permet de mesurer la concentration de CO_2 il y a 800 000 ans. L'incertitude sur l'âge il y a 800 000 ans est de plus ou moins 6 000 ans. Différentes méthodes de datation ont été utilisées (LR04 et EDC2), et elles ne montrent pas la même chose, à 20 000 ans près, voir [Parrenin].

3) Des mesures ont également été réalisées à partir de carottes glaciaires au Law Dome [DonnéesLawDome]. Elles sont datées d'entre l'an 948 et 1992. Les données sont lissées sur 10 ans pour les couches profondes.

3. **Résultats**

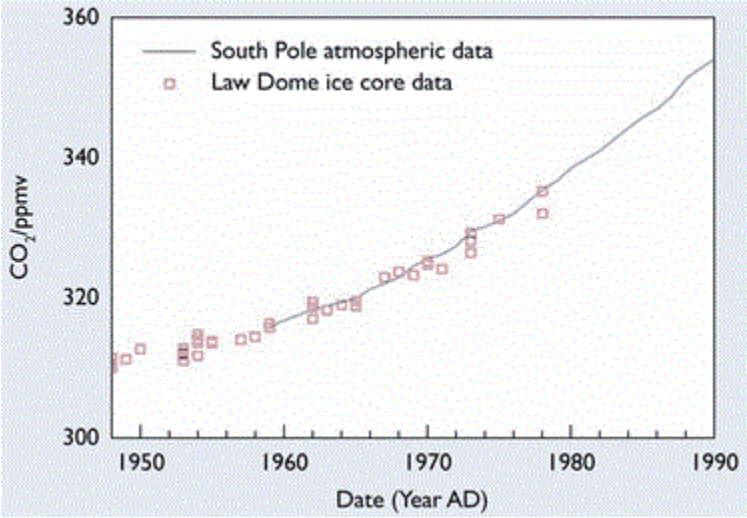


Figure 31 : Mesures directes du CO_2 comparée avec les mesures issues de la glace.

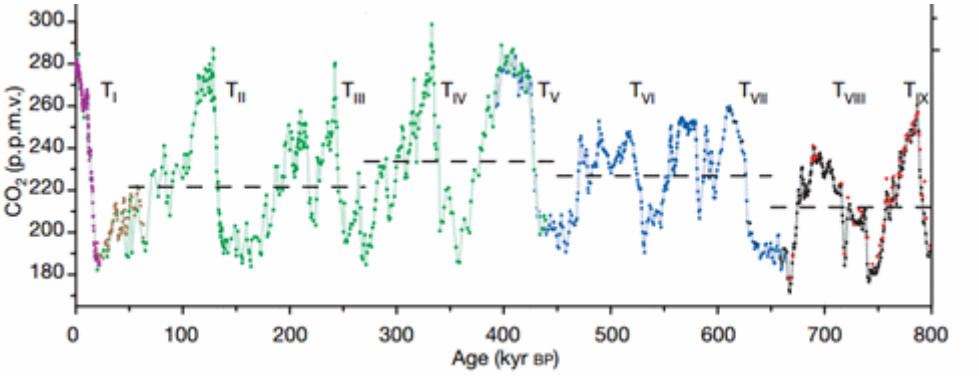


Figure 32 : Mesures du CO_2 au Dome C (violet, bleu et noir), Taylor Dome (marron) et à Vostok (Vert)

Les mesures du CO_2 indiquent une concentration relativement stable comprise entre 180 et 280 ppm (Figure 32). Les données issues de la glace ont été comparées avec les mesures directes atmosphériques au pôle sud, et ces mesures semblent être en accord à l'échelle de l'année (Figure 31). Les concentrations mesurées au Law Dome coïncident avec celles mesurées à Vostok.

4. **Conclusion**

Plusieurs défauts méthodologiques apparaissent ici :

- Premièrement, la technique est critiquable. Etant donné qu'il s'agit de mesures indirectes, la composition des carottes n'est pas strictement représentative de l'atmosphère de l'époque. De plus l'incertitude sur l'âge réel du gaz emprisonné est très grande.

- Deuxièmement, les mesures sont clairement limitées aux régions de prélèvement et ne peuvent donc pas refléter la concentration globale du CO_2.

E. Mesures sur des stomates des plantes fossiles

1. **Technologie de mesure**

Les stomates sont des pores microscopiques présents dans les feuilles des plantes fossiles. Ils sont utilisés pour les échanges gazeux. Il existe une relation empirique entre la densité de stomates et la concentration en CO_2. Il s'agit là de mesures indirectes très peu précises, l'incertitude allant jusqu'à 60 ppm.

2. **Résultats**

Ces mesures indiquent une variabilité du CO_2 bien plus importante que pour les carottes glaciaires, et bien souvent des niveaux de concentration très supérieurs. De plus, les différentes études analysant ce type de données sont en désaccord. Dans [Beerling] la plage de concentrations est comprise entre 225 ppm et 310 ppm pour la période d'il y a 9 000 ans, alors qu'elle se situe entre 250-360 ppm dans [Wagner].

3. **Conclusion**

L'incertitude sur ces mesures est bien trop grande pour qu'elles puissent être retenues.

F. Analyse critique

Il n'existe rien qui permette d'étayer la conclusion, que l'on retrouve partout, selon laquelle la concentration en CO_2 augmente constamment, et serait supérieure à tout ce qui a pu se voir avant l'ère industrielle.

En réalité, la concentration en CO_2 varie constamment, d'un point à un autre, d'une heure à l'autre, tout comme la température. Prétendre que les données recueillies en un petit nombre d'observatoires (une centaine !), traitées et expurgées comme on l'a vu, sont représentatives de la valeur mondiale est une absurdité. Ce choix restreint résulte d'un consensus d'experts, et n'a jamais été validé.

Les différentes méthodes de mesure donnent des résultats différents, ce qui n'a rien d'étonnant compte-tenu de la variabilité du phénomène. La référence à des carottes prélevées dans des glaces est une absurdité : ces carottes sont représentatives de la concentration en CO_2 à cet endroit-là (et encore, sur une très longue période !) et nullement de ce que peut être la concentration ailleurs.

Il y a un consensus au sein d'une certaine communauté pour présenter comme "scientifiques" les résultats obtenus par les méthodes qu'elle préconise, même si ces méthodes n'ont jamais été validées et souffrent à l'évidence de défauts méthodologiques majeurs.

Notre conclusion est très claire : l'ensemble de la méthodologie mise en œuvre pour l'observation du CO_2 est à reprendre, avant même, évidemment, que l'on réfléchisse sur les résultats obtenus par cette observation. Il faut commencer par documenter correctement la variabilité

naturelle de la concentration en CO_2 (de quoi dépend-elle et comment se manifeste-t-elle ?) ; n'oublions pas que l'on veut ici faire un bilan global de la concentration dans l'ensemble de l'atmosphère.

Prenons une comparaison simple pour bien faire comprendre ceci. Imaginons que l'on cherche à documenter les occurrences des péchés commis par l'espèce humaine. Avant de conclure "nous pouvons restreindre nos investigations au voisinage des cathédrales", ce qui aurait au moins le mérite de la simplicité, il faudrait se renseigner sur la variabilité "naturelle" des péchés. Peut-être, en définitive, y en a-t-il davantage loin des cathédrales ?

III. Les cyclones

Nous nous sommes d'abord intéressés à la qualité des données existantes sur les cyclones. Ceci nous a permis ensuite d'analyser le traitement qui en est fait.

Nous avons répondu aux questions suivantes :

- Où peut-on trouver des données sur les cyclones ?
- Comment ces données sont-elles obtenues ?
- Depuis quand avons-nous des données sur les cyclones ?

A. Les mesures.

1. **Sources des données**

En fonction du bassin cyclonique, des entités différentes sont chargées de la surveillance des cyclones.

Le centre officiel de suivi des ouragans (National Hurricane Center, NHC) fait partie de l'un des six services de la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration).

Le NHC s'occupe du bassin Atlantique Nord (dont la Mer des Caraïbes et le Golfe du Mexique) et du bassin Pacifique Nord-Est.

Le site de la NOAA est très bien documenté, riche en données, et revendique son intégrité scientifique, voir [Lubchenco].

Nous avons récupéré les données de cet organisme pour le bassin de l'Atlantique Nord. La version actuelle de la base de données se nomme HURCAT2 ; nous avons travaillé sur celle-ci. Elle constitue une seconde version, complétée par de nouveaux paramètres depuis 2004, de la base de données HURCAT1 ; on peut la télécharger sur [Cyclones_NOAA].

Une différence entre les deux bases HURCAT1 et HURCAT2 est que la première donne directement les catégories des cyclones (d'après la classification de Saffir-Simpson). Le site Unisys, voir [Cyclones_Unisys], présente les données de HURCAT 1 de la façon suivante : pour chaque année une liste chronologique des cyclones est faite en indiquant leur catégorie, la vitesse maximale des vents et la pression minimale.

L'autre différence principale entre les deux bases est que, depuis 2004, nous disposons dans HURCAT2 de six colonnes correspondant à de nouveaux champs. Celles-ci indiquent la distance par rapport au centre du cyclone nécessaire pour qu'une certaine vitesse de vent soit mesurée.

2. Les technologies de mesure

Pour suivre les ouragans et les prévoir autant que possible, nous disposons de trois technologies :

a. Les satellites

Comme expliqué au paragraphe I "Les températures", il existe deux types de satellites météorologiques.

Le satellite géostationnaire affecté à la surveillance du bassin Atlantique Nord est **Goes-E :** un satellite américain de la NOAA de longitude 75°W.

La liste des satellites existants est disponible sur le site Cyclone extrême, voir [Zucchi].

b. Les radars Doppler

Outre l'intensité et la proximité des perturbations caractéristiques du radar météorologique basique, les radars Doppler mesurent également la vitesse et l'orientation du mouvement de ces perturbations. Les premiers ont été mis en place dans les années 1950.

Le principe de fonctionnement est le suivant : ils émettent des micro-ondes qui se réfléchissent sur les gouttes de pluie et cristaux de glace. En fonction du résultat renvoyé sous forme numérique, les météorologues peuvent déterminer la quantité et la vitesse des précipitations, les configurations cycloniques, etc.

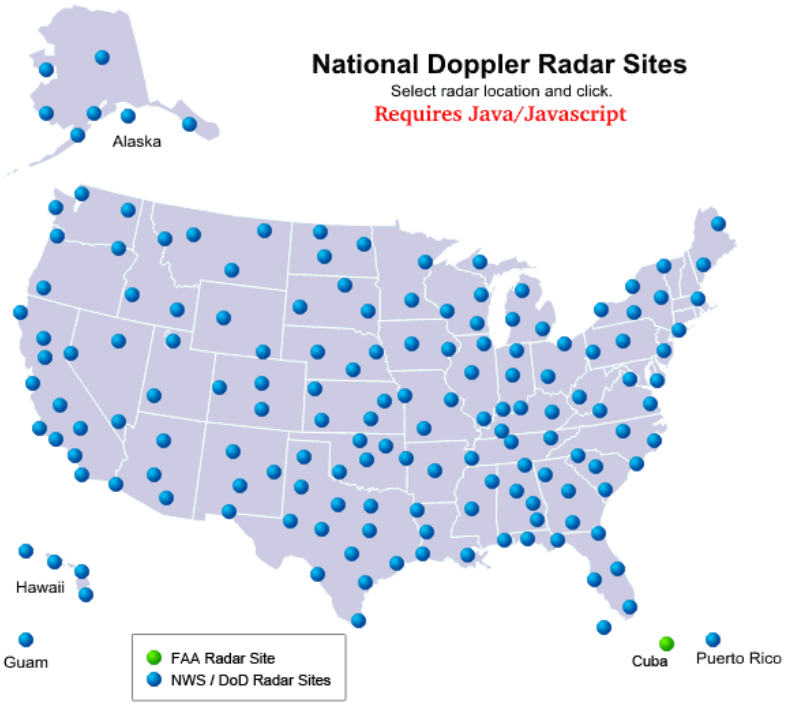


Figure 33 : La répartition des radars aux Etats-Unis, d'après [NDRS]

La zone couverte par un radar est de 300 km, mais au-delà de 100 km, il n'est plus capable de mesurer la vitesse de rotation des masses d'air. De plus sa résolution est de l'ordre du kilo-

mètre alors qu'une tornade a généralement un diamètre allant de 1 à 100 m, voir [Radartutorial].

Dans le reste du monde, la répartition des radars est inégale ; en effet pour des pays comme la France, où les cyclones sont peu présents, l'achat de radars ne se justifie pas financièrement.

c. Les catasondes

Une catasonde contient divers instruments météorologiques (baromètre, thermomètre, hygromètre, récepteur de position permettant de mesurer la direction et force du vent). Elle est lâchée depuis un avion de reconnaissance météorologique et, lors de sa chute, elle récolte diverses informations sur le cyclone.

Les satellites constituent le meilleur moyen de suivi des cyclones, c'est pourquoi nous pensons que le traitement des données devient pertinent à partir de leur mise en fonctionnement effective et performante. Ce qui, d'après le site de Météo France, correspond aux années 1970.

En effet, depuis 1966, une surveillance globale de l'atmosphère est assurée par le système mondial d'Observation de la Veille Météorologique Mondiale.

B. Bilans sur l'analyse des données à notre disposition

1. **Analyse préliminaire et traitement des données de la NOAA**

Nous avons décidé de travailler sur la base de données HURCAT2, qui constitue une version "améliorée" et plus complète de la base HURCAT1.

Nous avons tout de même vérifié si les données entre les deux bases étaient les mêmes ; cette comparaison a été faite à partir du site Unisys qui reprend les données de HURCAT1, puis HURCAT2 depuis 2011.

La base de données couvre la totalité du bassin Atlantique Nord : les cyclones répertoriés n'ont pas nécessairement touché les côtes.

Le site Unisys présente pour chaque année, entre 1851 et 2014, une liste chronologique (dans l'année) des cyclones. Il donne, pour chacun d'eux, les caractéristiques suivantes : la période d'activité (date de début-date de fin), le maximum de la vitesse moyenne soutenue pendant 10 min par les vents, la pression minimale et la catégorie du cyclone.

Dans les explications données, la catégorie est déterminée selon l'échelle de Saffir-Simpson, le critère est la vitesse maximale soutenue par les vents pendant 10 min.

Nous avons réparti en deux catégories les différences que nous avons trouvées :

- Les différences dans le nombre de cyclones, tempêtes tropicales, dépressions tropicales :

En 2000, par rapport à la base de données d'Unisys, HURCAT2 compte une tempête subtropicale/extratropicale en plus, dont la vitesse maximale des vents est de 55 nœuds.

En 2003, par rapport à la base de données d'Unisys, HURCAT2 compte une tempête tropicale supplémentaire (Peter), dont la vitesse maximale des vents est 60 nœuds.

En 2004, une dépression tropicale (Tropical Depression TWO), dont la vitesse maximale des vents est de 30 nœuds, a été enlevée de la base d'Unisys, et ne figure pas dans HURCAT2.

En 2006, par rapport à la base de données d'Unisys, HURCAT2 compte une tempête tropicale en plus (Unnamed 13), dont la vitesse maximale des vents est 45 nœuds.

En 2011, par rapport à la base de données d'Unisys, HURCAT2 compte une tempête tropicale en plus (Unnamed 14), dont la vitesse maximale des vents est 40 nœuds.

En 2013, par rapport à la base de données d'Unisys, HURCAT2 compte une tempête tropicale en plus (Unnamed 16), dont la vitesse maximale des vents est 55 nœuds. Ce dernier exemple montre que, dans ce cas, le site Unisys a décidé (volontairement ou pas) de retirer la tempête tropicale.

Seules des modifications sur les tempêtes tropicales ou dépressions tropicales ont été faites. Le nombre de cyclones ne varie pas. De plus, leur nombre étant relativement réduit, nous ne considérerons pas que la mise à jour de la base de données HURCAT est un camouflage visant à rajouter des cyclones.

- Les différences liées à la vitesse des vents

En 2008, Unisys a mal recensé la vitesse maximale soutenue par les vents du cyclone OMAR qu'il fixe à 110 nœuds alors qu'elle est en réalité de 115 nœuds. Cette erreur n'est pas présente dans HURCAT1. Cela fait passer un cyclone de la catégorie 3 en 2008 à la catégorie 4 dans HURCAT2.

La base de données HURCAT2 se présente sous cette forme :

Sur le site de la NOAA nous pouvons télécharger un fichier texte recensant, pour chaque cyclone les champs suivants :

- Cyclone number for that year
- Name, if available, or else "UNNAMED"
- Number of best track entries – rows – to follow
- Year
- Month
- Day
- Hours
- Minutes
- Record identifier :
    - L – Landfall (center of system crossing a coastline)

    - W – Maximum sustained wind speed
    - P – Minimum in central pressure
    - I – An intensity peak in terms of both pressure and wind
    - C – Closest approach to a coast, not followed by a landfall
    - S – Change of status of the system
    - G – Genesis
- Status of system, options are :
    - TD – Tropical cyclone of tropical depression intensity (< 34 knots)
    - TS – Tropical cyclone of tropical storm intensity (34-63 knots)
    - HU – Tropical cyclone of hurricane intensity (> 64 knots)
    - EX – Extratropical cyclone (of any intensity)
    - SD – Subtropical cyclone of subtropical depression intensity (< 34 knots)
    - SS – Subtropical cyclone of subtropical storm intensity (> 34 knots)
    - LO – A low that is neither a tropical cyclone, a subtropical cyclone, nor an extra-tropical cyclone (of any intensity)
    - WV – Tropical Wave (of any intensity)
    - DB – Disturbance (of any intensity)
- Latitude
- Hemisphere
- Longitude
- Hemisphere
- Maximum sustained wind (in knots)
- Minimum Pressure (in millibars)
- Additional detail on the track (position) of the cyclone

2. **Traitement des données réalisé**

Nous n'avons pas recensé de donnée aberrante. Il existe des données manquantes ou non renseignées, notamment en ce qui concerne la pression.

Nous avons réalisé un traitement préliminaire des données afin d'analyser l'évolution du nombre de cyclones au cours des années. Nous n'avons pas pris en considération les données antérieures à 1970 (comme expliqué précédemment). Parmi les cyclones, nous comprenons également les dépressions tropicales (qui se forment à partir de 34 nœuds) et tempêtes tropicales (à partir de 63 nœuds).

Pour chaque cyclone nous extrayons l'information ci-dessous :

- Vitesse maximale enregistrée ;
- Pression minimale enregistrée ;
- Durée (nombre de jours).

Nous prenons en compte uniquement la vitesse maximale enregistrée. Nous identifions les cyclones appartenant aux catégories 4 et 5. D'après l'échelle de Saffir-Simpson, il s'agit des cyclones pour lesquels la vitesse maximale enregistrée est supérieure à 113 nœuds.

3. **Résultats**

Dans un premier temps, nous avons étudié l'évolution du nombre de cyclones dans le bassin Atlantique Nord depuis 1970 ; il comporte également les données concernant les cyclones qui n'ont pas atteint les côtes américaines. Les résultats montrent qu'il n'y a pas eu d'augmentation du nombre de cyclones depuis les années 1970.

Dans un deuxième temps, nous avons regardé s'il y avait une augmentation des cyclones de catégories 4 et 5. La réponse est positive :

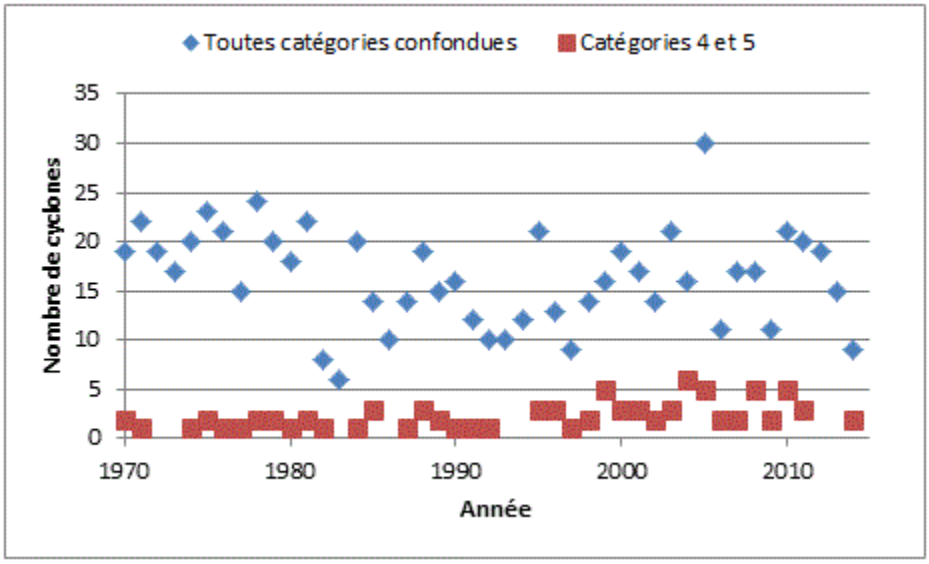


Figure 34 : Evolution du nombre de dépressions tropicales (en bleu) et des cyclones de catégories 4 et 5 (en rouge) depuis 1970.

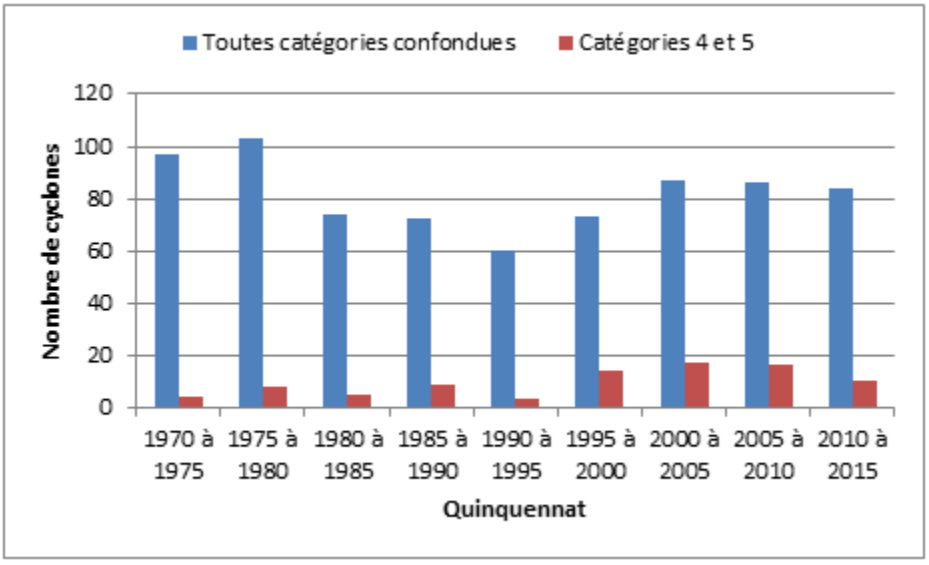


Figure 35 : Evolution du nombre de dépressions tropicales, tempêtes tropicales et cyclones (en bleu) et des cyclones de catégories 4 et 5 (en rouge) depuis 1970 regroupés par quinquennat.

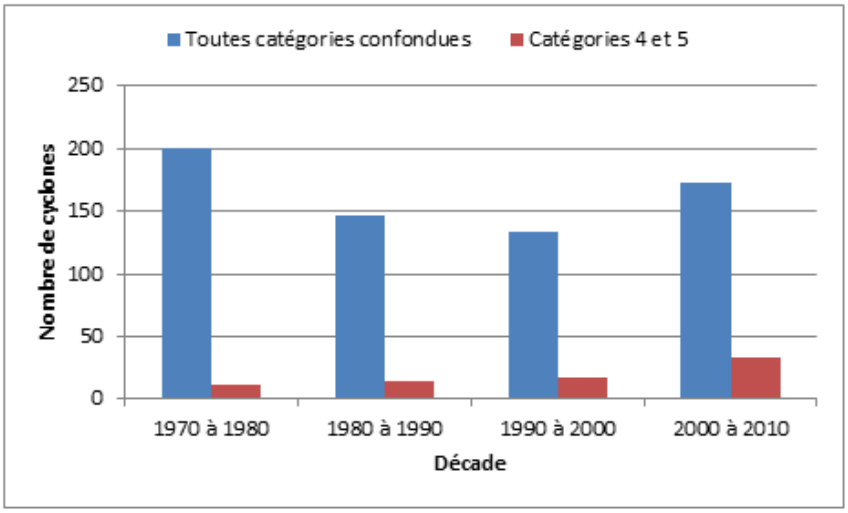


Figure 36 : Evolution du nombre de dépressions tropicales, tempêtes tropicales et cyclones (en bleu) et des cyclones de catégories 4 et 5 (en rouge) depuis 1970 regroupés par décade.

Sur ces données, nous constatons une augmentation du nombre de cyclones de forte intensité au détriment de ceux de plus faible intensité. Cependant, cette augmentation peut être due uniquement à l'amélioration des technologies de mesure, comme nous allons le voir.

C. Homogénéité des données

1. Homogénéité dans le temps

Nous disposons de témoignages remontant jusqu'en 1500 qui décrivent des cyclones. Mais ils ne permettent pas d'évaluer précisément l'amplitude des cyclones. De plus, ils ne sont bien évidemment pas exhaustifs.

Les bases de données de la NOAA remontent à 1851 et se basent les premières années sur des témoignages. Avant 1944, les observations de cyclones se faisaient seulement par bateau.

Depuis lors, des avions de reconnaissance ont vu le jour, la mise en place du système satellitaire et son amélioration permanente (technique de Dvorak en 1970 et infrarouges en 1980), ainsi que l'arrivée des radars Doppler ont largement permis d'améliorer les mesures.

C'est notamment la technique des satellites infrarouges, mise au point dans les années 1980, qui a permis une réelle avancée dans la précision de la mesure de la vitesse des vents. Cela pose problème pour la classification des cyclones en différentes catégories. En effet la norme utilisée est l'échelle de Saffir-Simpson et celle-ci se base sur le maximum de la vitesse soutenue en moyenne pendant dix minutes.

L'amélioration du système satellitaire, comme l'a expliqué Christophe Landsea dans la 22ème Annual Governor's Hurricane Conference résumée en [Governor's Hurricane Conference], nous permet aujourd'hui de détecter des cyclones de force 4 et 5, ce qui n'était pas possible avant. Ainsi l'augmentation du nombre de cyclones de catégories élevées peut être due à ces progrès techniques, voir [Landsea et Brown].

Dans un souci d'homogénéisation, des études, par J. P. Kossin et al, voir [Governor's Hurricane Conference], ont été faites en dégradant les données obtenues entre 1983 et 2005 pour s'aligner sur la qualité des anciennes données. Ceci a pour conséquence de diminuer le nombre de tempêtes les plus violentes. Cependant il est incorrect d'évaluer l'évolution de mesures ayant été corrigées de cette façon ; nous nous sommes donc limités à l'étude de ces phénomènes à partir de 1970.

C'est pourquoi, dans notre étude, nous accorderons plus de poids aux résultats obtenus sur l'évolution du nombre de cyclones depuis les années 1970 qu'à ceux concernant l'augmentation de leur intensité.

La manière d'analyser des données est variable, ce qui rend également difficile une homogénéisation des données. Nous pouvons citer l'exemple du cyclone Andrew (1992) qui est passé de la catégorie 4 à 5 dix ans après, dans la base de données de la NOAA.

Le NHC, connaissant la nécessité de l'homogénéisation des données, a lancé en 2009 le "Atlantic Hurricane Database Re-analysis Project", voir [NOAA_HRD] dont le but est d'étendre et de revoir la base de données HURCAT. Pour cela, ils remontent jusqu'en 1851, date à partir de laquelle ils disposent de données, et les revoient avec leurs connaissances et techniques actuelles.

La NOAA est tout à fait transparente, quant aux modifications dans la base de données et à leurs justifications ; celles-ci sont soigneusement répertoriées sur leur site.

2. **Homogénéité dans l'espace**

La qualité des données varie de manière significative entre deux bassins différents et même au sein du même bassin. La couverture satellite est loin d'être uniforme. Le bassin Atlantique Nord est bien surveillé et les données qui en découlent sont disponibles.

3. **Analyse critique**

Ici, nous avons pu obtenir les données brutes et faire notre propre travail d'analyse : il en résulte clairement, contrairement à ce qu'on lit partout, qu'il n'y a aucune augmentation du nombre des cyclones depuis 40 ans. Nous avons constaté une faible augmentation du nombre des cyclones dans les catégories 4 et 5 (les plus fortes), mais les nombres sont très faibles chaque année et ceci peut être dû tout simplement à des modifications dans la comptabilité.

Une tromperie souvent rencontrée est la suivante : on commence par s'intéresser aux cyclones qui touchent le continent américain (ce sont ceux qui concernent les populations et les assureurs) et on les dénombre. Puis, on modifie le périmètre, en considérant l'ensemble des cyclones de l'Atlantique Nord, y compris ceux qui se perdent en mer. Evidemment, le second ensemble comporte davantage d'éléments !

Comme dit plus haut, les travaux statistiques présentés ici concernent l'ensemble des cyclones de l'Atlantique Nord.

IV. L'élévation du niveau des mers

A. Introduction

L'homme s'intéresse tout naturellement au niveau de la mer et constate depuis longtemps qu'il semble s'élever, mais pas partout et pas uniformément. Plus précisément, le niveau de la mer, qui s'est élevé de 120 m en 18 000 années (source IFREMER), soit 6,6 mm par an, ne s'élève plus que de 1,2 mm par an (SHOM), depuis l'an 1 800 ; il n'y a aucune accélération récente, voir [Christy et Spencer].

Tous ces chiffres sont à prendre avec précaution, car les informations que nous avons sur le niveau des mers il y a 18 000 ans sont sujettes à caution. Ils ne concernent qu'un petit nombre d'observations côtières. On ne sait pas dire si le volume de l'Océan Pacifique était plus ou moins important qu'aujourd'hui, et on ne sait pas dire, aujourd'hui, comment il évolue (voir plus bas à propos de ce paradoxe).

Les instruments utilisés sont de deux sortes :

- Des marégraphes, qui existent depuis 200 ans ;
- Des satellites d'altimétrie, qui mesurent la hauteur du satellite au dessus de l'océan ; ils existent depuis 20 ans : Topex/Poséidon (1992), Jason 1 (2001), Jason 2 (2008).

Le niveau de l'eau varie naturellement :

- Du fait des marées (attraction de la lune) ;
- Du fait du vent et des tempêtes ;
- Du fait de courants marins.

Dans ces conditions, les estimations faites par les marégraphes et les satellites ne peuvent être que des valeurs moyennes, si possibles annuelles ou pluriannuelles, car certains phénomènes (tel "El Nino") modifient le niveau de la mer pendant une année ou davantage.

B. Les mesures

Tous les moyens de mesure montrent une élévation du niveau de la mer ; elle est évaluée à 1 mm par an pour les marégraphes, et à 3 mm par an pour les satellites. Les cartes montrent clairement que cette élévation n'est pas uniforme et qu'elle ne s'accélère pas.

Le lecteur devrait avoir bien présente à l'esprit cette difficulté : on cherche à mesurer des variations annuelles d'un ou deux mm, pour un phénomène qui varie journellement de plusieurs dizaines de cm.

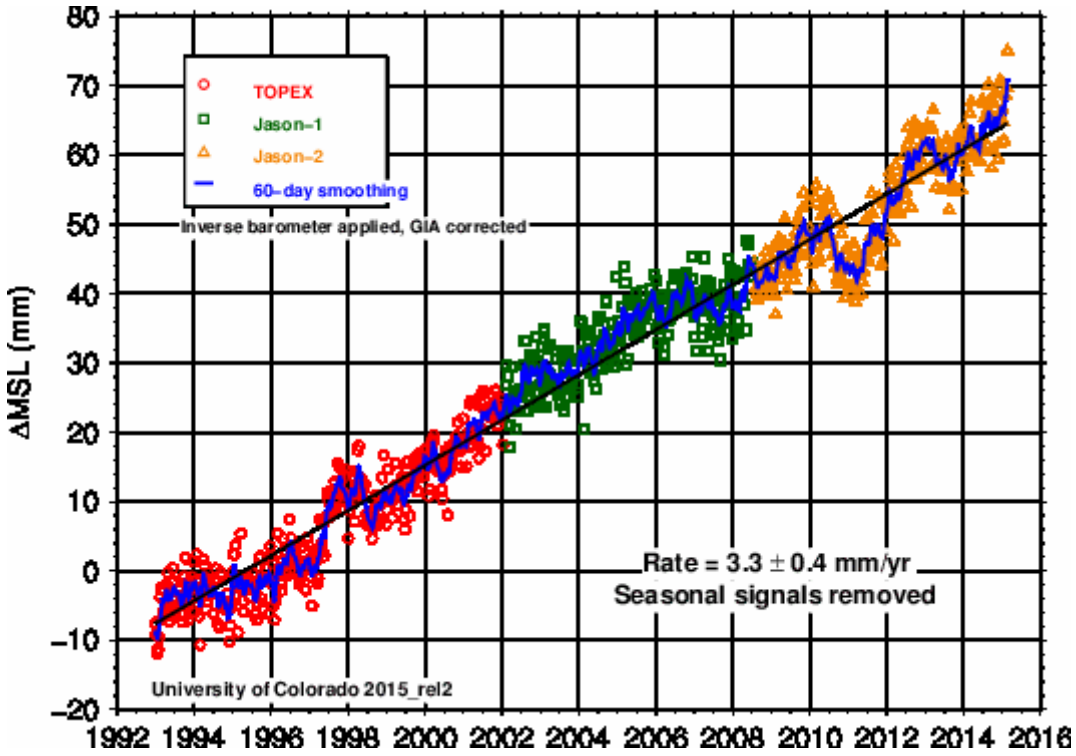


Figure 37 : Evolution du niveau de la mer en fonction du temps.

Voici le graphique général fourni par l'Université du Colorado**,** voir [UC1]. Des graphes analogues sont disponibles pour chaque océan séparément.

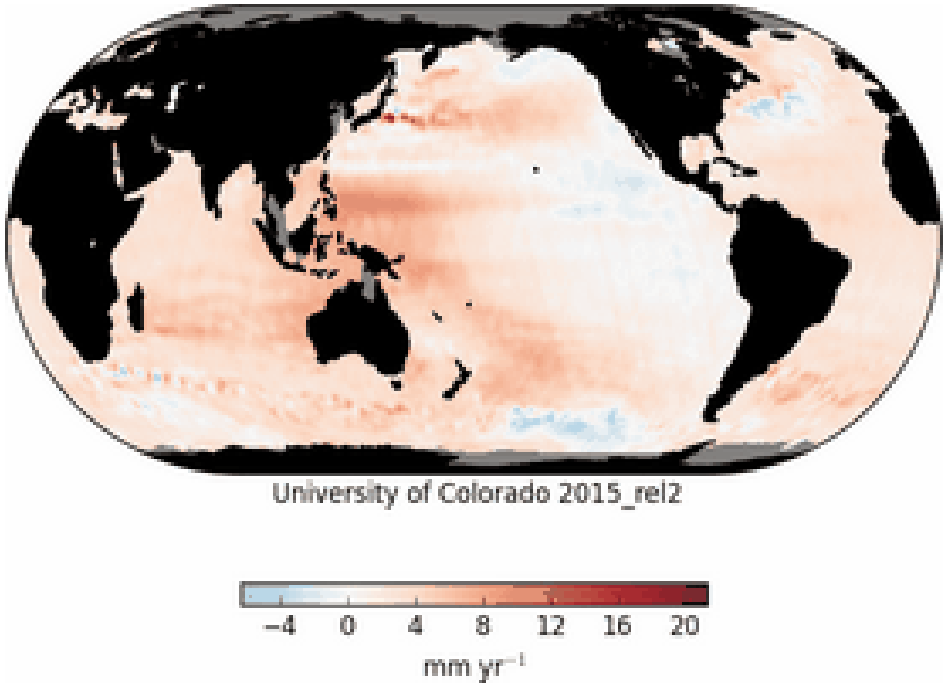


Figure 38 : Evolution par région du niveau de la mer

Sur la carte ci-dessus, voir [UC2], les régions sont coloriées différemment selon que le niveau des océans monte ou baisse (en rouge : monte ; en bleu : baisse).

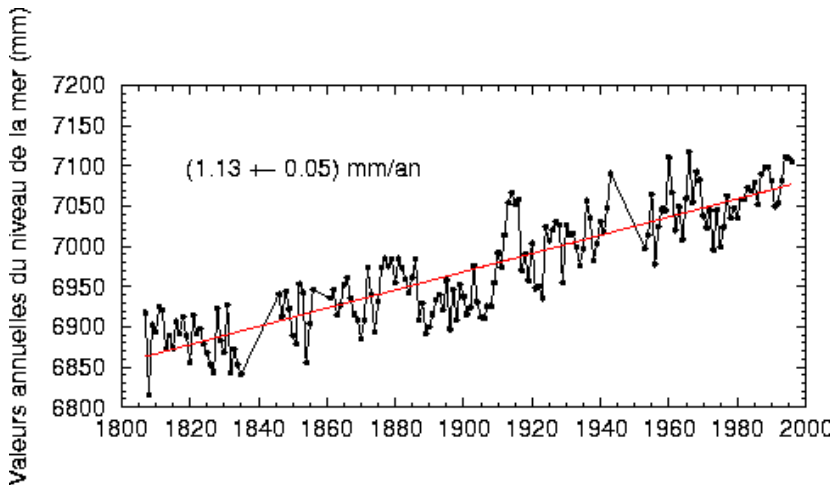


Figure 39 : Evolution du niveau de la mer en fonction du temps à Brest [Desnoës]

Voici les relevés du marégraphe de Brest, sur 200 ans (source SHOM, communication Yves Desnoës). Il est très intéressant de noter des pics (dix ou vingt ans) et des creux (jusqu'à cinquante ans) ; voir en Annexe des précisions complémentaires.

Mais une mesure n'est pas un fait, car :

- Les mesures peuvent être entachées d'erreur ;
- Elles peuvent ne pas couvrir complètement le phénomène, mais seulement certains aspects ou certaines zones.

Le désaccord entre marégraphes et satellites peut tenir au fait que les marégraphes ne voient pas toutes les mers du globe, mais les satellites (limités aux latitudes comprises entre 66° sud et 66° nord) sont tributaires des erreurs de positionnement de leurs balises au sol (leurs mesures ne sont pas indépendantes, contrairement à ce que croient les opérateurs).

Pour les satellites, la durée des observations est beaucoup trop courte pour que l'on puisse en déduire une tendance : il faudra des centaines d'années, compte-tenu de la variabilité des phénomènes.

C. Les tentatives d'explication

La plupart des gens se représentent la Terre comme un solide indéformable : une sorte de bloc de céramique où s'incrusteraient des cuvettes, qui sont les océans. Quand on dit aux gens que le niveau monte dans ces cuvettes, cela leur semble inquiétant ; comme l'eau ne peut pas venir d'ailleurs (des espaces interplanétaires), cela semble signifier que l'eau présente "gonfle", ou bien que les glaces, en fondant, viennent l'alimenter. Dans les deux cas, cela proviendrait d'un hypothétique "réchauffement global", que rien ne vient étayer (voir notre Note au SGDN [BB1], réactualisée en 2006), mais dont l'homme s'attribue volontiers la responsabilité.

Passons en revue ces explications :

1. **La dilatation thermique**

Elle consiste à dire que si la température augmente les océans vont se dilater. Sans doute, mais le réceptacle (la Terre) se dilate aussi. Prenons une boule et dessinons une cuvette dessus ; faisons chauffer le tout. Le résultat n'est pas clair : selon les coefficients de dilatation que l'on prend, le volume de la cuvette augmentera plus vite et le niveau va baisser.

2. **La fonte des glaces**

Tout d'abord, la fonte d'un iceberg (glace qui flotte dans l'eau) ne peut modifier le niveau des mers : "Il est facile de vérifier que la fonte d'un morceau de glace pure flottant sur de l'eau pure se produit sans changement de niveau de l'eau. Le volume de glace immergé correspond en effet au volume d'eau liquide nécessaire pour égaler le poids du glaçon." (Wikipedia, Poussée d'Archimède, § application au cas d'un iceberg). La fonte des glaces au Pôle Nord ne peut donc modifier le niveau des mers.

La fonte des glaces terrestres (Groenland, divers glaciers, Antarctique) pourrait assurément modifier le niveau des mers de plusieurs dizaines de cm ; les estimations à ce sujet sont très variables car on ne connaît pas réellement la masse de ces glaces (les estimations faites consistent bêtement à multiplier une surface par une hauteur moyenne présumée).

Cependant, de récentes études, publiées dans le cadre de la mission Cryosat montrent que la tendance s'inverse en Arctique. Voir [Cryosat].

En outre, un phénomène qui affecte le niveau de la mer est le courant chaud "El Nino" :

3. **El Nino**

En 1982-83, le niveau de la mer aux Îles Christmas dans le Pacifique central s'est élevé de près de 10 cm. En octobre, le niveau de la mer était anormalement élevé de près de 25 cm sur près de 6000 km à partir de l'Équateur. Alors qu'il s'élevait dans le Pacifique est, il s'affaissait simultanément dans le Pacifique ouest, exposant (et détruisant) les couches supérieures des fragiles récifs coralliens qui entourent de nombreuses îles. Les températures de surface aux Îles Galápagos et le long de la côte de l'Équateur étaient passées de 22°C à plus de 27°C ! (IFREMER)

Si on veut évaluer les variations sur de très longues périodes, il faut donc éliminer les effets dus à ce courant.

Les faits suivant sont bien établis :

- La Terre a connu une ère glaciaire il y a environ 20 000 ans (et, semble-t-il, beaucoup d'autres auparavant). Elle connaît depuis un lent réchauffement, sans que l'homme y soit pour quoi que ce soit. On ne connaît pas les raisons de ces changements. Il peut s'agir d'une variation de l'activité solaire. Les arguments s'appuyant sur un changement d'orbite terrestre sont faux (voir plus bas).
- La quantité de glaces aux pôles varie considérablement d'une année sur l'autre. Voici ce qu'écrivait Roger Vercel en 1938 dans "A l'assaut des pôles" (Lettre de la SCM n°24) :

"Justement, il se passe un extraordinaire phénomène : en même temps que l'empire français, les banquises côtières ont craqué, se sont brisées, ont disparu… Des icefields, en 1816 et 1817, dérivent jusque sous le 40ème parallèle, à la hauteur de Tolède et de Naples ! Des icebergs de 60 mètres de haut sont signalés partout dans l'Atlantique : ce sont les morceaux des falaises de glace qui étreignaient les terres polaires.

Et voici que William Scoresby, le plus renommé des capitaines baleiniers anglais, écrit à Sir Joseph Banks, un des compagnons de Cook, et lui-même explorateur boréal, que depuis deux ans, lui, Scoresby, ne trouve plus de glaces sur les côtes groendlandaises, entre le 74ème et le 75ème degré de latitude nord. Pareille occasion d'atteindre le pôle en longeant la côte du Groenland ne se représentera pas de sitôt !"

Inversement, en mars 2010, une cinquantaine de navires, dont des ferries transportant des milliers de passagers, ont dû être dégagés par des brise-glaces suédois, après être restés bloqués pendant plusieurs heures dans les glaces de la mer Baltique, au large de Stockholm, et donc très au sud du pôle, à une saison où normalement il n'y a plus de glaces ! (Lettre de la SCM n°50).

De manière générale, il y a de considérables variations climatiques locales, en l'espace de quelques centaines d'années. On cultivait la vigne aux alentours de Stockholm il y a deux mille ans et, lorsqu'il a été découvert (vers l'an 1000), le Groenland était vert. Voir [Garnier] pour une étude détaillée des 500 dernières années.

- Un réchauffement de quelques degrés n'affectera pas la fonte des glaces de l'Antarctique, où la température est inférieure à -40°C.

Nous résumerons ce paragraphe en disant que la variation de quantité de glace sur la planète est un phénomène bien admis (aussi certain que l'on peut l'être sur une telle question !). La variabilité immédiate du phénomène est si grande que des mesures sur quelques centaines d'années sont dépourvues de signification.

D. La Terre n'est pas un solide indéformable

1. **Déformations du globe terrestre**

La vision du globe terrestre comme un "bloc de céramique" est totalement erronée. L'écorce terrestre n'est pas du tout un solide indéformable ; au contraire elle est molle. Ceci est illustré par les deux faits suivants, qui sont totalement établis :

- Déformation instantanée : elle est soumise à l'attraction de la lune, qui la déforme à chaque passage ; l'amplitude verticale de ce phénomène (appelé "marée terrestre") est de l'ordre de 40 à 80 cm. Voir [Métivier].

- Déformation à long terme : la tectonique des plaques montre aussi que la croûte n'est pas indéformable : de vastes plaques, de 10 à 100 km d'épaisseur, se déplacent à la surface du manteau terrestre, qui est constitué de roches en fusion. Ces plaques se heurtent les unes aux autres et peuvent se soulever. Le niveau n'est donc pas constant. Le déplacement vertical peut être de quelques mm par an.

2. La gravitation universelle

La vision que s'en font les gens est simple : plus un corps est lourd, et plus il s'enfonce. Cette vision est erronée : la gravitation représente l'attraction de DEUX masses entre elles. Si l'une d'elles diminue, l'effet sur l'autre se fera sentir.

Prenons un exemple pour illustrer ceci : supposons une montagne sous-marine, située à 3 000 ou 4 000 m au dessous de la surface. La plupart des gens vont dire que le niveau de l'eau au dessus de la montagne est le même que partout ailleurs : plan, ou plutôt sphérique. Mais c'est faux : par sa masse, la montagne crée une "anomalie gravitationnelle" ; il y a une "bosse", que l'on sait déceler avec des appareils suffisamment sensibles. Ce fait, scientifiquement bien établi, n'est absolument pas compris du grand public.

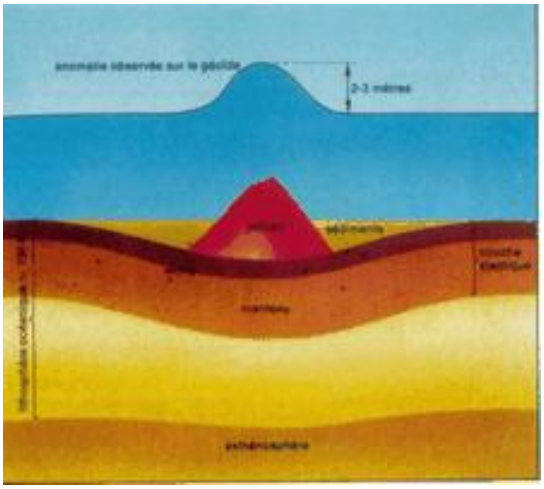


Figure 40 : Schéma représentant l'anomalie gravitationnelle créée par une montagne sous-marine [Desnoës].

Illustration extraite de la conférence faite par Yves Desnoës (ancien directeur général du SHOM), séminaire de la SCM, 2005. Voir [Desnoës]. Dans cette illustration, la "bosse d'eau" fait deux à trois mètres de hauteur.

3. La poussée d'Archimède

Le phénomène de gravitation permet pourtant de bien comprendre l'élévation du niveau de la mer, qui résulte simplement de la poussée d'Archimède. Là où les masses sont importantes (les terres), le niveau s'enfoncera et là où les masses sont plus faibles (les mers), le niveau s'élèvera.

Voici la figure originale d'Archimède, dans son traité "Des corps flottants" [Archimède]. Nous avons un arc de cercle ABC, qui est le niveau moyen de la terre. Sur la portion AB, nous avons un océan, et le niveau réel est A_1B et sur la portion BC nous avons des montagnes et le niveau réel est BC_1. Si l'ensemble est constitué d'un fluide (en l'occurrence, nous dirions "visqueux"), la portion BC_1 aura tendance à s'enfoncer et la portion A_1B à s'élever ; Archimède le démontre en considérant un arc interne XYZ : à l'équilibre, les pressions sur les deux arcs XY et YZ doivent être les mêmes.

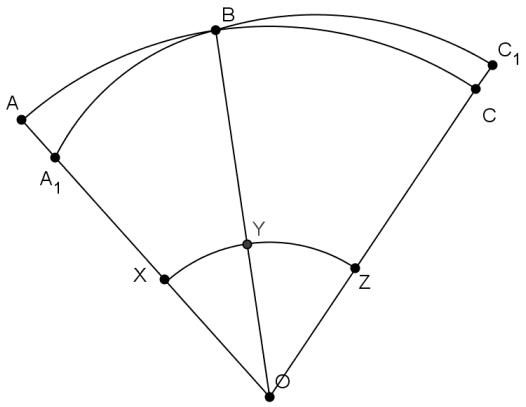


Figure 41 : Arcs d'Archimède

Le retour à l'équilibre se fera donc par enfoncement de la portion BC_1 et élévation de la portion A_1B.

4. **Variations de température interne du globe**

La variation de température au sein du globe terrestre est un mystère (nous parlons ici de l'intérieur, non de l'atmosphère). Le bon sens élémentaire voudrait que, en 5 milliards d'années, il ait eu tout son temps pour refroidir. Certes, la croûte terrestre est un bon isolant ; il devrait être possible de faire des calculs sur le temps de refroidissement nécessaire, en faisant des hypothèses de température et de conductibilité thermique ; un calcul approximatif est donné au Chapitre 1, Seconde Partie, plus bas. Certains auteurs supposent aussi que le noyau est le siège de réactions nucléaires, qui viendraient aider au maintien de la température centrale. Que ces réactions existent n'est pas douteux, mais on ne sait pas évaluer leur influence quantitative. Nous reviendrons sur ce sujet plus en détail dans la Seconde Partie.

Si le globe terrestre a tendance à se refroidir, en se refroidissant il se contracte, et cette contraction affectera davantage les régions lourdes que les régions légères ; cela accentue le phénomène précédent.

Beaucoup d'auteurs mentionnent aussi un "rebond post-glaciaire" : du fait du réchauffement consécutif à la période glaciaire, des glaces ont fondu et le niveau de la mer a monté. Les glaces ayant fondu, leur pression sur les roches a disparu, et celles-ci ont eu tendance à s'élever : c'est un phénomène d'élasticité. Celui-ci aurait affecté principalement les zones situées aux latitudes nord.

Cette théorie repose presqu'entièrement sur des modèles, qui sont très discutables. A priori, la fonte des glaces doit concerner l'ensemble des zones qui sont passées d'une température inférieure à 0°C à une température supérieure. Une sphère a deux hémisphères, et on ne voit pas pourquoi un tel phénomène concernerait plutôt l'un des deux.

5. **L'abrasion des terres par les fleuves**

Les fleuves coulent depuis quelques milliards d'années, et ils emportent de la terre et des fragments rocheux, depuis les zones terrestres vers le fond des océans. A la différence du cycle de l'eau, le phénomène n'est pas réversible. Il se traduit par une diminution du volume des

terres émergées et par un dépôt au fond des océans. Les quantités en jeu sont considérables, mais nous n'avons vu nulle part ce phénomène pris en compte.

6. **Une remarque méthodologique**

Nous n'avons vu aucun modèle qui fasse "communiquer" l'intérieur du globe terrestre avec sa surface (hormis les poussières générées par les volcans). Certes, l'action du soleil est prépondérante, mais il est difficilement imaginable que le magma en fusion dont la Terre est constituée ne puisse avoir une influence sur la température de surface. Nous y revenons dans la Seconde Partie.

E. Méfiance !

Le sujet ayant acquis une dimension politique majeure, toutes sortes d'annonces sont faites, absolument par n'importe qui. Il faut donc se montrer particulièrement méfiant quant aux informations que l'on retient :

1. **Les modèles**

Il faut éliminer toute conclusion fondée sur quelque modèle que ce soit. La SCM étant spécialisée dans l'élaboration de modèles mathématiques, on voudra bien accepter notre compétence à les critiquer. Les modèles sont utiles pour essayer de faire le point sur les connaissances, mais ils ne devraient être utilisés comme support d'aide à la décision que lorsqu'ils sont validés. Or un modèle climatique requiert des milliers d'années pour sa validation.

2. **Les mesures**

Il faut être extrêmement circonspect quant aux conclusions que l'on en tire. Il peut y avoir des erreurs de mesure, mais la question principale n'est pas là : dans la plupart des cas, les mesures sont en nombre infiniment trop faible pour rendre compte du phénomène concerné. Elles sont beaucoup trop récentes (trente ans, quelquefois 200 dans le cas des marégraphes) pour rendre compte de phénomènes comme les glaciations.

3. **La malhonnêteté**

Le niveau de malhonnêteté s'élève beaucoup plus vite que celui de la mer ; elle a proprement envahi la littérature scientifique, où bon nombre d'auteurs s'efforcent de faire des modèles montrant quelque chose d'inquiétant ; la presse élimine tous les autres et colporte ceux-là à l'envi.

Voici un extrait de la Lettre de la SCM n°18, juin 2002 :

Fin mars, M. Jean François Minster, PDG de l'IFREMER est passé au "Journal de 20 h" de TF1. Il a parlé de la brisure d'un glacier dans l'Antarctique, annoncée comme un événement exceptionnel. Il a présenté ceci comme la preuve d'un réchauffement climatique mondial, et a évoqué une élévation "de plusieurs dizaines de cm" du niveau des mers. Ces informations, avec une telle présentation, sont fallacieuses :

– La rupture d'un glacier, dans l'Antarctique, à cette époque de l'année est une chose normale ;

– Il n'y a aucune raison de penser que, globalement, les glaciers de l'Antarctique soient en recul.

Il est amusant de constater que le site de l'IFREMER, en 2015, ne fait plus aucune allusion à l'élévation du niveau de la mer.

Les nouvelles alarmistes sont démenties par les faits :
Voici ce qu'on pouvait lire sous la plume de Pierre Barthélémy, dans un article du *Monde* (18 décembre 2005) titré "Bientôt des milliers de réfugiés chassés par l'océan"

"Le réchauffement climatique va entraîner une hausse du niveau de la mer de 5 mm par an au XXIe siècle, soit trois fois plus qu'au siècle précédent. Les zones les plus menacées sont les îles du Pacifique, le Bangladesh et les grands deltas. Au mois d'août, la centaine d'habitants de Lateu, dans l'archipel de Vanuatu, en Océanie, sont entrés bien involontairement dans l'histoire. Leur village, situé au bord du Pacifique sur l'îlot de Tégua, est le premier au monde à avoir été déplacé en raison du réchauffement climatique et de la montée des océans. Les racines des cocotiers baignaient dans l'eau, les cyclones et les grandes marées s'enchaînaient à une cadence inouïe, la modeste barrière de corail de 1 mètre, dernière ligne de défense contre les flots, s'était érodée, les moustiques porteurs de diverses maladies prospéraient en raison des points d'eau stagnante… Il a donc fallu partir à quelques centaines de mètres à l'intérieur de l'île. Lateu fait aujourd'hui figure de symbole."

Mais le niveau des mers n'a pas connu d'augmentation significative dans cette région depuis 25 ans, comme le montrent les relevés des marégraphes installés dans ces îles et les observations réalisées par les satellites, voir [Muller].

Bien au contraire :

A NUMBER of Pacific islands previously thought to be losing ground to rising sea levels caused by climate change have actually grown larger, according to scientists. A study published in this week's *New Scientist* magazine has revealed that despite long-held fears that islands in the Pacific Ocean would be washed away in coming decades due to rising sea levels from global warming, the islands are actually responding to the threat by growing larger. The study of 27 islands by the University of Auckland and the South Pacific Applied Geoscience Commission in Fiji found that over the last 60 years only four of the islands had shrunk, with the others either remaining stable or growing. [DailyTelegraph]

4. **Analyse critique**

L'élévation du niveau de la mer est le thème de base des journalistes, pour appuyer la doctrine du réchauffement climatique. Ils disent : "voyez, la mer monte, et donc nous sommes en danger".

Il est tout à fait exact que le niveau des mers s'élève mais, pour l'essentiel, ce phénomène est dû au refroidissement du noyau du globe terrestre, progressif en 5 milliards d'années. Du fait de cette contraction, les zones légères (les océans) tendent à s'élever par rapport aux zones lourdes (les montagnes) : c'est une simple conséquence de la poussée d'Archimède et l'homme n'y est pour rien.

Annexe

Le niveau de la mer à Brest

Cette question n'a pas d'intérêt pour l'étude du niveau moyen des océans (ce qui nous occupe ici), mais elle en a pour montrer l'extrême variabilité, même sur de longues périodes, et les difficultés de mesure.

Voici les données annuelles depuis 1807 (source SHOM, communiquées par Yves Desnoës) :

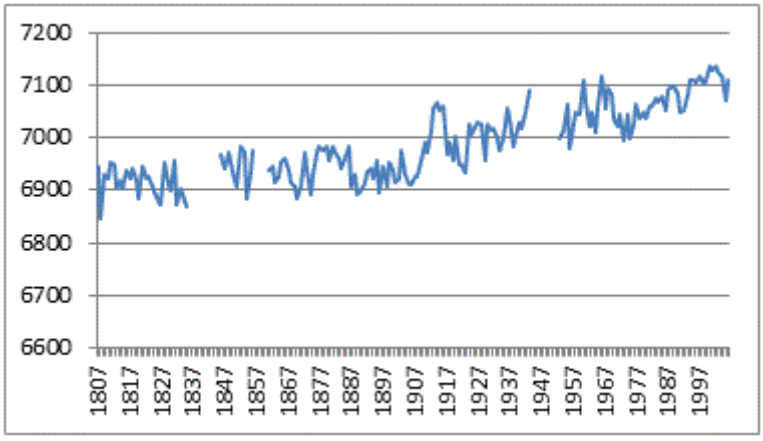


Figure 42 : Relevés du niveau de l'océan à Brest depuis 1807 (SHOM)

La très grande variabilité de la moyenne annuelle, d'une année sur l'autre, est vraisemblablement liée à la variabilité du climat. Lorsque la pression atmosphérique baisse, le niveau de la mer s'élève (la pression de la colonne d'air est plus faible).

Voici les moyennes sur des périodes de dix années consécutives :

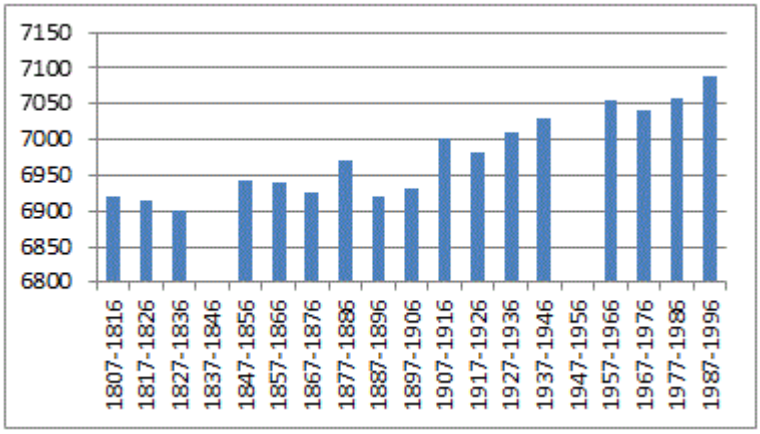


Figure 43 : Niveau de l'océan à Brest moyenné par décade

On trouve ainsi des périodes de 30 ans pendant lesquelles le niveau moyen baisse. L'extrême variabilité du graphique ci-dessus montre qu'il n'est pas possible de faire une prévision fiable sur dix ans : dans les dix années qui viennent, le niveau peut aussi bien monter que baisser.

V. Bibliographie

A. *Les températures*

[Civiate et Mandel] Meteo France, La mesure de la température, 2008.
Disponible sur : <http://files.meteofrance.com/files/education/temperature.pdf>

[CNRS] CNRS, communiqué de presse du 4 avril 2012, 2012
Disponible sur : <http://www2.cnrs.fr/presse/communique/2553.htm>

[InfoClimat] Info Climat, moteur de recherche de climatologie journalière
Disponible sur : <http://archives-meteo.fr/>

[MeteoFrance] Meteo France, Réseau des stations françaises, 2015
Disponible sur :
<http://climatheque.meteo.fr/aide/climatheque/reseauPostes/pdf/reseau_france.pdf>

[NOAA et Nature] Le Figaro, carte de la répartition des stations dans le monde, source NOAA et Nature 2010.
Disponible sur : <http://www.lefigaro.fr/sciences-technologies/2010/05/13/01030-20100513ARTFIG00592-les-mesures-de-temperatures-un-enjeu-crucial.php>

[SurfaceStations] Surface Stations, répartition et erreurs des stations américaines, 2012
Disponible sur : <http://www.surfacestations.org/>

[NCDC] NCDC, Global Surface Temperature Anomalies, Frequently Asked Questions,
Disponible sur : <https://www.ncdc.noaa.gov/monitoring-references/faq/anomalies.php>

[Hansen1] Hansen, J., R. Ruedy, J. Glascoe, and M. Sato, 1999 : GISS analysis of surface temperature change. J. Geophys. Res., 104, 30997-31022, doi:10.1029/1999JD900835.
Disponible sur : <http://pubs.giss.nasa.gov/abs/ha03200f.html>

[Hansen2] Hansen, J.E., R. Ruedy, M. Sato, M. Imhoff, W. Lawrence, D. Easterling, T. Peterson, and T. Karl, 2001 : A closer look at United States and global surface temperature change. J. Geophys. Res., 106, 23947-23963, doi:10.1029/2001JD000354.
Disponible sur : <http://pubs.giss.nasa.gov/abs/ha02300a.html>

[EPA] EPA, High and Low Temperatures, U.S. Annual Heat Wave Index 1895-2013, 2013.
Disponible sur : <http://www.epa.gov/climatechange/science/indicators/weather-climate/high-low-temps.html>

[NASA] NASA, Annual Mean Temperature Change in the United States, 2014.
Disponible sur : <http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs_v3/>

[Ceremovi] Ceremovi.org.
Disponible sur : <http://www.ceremovi.org/forum/4-effondrement/60-temperature-moyenne-a-la-surface-de-la-terre> [consulté le 16/06/2015]

[Jyboo] Culture générale.
Disponible sur : <http://www.culture-generale.fr/divers/3557-la-temperature-est-une-grandeur-intensive> [consulté le 16/06/2015]

[Jannot] Ecole des Mines Nancy, Transferts Thermiques.
Disponible sur : <http://www.thermique55.com/principal/thermique.pdf> [consulté le 17/06/2015]

[Hannart] Le climat en question.
Disponible sur : <http://www.climat-en-questions.fr/reponse/evolution-actuelle/temperature-globale-par-alexis-hannart> [consulté le 16/06/2015]

[Thermodynamique] Température.
Disponible sur : <http://www.thermodynamique.com/spip.php?article2> [consulté le 16/06/2015]

[Schwartzentruber] Thermodynamique.
Disponible sur : <http://nte.mines-albi.fr/Thermo/co/uc_TetP.html> [consulté le 16/06/2015]

B. *Le CO_2*

[Beck] 180 Years of atmospheric CO_2 gas analysis by chemical methods.
Disponible sur :
<http://www.friendsofscience.org/assets/files/documents/CO2%20Gas%20Analysis-Ernst-Georg%20Beck.pdf> [consulté le 07/05/2015]

[Delmas] Delmas RJ (1993) A natural artefact in Greenland ice-core CO_2 measurements. Tellus 45B:391-396

[DonnéesVostok] Données brutes de Vostok
Disponible sur : <http://cdiac.ornl.gov/ftp/trends/co2/vostok.icecore.co2> [consulté le 07/05/2015]
Références associées :
Barnola, J.-M., Raynaud, D., Korotkevich, Y. S. and Lorius, C. : Vostok ice core provides 160,000-years record of atmospheric CO_2, Nature, 329, 408–414, 1987.

[DonnéesDomeC] Données brutes du Dome C :
Disponible sur :
<ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/paleo/icecore/antarctica/epica_domec/edc-co2-2008.txt> [consulté le 07/05/2015]

[DonnéesLawDome] Données brutes du Law Dome :
Disponible sur : <ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/paleo/icecore/antarctica/law/law_co2.txt> [consulté le 07/05/2015]

MacFarling Meure, C., D. Etheridge, C. Trudinger, P. Steele, R. Langenfelds, T. van Ommen, A. Smith, and J. Elkins. 2006. The Law Dome CO_2, CH_4 and N_2O Ice Core Records Extended to 2000 years BP. Geophysical Research Letters, Vol. 33, No. 14, L14810 10.1029/2006GL026152.

[Beerling] D. J. Beerling, H. H. Birks, F. I. Woodward, J. Quat. Sci. 10, 379 (1995))

[Fischer] Fischer, H., M. Wahlen, J. Smith, D. Mastroianni, and B. Deck, 1999, Ice core records of Atmospheric CO_2 around the last three glacial terminations, Science 283, 1712-1714.

[Wagner] Friederike Wagner, Bent Aaby, Henk Visscher, Rapid atmospheric CO_2 changes associated with the 8,200-years-B.P. cooling event, 2002 Proceedings of the National Academy of Sciences PNAS, volume 99, issue 19, pp. 12011 - 12014

[IndermuÈhle] Holocene carbon-cycle dynamics based on CO_2 trapped in ice at Taylor Dome, Antarctica A. IndermuÈhle*, T. F. Stocker*, F. Joos*, H. Fischer², H. J. Smith², M. Wahlen², B. Deck², D. Mastroianni², J. Tschumi*, T. Blunier*, R. Meyer* & B. Stauffer* * Climate and Environmental Physics, Physics Institute, University of Bern, Sidlerstrasse 5, CH-3012 Bern, Switzerland

[BritishAntarticSurvey] Ice cores and climate changes.

Disponible sur :
<http://www.antarctica.ac.uk/bas_research/science_briefings/icecorebriefing.php>

[Lüthi] Lüthi, D., M. Le Floch, B. Bereiter, T. Blunier, J.-M. Barnola, U. Siegenthaler, D. Raynaud, J. Jouzel, H. Fischer, K. Kawamura, and T.F. Stocker. 2008. High-resolution carbon dioxide concentration record 650,000-800,000 years before present. Nature, Vol. 453, pp. 379-382, 15 May 2008.

[Boden] NOAA, Basics of the Carbon Cycle and the Greenhouse Effect, Boden, T.A., G. Marland, and R.J. Andres. 2009.
Disponible sur : <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/basics.html> [consulté le 18/05/2015]

[NOAA_Data Finder] NOAA, ESRL/GMD FTP Data Finder.
Disponible sur :
<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/dv/data/index.php?category=Greenhouse%2BGases&parameter_name=Carbon%2BDioxide> [consulté le 18/05/2015]

[Tans et Thoning] NOAA, How we measure background CO_2 levels on Mauna Loa.
Disponible sur : <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/about/co2_measurements.html> [consulté le 18/05/2015]

[ESRL] NOAA, Measuring & Analyzing Greenhouse Gases: Behind the Scenes.
Disponible sur : <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/behind_the_scenes/index.html> [consulté le 18/05/2015]

[Tans] NOAA, Trends in Atmospheric Carbon Dioxide.
Disponible sur : <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/> [consulté le 18/05/2015]

[Eschenbach] WUWT, Whats up with that.
Disponible sur : <http://wattsupwiththat.com/2010/06/04/under-the-volcano-over-the-volcano/> [consulté le 18/05/2015]

[Fisher] Ice Core Records of Atmospheric CO_2 Around the Last Three Glacial Terminations. Science.12 March 1999.
Disponible sur :< http://core.ac.uk/download/pdf/11744931.pdf> [consulté le 12/08/2015]

[Parrenin] The EDC3 chronology for the Epica Dome C ice core.2007.
Disponible sur :< http://core.ac.uk/download/pdf/11744931.pdf> [consulté le 12/08/20515]

C. *Les cyclones*

[Cyclones_NOAA] Données brutes de la NOAA
Disponible sur : <http://www.nhc.noaa.gov/data/#hurdat> [consulté le 22/04/2015]

[Cyclones_Unisys] Données du site Unisys
Disponible sur : <http://weather.unisys.com/> [consulté le 06/05/2015]

[Lubchenco] NOAA scientific integrity, Dr. Jane Lubchenco, NOAA Administrator 2011
Disponible sur : <http://www.noaa.gov/scientificintegrity/index.html> [consulté le 23/04/2015]

[Zucchi] Cyclones, instruments de surveillance
Disponible sur : <http://www.cyclonextreme.com> [consulté le 22/04/2015]

[MeteoFrance1] Meteo France, Les moyens d'observation.
Disponible sur : <http://www.meteofrance.fr/prevoir-le-temps/observer-le-temps/moyens/les-satellites-meteorologiques> [consulté le 27/04/2015]

[Eduscol] La dynamique des masses atmosphériques. Les satellites météorologiques.
Disponible sur : <http://eduscol.education.fr/obter/appliped/circula/theme/atmos12.htm> [consulté le 27/04/2015]

[Wiki1] Wikipédia, Satellites météorologique.
Disponible sur : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Satellite_m%C3%A9t%C3%A9orologique> [consulté le 27/04/2015]

[NDRS] National Doppler Radar Sites
Disponible sur : <http://radar.weather.gov/>, [consulté le 27/04/2015]

[Radartutorial] Radars météorologiques de surface
Disponible sur : <http://www.radartutorial.eu/15.weather/wx10.fr.html> [consulté le 22/04/2015]

[Landsea et Brown] Hurricane Science, Octobre 2005
Disponible sur : <http://www.pbs.org/newshour/bb/weather-july-dec05-science_10-18/> [consulté le 29/04/2015]

[Duran] Ouragans, Inondations, Sécheresses etc. : Les calamités, Jacques Duran, Juin 2011
Disponible sur : <http://www.pensee-unique.fr/calamites.html> [consulté le 29/04/2015]

[Governor's Hurricane Conference] 22nd Annual Governors Hurricane Conference Ft. Lauderdale, May 12-16, 2008. [consulté le 28/04/2015]

[NOAA_HRD] Atlantic Hurricane Database Re-analysis Project
Disponible sur : <http://www.aoml.noaa.gov/hrd/data_sub/re_anal.html> [consulté le 28/04/2015]

D. *L'élévation du niveau des mers*

[Archimède] Archimède : Oeuvres, Tome III
Des corps flottants. - Stomachion. - La Méthode. - Le livre des lemmes. - Le Problème des bœufs, Editions Les Belles Lettres, 2002.

[BB1] BB1_Bernard Beauzamy : Le réchauffement climatique : mystifications et falsifications. Note au Secrétariat Général de la Défense Nationale, février 2006.
Disponible sur :<http://scmsa.eu/archives/BB_2006_rechauffement.pdf > [consulté le 06/08/2015]

[BB2] BB2_Bernard Beauzamy : La dixième croisade : le CO_2.
Disponible sur : <http://scmsa.eu/archives/BB_2008_CO2_et_croisades.pdf> [consulté le 06/08/2015]

[Christy et Spencer] Dr. John Christy & Dr. Roy Spencer, *Global temperature report,* 1978-2003.
Disponible sur : <http://www.scmsa.com/articles/global_report.pdf > [consulté le 06/08/2015]

[Desnoës] IGA Yves Desnoës, ancien directeur du SHOM : conférence faite lors du colloque organisé par la SCM, 2005; disponible sur www.scmsa.eu.

[Garnier] Emmanuel Garnier : Les dérangements du temps, 500 ans de chaud et de froid en Europe, Plon 2010.

[GLOSS] GLOSS_Global Sea Level Observing System.
Disponible sur : <http://www.gloss-sealevel.org/> [consulté le 06/08/2015]

[Métivier] Laurent Métivier (laboratoire Lareg de l'IGN) Les marées terrestres, la dynamique du manteau et la sismicité. Géomatique Expert - N° 67 - Février-Mars 2009
Disponible sur :< http://www.geomag.fr/rev/pdf/67_95.pdf > [consulté le 06/08/2015]

[Cryosat] Cryosat_Evidence Of Thicker Spring Sea in Arctic.
Disponible sur : <http://www.reportingclimatescience.com/news-stories/article/evidence-of-thicker-spring-sea-ice-in-arctic.html> [consulté le 06/08/2015]

[UC1] Global Mean Sea Level Time Series (seasonal signal removed). University of Colorado.
Disponible sur :< http://sealevel.colorado.edu/> [consulté le 12/08/2015]

[UC2] Map of Sea Level Trends_2015
Disponible sur :<http://sealevel.colorado.edu/content/map-sea-level-trends> [consulté le 12/08/2015]

[IFREMER] Le phénomène El Nino/ Southern Oscillation.
Disponible sur :< http://www.ifremer.fr/lpo/cours/elnino/index.html> [consulté le 12/08/2015]

[Muller] L'exode de Lateu (île Tegua) : anatomie d'une intox.
Disponible sur :< http://climat-sceptique.over-blog.com/article-2373562.html> [consulté le 12/08/2015]

[Daily Telegraph] Climate Change 'increases island side'. The Daily Telegraph. 03/06/2010.
Disponible sur :< http://m.dailytelegraph.com.au/travel/news/climate-change-increases-island-size-scientists-say/story-e6frezi0-1225874903902> [consulté le 13/08/2015]

Chapitre 2

La Croisade est coûteuse

Nous venons de voir que la croisade contre un hypothétique "réchauffement climatique" était absurde : ce réchauffement n'existe pas. Mais cette croisade a un coût, qui est bien réel. L'initiative est bien sûr européenne.

I. Le Programme européen "Paquet Énergie-Climat"

A. Présentation et coûts du PEC

En 1972, la Communauté européenne a adopté son premier programme d'action pour l'environnement. C'est en 1997, dans le cadre du protocole de Kyoto, qu'elle s'est engagée à réduire ses émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) entre 2008 et 2012. Arrivé à échéance en 2012, le Protocole de Kyoto a finalement été prolongé jusqu'en 2020 lors de la conférence de Doha qui engage pour 8 ans (du 1er janvier 2013 au 31 décembre 2020) l'Union européenne (UE), l'Australie, la Norvège, la Suisse, l'Ukraine, la Biélorussie, le Kazakhstan, le Liechtenstein et Monaco.

C'est dans ce contexte que le Paquet Énergie-Climat (PEC) a vu le jour. C'est un ensemble de textes adopté en 2009, puis révisé en 2014, suite aux négociations entre les pays membres de l'Europe [Cdc2]. Il regroupe des éléments de la politique européenne sur la lutte contre le réchauffement climatique. Le Paquet énergie-climat vise trois objectifs, appelés les "trois fois vingt", à atteindre d'ici 2020 :

- Réduire de 20 % les émissions de GES par rapport à 1990 ;
- Développer les Énergies Renouvelables (EnR) au niveau de 20 % de la consommation d'énergie totale ;
- Augmenter l'efficacité énergétique de 20 %. L'efficacité énergétique, appelée également énergie intelligente, consiste à optimiser les consommations en passant par la recherche de la moindre intensité d'énergie. Pour un système donné, on cherche à trouver son état de fonctionnement pour lequel la consommation d'énergie est minimisée à service rendu identique. L'efficacité énergétique concerne le domaine du transport motorisé ou encore les métiers du bâtiment (construction, rénovation, etc.).

D'après la Cour des comptes, environ 37 Md€ d'investissements énergétiques sont effectués chaque année par l'État français, soutenus par près de 20 Md€ de crédits publics ou liés : tarifs spécifiques, Contribution aux charges de Service Public de l'Électricité (la taxe CSPE, elle sert notamment à financer les politiques de soutien aux EnR), prêt bonifiés, etc., dont 3,6 Md€ de crédits budgétaires d'État.

Dans son chapitre consacré aux coûts publics de la mise en œuvre du PEC, la Cour des comptes [Cdc2] a détaillé les estimations des coûts sectoriels du PEC en s'appuyant sur les données provenant de la Direction de l'Habitat, de l'Urbanisme et des Paysages (DHUP). Nous les avons récapitulés dans le tableau ci-dessous :

Secteur	(Dispositif)	Coûts (M€)	Commentaires	TOTAL (M€)
Logement tertiaire	Fonds chaleur	628	Engagements 2009-2011 ; 1,4 Md€ supplémentaires seraient nécessaires d'ici 2020	4 776,0
	Crédit d'Impôt Développement Durable (CIDD)	1 780,0	2012 (1,13 Md€) ; 2013 (650 M€)	
	Éco-PTZ (Prêt à Taux Zéro)	571,0	2009 (192 M€) ; 2010 (189 M€) ; 2011 (109 M€) ; 2012 (81 M€)	
	Éco-PLS (Prêt Logement Social)	127,0	2009-2011 (115 M€) ; 2012 (12 M€)	
	Programme "Habiter Mieux"	1 350,0	Dont 500 M€ État	
	Travaux de réhabilitation énergétique	320,0	2009-2013 : Métropole (230 M€) ; DOM (90M€)	
Transports	Exonération partielle de TICE	3 400,0	2005-2013	4 850,0
	Déficit cumulé bonus-malus pris en charge par l'Etat	1 450,0	2008-2001	
Industrie	Prêts verts OSEO	500,0	Dotation en 2010	534,0
	Prêts Eco-Energie OSEO	33,0	Dotation en 2012	
	Utilisation rationnelle de l'énergie (ADEME)	0,5	Annuel depuis 2012[1]	
Agriculture	Plans "végétal-environnement" et "performance énergétique"	20,6	2013	58,6
	Gestion équilibrée et durable des territoires	37,5	2013	
	Exonération TIC et TICPE	0,5	2013	
Énergies renouvelables	Dépenses soutien des filières EnR + CSPE	19 400,0	2005-2013	19 400,0
SCEQE	Coût administratif de fonctionnement	0,6	Annuel depuis 2008[1]	1 810,6
	Fraude à la TVA	1 600,0	Plus de fraude depuis mise en place auto-liquidation en 2010	
	Réserve Nouveaux Entrants (RNE)	207,0	Mauvais calibrage RNE (95 M€)[2] + Taxe exceptionnelle en 2012 (112 M€)	

Tableau 1 : Récapitulatif des estimations des coûts sectoriels du PEC jusqu'en 2013 (M€) [Sources : DHUP ; Cour des Comptes]

[1] Pour le calcul du "TOTAL" nous avons sommé jusqu'à l'année 2013 incluse.
[2] Source : Cour des comptes.

Regroupés par secteurs les estimations des coûts totaux du PEC jusqu'en 2013 s'élèvent à 4776,0 millions d'euros pour le logement tertiaire, 4850,0 pour les transports, 534,0 pour l'industrie, 58,6 pour l'agriculture, 19400,0 pour les énergies renouvelables et enfin 1810,6 millions d'euros pour le SCEQE.

Les investissements financiers de l'État français dans la politique de lutte contre le réchauffement climatique sont essentiellement effectués dans le domaine des énergies renouvelables. Pour aider à la réduction des émissions de GES, et notamment du CO_2, un Système Communautaire d'Échange de Quotas d'Émission (SCEQE) a été mis en place. Les entreprises peuvent évaluer leurs taux d'émissions de GES grâce à la méthode Bilan GES et à l'outil Bilan Carbone. Ces trois points sont traités plus en détail dans la suite.

B. Les énergies renouvelables

L'objectif de l'Union Européenne est le suivant : les énergies renouvelables devront fournir 20 % de sa consommation finale d'énergie à l'horizon 2020. La France s'est fixé comme objectif d'atteindre les 23 %. Fin 2013, elle en était à 14,2%.

Ce but se décompose selon les trois secteurs des énergies renouvelables : la chaleur, les transports et l'électricité, pour lesquels les objectifs de couverture sont respectivement de 33 %, 10,5 % et 27 % pour 2020.

Il existe en tout 5 grandes familles d'énergies renouvelables : solaire, éolien, hydraulique, biomasse et géothermie.

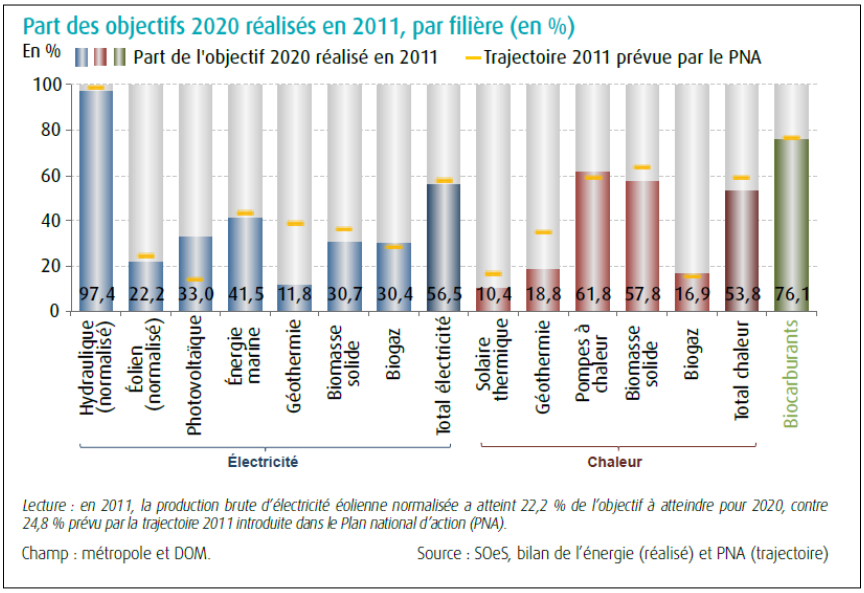


Figure 1 : Objectifs PEC pour les énergies renouvelables par filière (en%), source Service de l'Observation et des Statistiques (SOeS) et Plan National d'Action (PNA)

1. Bilan sur l'électricité renouvelable en France

Dans un premier temps, voici un état des lieux de la production d'énergie renouvelable en France.

Les capacités de la France en matière d'énergies renouvelables sont les suivantes :

- La capacité hydraulique en France continentale est de 25,2 GW ;
- Le parc éolien français représente 9 482 MW ;
- Le parc solaire français représente 5 860 MW.

Le graphe suivant présente la quantité d'énergie renouvelable consommée par les Français et sa répartition dans les trois secteurs : solaire, éolien et hydraulique.

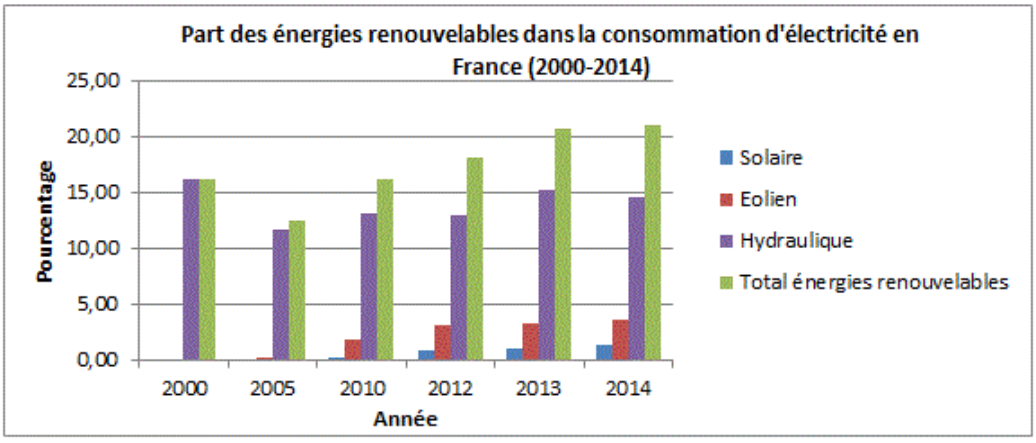


Figure 2 : Part des énergies renouvelables dans la consommation d'électricité en France par filière (en%) source RTE

En 2000, le seul type d'énergie renouvelable produite et consommée en France était l'hydraulique. Depuis, sa production est restée globalement constante, mais celle des autres énergies renouvelables a augmenté, avec l'apparition de l'éolien, du solaire et d'autres types de renouvelable plus marginaux (biomasse, etc.).

L'énergie éolienne a bien augmenté entre 2005 et 2012, mais stagne depuis, malgré les ambitions affichées : construire 19 GW d'éolien terrestre et 6 GW d'éolien en mer d'ici 2020. Ceci représenterait un investissement d'environ 2,9 Md€ par an. L'éolien stagne, car les zones les plus propices à l'installation de parcs éoliens sont déjà occupées, comme le souligne [Energie-sactu]. La filière éolienne a atteint 4,0 % de la consommation électrique nationale. Il y a maintenant une forte résistance des riverains, hostiles à l'installation de nouvelles éoliennes.

2. Les énergies renouvelables : des énergies coûteuses à produire

Les énergies renouvelables éoliennes et solaires ont connu une bonne croissance, mais elles sont coûteuses à produire, bien plus que le nucléaire ou l'hydraulique.

Voici la liste des énergies les plus utilisées en Europe :

- Solaire (150-400 euros/MWh) ;
- Pétrole (150-300 euros/MWh) ;
- Charbon (50-100 euros/MWh) ;
- Eolien (70-200 euros/MWh) ;
- Biomasse (43-133 euros/MWh) ;
- Le nucléaire (30-120 euros/MWh) ;
- Gaz (60-80 euros/MWh) ;
- Gros hydraulique (15-20 euros/MWh).

Actuellement, le consommateur français achète le kWh au prix de 0,1440 € [fournisseurs d'électricité]. Ces chiffres montrent qu'augmenter la part des énergies renouvelables n'est pas rentable, par rapport au nucléaire, en particulier.

De plus, il ne faut pas négliger les coûts de rattachement au réseau électrique, qui sont évalués à 5,5 Md€ à l'horizon 2020 par la Cour des comptes.

Cependant, lié par ses engagements, le gouvernement français a mis en place de nombreuses politiques, qui favorisent financièrement ces énergies renouvelables.

3. **Les dispositifs de soutien de l'État**

a. Les dispositifs d'aide communs aux secteurs de la chaleur et de l'électricité

- TVA à taux réduit

La TVA à taux réduit concerne les travaux d'amélioration de la qualité énergétique des locaux de plus de deux ans destinés partiellement ou totalement à l'habitation. Elle concerne également les réseaux de chaleur urbains utilisant plus de 50 % d'énergies renouvelables. La TVA a été abaissée de19,6 % à 5,5 %, puis elle est remontée à 7 % en 2012 (pour les premiers concernés). La dépense liée à cette mesure a été évaluée à 1,92 Md€ entre 2005 et 2011.

- Crédit d'impôt développement durable (CIDD)

Mis en place en 2005, il concerne les travaux effectués dans un logement achevé depuis plus de deux ans, visant à améliorer la performance énergétique du logement. Le coût de ce crédit se chiffre à 8 Md€ de 2005 à 2013, voir [CdC1]. Entre 2014 et 2020, il est évalué à 4,6 Md€ si l'on ne modifie pas les politiques de soutien actuelles. Cette somme est payée par le contribuable, voir [CdC2].

- Les éco-prêts

L'éco-prêt à taux zéro (éco-PTZ) permet de financer des travaux d'amélioration de la consommation énergétique d'un logement construit avant 1990. L'éco-prêt logement social (éco-PLS) a permis d'engager la rénovation de logements sociaux énergivores. Les coûts des éco-PTZ et éco-PLS sont évalués à 571 et 127 M€ respectivement entre 2009 et 2012, voir [Cdc2].

D'autres dispositifs ont également été mis en place. Même si leur coût est plus difficilement calculable, la Cour des comptes en donne cependant une évaluation. Tout d'abord, en répondant à certains critères, il est possible de bénéficier d'exonérations fiscales et d'abattements spécifiques ; ceci aurait un coût d'environ 0,5 M€ par an. En outre, certains équipements bénéficient de l'amortissement dégressif et exceptionnel sur 12 mois ; cette mesure a été évaluée à 4 M€ par an par la Cour des Comptes, voir [Cdc1].

- Soutien à la recherche et à l'innovation.

Le coût du soutien à la recherche et l'innovation est évalué pour la filière des énergies renouvelables entre 2014 et 2020 à 2,1 Md€, voir [Cdc2].

b. Les dispositifs d'aide pour le secteur de l'électricité

- Les tarifs d'obligation d'achat

Le principe du tarif d'obligation d'achat est le suivant : EDF et les entreprises locales de distribution d'électricité doivent racheter aux producteurs l'énergie produite de sources renouvelables à un tarif fixé. Cette obligation est valable de 15 à 20 ans selon les exploitations.

Le tarif d'achat de l'énergie renouvelable peut être fixé par arrêté du ministre de l'énergie après avis de la Commission de Régulation de l'Énergie. Mais ce tarif d'achat peut également être fixé dans le contrat d'achat après un appel d'offre.

- Les appels d'offre

EDF et les entreprises locales de production d'électricité reportent l'impact de cette obligation sur une partie de la taxe CSPE, payée par le consommateur. Cette taxe n'est pas seulement destinée à compenser les surcoûts liés aux dispositifs de soutien aux énergies renouvelables et à l'obligation d'achat, mais également ceux issus de la production d'électricité, dans les parties du territoire non interconnectées au continent et les tarifs de solidarité pour les personnes en situation de précarité, voir [FEE].

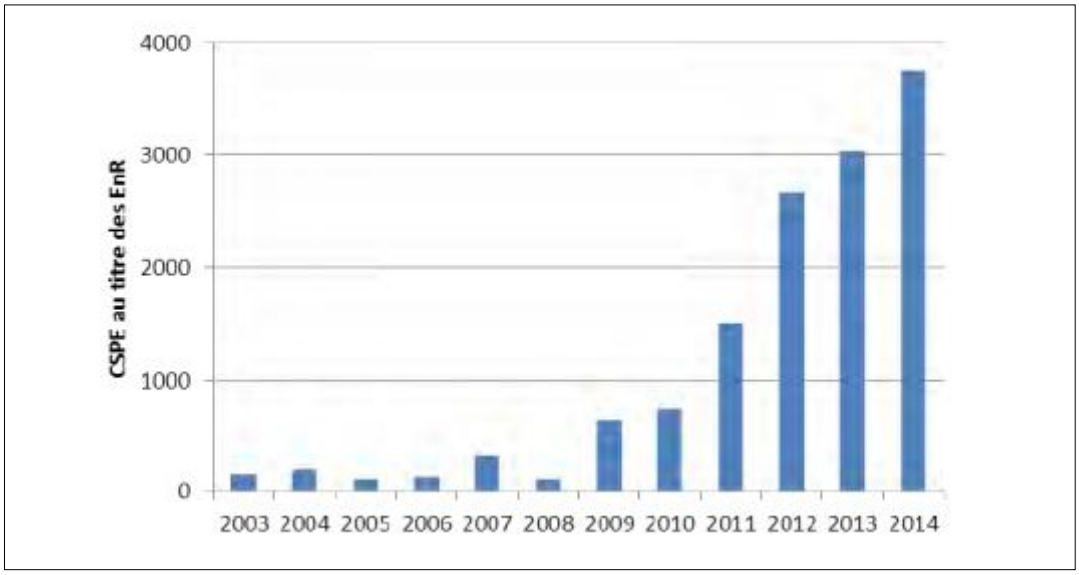


Figure 3 : Evolution de la CSPE, correspondant aux EnR (en M€), source CRE

La Commission de Régulation de l'Energie a publié un rapport d'analyse sur les coûts et la rentabilité des énergies renouvelables (sur les trois filières que sont l'éolien terrestre, le solaire photovoltaïque et la biomasse). Nous avons examiné les deux plus importantes.

- **Filière éolienne**

La quasi-totalité du parc éolien français bénéficie de l'obligation d'achat, mise en place depuis 2001. L'électricité éolienne est rachetée par EDF au prix de 0,082 €/kWh, prix qui est bien supérieur aux coûts de production de l'énergie éolienne.

Cette obligation d'achat est valable pour une durée de 15 ans, mais la durée d'exploitation moyenne d'une centrale est de 20-25 ans aujourd'hui ; c'est un autre facteur à l'origine de la sur-rentabilité de cette filière.

Il faut souligner [Ichay] que cette rentabilité est grandement variable selon la situation géographique des parcs.

- **Filière photovoltaïque :**

Les tarifs d'achat dynamiques ont permis d'éviter une rentabilité excessive (contrairement à la filière éolienne).

Actuellement le tarif d'achat est de 0,2617 €/kWh ; pendant 20 ans ce prix ne change pas.

c. Les dispositifs d'aide pour le secteur de la chaleur

- Le fonds chaleur

Celui-ci est géré par l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie) et est utilisé pour le soutien des filières de production thermique renouvelable dans les secteurs de l'habitat collectif, le tertiaire, l'agriculture, l'industrie (à l'exception des particuliers).

Entre 2009 et 2013, le coût a été limité à 1,2 Md€. Cependant pour atteindre l'objectif de 2020, 1,4 Md€ supplémentaires seraient nécessaires, voir [Cdc2].

- Fond garantie et fond aquapac

Ces deux fonds constituent des mesures de soutien plus marginales, destinées à la géothermie.

d. Les dispositifs d'aide pour le secteur des transports

Dans le domaine des transports, la taxe générale sur les activités polluantes a été mise en place. Celle-ci a pour but d'encourager l'incorporation et la distribution de biocarburants.

4. **Récapitulatif des coûts pour le secteur des énergies renouvelables**

Le tableau ci-dessous présente les estimations de coûts et d'investissement du secteur des énergies renouvelables jusqu'en 2020.

Secteur	(Dispositif)	Coûts (M€)	Commentaires	TOTAL (M€)
Énergies renouvelables	Dépenses soutien des filières EnR + CSPE	19 400,0	2005-2013	75 300,0
		44 000,0	2014-2020 (dont 35,6 Md€ pour CSPE)	
	Dépenses du fond chaleur	1 200,0	2009-2013	
		1 400,0	Estimation Commission de régulation de l'énergie horizon 2020	
	Recherche	1 700,0	2002-2011	
		2 100,0	Estimation Commission de régulation de l'énergie horizon 2020	
	Intégration aux réseaux électriques	5 500,0	Estimation RTE et ERDF horizon 2020	

Tableau 2 : Récapitulatif des estimations des coûts pour les EnR du PEC (M€) [Sources : DHUP ; Cour des Comptes]

C. Méthodes et outils de mesure, système d'échange de quotas

1. Bilan GES et Bilan Carbone

Le bilan des émissions de gaz à effet de serre (Bilan GES) est une méthode permettant de quantifier les émissions des principaux gaz à effet de serre (GES) à l'échelle d'un produit ou à l'échelle d'une entité (entreprise, administration territoriale, État, ONG). L'article 75 de la loi Grenelle II impose à certaines structures un Bilan GES réglementaire. Les structures en question sont [ABC] :

- Les entreprises de plus de 500 salariés (250 salariés dans les DOM TOM) ;
- Les établissements publics de plus de 250 personnes ;
- Les collectivités territoriales de plus de 50 000 habitants.

Le Bilan Carbone est un outil de comptabilisation des émissions de GES. Il a été initialement développé par l'ADEME puis repris par l'Association Bilan Carbone (ABC). Cependant, depuis 2011, le Bilan Carbone® est une marque déposée désignant un outil et une méthode de comptabilité carbone. Il peut être utilisé pour répondre à l'article 75 de la loi Grenelle II car sa Version 7 comprend une extraction automatique des données au format réglementaire. C'est un outil qui se veut opérationnel permettant de réaliser des évaluations des émissions de GES et de carbone. Comme nous le verrons plus loin, il est en réalité dépourvu de toute validité.

Un Bilan Carbone concerne les scopes 1, 2 et 3 qui sont [A2DM] :

- Scope 1 : émissions directes (combustion d'énergie) des sources fixes et mobiles ;
- Scope 2 : émissions indirectes associées à l'énergie ;
- Scope 3 : émissions achats, immobilisation, fret amont, déplacements des salariés, déchets, etc.

Le coût d'un bilan carbone pour une entreprise dépend des facteurs suivants :

- Le nombre de sites à auditer ;
- L'activité de l'entreprise (production, distribution, services, etc.) ;
- Le nombre de salariés ;
- Le niveau de précision que l'entreprise souhaite avoir.

Le coût d'un bilan GES varie en fonction du type de bilan réalisé, du type de la structure et l'expérience du consultant [APCC] :

- Bilan GES scope 1, 2 & 3 : de 5 000 à 20 000 € pour une durée de prestation de 12 à 20 jours ;

- Bilan GES Territoire : de 10 000 à 27 000 € pour une durée de prestation de 20 à 25 jours minimum ;

- Bilan GES réglementaire scope 1 et 2 : de 3 500 à 5 500 € pour une durée de prestation de 3 500 à 5 500 €.

En France, de manière générale, on peut estimer le coût d'un bilan entre 15 000 € pour les petites entités et 100 000 € pour les entités les plus importantes [Rapport bilan GES]. La première réalisation d'un bilan est la plus coûteuse, car il nécessite l'installation du système de collecte de données. Le système une fois installé, le coût d'un nouveau bilan diminue.

La SCM a effectué une analyse critique du Bilan Carbone en novembre 2008 [BC]. Le Bilan Carbone ne correspond à aucune obligation juridique au niveau mondial, mais la Communauté Européenne a commencé à émettre des recommandations. La France a immédiatement édicté des lois et règlements qui sont contraignants. Mais alors que, en France, toute loi ou règlement est l'objet de débats sans fin (la loi Carrez, les radars de surveillance de la vitesse), le Bilan Carbone n'est l'objet à ce jour d'aucune critique méthodologique.

Que faudrait-il faire pour que le Bilan Carbone soit cohérent du point de vue de la logique ? La réponse est simple : il faut le débarrasser de tout ce qui concerne le passé (les constructions anciennes, les immobilisations), de tout ce qui concerne le futur (par exemple les démantèlements) et se restreindre au présent ; on comptabilise des émissions instantanées (on peut le faire par an, et les ramener ensuite à la journée, par exemple).

Enfin, supposant le Bilan Carbone réduit à sa plus simple expression, c'est à dire les activités du présent, et seulement celles qui relèvent de l'entreprise proprement dite (et non celles qui sont sous-traitées), nous nous interrogeons sur les incertitudes. En restreignant ainsi le périmètre, peut-on obtenir un résultat satisfaisant et fiable, pouvant éventuellement servir de base à une taxation ?

La réponse est entièrement négative. La variabilité des processus industriels fait qu'une évaluation précise est possible en théorie, mais complètement impossible en pratique ; selon les circonstances, il peut y avoir des variations de 20 % à 100 %, entre les rejets de processus semblables. En ce qui concerne les salariés, et leurs moyens de transport, on se heurte au respect de la vie privée : l'employeur n'a pas à connaître ces informations. Il est donc impossible en pratique de tenir, pour une entreprise donnée, une comptabilité du CO_2 qui soit aussi précise que la déclaration de TVA, pour prendre cet exemple.

Comment procéder, dès lors ? Evidemment, on sera tenté de dire "adoptons des valeurs moyennes, des valeurs grossières : tel processus produit approximativement telle quantité de CO_2 ; pour 1 000 salariés, on comptera approximativement tant d'automobiles, qui produiront approximativement tant de CO_2."

Mais alors :

- Le Bilan Carbone n'a plus aucune valeur incitative : l'industriel n'a plus aucun intérêt à remplacer une machine peu performante par une autre plus performante, puisque ceci n'est pas pris en compte dans son bilan, qui ne repose que sur des valeurs moyennes ;

- Le Bilan Carbone ne peut servir de base à une taxation : on ne peut taxer, selon les lois en vigueur, qu'en fonction de quantités effectivement produites, et non en fonction de quantités estimées, par quelque méthode que ce soit.

Le Bilan Carbone est l'analogue moderne du "trafic des indulgences", utilisé notamment par le Pape Léon X. Il ne sert strictement à rien : la planète se moque complètement de la quantité de CO_2 que peut émettre telle ou telle entreprise. Mais il contribue au financement des croisades. Comme disait Victor Hugo "On voit le sequin d'or passer entre leurs doigts" (Les Châtiments).

2. Système Communautaire d'Échange de Quotas d'Émission (SCEQE)

Ce système, mis en place depuis 2005, consiste à limiter les émissions de secteurs industriels très polluants en imposant un plafond qui est abaissé chaque année [SEQE-UE]. L'objectif de ce système est d'aider la Communauté et les États membres à respecter les engagements de réduction des émissions de gaz à effet de serre prises dans le cadre du protocole de Kyoto.

Ce plafond est imposé par les États membres et concerne environ 12 000 installations dans les secteurs de la production d'électricité, les réseaux de chaleur, de l'acier, du ciment, du raffinage, du verre, du papier, etc., ce qui représente plus de 40 % des émissions européennes de gaz à effet de serre [MEDDE].

L'attribution des quotas aux entreprises est effectuée par le Plan National des Quotas (PNAQ) en fonction des potentiels de réduction et des prévisions de croissance des secteurs concernés [Inspection des Installations Classées]. En fonction du plafond, les entreprises reçoivent des quotas d'émission qu'elles peuvent acheter ou vendre selon leurs besoins. Ainsi, une entreprise émettant au-dessus du quota d'émission de CO_2 pourra acheter une réduction d'émission à une entreprise émettant en dessous du quota d'émission de CO_2.

Par exemple, imaginons que 20 tonnes d'émissions soient disponibles sur le marché des émissions du CO_2 en 2015, avec un quota de 10 tonnes par entreprise. Une entreprise A émet 10 tonnes de CO_2 et une entreprise B en émet également 10 tonnes. Jusqu'ici tout va bien, les deux entreprises respectent leurs quotas. Cependant en 2016, le marché des émissions du CO_2 passe à 18 tonnes d'émissions disponibles, pour un quota de 9 tonnes par entreprise. L'entreprise A émet 7 tonnes de CO_2 mais l'entreprise B en émet 11 tonnes. L'entreprise B dépasse son quota des 9 tonnes et va devoir acheter 2 tonnes de réduction d'émissions à l'entreprise A pour respecter son quota.

Voici les volumes de transactions de quotas européens entre 2005 et 2009 [Prix du quota de CO_2] :

	Volumes échangés (en millions de quotas)	Valeur des transactions (en millions d'euros)	Prix moyen du quota (en €)
2005	262	5 400	20,6
2006	828	14 500	17,5
2007	1 458	25 200	17,3
2008	2 731	61 200	22,4
2009	5 016	65 900	13,1
Source : Calculs Mission Climat de la Caisse des Dépôts à partir de données Point Carbon			

Tableau 3 : volumes de transactions de quotas européens entre 2005 et 2009

Entre 2005 et 2009, la quantité des volumes de transaction est multipliée par 20, tandis que la valeur des transactions est multipliée par 12. Le prix moyen du quota varie d'une année sur l'autre.

Personne ne s'est jamais demandé quels ont été les impacts de ce système sur les délocalisations. Lorsque les réglementations se renforcent sans cesse, les industriels savent qu'ils ne pourront pas maintenir leur activité indéfiniment.

Entre 2008 et 2009 une fraude à la TVA sur les quotas de CO_2 s'est développée en France, conduisant une perte fiscale de 1,6 Md€ pour l'État français et de 5 Md€ pour l'ensemble des États membres de l'Union Européenne [Cdc3]. Trois failles issues de la création du SCEQE sont à l'origine de cette fraude :

- Absence de sécurisation du régime de perception de la TVA pour les transactions en temps réel ;
- Accès quasiment non contrôlé aux registres nationaux de quotas ;
- Absence de régulation externe du marché.

C'est la fraude fiscale la plus importante en un temps aussi court jamais enregistrée en France.

II. Le Programme des Nations Unies pour l'Environnement

A. *Présentation du PNUE*

Depuis 1972, les Nations Unies mènent une politique d'atténuation et d'adaptation des changements climatiques avec la création du Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE). Le PNUE est la plus haute autorité environnementale du système des Nations Unies pour répondre aux problèmes environnementaux aux niveaux régional, national et mondial. Les ambitions du programme sont multiples :

- Évaluer les conditions et les tendances environnementales mondiales, régionales et nationales ;
- Développer des instruments environnementaux nationaux et internationaux ;

- Renforcer les institutions afin d'assurer une gestion avisée de l'environnement ;

- Faciliter le transfert des connaissances et de technologies pour un développement durable ;

- Encourager de nouveaux partenariats et de nouvelles perspectives au sein de la société civile et du secteur privé.

Le PNUE encourage les gouvernements et les entreprises à réduire leurs émissions, aide les pays et les communautés les plus vulnérables à trouver les moyens d'améliorer leur résilience face à l'évolution du climat et évalue le coût total des mesures d'adaptation et d'atténuation du réchauffement climatique.

Il estime que le coût total du réchauffement climatique est de 150 Md$ par an entre 2025 et 2030, et de 250 à 500 Md$ par an jusqu'en 2050 ; le budget consacré à l'Afrique représente à lui seul 50 Md$ de ces estimations.

Bien entendu, le PNUE ne s'est jamais posé la question de l'existence même du réchauffement climatique, considérée comme admise dès le début.

B. *Rapport du PNUE 2013*

1. **Présentation du rapport**

Chaque année le PNUE rédige un rapport, divisé en plusieurs parties intitulées changement climatique, catastrophes et conflits, gestion des écosystèmes, gouvernance de l'environnement, substances nocives, utilisation efficace des ressources. Celles-ci correspondent à des sous-programmes, pour lesquels il réalise notamment un bilan financier.

Le financement du PNUE provient en grande partie des contributions des pays membres. Nous avons étudié le budget de l'année 2013, celui de 2014 n'ayant pas encore été validé. Il est basé sur les Fonds pour l'environnement, les contributions affectées (contributions des états membres en vue d'aider un programme en particulier), ainsi que le budget ordinaire de l'ONU et qui se chiffre au total à 207,7 M$. Pour l'année 2013, les montants des trois ressources ont été respectivement : 82,75 M$, 120,94 M$ et 4,27 M$.

Le montant total alloué est 274,4 M$, soit 32 % supplémentaires par rapport au budget dont le PNUE dispose. Le montant des dépenses est de 194,6 M$. Le PNUE donne peu d'informations sur ce que recouvrent précisément ces coûts. Ce budget global recouvre tous les sous-programmes initiés par le PNUE, détaillés ci-après.

2. **Détail des sous-programmes du PNUE**

Pour chacun des sous-programmes, nous listons les principaux plans d'actions et donc postes de dépenses. Nous avons relevé le budget mis en place pour chaque sous programme. Le PNUE s'est fixé des objectifs en 2011 à atteindre pour 2013. En fonction du nombre d'objectifs

réalisés par rapport à ceux de départ, le rapport classe les actions en trois catégories : réalisation intégrale, réalisation partielle, réalisation inachevée.

- **Changement climatique**

– But du PNUE : "Encourager les gouvernements et les entreprises à réduire leurs émissions. Aider les pays et les communautés les plus vulnérables à trouver les moyens d'améliorer leur résilience face à l'évolution du climat" ;

– Actions du PNUE : "Augmenter le nombre de pays ayant assorti leur plan de développement national de mesures d'adaptation reposant notamment sur l'approche éco systémique, développer les énergies propres, financer les énergies, réduire les émissions liées à la déforestation et dégradation des forêts, encourager l'évaluation scientifique et l'ouverture" ;

– Programmes concrets : "Énergie durable pour tous" ;

– Budget : 41,35 M€.

On note ici, et ceci est tout à fait pertinent pour notre analyse, que le but du PNUE intitulé "changement climatique" n'est pas de s'intéresser au changement climatique (en particulier en analysant les données), mais d'inciter les pays à réduire les émissions de GES, ce qui est tout différent. On est passé d'une considération vague à une conclusion précise "il faut réduire", sans la moindre réflexion préalable.

- **Catastrophes et conflits**

– But du PNUE : "Réduire les facteurs de risque. Opter pour de meilleures politiques, effectuer des évaluations après crise. Mettre en place des programmes de relèvement qui répondent aux besoins de l'environnement. Appuyer les efforts de consolidation de la paix" ;

– Actions du PNUE : "Réduire les risques, effectuer des évaluations après une crise, aider au relèvement après une crise" ;

– Programmes concrets : "Villages et écoles assainis" ;

– Budget : 25,17 M€.

A notre connaissance, parmi les innombrables guerres et conflits qui se déroulent à la surface de la Terre, il y en a vraiment très peu qui ont leur origine dans le changement climatique !

- **Gestion des écosystèmes**

– But du PNUE : "Aider les gouvernements à conserver et gérer durablement les écosystèmes pour assurer le bien-être à long terme de la population et la croissance économique";

- Actions du PNUE : "Aider à intégrer la gestion des écosystèmes dans le développement, renforcer les capacités d'utilisation des outils de gestion des écosystèmes, services éco systémiques et financement" ;

- Programmes concrets : "Partenariat pour la survie des grands singes" (GRASP) ;

- Budget : 33,25 M€.

- **Gouvernance de l'environnement**

- But du PNUE : "Produire des évaluations scientifiques d'experts et aider les états membres à s'acquitter de leurs obligations et mettre en place des politiques, législations et institutions capables de placer la viabilité de l'environnement au cœur du développement" ;

- Actions du PNUE : "Définir des politiques internationales, renforcer le droit de l'environnement, intégrer l'environnement dans le développement, consolider les fondements scientifiques pour la prise de décisions" ;

- Budget : 42,11 M€.

- **Substances nocives et déchets dangereux**

- But du PNUE : "Réaliser des évaluations scientifiques, mobiliser la communauté internationale face aux défis mondiaux et aider les gouvernements à élaborer des politiques appropriées de surveillance et de réglementation des substances nocives et déchets dangereux" ;

- Actions du PNUE : "Augmenter le nombre de pays ayant une gestion des substances nocives et déchets dangereux respectueuse de l'environnement. Augmenter le nombre de pays mettant en place des politiques pour les substances nocives et déchets dangereux au niveau mondial".

- Budget : 29,98 M€.

- **Utilisation efficace des ressources**

- But du PNUE : "Veiller à ce que les ressources naturelles soient exploitées d'une manière plus viable pour l'environnement en les dissociant de la croissance économique et en optimisant les bienfaits pour la société" ;

- Actions du PNUE : "Améliorer le pont entre science et politique, adopter des mesures stratégiques, augmenter les pratiques commerciales viables dans les secteurs clés, encourager des produits et modes de vie plus viables d'un point de vue écologique" ;

- Budget : 35,86 M€.

III. Analyse critique

Pour ce chapitre, retenons que les coûts de la lutte contre le réchauffement climatique sont exorbitants :

- 30 Md€ pour la France jusqu'en 2013, dont environ 20 Md€ consacrés uniquement aux énergies renouvelables. Le budget consacré aux énergies renouvelables devrait atteindre 75 Md€ d'ici 2020 ;

- 274,4 M$ en 2013 pour le programme PNUE de l'ONU. Budget qui devrait augmenter, étant donné les évaluations alarmantes du coût du réchauffement climatique faites par le PNUE : 250 à 500 Md$ par an jusqu'en 2050.

Ces investissements astronomiques sont dépourvus de pertinence, en particulier dans le secteur les énergies renouvelables.

En France, 25,2 GW sont produits par le parc hydraulique et 9 482 MW par le parc éolien, contre 550 TWh pour le parc nucléaire. C'est l'énergie nucléaire qui paie pour l'énergie renouvelable. La quasi-totalité du parc éolien français bénéficie de l'obligation d'achat, mise en place depuis 2001. EDF rachète cette énergie au prix de 0,082 €/kWh, prix qui est bien supérieur aux coûts de production de l'énergie éolienne.

On a mis en place, pour des raisons de fausse vertu, un marché de niche, qui est confortablement alimenté par les impôts (ou les factures d'électricité) payés par tous les contribuables.

IV. Bibliographie

[TVA] Taux de TVA réduit pour les travaux réalisés dans les logements.
Disponible sur :
<http://www.impots.gouv.fr/portal/dgi/public/popup?typePage=cpr02&espId=1&docOid=documentstandard_4693> [consulté le 21/07/2015]

[Eco-PTZ] Eco-prêt à taux zéro (éco-prêt).
Disponible sur : <http://vosdroits.service-public.fr/particuliers/F19905.xhtml> [consulté le 21/07/2015]

[Eco-PLS] L'éco-prêt logement social (éco-PLS).
Disponible sur : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/L-eco-pret-logement-social-eco-PLS.html> [consulté le 21/07/2015]

[MEDDE1] Politique de développement des énergies renouvelables en France.
Disponible sur : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Politique-de-developpement-des,13554.html> [consulté le 10/07/2015]

[RTE] L'électricité en France : production et consommation.
Disponible sur : < http://energeia.voila.net/electri/electri_france.htm> [consulté le 15/07/2015]

[Bernard] Nucléaire, éolien,… quelle est l'énergie la moins chère en France ? Catherine Bernard.
Disponible sur : < http://www.slate.fr/story/46785/nucleaire-eolien-energie-moins-chere-france> [consulté le 10/07/2015]

[Ichay] Rapport de la CRE sur les coûts et la rentabilité des énergies renouvelables. Frédéric Ichay.
Disponible sur : < http://blog.lefigaro.fr/green-business/2014/05/rapport-de-la-cre-sur-les-couts-et-la-rentabilite-des-energies-renouvelables.html> [consulté le 10/07/2015]

[FEE] Combien coûte réellement l'électricité éolienne ?
Disponible sur : <http://fee.asso.fr/centre-infos/tout-savoir-eolien/combien-coute-lelectricite-eolienne/ > [consulté le 09/07/2015]

[fournisseurs d'électricité] Prix d'un kWh 'électricité en France.
Disponible sur : <http://www.fournisseurs-electricite.com/comparatif-electricite/actu-electricite/1082-prix-dun-kwh-delectricite-en-france> [consulté le 09/07/2015]

[Energiesactu] La filière éolienne analyse ses coûts de production.
Disponible sur : <http://www.energiesactu.fr/production/la-filiere-eolienne-analyse-ses-couts-de-production-0022683> [consulté le 09/07/2015]

[Quelleénergie] Panneaux solaires photovoltaïques : 5 idées reçues.
Disponible sur : <http://www.quelleenergie.fr/economies-energie/panneaux-solaires-photovoltaiques/5-idees-recues> [consulté le 21/07/2015]

[Hydroélectricité] L'énergie hydraulique.
Disponible sur : <http://www.france-hydro-electricite.fr/lenergie-hydraulique/chiffres-cles> [consulté le 24/07/2015]

[Cdc1] Rapport de la Cour des comptes. La Politique de développement des énergies renouvelables, juillet 2013.

[Cdc2] Rapport de la Cour des comptes. La Mise en œuvre par la France du Paquet Energie Climat, décembre 2013.

[Toute l'Europe.eu] La lutte contre le changement climatique.
Disponible sur : <http://www.touteleurope.eu/les-politiques-europeennes/environnement/synthese/la-lutte-contre-le-changement-climatique.html> [consulté le 15/07/2015]

[SEQE-UE] Le système d'échange de quotas d'émission de l'Union européenne (SEQE-UE).
Disponible sur : <http://ec.europa.eu/clima/publications/docs/factsheet_ets_fr.pdf> [consulté le 14/07/2015]

[MEDDE2] Système d'échange de quotas européens.
Disponible sur : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/-Systeme-d-echange-de-quotas-.html> [consulté le 14/07/2015]

[QuotasCO2] Quotas de CO_2.
Disponible sur : <http://www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/11-Quotas-de-CO2.html> [consulté le 15/07/2015]

[Prix du quota de CO_2] Prix du quota de CO_2 et taxe carbone : quelques éléments de cadrage.
Disponible sur : <http://www.bilans-ges.ademe.fr/static/documents/Fiche%20technique%20du%20minist%C3%A8re.pdf> [consulté le 13/07/2015]

[Cdc3] La fraude à la TVA sur les quotas de carbone

[ABC] Association Bilan Carbone : le Bilan Carbone.
Disponible sur : <http://associationbilancarbone.fr/fr/contact/faq> [consulté le 10/07/2015]

[A2DM] A2DM : Bilan Carbone obligatoire entreprise ou Bilan GES obligatoire ?
Disponible sur : <http://www.a2dm.fr/bilan-carbone-obligatoire-bilan-ges-reglementaire-et-obligations.htm> [consulté le 03/07/2015]

[APCC] Association des Professionnels en Conseil Carbone : Coût d'un Bilan GES.
Disponible sur : <http://www.apc-carbone.fr/bilan-ges/cout-dun-bilan-ges/> [consulté le 09/07/2015]

[Rapport bilan GES] RAPPORT sur l'obligation d'élaboration d'un bilan d'émissions des gaz à effet de serre prévue par l'article 26 du Projet de loi portant « Engagement National pour l'Environnement », par Michel HAVARD, Député du Rhône.
Disponible sur : <http://www.ladocumentationfrancaise.fr/var/storage/rapports-publics/104000165.pdf> [consulté le 22/07/2015]

[BC] Beauzamy Bernard, Le Bilan Carbone : erreurs méthodologiques fondamentales et incertitudes, novembre 2008, 40 pages.
Disponible sur : http://scmsa.eu/archives/SCM_Bilan_Carbone_V2.pdf

Chapitre 3

La Croisade est inutile

Nous allons voir, dans ce chapitre, que la croisade est fondamentalement inutile, parce que, quoi que nous fassions, nous n'avons aucun moyen d'atteindre les objectifs fixés.

I. Le Protocole de Kyoto

Le 11 décembre 1997, les États membres de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) ont adopté un protocole lors de la troisième Conférence des Parties (COP 3) à Kyoto. Le protocole de Kyoto a fixé des objectifs de réduction d'émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) uniquement à 37 pays industrialisés (Allemagne, Canada, Etats-Unis d'Amérique, Russie, France,…) représentant à eux seuls 55 % des émissions de GES [NU]. L'objectif global était une réduction moyenne de 5,2 % par rapport aux émissions de 1990 des émissions de six gaz à effet de serre entre 2008 et 2012.

Il est entré en vigueur le 16 février 2005. Parmi les 192 Pays membres de la CCNUCC [RIAED] :

- 155 pays ont ratifié le Protocole, dont 22 pays industrialisés (Allemagne, Japon…), 13 en transition (Russie, Bulgarie …) et 121 en développement (Chine, Algérie…) ;
- 6 pays ont signé, mais pas ratifié, le Protocole (l'Australie, les États-Unis, Monaco…) ;
- 31 pays n'ont ni ratifié ni signé le Protocole (Vatican, Singapour,…).

L'objectif finalement atteint par les 37 pays industrialisés a été une diminution de leurs émissions de GES de 20 % entre 2008-2010 par rapport à l'année de référence 1990. Très belle réussite en apparence. Cependant, les émissions de carbones anthropiques (c'est-à-dire produites par l'homme) à l'échelle mondiale ont continué d'augmenter depuis les années 1990. Ce sont désormais les pays émergents (Chine, Inde, etc.) qui émettent 51 % du GES anthropique (ce sont des pays qui, en 1997, n'avaient aucune contrainte du fait du Protocole de Kyoto), tout simplement parce que les productions réalisées chez nous auparavant sont maintenant délocalisées chez eux.

L'augmentation des émissions des pays émergents est en grande partie imputable aux importations de biens et services des pays industrialisés. L'importation des produits permet de diminuer l'émission de GES (production et transport) dans les pays importateurs (i.e. Europe) mais l'augmente dans les pays exportateurs (i.e. Chine) [RAC].

Le Protocole de Kyoto expirant fin 2012, une prolongation a été adoptée par les gouvernements de la CCNUCC, lors de la Conférence des Parties (COP18) à Doha (Qatar). Cette deuxième période engage pour 8 ans (du 1er janvier 2013 au 31 décembre 2020) l'Union européenne (UE), l'Australie, la Norvège, la Suisse, l'Ukraine, la Biélorussie, le Kazakhstan, le Liechtenstein et Monaco [NU2].

Ces pays représentent environ 15 % des émissions de GES mondiales et prennent des engagements hétéroclites, allant d'une réduction de 20 % par rapport à 1990 pour l'UE à une baisse de 0,5 % par rapport à 2000 pour l'Australie.

Le Canada (décembre 2012), le Japon (décembre 2010), la Russie (décembre 2010) et la Nouvelle-Zélande ont décidé de ne pas suivre la deuxième période du Protocole de Kyoto.

On constate donc clairement ceci (et la Cour des comptes l'a bien mis en évidence) : il n'y a aucune réduction réelle des GES, mais une baisse apparente, due aux délocalisations de la production. Bien entendu, cette délocalisation se traduit par une perte d'emplois.

II. Le CO_2 français : genèse de la croisade

Parmi les gaz à effet de serre, celui qui est rendu principalement responsable des maux du 21ème siècle est le CO_2. L'augmentation de sa concentration – controversée, voir le chapitre précédent - serait due uniquement à l'action de l'homme.

Bien entendu, dans la nature, le CO_2 existe indépendamment de l'homme. Si on veut incriminer les activités humaines, il faut parvenir à dégager la notion de "CO_2 anthropique". Cet exercice de style est difficile, parce que les responsables n'incluent pas le CO_2 produit par la respiration humaine (l'homme, comme tout animal, produit du CO_2 par sa respiration), mais uniquement le CO_2 produit par les activités humaines. Pour parvenir à chiffrer le CO_2 anthropique, les responsables découpent les activités humaines en domaines distincts (transports, énergie, etc.) et tentent de chiffrer, par pays, les rejets de CO_2 liés à chacune de ces activités. Ensuite, ils tentent de démontrer que, depuis l'âge industriel, la quantité de CO_2 dans l'atmosphère a considérablement augmenté : la tentation est donc grande d'établir une causalité entre les rejets industriels et l'augmentation du taux de CO_2.

En réalité, deux fautes de raisonnement majeures sont commises :

- Tout d'abord, comme expliqué dans le chapitre I, la teneur en CO_2 varie constamment, et il est faux qu'un maximum soit lié aux activités industrielles ;

- Ensuite, le CO_2 produit par l'homme ne se distingue en rien du CO_2 "ordinaire" ; il est comme lui absorbé par les plantes, les océans, etc. Considérer que le CO_2 anthropique vient grossir la teneur atmosphérique est une absurdité.

En effet, nous ne connaissons pas les mécanismes de puits et sources qui régulent de manière naturelle la concentration du CO_2. Prétendre que les émissions humaines viendraient simple-

ment s'ajouter à l'existant est une absurdité : elles participent au cycle du carbone, comme les autres.

C'est le même principe que pour le cycle de l'eau : ajoutons un seau d'eau d'un litre dans un lac de montagne, le volume de ce lac ne va pas augmenter d'autant. Le lac est constamment alimenté par des rivières, des torrents, auxquels notre seau viendra s'ajouter, et il est constamment sollicité par l'évaporation, la vie des plantes, les rivières qui s'y alimentent, etc.

Pour juger de la pertinence des mesures prises, évaluons la quantité de CO_2 anthropique, et en particulier celle émise par la France. Quelle est la part de la France dans les émissions de GES mondiales ?

En 2010 la France a émis 347 Mt de CO_2 mais, comme dit précédemment, ce chiffre ne tient pas compte de la respiration humaine (voir [Planetoscope]). Pour la même année, au niveau mondial, les émissions anthropiques totales de CO_2 étaient de 30,6 Gt, voir [LeMonde].

La part de la France dans les émissions mondiales de CO_2 est de :

$\frac{CO_2(France)}{CO_2(anthropique)} \approx \frac{347}{30600}$, soit 1,13 %.

Le CO_2 représente 40 % de l'ensemble des gaz à effet de serre ($\frac{CO_2(total)}{GES\,(total)}$), voir [Williams]. Néanmoins cette proportion est sujette à discussion, et le chiffre de 40 % représente une "limite haute" (la valeur maximale observée dans les diverses études sur le sujet).

On estime actuellement que, en 1750, la concentration de CO_2 dans l'atmosphère était de 280 ppm, et qu'elle est de 350 en 2004 (Jean-Marc Jancovici), soit une augmentation de 25 % ($\frac{CO_2(anthropique)}{CO_2\,(total)}$).

La part du CO_2 dû à l'activité française dans les émissions de gaz à effet de serre mondiales est donc au total :

$$\frac{CO_2(France)}{CO_2(anthropique)} \times \frac{CO_2(total)}{GES\,(total)} \times \frac{CO_2(anthropique)}{CO_2\,(total)} = \frac{CO_2(France)}{GES\,(total)}$$

$$\frac{347}{30600} \times \frac{40}{100} \times \frac{30}{100} \approx 1{,}13 \times 10^{-3}$$

Soit 0,113 % !

Chose amusante, les données montrent que la part de CO_2 due à la respiration humaine est seulement deux fois moins importante que celle due à l'industrie de l'énergie. Ainsi, la respiration des Français engendre 20 millions de tonnes de CO_2 [CITEPA], ce qui représente environ 6 % des émissions totales de CO_2 de la France. De son côté, le secteur de l'industrie de l'énergie représente lui 13 % de ces émissions, voir [Panorama2009].

Il est intéressant aussi de chiffrer la part de la France dans la composition de l'atmosphère : rejets de CO_2 dus à l'activité française, rapportés à l'atmosphère totale. Cette part vaut :

$$\frac{0,04}{100}\times\frac{25}{100}\times\frac{347}{30600}\approx 1,13\times10^{-6}$$

puisque la part du CO_2 dans l'atmosphère est 0,04 %. Autrement dit, ce pour quoi nous nous battons aujourd'hui représente un millionième de la composition atmosphérique : si nous cessions complètement toute émission de CO_2 par nos industries, la composition atmosphérique varierait au mieux d'un millionième.

En fait, la variation serait non-décelable, parce que, comme nous l'avons dit plus haut, la teneur en CO_2 varie constamment, d'un point à un autre, d'un jour à l'autre, et une variation aussi fine ne pourrait pas être mise en évidence. Il est donc clair, au vu de ces chiffres, que nous nous battons "pour du vent", si l'on ose dire. Don Quichotte se battait contre des moulins à vent, qui ont au moins un aspect matériel.

III. La lutte inutile de la France contre les Gaz à Effet de Serre

A. Les émissions françaises de GES : une goutte d'eau dans l'océan

L'Union Européenne (à 28 membres) représente uniquement 8 % des émissions mondiales des Gaz à Effet de Serre (GES) en 2014 [CC]. La France est un des pays qui émet le moins de GES : ses émissions ne représentent que 1,2 % des émissions mondiales en 2012 [CC]. Par ailleurs, la France a enregistré une baisse de ses émissions de GES de 13 % sur la période 2005-2014, pour les raisons de délocalisation vues plus haut.

Si on s'intéresse uniquement aux émissions de CO_2, l'Union Européenne (à 28 membres) a diminué ses émissions mondiales de 13,8 % sur la période 1990-2012 : ses émissions sont passées de 14.7 % en 1990 à 11 % en 2012 [CDC]. La France a diminué ses émissions de 5.4 % sur la période 1990-2012 : elles sont passées de 1.7 % en 1990 à 1.1 % en 2012 à l'échelle mondiale.

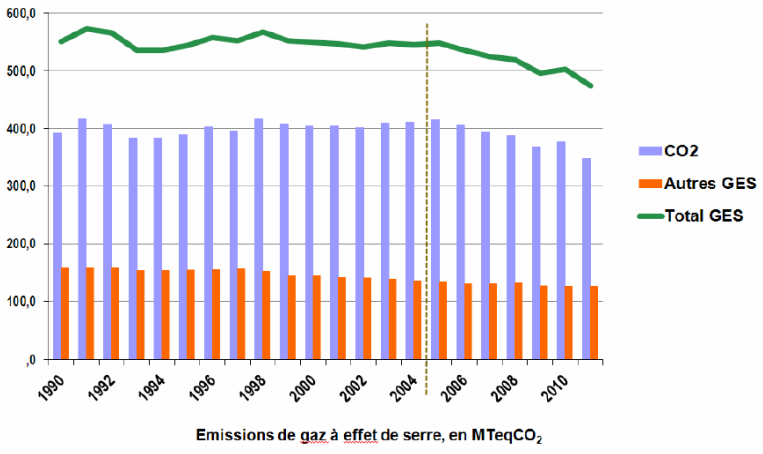


Figure 1 : Emissions de GES de la France [Cour des comptes]

Il faut cependant rester prudent dans l'interprétation de ces résultats. Deux phénomènes sont à prendre en compte :

- D'une part, la baisse n'est pas uniquement due aux politiques de développement durable. La crise économique a joué un rôle dans la réduction des émissions du secteur industriel et donc dans la baisse des émissions de GES;

- D'autre part, les émissions de GES ne prennent en compte que les émissions au sein du territoire, donc de la France.

Si on introduit, comme le fait la Cour des comptes, l'empreinte carbone, qui prend en compte les émissions liées aux imports et aux exports de GES, les résultats ne sont plus du tout les mêmes : l'empreinte carbone de la France (545 $MtCO_2$) est nettement supérieure à ses émissions (410 $MtCO_2$) pour l'année 2005. Cette différence s'explique par une quantité de GES importés en France supérieure à la quantité de GES exportés.

Lorsque l'empreinte carbone est prise comme indicateur de référence, c'est une augmentation entre 1990-2005 qui est alors observée [CC] et les résultats sont nettement moins satisfaisants.

B. La croisade française contre sa goutte d'eau

Bien que les émissions françaises ne soient qu'une goutte d'eau dans l'océan, la France a décidé de lutter contre cette goutte. C'est pourquoi elle a adopté en 2008 une politique ambitieuse et contraignante avec l'application du Paquet Énergie-Climat (PEC), vu au chapitre précédent, et qui consiste à :

- Réduire les émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) de 20 % par rapport à 1990 d'ici 2020 ;

- Développer les Énergies Renouvelables (EnR) au niveau de 20 % de la consommation d'énergie totale ;

- Augmenter l'efficacité énergétique de 20 %.

Comme mentionné plus haut, la France est déjà l'un des pays qui émet le moins de GES dans le monde, du fait de sa production électrique essentiellement issue du nucléaire (78 % [CGP]). Mais, pour montrer l'étendue de sa vertu, la France a même revu un de ses objectifs à la hausse : développer ses EnR au niveau de 23 %.

Or, paradoxalement, le développement des EnR ne s'accompagne pas toujours d'une réduction des émissions de GES. Prenons l'exemple de l'Allemagne, un des pays européens qui a le plus développé ses EnR (25,8 % en 2014 [AE]). Il est l'un des pays dont l'énergie est de plus en plus carbonée. Les EnR, comme l'éolienne ou le photovoltaïque, sont dépendantes des conditions climatiques : il y aura des périodes pleines (vent et rayonnement du soleil importants avec une forte production d'électricité) et des périodes creuses. La production est donc très variable et il n'existe aucun moyen pour stocker massivement l'énergie électrique.

De ce fait, l'Allemagne a recours à un complément de production électrique issu de centrales thermiques au charbon (41 %), ou au gaz (9 %), ou à des importations (6 % en 2014) [energia]. Il est clair que le développement des EnR en Allemagne n'a pas été accompagné d'une réflexion suffisante sur cette intermittence, et la France, de toute évidence, n'est pas prête à la faire non plus.

Les secteurs français, en 2014, émettant le plus de GES sont le transport routier (27,9 %), l'industrie (22 %), l'agriculture (21,2 %) et le bâtiment résidentiel et tertiaire (18 %) [CC].

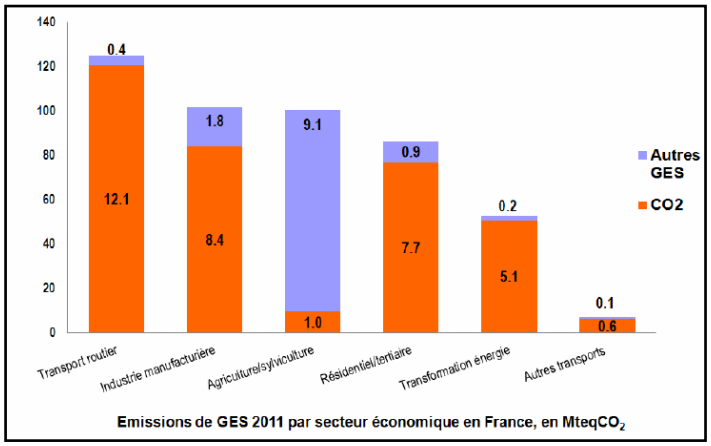


Figure 2 : Emissions de GES 2011 par secteur économique en France, en MteqCO_2 [Cour des comptes]

Les mesures prises par la France pour réduire ses émissions de GES ne sont pas cohérentes. Elles concernent essentiellement le logement et le tertiaire, alors que les principaux émetteurs de GES sont les transports et l'agriculture.

Pour le secteur agricole, la France se concentre sur la baisse des émissions de CO_2 des exploitations et laisse de côté les autres GES comme le protoxyde d'azote et le méthane, qui représentent plus de 90 % du total des émissions du secteur [CC].

Quant aux transports, les mesures sont onéreuses et peu efficaces. Les investissements effectués dans les infrastructures de transport ont un coût pour la tonne de CO_2 évitée qui dépasse le millier d'euros. Cela signifie qu'il faut en moyenne dépenser un millier d'euros en plus (par rapport à ce que l'on aurait payé sans changer les infrastructures) pour réussir à réduire d'une tonne les émissions de CO_2. C'est coûteux, inutile, et profondément nocif pour l'économie du secteur.

Outre l'incohérence des mesures, l'impact des dispositifs visant à la réduction des émissions de GES est mal évalué. Par exemple, prenons le dispositif "Crédit d'Impôt Développement Durable" (CIDD) mis en place pour le secteur logement tertiaire : il finance de manière indifférenciée toute une diversité de travaux dans les logements. Le dispositif est efficace dans le cas de travaux d'isolation des toits et des murs, avec un coût public de la tonne de CO_2 évitée de 21 €. En revanche, il ne l'est pas du tout lorsqu'il s'agit de soutenir des travaux de production d'énergie solaire thermique, avec un coût de la tonne de CO_2 évitée de 432 €, soit vingt fois plus cher que l'isolation.

IV. Analyse critique

La croisade est inutile : il ne sert à rien de vouloir réduire nos émissions de CO_2, qui n'ont aucune influence sur le climat.

La France n'a qu'un rôle mineur à jouer sur le plan technique : ses industries sont plus propres que la moyenne mondiale, de même ses automobiles, et surtout sa production énergétique, essentiellement nucléaire, émet moins de CO_2 que les autres. Il n'empêche que les dirigeants français, toujours en quête de croisades, veulent à toute force faire participer la France à celle-ci, avant tous les autres, plus loin et plus vite qu'eux. Dans la version récente du Protocole de Kyoto, les pays membres ne représentent plus que 15% des émissions de GES mondiales, mais nous voulons à toute force en être.

Les mesures prises sont incohérentes et mal évaluées :

- Celles qui concernent les transports sont coûteuses et peu efficaces ;

- Celles relatives à l'agriculture sont mal ciblées : elles se concentrent sur la diminution du CO_2 agricole qui représente seulement 10 % des émissions totales du secteur.

La France est prête à dépenser beaucoup d'argent pour réduire inutilement les émissions sur son territoire, sans être consciente du fait que les délocalisations qui en résultent nuisent gravement à l'emploi.

Les seules mesures pertinentes sont des banalités : bien entendu, il est utile d'améliorer l'isolation des bâtiments, le chauffage coûtera moins cher. Mais, pour arriver à cette conclusion déjà ancienne, il n'était pas nécessaire de parler de réchauffement climatique, de gaz à effet de serre, et de faire toute cette construction intellectuelle qui, née dans le mysticisme, agonise dans l'arbitraire.

V. Bibliographie

[TVA] Taux de TVA réduit pour les travaux réalisés dans les logements.
Disponible sur :
<http://www.impots.gouv.fr/portal/dgi/public/popup?typePage=cpr02&espId=1&docOid=documentstandard_4693> [consulté le 21/07/2015]

[Planetoscope] Emissions de CO_2 en France.
Disponible sur :<http://www.planetoscope.com/co2/821-emissions-de-co2-en-france.html> [consulté le 03/08/2015]

[Le Monde] Les émissions de CO_2 ont atteint un niveau record en 2010, 30/05/2011.
Disponible sur :<http://www.lemonde.fr/planete/article/2011/05/30/les-emissions-de-co2-a-leur-plus-haut_1529142_3244.html> [consulté le 03/08/2015]

[CITEPA] Centre interprofessionnel technique d'étude de la pollution atmosphérique.
Disponible sur :<http://www.planetoscope.com/co2/1574-co2-degage-par-la-respiration-des-francais.html> [consulté le 03/08/2015]

[Williams] Evolution du climat à court terme et long terme.
Disponible sur :<http://la.climatologie.free.fr/rechauffement/rechauffement1.htm> [consulté le 03/08/2015]

[DD] Emissions de gaz à effet de serre (Europe, France)
Disponible sur :<http://www.developpement-durable.gouv.fr/Emissions-de-la-France,33791.html> [consulté le 03/08/2015]

Deuxième Partie

Aspects scientifiques

Chimère, préjugé, mensonge ténébreux
Victor Hugo : les Châtiments

Chapitre 1

La variabilité naturelle du climat

La Terre a environ 5 milliards d'années ; l'homme n'y est apparu que depuis 5 millions d'années, et, sous la forme "Homo Sapiens", il n'y vit que depuis 200 000 ans. Quant à l'ère industrielle, elle a environ 150 ans. Il est donc clair que les précédents changements climatiques (y compris la glaciation survenue il y a 20 000 ans) sont d'origine naturelle.

Que le climat puisse encore être variable, sur une planète vieille de 5 milliards d'années, est a priori un sujet d'étonnement : tout pourrait être stabilisé depuis longtemps. Mais, en réalité, il existe de nombreuses causes de changements climatiques tout à fait naturelles. La première et principale est externe à la Terre : le Soleil. La Terre elle-même est capable de grandement influer sur son climat : en profondeur (géothermie naturelle), en surface (courants océaniques, éruptions volcaniques) ou encore en altitude (nuages et oscillations climatiques). Le globe terrestre n'est pas un solide figé et indéformable.

Nous avons répertorié dans ce chapitre les principaux facteurs naturels qui peuvent influer sur le climat.

I. Le Soleil

La quantité d'énergie envoyé par le Soleil et reçue par la Terre influence la température et l'ensoleillement de celle-ci.

A. L'activité solaire

L'activité solaire désigne l'ensemble des phénomènes qui affectent le soleil (taches, éruptions, émissions de particules solaires, etc.). Lorsque cette activité varie, la quantité d'énergie envoyée par le Soleil sur la Terre n'est plus la même.

L'activité du Soleil n'est pas constante. En effet, l'énergie et le rayonnement émis par le Soleil varient en particulier selon des cycles dont la durée est en moyenne de 11 ans.

Lors de pics d'activité du Soleil, des taches noires (appelées taches solaires) recouvrent la photosphère. La température dans ces zones est de 3 700°C (au lieu de 4 500°C). Le diamètre de ces taches noires excède souvent le diamètre de la Terre. Pendant les périodes d'activité solaire maximale, il y a également plus d'éruptions solaires, et le vent solaire est plus intense, voir [Fondevilla1].

Expliquons plus en détail en quoi les variations de l'activité solaire influent sur notre climat. Les trois causes principales sont les suivantes :

- Le rayonnement solaire ;
- Le vent solaire ;
- Les éruptions solaires.

1. **Le rayonnement solaire**

La variation de l'intensité du rayonnement solaire (intensité du rayonnement ultraviolet) influe sur la température de l'ozone.

L'ozone est un gaz capable d'absorber les rayonnements ultraviolet et de transformer l'énergie radiative en une énergie thermique. Plus l'intensité du rayonnement ultraviolet augmente, plus le nombre de molécules d'ozone excitées (ayant absorbé l'énergie du rayonnement) augmente et plus la température augmente. Inversement lorsque cette intensité diminue, cela entraîne un refroidissement de la stratosphère.

2. **Le vent solaire**

Le vent solaire est un flux de particules électriquement chargées constitué essentiellement d'ions et d'électrons qui sont éjectés de la haute atmosphère du Soleil. Ce flux varie en vitesse et en température au cours du temps en fonction de l'activité solaire **[Wikipedia]**. Il peut influer sur la quantité de rayonnement cosmique atteignant la Terre et donc sur le climat, voir [Fondevilla2].

Les rayons cosmiques sont des particules de haute énergie venant des étoiles et des supernovas. Elles ont des effets sur la santé, sur l'électronique, et elles pourraient favoriser la formation des nuages.

3. **Les éruptions solaires**

Elles peuvent générer des tempêtes magnétiques ayant une grande influence sur le champ magnétique protégeant la Terre (magnétosphère). Ceci entraîne des variations sur le rayonnement reçu par la Terre et donc sur le climat.

Pour démontrer l'influence du Soleil sur le climat, [Neff et al] ont analysé des données issues d'une stalagmite (concrétion de calcaire montante) provenant d'une grotte en Oman.

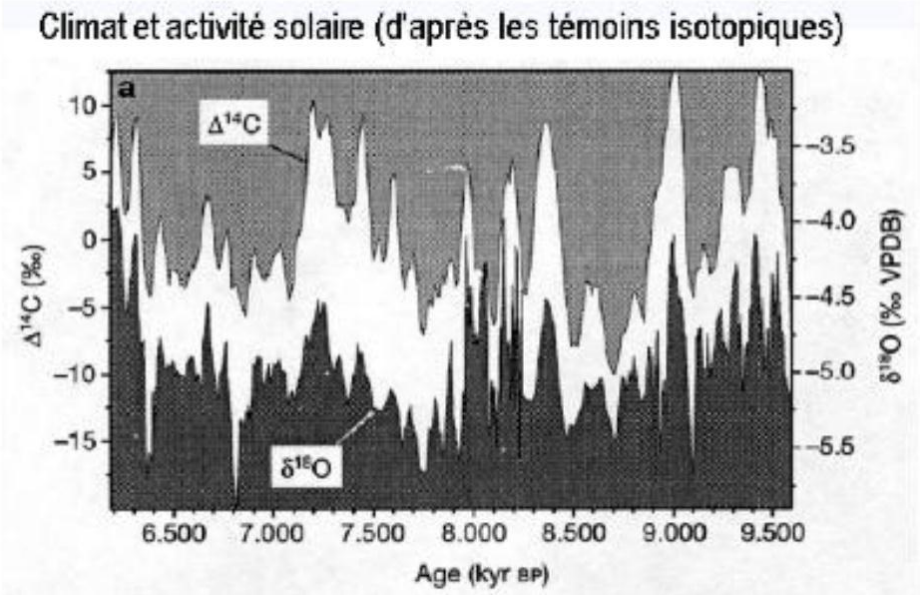


Figure 1 : Variations de l'activité solaire et du climat de la Terre

Sur ce graphique sont représentées les variations de Carbone 14 et celles de l'Oxygène 18 en fonction du temps. Les premières reflètent directement l'activité solaire. En effet, le Carbone 14 se forme avec l'action des rayons cosmiques sur l'azote atmosphérique.

Plus l'activité solaire est forte, plus le vent solaire est intense et empêche les rayons cosmiques d'entrer dans l'atmosphère. Le second ensemble de mesures représente les paramètres climatiques, tels que la température et les précipitations. On observe que les tendances des deux courbes sont semblables, c'est pourquoi une corrélation entre les deux est plausible.

Que l'activité solaire puisse influer sur le climat global de la Terre paraîtra évident à toute personne de bon sens. Cependant :

- Il n'existe aucune mesure historique et aucun moyen direct de les reconstituer. Nous sommes sceptiques par principe quant à la validité scientifique de graphiques comme celui montré ci-dessus : il s'agit de mesures prises en un endroit unique, et le procédé de reconstruction n'a pas été validé. Nous sommes très réservés sur les graphiques comportant, en ordonnées, des ensembles de mesures différents (un axe des y à gauche et un à droite), car on peut leur faire dire ce qu'on veut.

- Du point de vue des études académiques (réalisation de modèles), très peu font intervenir l'activité solaire, ou même simplement en mentionnent l'existence. La vaste majorité des publications se concentre sur les aspects anthropiques.

- A l'heure actuelle même, on ne sait pas mesurer correctement l'activité solaire dans son ensemble.

B. L'albédo

L'albédo est une grandeur physique permettant d'évaluer la quantité de lumière solaire réfléchie par une surface [CNRS1]. Cette grandeur est sans dimension et ses valeurs vont de 0 à 1 : une surface réfléchissant toute la lumière solaire a un albédo de 1 et une surface parfaitement noire (donc absorbante) a un albédo de 0.

Cette grandeur, appliquée au climat, est importante car elle exprime la part du rayonnement solaire qui sera réfléchie par les nuages et la surface de la Terre. Ce rayonnement ne réchauffera donc pas la planète.

Voici quelques ordres de grandeur de l'albédo terrestre :

- Océans : 0,05 – 0,10 ;
- Sable : 0,25 – 0,40 ;
- Glace : 0,60 ;
- Neige : 0,90 ;
- Eau : 0,10 – 0,60 ;
- Albédo moyen terrestre : 0,30.

L'albédo moyen de la planète varie entre 0,30 et 0,35, ce qui est relativement important comparé à d'autres corps célestes (Mercure et la Lune ont un albédo de 0,07 environ et absorbent donc une grande partie du rayonnement solaire).

Tout ce qui modifie l'albédo modifiera aussi le climat. Par exemple, la fonte de la banquise, les variations d'occupation des sols (désertifications, déforestations) sont des phénomènes pouvant modifier localement l'albédo, et donc les échanges d'énergie de la planète.

Le phénomène naturel influant le plus sur l'albédo terrestre est la couverture nuageuse. En effet l'albédo des nuages peut atteindre 0,80 : en présence de nuages, une grande partie du rayonnement solaire n'atteindra pas le sol et sera réfléchie vers l'espace.

II. Mouvement de la Terre autour du Soleil

Trois phénomènes peuvent modifier le mouvement et la disposition de la Terre par rapport au Soleil, et entraîner des changements climatiques à l'échelle d'un hémisphère. Contrairement à ce que l'on croit généralement, ils sont sans influence sur l'ensoleillement global reçu par la planète (voir nos travaux à ce sujet [BB_OR]). Ces phénomènes, aussi appelés paramètres de Milankovitch, sont :

- Les variations de l'inclinaison de l'axe de la Terre ;
- La variation de la forme de l'orbite terrestre autour du soleil ;
- La précession.

1. Les variations de l'inclinaison de l'axe de la Terre

L'inclinaison de l'axe de la Terre est une grandeur variable. D'après les calculs de [Milankovitch], elle varie entre 22,1° et 24,5° sur une période de 41 000 ans. Plus l'inclinaison est prononcée, plus les saisons le sont. Des étés plus frais pourraient favoriser localement la formation des glaciers et modifier l'albédo.

Actuellement, l'axe de la Terre possède une obliquité de 23,4°, ce qui est proche de la valeur moyenne entre les deux extrema. Celle-ci est actuellement dans une phase descendante et atteindra son minimum dans environ 10 000 ans. En prenant comme seul paramètre d'influence l'inclinaison de l'axe terrestre, les étés deviendraient plus froids et les hivers plus chauds pour un hémisphère, l'autre subissant les conséquences inverses.

Mais, bien entendu, l'inclinaison de l'axe de la Terre est sans influence sur la quantité d'énergie globalement reçue par la planète tout entière : une sphère a deux hémisphères.

2. Les variations de l'excentricité orbitale

L'orbite de la Terre autour du Soleil varie selon des cycles dont la durée va de 90 000 ans à 100 000 ans. L'excentricité de l'orbite terrestre caractérise l'écart de forme entre un cercle parfait et l'orbite. Le périhélie est le point de la trajectoire où la Terre est la plus proche du Soleil, alors que l'aphélie est le point où elle en est le plus éloignée. Lors de variations de l'ellipse orbitale, le périhélie se rapproche alors du Soleil et l'aphélie s'en éloigne.

La mécanique orbitale exige que la durée des saisons soit proportionnelle au périmètre de l'orbite de la Terre qui a été balayée entre les solstices (époque de l'année où le soleil est le plus éloigné de l'équateur ; la durée du jour est maximale lors du solstice d'été et minimale lors du solstice d'hiver) et les équinoxes (époque de l'année où la durée du jour est égale à celle de la nuit). Au cours du temps, l'excentricité varie fortement, ce qui fait que la distance Terre-Soleil oscille entre 140 et 165 millions de km.

Il y a 128 000 ans, lors de la précédente période interglaciaire, l'excentricité était proche de 0,04 (contre moins de 0,02 actuellement) et l'énergie reçue par la Terre entre le périhélie et l'aphélie variait d'environ 16 % au lieu de 6 % aujourd'hui. Cela signifie que lorsque la Terre atteignait son aphélie, elle recevait 16 % d'énergie solaire en moins que lorsqu'elle se situait au périhélie. La Terre parcourant toujours des aires égales de son orbite pendant des temps égaux (lois de Kepler), l'ensoleillement global reçu au cours de sa rotation autour du Soleil est constant (voir notre travail [BB_OR]). Néanmoins, localement, l'énergie solaire reçue est sujette à plus de variations lorsque l'excentricité orbitale est élevée.

Ces questions concernant l'impact de la forme de l'orbite sur le climat sont très intéressantes sur le plan scientifique, mais il est clair pour tout le monde qu'elles n'interviennent pas dans le présent débat sur le réchauffement climatique : le débat porte sur les cent dernières années et les variations d'orbite se font sur des centaines de milliers d'années.

3. Le phénomène de précession

La Terre n'étant pas une sphère parfaite, la rotation de la Terre sur elle-même confère à l'axe de rotation de notre planète un mouvement de précession, semblable à celui de l'axe d'une toupie. La principale conséquence du phénomène de précession est le déplacement des solstices et des équinoxes par rapport à la position de la Terre sur son orbite.

Ainsi, les saisons étaient inversées il y a environ 10 000 ans. Pour ce qui est de l'hémisphère Nord, l'hiver avait lieu lorsque la Terre atteignait son aphélie (point le plus éloigné du Soleil) et l'été avait lieu lors du passage au périhélie. Actuellement, cette situation a lieu dans l'hémisphère Sud, et le contraste entre les saisons est moins important car l'hémisphère Sud est essentiellement recouvert d'océans, les terres émergées se trouvant pour la plupart dans l'hémisphère Nord.

La réalité est plus complexe encore : au cycle de précession (environ 26 000 ans) s'ajoute un cycle d'une vingtaine d'années, consistant en de petites oscillations de l'axe de rotation de la Terre autour de sa position moyenne, cycle appelé "nutation" [OBSPM]. Les nutations influent moins sur le climat que la précession mais ont tout de même un lien avec les variations de la hauteur des marées.

Mais là encore :

- Les phénomènes de précession et de nutation n'ont pas d'impact sur la quantité de chaleur reçue globalement par la Terre sur une année, mais seulement sur un hémisphère particulier ;

- Les ordres de grandeur de durée n'ont rien à voir avec le débat actuel.

III. La géothermie naturelle

La géothermie naturelle est l'envoi de chaleur depuis le manteau et le noyau terrestre vers la croûte terrestre (océanique et continentale). On observe des manifestations de la géothermie depuis très longtemps : des vestiges de populations humaines datant de plus de 15 000 ans (3ème âge glaciaire) ont été retrouvés dans des régions volcaniques.

Cette source de chaleur n'a évidemment rien à voir avec l'action de l'homme. On peut s'étonner du fait que, au bout de 5 milliards d'années, la planète ne soit pas complètement refroidie : très peu de modèles cherchent à décrire les échanges de chaleur entre l'intérieur du globe et sa surface. On pense que la poursuite de l'activité géothermique provient de la désintégration d'éléments radioactifs présents dans le manteau terrestre. On constate que, approximativement, la température augmente de 3°C tous les 100 mètres de profondeur.

Ce gradient peut être bien plus prononcé dans des régions appelées champs géothermaux, en général associées aux volcans. Dans ces zones, le gradient thermique peut atteindre 100°C par mètre.

La puissance thermique naturelle évacuée par la Terre est estimée à environ 45 TW. Si nous prenons un réacteur nucléaire d'une puissance de 1,5 GW, la puissance thermique de la Terre équivaut alors à 30 000 centrales nucléaires. Voici ci-dessous la carte du flux géothermique mondial :

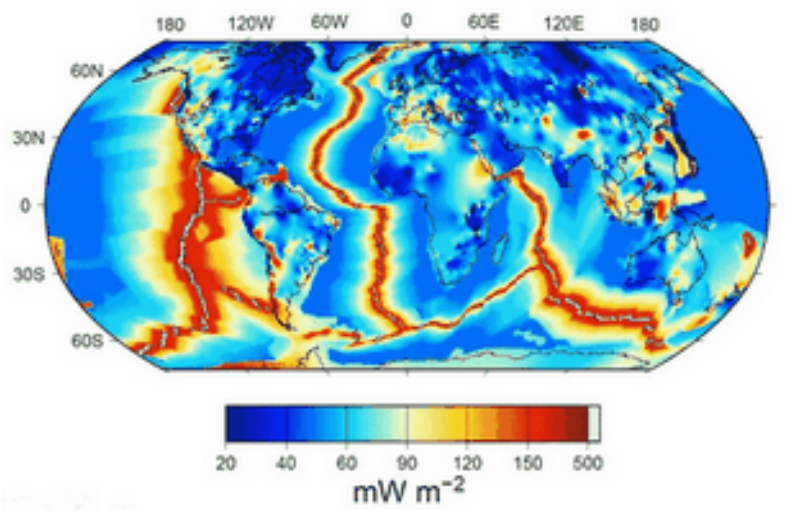


Figure 2 : Carte du flux géothermique mondial

La puissance dégagée par la désintégration des éléments radioactifs terrestres est évaluée à 20 TW (plus ou moins 5 TW). Cela représente à peine la moitié de la chaleur dégagée par la Terre.

Une moitié de la puissance dégagée par la Terre ne serait donc pas produite par une quelconque source d'énergie, mais par le refroidissement naturel du centre de la Terre, que l'on appelle refroidissement séculaire.

Si on suppose que ce refroidissement est homogène dans toute la Terre, ce qui est une hypothèse très simplificatrice, on peut calculer que ce refroidissement séculaire est actuellement compris entre 50 et 100 K par milliard d'années, ce qui est très faible : l'intérieur de la Terre n'aurait perdu en moyenne que de 3 à 6 degrés depuis la disparition des dinosaures il y a 65 millions d'années. Bien que très lent, le refroidissement naturel du noyau terrestre génère à lui seul plus d'énergie que toute la production humaine actuelle !

La géothermie naturelle de la Terre joue donc un rôle prépondérant, dans la mesure où elle influence les mouvements du manteau terrestre, responsables de la tectonique des plaques, aussi bien que l'activité volcanique. De plus c'est également elle qui permet d'entretenir le champ magnétique qui entoure notre planète.

Il est important de noter que la géothermie naturelle est éminemment variable : des chaînes de volcans apparaissent, ou se réveillent ; d'autres disparaissent, sans que l'on sache pourquoi.

Malheureusement, la géothermie (tout comme l'activité solaire) est pratiquement absente des études académiques qui veulent analyser l'évolution du climat. Sur le plan des principes, de la méthodologie scientifique prise au sens strict, on devrait par principe refuser toute étude, portant sur le climat, qui ne prendrait pas en compte l'activité solaire, ou qui ne prendrait pas en compte la géothermie.

La géothermie pourrait être l'une des causes de la fonte des glaces au Groenland.

Le centre de recherche allemand GFZ pour les géosciences a établi que l'effet de la géothermie ne doit pas être négligé lors de modélisations de l'évolution de la banquise. Le GFZ a construit un modèle "climat / glace / thermomécanique" de la lithosphère (ensemble croûte terrestre – manteau supérieur solide) du Groenland. Il a été testé sur une période de simulation de trois millions d'années et est en concordance avec les mesures effectuées. L'épaisseur de la lithosphère du Groenland, et par conséquent le flux géothermique, varient grandement dans des limites territoriales étroites.

Le GFZ a trouvé par exemple des zones où la glace fond à côté de zones où elle reste très froide. La croûte terrestre et le manteau jouent donc un rôle non négligeable dans la dynamique des processus en surface.

De plus la découverte d'un canyon géant subglaciaire sous la calotte glaciaire où coule de l'eau liquide peut être un témoin de l'influence de la géothermie [PS]. Ce canyon, qui permet d'évacuer la glace fondue (par géothermie) vers l'océan, pourrait avoir influé sur l'évolution de la calotte par la modification de sa topographie et de son hydrographie.

IV. La composition de l'atmosphère

La composition de l'atmosphère est détaillée dans ce tableau :

Composition de l'atmosphère		(en %)
Azote		78,087
Oxygène		20,95
Argon		0,93
GES	CO_2	0,04
	N_2O	0,000208
	H_2O	0,5 < ... <5
	CH_4	0,0001745
	O_3 et CFC	0,0208

Tableau 1 : Composition de l'atmosphère terrestre

Cette composition peut également jouer un rôle sur le climat. Deux familles majeures de gaz sont responsables de cette influence : les gaz à effet de serre et les aérosols.

A. Principe de l'effet de serre

Lorsque le rayonnement solaire atteint l'atmosphère terrestre, une partie (environ 30 %) est directement réfléchie, c'est-à-dire renvoyée vers l'espace, et une partie est absorbée par l'atmosphère (20 %) et le reste par la surface terrestre (50 %) [CNRS].

Une partie du rayonnement absorbé par la surface terrestre est à son tour restituée en direction de l'atmosphère. Ce transfert se fait par convection (mouvement de l'air) et sous forme de rayonnements infrarouges lointains. L'effet de serre ne s'intéresse qu'à ces rayonnements, qui seront absorbés en partie par les gaz à effet de serre, en contribuant à réchauffer l'atmosphère.

L'effet de serre est donc un jeu entre absorption, réflexion, et émission de rayonnement.

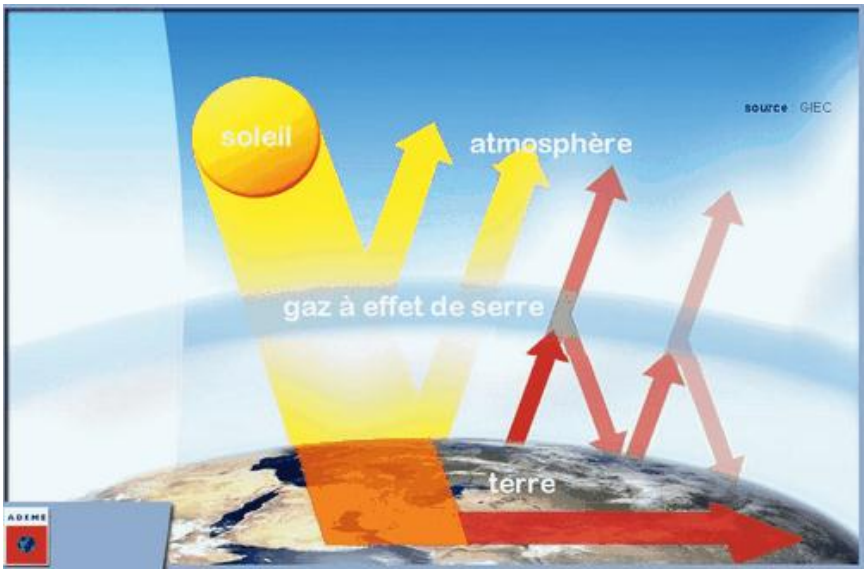


Figure 3 : Schéma de l'effet de serre (GIEC)

Les gaz à effet de serre (composants gazeux de l'atmosphère contribuant à l'effet de serre) sont : la vapeur d'eau, le dioxyde de carbone (CO_2), le méthane (CH_4), l'oxyde nitreux (ou protoxyde d'azote, de formule N_2O) et l'ozone (O_3).

Leurs contributions approximatives à l'effet de serre sont les suivantes [Kiehl & Trenberth] :

- vapeur d'eau : 60 % ;
- dioxyde de carbone : 26 % ;
- ozone : 8 % :
- méthane et oxyde nitreux : 6 %.

Nous allons les passer en revue.

B. Les principaux gaz à effet de serre

1. La vapeur d'eau

La concentration atmosphérique en vapeur d'eau est très variable et dépend largement de la température. La vapeur d'eau est un composant hautement actif du système climatique, qui répond rapidement aux changements de conditions en se condensant soit en pluie soit en neige, ou en s'évaporant pour retourner dans l'atmosphère.

L'eau contenue dans l'atmosphère est constamment réduite par les précipitations, mais elle est renouvelée par sa source principale, l'évaporation des mers, des lacs, des rivières et de la terre humide.

L'activité humaine n'affecte pas de manière significative les concentrations en vapeur d'eau sauf à l'échelle locale, comme par exemple, à proximité des champs irrigués.

2. **Dioxyde de carbone**

Les sources naturelles de dioxyde de carbone englobent :

- les échanges océaniques-atmosphériques ;
- la respiration animale et végétale ;
- la respiration des sols et les décompositions.

Une petite quantité est aussi créée par les éruptions volcaniques.

3. **Méthane**

Les principales sources naturelles de méthane englobent les zones humides (marécages) et les océans.

4. **Oxyde nitreux**

Les émissions naturelles d'oxyde nitreux viennent de la végétation naturelle. Les autres sources comprennent les océans et les réactions chimiques atmosphériques.

C. Les aérosols

L'autre famille de gaz jouant un rôle sur le climat est celle des aérosols : un aérosol est un gaz mélangé à des particules liquides ou solides (par exemple nuage, brouillard, fumée, nuage de cendre). Ils peuvent avoir des effets directs et indirects sur le climat.

Voici les principales conséquences de la présence d'aérosols dans l'atmosphère :

Réchauffement ou refroidissement de l'atmosphère

Les aérosols réfléchissent ou absorbent la lumière, selon leur composition en particules.

Concernant les aérosols carbonés, leur impact le plus marqué sur le climat est lié essentiellement à la présence du noir de carbone, qui absorbe le rayonnement solaire. Il peut être transporté sur de longues distances et se dépose sur les étendues glaciaires en diminuant leur pouvoir réfléchissant (albédo). Le carbone organique, au contraire, tend à refroidir l'atmosphère.

Favorisation de la condensation de la vapeur d'eau

Certains aérosols (soufrés notamment), fournissent des "noyaux de condensation" : ils favorisent la condensation de la vapeur d'eau de l'atmosphère en petites gouttes, ce qui conduit à des modifications dans la formation des nuages.

Les aérosols ont des effets directs sur le rayonnement, et indirects en favorisant la formation de nuages qui peuvent être hauts ou bas. Leur contribution, globalement "refroidissante", est encore un sujet d'étude scientifique intense.

Toutefois les effets des aérosols ne perdurent pas très longtemps après leur émission : leur durée de vie dans l'atmosphère est de quelques semaines ; ils ne s'accumulent donc pas dans l'atmosphère, à la différence des gaz à effet de serre.

D. Sources naturelles de gaz à effet de serre et d'aérosols

1. **Eruptions volcaniques**

Lors des éruptions volcaniques, de grandes quantités de poussières et de particules de soufre atteignent la stratosphère, où, en se combinant à l'oxygène, elles peuvent jouer le rôle d'aérosols. Les particules retiennent la lumière du soleil et les températures diminuent. Ce phénomène est appelé « hiver volcanique » ou « forçage volcanique ». Deux types de particules sont émis : les particules lourdes (cendres) et les particules de soufre.

Les cendres augmentent l'opacité de l'atmosphère : le rayonnement solaire atteignant le sol est réduit et les températures vont diminuer. L'effet des cendres est cependant de courte durée, car il s'agit de particules de roches qui :

- soit sont trop lourdes et finissent par retomber au sol ;
- soit servent d'amorce à la création de gouttes de pluie, de grêle, de neige, etc. Ces particules finissent aussi par tomber au sol.

Les gaz à base de soufre produits par les volcans, eux, restent présents longtemps dans l'atmosphère. Ils réagissent avec d'autres molécules et ont la particularité d'augmenter l'albédo de l'atmosphère.

Par ailleurs, l'ampleur de la perturbation climatique sera fonction du lieu de l'éruption. Si elle a lieu à l'équateur (comme celle du Pinatubo), elle a la possibilité de toucher le climat global de la Terre, puisque les vents dominants vont emporter les aérosols produits sur de très longues distances.

Les aérosols empêchent alors le rayonnement du soleil de traverser la couche la plus basse de l'atmosphère (la troposphère), diminuant ainsi les températures.

2. L'impact météoritique

La probabilité d'occurrence de tels phénomènes est très faible. Tout comme pour les éruptions volcaniques, un impact météoritique pourrait être à l'origine d'un changement de climat. En effet lors de sa collision, la météorite pourrait provoquer un nuage de poussière qui augmenterait l'opacité de la couche atmosphérique inférieure. On ne sait pas si de tels phénomènes se sont produits par le passé et quel impact ils ont pu avoir. Expliquer la disparition des dinosaures par l'impact d'un météore (explication que l'on rencontre souvent) est pure spéculation.

Beaucoup de gens se refusent à admettre que la Nature se débarrasse constamment de certaines espèces (et en crée de nouvelles) et, pour eux, la disparition d'une espèce ne peut venir que d'un phénomène exogène. Bien entendu, ce point de vue puéril est totalement démenti par les faits.

V. La couverture nuageuse et les courants marins

A. La couverture nuageuse

Comme dit précédemment, le comportement de la couche nuageuse a une très grande influence sur la quantité de rayonnement solaire qui atteindra le sol. Cependant l'influence des nuages ne se limite pas à une simple réflexion des rayons solaires.

1. La double action des nuages

Nous avons vu que la réflectivité des nuages pouvait être très importante, avec un albédo atteignant 0,80. Les nuages ont également une influence sur le rayonnement infrarouge thermique.

Prenons l'exemple du rafraîchissement naturel du sol la nuit. Les nuits les plus froides sont celles sans nuages. Cela est dû au fait que la surface du sol émet un rayonnement thermique afin de perdre sa chaleur. Lorsque des nuages sont présents, ils vont contenir cette émission de chaleur et vont donc provoquer un effet de serre empêchant le sol d'évacuer sa chaleur vers la haute atmosphère.

Ainsi les nuages ont une double action sur les variations de température. Par leur présence, ils augmentent l'albédo de la planète et diminuent l'énergie solaire absorbée, ce qui a tendance à refroidir la surface du sol. A l'inverse, par leur effet de serre, les nuages empêchent le transfert de chaleur du sol vers la haute atmosphère.

2. Couches nuageuses inférieures et supérieures

Les nuages qui ont le maximum d'effet sur le rayonnement solaire sont ceux qui sont les plus étendus et les plus persistants : les stratocumulus. Ces nuages, bas (altitude entre 500 et 2500 m) et peu épais, couvrent continuellement une vaste partie du globe, comme le montre ci-dessous la carte de l'ISCCP (International Satellite Cloud Climatology Project). Cette carte montre la répartition des couches nuageuses inférieures dans le monde :

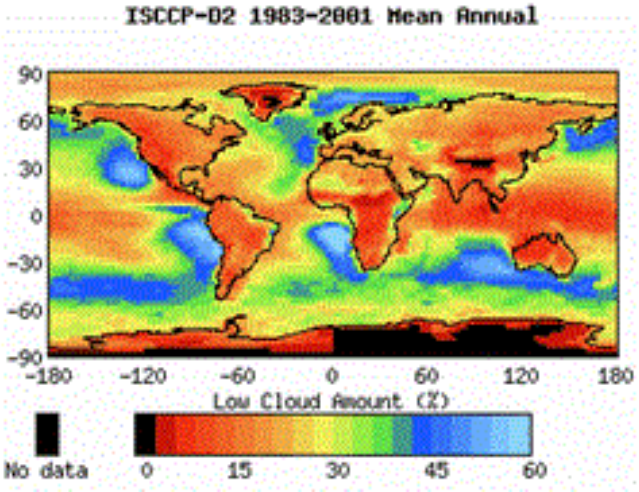


Figure 4 : Couverture de nuages bas (ISCCP)

Puisque ces nuages sont bas, leur température est peu différente de la température de la surface et leur effet de serre reste limité ; par contre leur réflectivité est supérieure à 50 %. Ils ont donc un fort effet d'albédo (réflexion du rayonnement solaire).

Les cirrus, au contraire, sont des nuages élevés en altitude (entre 5000 et 14 000 m). On les trouve dans la partie supérieure de la troposphère. Ce sont eux que l'on voit en premier avant l'arrivée d'une perturbation. Ils sont très étendus et couvrent environ 20 % de la surface du globe. Voici leur répartition :

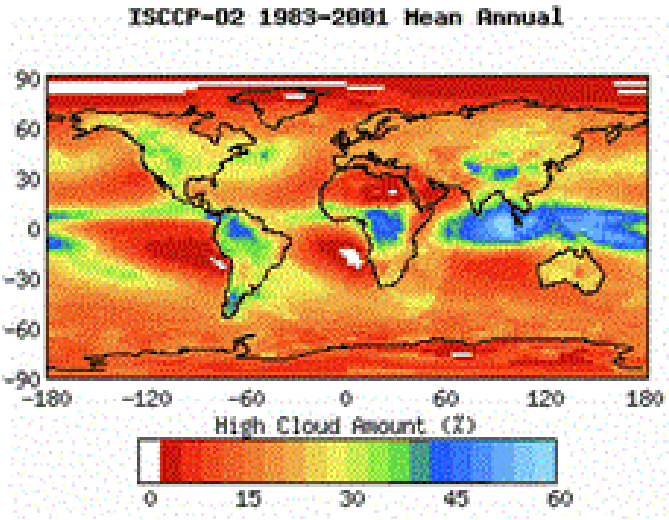


Figure 5 : Couverture de nuages hauts (ISCCP)

Ils sont composés de cristaux de glace et leur température peut être très basse : des températures de – 60°C, -70°C sont fréquentes. Leur effet de serre est donc très important. Par ailleurs, les cirrus sont souvent assez transparents au rayonnement solaire et leur effet d'albédo est faible (bien que non négligeable).

B. Les courants marins

Un courant marin est un mouvement d'eau de mer régulier, continu et cyclique. Ce type de mouvement est dû aux effets combinés du vent, des différences de température, de densité et de salinité entre deux zones marines. Ils jouent un grand rôle dans le climat mondial, notamment en régulant et dispersant la chaleur des continents.

Les océans stockent la chaleur sur Terre, bien plus que les continents et que l'atmosphère. En effet, l'albédo des océans est très faible (0,05 contre 0,30 de moyenne à la surface du globe). C'est l'une des raisons principales de la grande influence de l'océan sur le climat.

En hiver (pour l'hémisphère Nord), les températures sont beaucoup plus basses sur les continents (par exemple en Sibérie et en Chine) que sur les océans (par exemple l'océan Atlantique). On voit aussi que les températures sont très élevées dans la ceinture tropicale. Cette différence de température est le premier effet à l'origine des climats tempérés dans les zones océaniques. On le voit particulièrement à l'échelle annuelle.

C. Les principales oscillations climatiques

Il existe des oscillations océaniques naturelles qui influent sur les variations des paramètres climatiques (pression et température principalement). Certaines décrivent des variations du régime océan – atmosphère (pression, albédo), d'autres décrivent des cycles de variations de température des océans. Voici les trois principales oscillations climatiques :

- Oscillation Nord Atlantique (NAO) ;
- Oscillation Atlantique Multidécennale (AMO) ;
- Oscillation Décennale du Pacifique (PDO).

L'Oscillation Nord Atlantique (NAO) consiste en une différence de pression entre l'anticyclone des Açores et la dépression d'Islande et caractérise un régime océan – atmosphère. Cette oscillation a pour conséquences [CNRS2] :

- des changements de la pression au sol (donc de l'intensité et de la position de l'anticyclone des Açores et des dépressions d'Islande) ;
- des variations des vents d'ouest ;
- des influences sur le climat (températures et précipitations) tout autour du bassin Atlantique.

La très forte variabilité de cette oscillation rend difficile la détection de cycles. Cependant il y a deux échelles de périodicité qui se distinguent : une décennale et une saisonnière.

L'influence de cette oscillation n'est pas négligeable, elle serait en partie à l'origine de la fonte des glaces au Groenland.

La NASA a évalué, à partir d'images satellitaires, en juillet 2012, que la couche de surface de la glace était constituée à 97% d'eau de fonte.

Une étude [IJC] a démontré que le caractère inhabituel de cette fonte était lié à des anomalies atmosphériques, c'est-à-dire à la variabilité naturelle du climat. Elle provenait d'une modification du courant-jet (vent soufflant d'Ouest en Est en haute troposphère) qui a entraîné un blocage des conditions anticycloniques sur l'Arctique. Une modification de la saisonnalité de l'Oscillation Nord Atlantique a également influé sur cette fonte. La conséquence de ces phénomènes est la suivante : les hautes pressions en moyenne troposphère ont entraîné l'apparition de vents du sud, donc relativement chauds, sur le flanc ouest de la calotte ; ils ont alors formé un "dôme de chaleur " sur le Groenland.

Dans l'étude, l'équipe montre que c'est précisément cette configuration atmosphérique qui a engendré l'apparition d'eau de fonte sur la quasi-totalité de la calotte groenlandaise. L'étude utilise des données provenant d'un modèle climatique, de deux stations météo basées sur les côtes groenlandaises et de stations aux extrémités de la calotte.

L'Oscillation Atlantique Multidécennale (AMO) caractérise plutôt une variation de la température de surface de l'océan obéissant à des cycles de plusieurs décennies. Voici le graphique des variations de températures entre 1856 et 2013, mettant en évidence le caractère cyclique de ce phénomène :

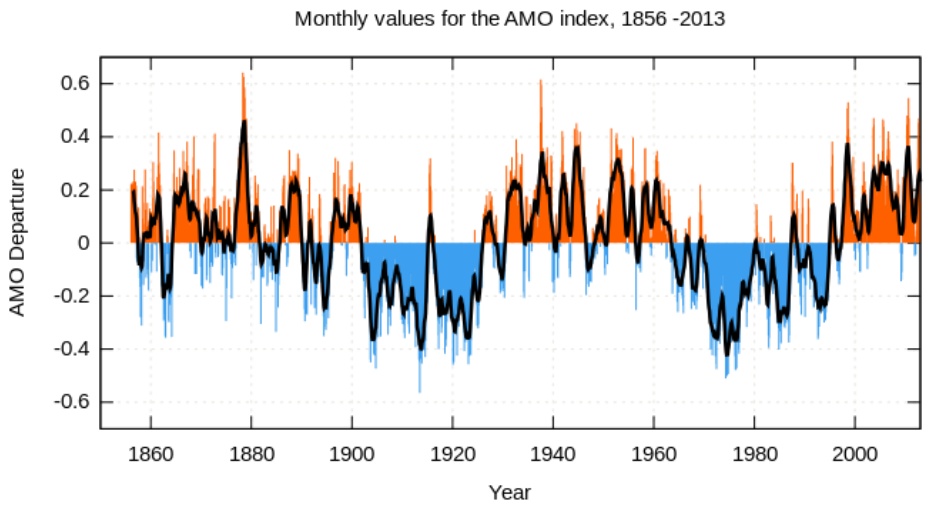


Figure 6 : L'Oscillation Atlantique Multidécennale

Au niveau des impacts sur le climat, l'AMO semble reliée à la variation sur de longues périodes de la pluviosité et des températures de l'air dans l'hémisphère Nord, en particulier en Europe et en Amérique du Nord [Kerr].

La hausse de la température de surface de la mer dans l'Atlantique Nord implique également une baisse de la pression moyenne dans la même région. L'air, plus chaud, a tendance à se dilater et la pression baisse en conséquence.

Enfin, l'intensité des tempêtes tropicales et des ouragans dans l'Atlantique Nord semble quant à elle faiblement reliée à l'AMO.

L'Oscillation Décennale du Pacifique (PDO) est une fluctuation sur une période de 20 à 30 ans de la température de surface de la mer. Les effets des phases froides et chaudes de l'oscillation ont été clairement observés sur le climat de l'Amérique du Nord au cours du siècle dernier.

Le 20ème siècle a débuté, entre 1900 et 1925, par la phase froide et des températures annuelles relativement basses. Les vingt années qui suivirent, entre 1925 et 1945, correspondaient à la phase chaude et donc à des températures plus douces. Une nouvelle phase froide s'est imposée entre 1945 et 1975 puis les températures douces sont revenues au cours du dernier quart du 20ème siècle.

Il semble qu'il existe un lien entre la PDO et El Niño. Si El Niño débute durant la phase froide de l'oscillation, il tend alors à être moins important et plus imprévisible. S'il débute dans la phase chaude, El Niño sera plus fort et il sera plus facile de prévoir ses conséquences (comme ce fut le cas en 1997-98) [Jamet].

On ne connaît pas précisément l'importance ni l'origine de ces oscillations climatiques naturelles. Mais, bien entendu, il faut en tenir compte si on veut étudier les évolutions du climat.

VI. Bibliographie

[Fondevilla1] Les activités du Soleil. Williams Fondevilla.
Disponible sur : <http://system.solaire.free.fr/soleilactivite.htm> [consulté le 20/07/2015]

[Fondevilla2] Les effets du soleil sur le climat. Williams Fondevilla
Disponible sur : <http://la.climatologie.free.fr/soleil/soleil3.htm#effets> [consulté le 20/07/2015]

[NIPCC] HEARTLAND INSTITUTE. C'est la Nature Et Non l'Activité Humaine Qui Détermine le Climat. 2008, 70 p.
[Neff et al] 2001

[Wiki1] Cycle solaire.
Disponible sur : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Cycle_solaire> [consulté le 16/07/2015]

[CNRS1] Le climat de la Terre. L'albédo.
Disponible sur :
<http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosclim/contenu/alternative/alter_etape1_4.html>

[Milankovitch] Le soleil, la terre et le réchauffement climatique.
Disponible sur : <http://www.planetseed.com/fr/relatedarticle/le-soleil-la-terre-et-le-rechauffement-climatique> [consulté le 17/07/2015]

[OBSPM] La Précession et la Nutation. Observatoire de Paris.
Disponible sur : <http://media4.obspm.fr/public/AMC/pages_mesure-temps/mctc-precession-nutation.html>

[Planet-Terre] Aérosols, volcans et climat.
Disponible sur : <http://planet-terre.ens-lyon.fr/article/aerosols-volcans-climat.xml> [consulté le 20/07/2015]

[ClimateChallenge1] L'activité volcanique.
Disponible sur : <http://www.climatechallenge.be/fr/des-infos-en-mots-et-en-images/le-changement-climatique/le-changement-climatique/les-causes-naturelles/activite-volcanique.aspx> [consulté le 16/07/2015]

[ClimateChallenge2] L'impact météoritique.
Disponible sur : <http://www.climatechallenge.be/fr/des-infos-en-mots-et-en-images/le-changement-climatique/le-changement-climatique/les-causes-naturelles/impact-meteoritique.aspx> [consulté le 16/07/2015]

[CNRS2] Extrait de la Lettre n°15 Programme International Géosphère Biosphère-Programme Mondial de Recherches sur le Climat (PIGB-PMRC)

[Kerr] Richard A. Kerr, « A North Atlantic Climate Pacemaker for the Centuries », Science, no 288, 2000, p. 1984–1985

[Jamet] El Nino n'en fait qu'à sa tête ! Didier Jamet.
Disponible sur : <http://www.cidehom.com/science_at_nasa.php?_a_id=125> [consulté le 06/08/2015]

[Kiehl & Trenberth] Les différents gaz à effet de serre.
Disponible sur :< http://chroniques-du-temps.over-blog.fr/pages/Les_differents_gaz_a_effet_de_serre-1703210.html> [consulté le 06/08/2015]

[FU] Futura Environnement. La Fonte des glaces record au Groenland en 2012 est d'origine naturelle
Disponible sur : < http://www.futura-sciences.com/magazines/environnement/infos/actu/d/climatologie-fonte-glaces-record-groenland-2012-origine-naturelle-47246/> [consulté le 10/08/2015]

[IJC] International Journal of Climatology : Atmospheric and oceanic climate forcing of the exceptional Greenland ice sheet surface melt in summer 2012
Disponible sur : < http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/joc.3743/abstract;jsessionid=4ACD68A577DC483F9783ABD55F162DBB.d02t03 > [consulté le 10/08/2015]

[HP] Le huffington post. Fonte des glaces au Groenland : le réchauffement climatique n'est pas à blâmer cette fois-ci.
Disponible sur : < http://quebec.huffingtonpost.ca/2012/08/01/groenland-fonte-calotte-glaciere_n_1730691.html> [consulté le 10/08/2015]

[EF] Earth of fire. Groenland : le flux de chaleur du manteau co-responsable de la fonte de la calotte glaciaire.
Disponible sur : < http://www.earth-of-fire.com/article-groenland-le-flux-de-chaleur-du-manteau-co-responsable-de-la-fonte-de-la-calotte-glaciaire-119509554.html> [consulté le 10/08/2015]

[PS] Pour la science. Un canyon géant au Groenland.
Disponible sur : < http://www.pourlascience.fr/ewb_pages/a/actu-un-canyon-geant-au-groenland-31905.php> [consulté le 10/08/2015]

[Wikipedia] Vent solaire.
Disponible sur : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Vent_solaire> [consulté le 24/08/2015]

Chapitre 2 :

Influence de l'homme sur le climat

I. L'activité humaine

Sans prétendre à l'exhaustivité, nous présentons quelques-unes des activités humaines qui peuvent influer sur le climat.

A. L'industrie

Les gaz à effet de serre émis par le secteur de l'industrie au niveau mondial représentent 28,6 % des émissions de GES anthropiques totales.

Les principaux gaz à effet de serre émis par l'industrie sont le CO_2 (à 90 %), le protoxyde d'azote (loin derrière avec 5,5 %) et les gaz fluorés (4,2 %), d'après [MEDDE1].

Les trois principaux gaz fluorés, à savoir les hydrofluocarbures (HFC), les perfluocarbures ou hydrocarbures perfluorés (PFC) et les hexafluorures de soufre (SF_6), sont essentiellement utilisés par l'homme lors de processus industriels.

Les HFC sont utilisés dans les réfrigérateurs, les climatiseurs, les mousses et aérosols en bombe. Les émissions provenant de ces produits sont causées par des fuites de gaz lors du processus de fabrication ainsi que pendant la durée de vie du produit.

Les PFC sont créés au cours des processus de fabrication de l'aluminium et des semi-conducteurs.

Les SF_6 sont principalement utilisés par l'industrie électrique comme isolants et dans les interrupteurs à arc, ainsi que comme gaz de protection dans la production du magnésium.

B. L'utilisation des terres, leur changement et la forêt

L'utilisation des terres, leur changement et la forêt englobent *« l'accroissement forestier, la conversion des forêts (défrichement) et des prairies ainsi que les sols dont la composition en carbone est sensible à la nature des activités auxquelles ils sont dédiés (forêt, prairies, terres cultivées) »,* voir [ACTUenvironnement].

Les gaz à effet de serre émis par ce secteur représentent 23,9 % des émissions de GES anthropiques totales, d'après le GIEC.

1. La déforestation

La déforestation résulte d'une surexploitation de la ressource forestière et/ou d'une destruction des forêts par l'homme. Elles sont telles qu'elles aboutissent à un changement de l'occupation du sol : la forêt est remplacée par un territoire urbain, des voies de transport, des milieux cultivés, des pâturages, un désert, etc. [Sciama & Noblet].

La forêt recouvre 30 % de la surface émergée du globe : une campagne de télédétection entreprise en 2010 estime cette surface à 3,89 milliards d'hectares.

Le mouvement de déforestation a été accéléré au cours des dernières années. D'après une étude de la Food and Agriculture Organisation (FAO), la forêt a disparu à un rythme annuel de 15,5 millions d'hectares par an entre 1990 et 2010, soit 155 000 km² par an. Ce chiffre ne prend pas en compte le reboisement qui est estimé par la FAO à 102 000 km² par an. La disparition annuelle de la forêt est alors de 53 000 km² [ConsoGlobe].

En France, la surface des forêts augmente régulièrement : voir [IGN].
La déforestation, en raison du rôle des forêts dans le système puits-source des gaz à effet de serre, a un impact sur le climat.

La forêt joue également un rôle dans la régulation du climat local grâce à son interaction avec le cycle de l'eau.

Une bonne partie de l'énergie qui convertit l'humidité de surface en vapeur d'eau vient des radiations du soleil chauffant la surface de la terre. L'énergie dépend ainsi de l'albédo de la surface, qui dépend lui-même de la végétation, qui absorbe plus de chaleur que ne le fait le sol nu. Au dessus d'une végétation épaisse, de puissants courants thermiques emportent l'humidité (fournie par cette même couverture de plantes) dans l'atmosphère, où elle est condensée en pluie. En raison de son influence sur les modèles de convection et les courants des vents, ainsi que sur les régimes pluviométriques, l'effet d'albédo constitue un facteur essentiel dans la régulation du climat.

La disparition des forêts tropicales change la réflectivité de la surface de la terre, ce qui affecte le climat global en modifiant les mouvements des vents, des courants marins, et la distribution des pluies.

La déforestation tropicale peut aussi avoir un effet dans d'autres parties du monde. Une étude de la NASA de 2005 explique que les déforestations dans la région amazonienne influencent les chutes de pluies du Mexique au Texas et dans le Golfe du Mexique, tandis que la perte de forêts en Afrique Centrale affecte les chutes de pluies dans le haut et bas Midwest Américain. De même, une étude affirme que la déforestation en Asie du Sud-est a un impact sur les chutes de pluies en Chine et sur la Péninsule des Balkans [Bettwy]. Mais toutes ces études doivent être prises avec précaution.

2. **L'urbanisation**

Le milieu urbain a également une grande influence sur le climat local. L'une de ses manifestations climatiques les plus connues est la formation d'îlots de chaleur. Des différences importantes de température peuvent ainsi être relevées au sein d'une même ville, selon le relief, l'exposition (versant sud ou nord), mais aussi la nature de l'occupation du sol (verdure, étendues d'eau, surfaces construites, etc.), la capacité de la surface de la Terre à renvoyer l'énergie solaire ou encore la "rugosité" du sol (c'est-à-dire sa capacité à permettre la circulation de l'air).

La concentration urbaine provoque ainsi des variations locales de température, particulièrement la nuit, d'une part à cause d'un usage localement important de l'énergie (chauffage en hiver ou de climatisation en été, circulation intense, etc.), et d'autre part à cause de l'inertie thermique des bâtiments (résistance aux changements de température).

3. **L'agriculture et la sylviculture**

L'agriculture et la sylviculture émettent à elles seules 19 % du CO_2 d'origine anthropique. L'élevage et la culture de riz sont générateurs de méthane.

Ce secteur est également générateur de précurseurs d'aérosols : l'activité agricole entraîne l'émission d'oxydes d'azote (NO_x), conduisant à la formation de particules solides de nitrates.

C. Le bâtiment

Un autre secteur de l'activité humaine qui influe sur le climat est le bâtiment car il représente 18,6 % des émissions de GES mondiales ; il est principalement générateur de CO_2.

De plus, la combustion de charbon ou de bois comme combustibles entraîne l'émission de particules fines et la formation du noir de carbone qui sont des aérosols.

D. Les transports

Les transports génèrent 14,4 % des émissions de GES mondiales. Les principaux gaz à effet de serre émis par le secteur des transports sont le CO_2 (le CO_2 issu des transports représente 26 % du CO_2 anthropique) et les HFC (notamment présents dans les climatisations des voitures), voir [MEDDE2].

Il s'agit du poste de consommation d'énergie qui croît le plus vite dans le monde, du fait des échanges de plus en plus nombreux.

Ce secteur, avec la circulation routière, la combustion de pétrole ou de charbon, est également à l'origine de la formation d'aérosols.

E. L'énergie

Le secteur de l'énergie représente 11 % des émissions de GES mondiales et en particulier 13 % des émissions de CO_2.

F. Le traitement des déchets

Le traitement des déchets représente 2,9 % des émissions de GES anthropiques. Les décharges produisent notamment du CO_2 (3 % des émissions mondiales) et du CH_4.

Ces secteurs sont émetteurs de gaz à effet de serre, d'aérosols ou bien modifient le cycle de l'eau, l'albédo de la Terre ou créent des îlots de chaleur.

G. La part de l'homme dans les GES

En lisant le paragraphe précédent, on a l'impression d'une considérable activité humaine, ayant de fait une influence considérable sur le climat. Mais voici les chiffres ; il faut éviter de se donner une importance que l'on n'a pas.

Les GES représentent actuellement 1,04% de la composition de l'atmosphère, comme précisé dans le paragraphe IV, du chapitre 1 de la partie 2.

Les émissions annuelles de GES de l'homme sont données en GtéqCO_2. Nous avons évalué ce que cette quantité représente par rapport à la masse de l'atmosphère, estimée à $5{,}15\times10^{6}\ \text{Gt}$.

Le calcul est le suivant :

$$\frac{Masse(GES_{anthropiques})}{Masse(atmosphère)} \approx \frac{49}{5{,}15\times10^{6}} \approx 9{,}51\times10^{-6}\ \text{Gt}$$

Soit $9{,}51\times10^{-4}$ %.

Nous avons également comparé la part de GES anthropiques aux GES globalement présents dans l'atmosphère, cela représente :

$$\frac{Masse(GES_{anthropiques})}{Masse(GES_{atmosphère})} \approx \frac{49}{5{,}35\times10^{5}} \approx 9{,}16\times10^{-4}\ \text{Gt}$$

Soit $9{,}16\times10^{-2}$ %.

La masse prise pour les GES anthropiques est celle de l'année 2010.

Les deux ratios sont très faibles.

De plus, l'influence des différents gaz sur l'effet de serre n'est pas la même : la vapeur d'eau est le principal gaz à effet de serre de l'atmosphère, représentant environ 60 % du total.

L'apport de l'homme dans la quantité de vapeur d'eau est extrêmement faible : les émissions annuelles de vapeur d'eau de l'humanité représentent moins de 1 % de l'évaporation naturelle survenant en une seule journée.

En outre, les émissions anthropiques de vapeur d'eau (provenant principalement de la combustion d'hydrocarbures) n'ont qu'un effet local, puisque le temps de résidence de la vapeur d'eau dans l'atmosphère ne dépasse pas une dizaine de jours.

Ainsi, les émissions directes de vapeur d'eau des hommes ne contribuent pas à augmenter l'effet de serre de manière significative. Elles ne sont pas prises en compte dans les émissions humaines de GES alors que la vapeur d'eau est, de loin, le plus important gaz à effet de serre.

Pour un mathématicien, une tentative de résolution d'un problème fondée uniquement sur la variable secondaire et négligeant la variable principale est une absurdité, une aberration : si l'on veut un jour comprendre l'effet de serre et ses variations, il faudra commencer par étudier la vapeur d'eau au lieu de se focaliser sur les gaz émis par l'homme.

H. Le poids de l'urbanisation et de la déforestation

D'après [ConsoGlobe], sur une période de 20 ans, la surface de forêt disparue concerne environ 2,7 % de la surface totale de forêt recouvrant la Terre. Cette portion de forêts disparues ramenée à l'échelle de la Terre est de 0,24 %, ce qui est très faible. Le résultat vient du calcul suivant :

$$\frac{2,7}{100} \times \frac{30}{100} \times \frac{29,2}{100} \approx 0,0024$$

$\frac{2,7}{100}$: part de forêts disparues entre 1990 et 2010

$\frac{30}{100}$: la forêt occupe 30 % des terres émergées

$\frac{29,2}{100}$: part de terres émergées sur Terre.

L'albédo ne pourra pas en être significativement modifié.

Le milieu urbain représente une petite partie de la surface terrestre : selon la base de données SAGE GTAP, les infrastructures urbaines occupent 1 % des terres émergées, soit 0,29 % de la surface du globe terrestre [Merlet]. A l'échelle de la Terre, le milieu urbain participe donc faiblement à la réflexion de l'énergie du soleil.

I. En conclusion

En lisant cette énumération, on a le sentiment que l'homme, par son activité, par sa civilisation, influe sur le climat de toutes les manières possibles, et évidemment de manière négative. Mais, si on réfléchit un peu, on s'aperçoit que ceci est vrai pour toutes les espèces, animales comme végétales : toute forme de vie influe sur son environnement, et qualifier cette influence de "négative" est un choix partisan.

Un récent article de Science et Vie, voir [Chauveau], explique que "Les vaches françaises émettent autant de gaz en un an que 15 millions de voitures !". Et alors ? Faut-il tuer les vaches ? Faut-il supprimer les voitures ?

On est ici en présence d'un procès uniquement à charge : on fait la liste des activités humaines et on regarde, pour chacune d'elle, son impact sur l'environnement, présenté comme négatif. Cette approche est fondamentalement malhonnête. Toute espèce animale modifie son écosystème ; on ne voit pas pourquoi l'homme devrait s'interdire de construire des villes parce qu'il y fait plus chaud ; les pingouins aussi se rassemblent en vastes troupeaux pour limiter les pertes de chaleur : faut-il le leur interdire ?

II. L'homme peut-il changer le climat ?

Quelles seraient les conséquences d'un arrêt brutal des activités humaines ? Comme nous l'avons vu dans les paragraphes précédents, l'influence de l'homme sur l'effet de serre et l'albédo est très faible, presque négligeable. Même si cette influence est négligeable, beaucoup cherchent à la diminuer. Cependant avons-nous la capacité de le faire ?

Pour bon nombre de problèmes environnementaux, nous avons tendance à appliquer une logique simple : dès que nous arrêtons la nuisance, le problème se stabilise, et les choses redeviennent "normales". Par exemple, lorsque la pollution en particules fines est importante près d'un axe routier, limiter la circulation peut résoudre le problème.

Sommes-nous dans le même cas de figure avec les émissions de gaz à effet de serre ? Nous sommes tentés de le penser : si la situation se dérègle, nous n'avons qu'à réduire drastiquement nos émissions (admettons que cela est possible) et le climat se "régénérera" de lui-même.

Malheureusement ceci est impossible et se justifie d'une manière simple : la durée de vie des gaz à effet de serre considérés (CO_2, méthane, oxyde nitreux, perfluorocarbures) est nettement supérieure aux échelles de temps qui nous intéressent. Voici ci-dessous les durées de vie des principaux gaz à effet de serre :

Gaz	Durée de vie (ans)
Méthane	12
CO_2	100
Oxyde nitreux	114
Hexafluorure de soufre	3200
Perfluorocarbures	De 2600 à 50 000

Tableau 2 : Durée de vie des principaux gaz à effet de serre (source : IPCC)

En pratique, si nous arrêtons totalement les émissions de CO_2 demain matin (y compris la respiration), cela aurait pour seul effet de faire décroître très lentement la concentration atmosphérique en CO_2.

Il y a en outre dans cette approche une erreur de logique fondamentale, consistant à croire que la Nature est stable, et que seules les activités humaines modifient cette stabilité. Il y aurait par exemple une concentration stable et naturelle de CO_2, que les activités humaines viendraient perturber. Cette idée est fondamentalement fausse : il y a naturellement un cycle du CO_2 ; le CO_2 est en permanence créé, stocké, utilisé, et les émissions humaines ne s'ajoutent pas à ce cycle : elles s'y incorporent.

L'homme, quand bien même il serait assez stupide pour le vouloir, n'a aucun moyen technologique pour modifier la composition de l'atmosphère ; les "séquestrations de CO_2" dont on entend souvent parler sont des niaiseries puériles et sans effet. Il n'a non plus aucun moyen pour modifier la composition ou la température des océans, l'albédo de la Terre, etc.

Voici un exemple de mesure à laquelle aucun ministre n'a encore pensé : pour augmenter l'albédo, et réduire l'effet de serre, on pourrait demander à toute la population française, femmes incluses, de se raser le crâne et de peindre celui-ci en blanc, ou de le vernir !

Une autre mesure du même genre consiste en la mise en place d'une circulation alternée : seuls les chauves au crâne verni auraient le droit de sortir les jours de grand soleil. La réflectivité de leur crâne serait vérifiée annuellement au moyen d'un appareil spécial, basé sur le principe de la réflectométrie fréquentielle. Ils jouiraient en outre d'un privilège spécial, appelé "bonus fiscal pour l'albédo". Les autres, les chevelus, les femmes en particulier, ne pourraient sortir que la nuit, ou les jours de pluie par dérogation spéciale ; ils seraient astreints à un malus fiscal au prorata de l'épaisseur de leurs cheveux.

III. Bibliographie

[SOeS] Chiffres clés du climat France et Monde. Edition 2015.
Disponible sur :< http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Rep_-_Chiffres_cles_du_climat_France_et_Monde.pdf> [consulté le 04/08/2015]

[Léonore Jaury et Charlotte Langrand] L'activité humaine amplifie les phénomènes.
Disponible sur : <http://www.routard.com/mag_dossiers/id_dm/21/ordre/3.htm>
[consulté le 20/07/2015]

[MEDDE1] Les rejets dans l'air de polluants et de gaz à effet de serre de l'industrie manufacturière.
Disponible sur : <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/lessentiel/ar/333/1200/rejets-lair-polluants-gaz-effet-serre-lindustrie.html>
[consulté le 04/08/2015]

[Actuenvironnement] Définition UTCF
Disponible sur : <http://www.actu-environnement.com/ae/dictionnaire_environnement/definition/utcf.php4 >
[consulté le 04/08/2015]

[MEDDE2] Les émissions de gaz à effet de serre des transports.
Disponible sur : <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/lessentiel/ar/361/1228/emissions-gaz-effet-serre-transports.html>
[consulté le 04/08/2015]

[Ac-Amiens] Augmentations et conséquences.
Disponible sur : <http://crdp.ac-amiens.fr/enviro/air/air_maj4_detail_p2.htm>
[consulté le 20/07/2015]

[VotreImpact] Quelles sont les principales sources de gaz à effet de serre ?
Disponible sur : <http://votreimpact.org/sources-gaz-effet-de-serre> [consulté le 20/07/2015]

[Etienne] Impact de l'homme.
Disponible sur : <http://www.jeanlouisetienne.com/images/encyclo/imprimer/39.htm>
[consulté le 20/07/2015]

[Jancovici] Jean-Marc JANCOVICI
Disponible sur :<http://www.manicore.com>
[consulté le 20/07/2015]

[Butler] Les forêts tropicales, disparitions d'opportunités. Rhett. A Butler.
Disponible sur :<http://fr.mongabay.com/rainforests/0906.htm>
[consulté le 20/07/2015]

[Eeckhout] Laetitia Van Eeckhout, Quelle est l'influence du milieu urbain sur le climat ? Le Monde octobre 2014

[Kahn et Cornilleau] Forêts et climat : liaisons dangereuses. Sylvain Kahn et Lise Cornilleau.
Disponible sur : <http://www.franceculture.fr/blog-globe-2010-10-06-foret-et-climat-liaisons-dangereuses.html>
[consulté le 20/07/2015]

[Merlet] Les notes de la C2A. Michel MERLET.
Disponible sur : <http://www.agter.asso.fr/IMG/pdf/merlet_2013_c2a_note-11_terres-cultivables-non-cultivees.pdf >
[consulté le 03/08/2015]

[ConsoGlobe] Déforestation dans le monde en 10 données clés. Sources de la FAO.
Disponible sur : <http://www.consoglobe.com/deforestation-dans-le-monde-cg>
[consulté le 03/08/2015]

[IGN] La surface forestière en France métropolitaine. Institut National de l'information géographique et forestière.
Disponible sur :< http://inventaire-forestier.ign.fr/spip/spip.php?rubrique3> [consulté le 11/08/2015]

[Chauveau] Les vaches françaises émettent autant de gaz en un an que 15 millions de voitures ! Sciences et Vie. Loïc Chauveau.
Disponible sur : < http://www.sciencesetavenir.fr/nature-environnement/20130222.OBS9788/les-vaches-francaises-emettent-autant-de-gaz-en-un-an-que-15-millions-de-voitures.html> [consulté le 11/08/2015]

Chapitre 3

Les conséquences d'un hypothétique réchauffement

Le changement climatique est une *"variation de l'état du climat, qu'on peut déceler (par exemple au moyen de tests statistiques) par des modifications de la moyenne et/ou de la variabilité de ses propriétés (températures, précipitations, etc.) et qui persiste pendant une longue période, généralement pendant des décennies ou plus",* voir [IPCC].

Toujours selon [IPCC], le changement climatique est dû à *"des processus internes naturels ou à des forçages externes, notamment les modulations des cycles solaires, les éruptions volcaniques ou des changements anthropiques persistants dans la composition de l'atmosphère ou dans l'utilisation des terres".*

Cette approche relie un réchauffement climatique avec un changement dans la composition de l'atmosphère (et notamment sa concentration en CO_2). Mais, dans la Première Partie de ce Livre Blanc, nous avons vu qu'il n'existait actuellement aucun ensemble d'observations établissant un tel lien.

Dans ce chapitre, nous supposerons qu'il y a bel et bien un changement climatique, sous forme d'une élévation des températures, d'un accroissement des précipitations, etc., et une augmentation de la concentration en CO_2, et nous examinons quelles en seraient les conséquences.

L'impact sera très inégal selon les pays, en fonction de leur situation géographique et de leur développement économique.

Dans des régions désertiques ou tropicales, un réchauffement climatique aura des conséquences négatives. En effet, pour les pays en développement, le poids de l'activité agricole dans l'économie est très important et ce secteur serait l'un des plus touchés. A l'inverse, dans les régions nordiques, telles que le Canada ou la Russie, ce même réchauffement aura des conséquences positives.

Pour évaluer les conséquences d'un tel changement, nous disposons de plusieurs éléments :

- L'analyse d'événements déjà existants et l'extrapolation de ces résultats, mais il est difficile de déterminer le rôle que joue réellement l'influence du changement climatique et d'une augmentation du CO_2.

- Les études menées en laboratoire : il est difficile de savoir si les résultats de telles études sont transposables à l'activité réelle. Généralement elles sont réalisées dans des conditions précises (i.e. atmosphère contrôlée) et reposent sur des hypothèses peu réalistes.

Nous passons en revue les conséquences les plus importantes sur les épisodes climatiques extrêmes, les types de climat, les réserves en eaux mondiales, la faune, la flore et l'homme. Il s'agit d'une approche grossière ; toute approche quantitative est impossible.

I. Les effets directs d'un réchauffement climatique

A. Episodes climatiques extrêmes

Les trois conséquences principales sur le climat sont :

- L'augmentation du nombre et/ou de l'intensité des journées chaudes, la diminution du nombre de journées froides ;

- La diminution des précipitations l'été et l'augmentation l'hiver ;

- L'augmentation de la fréquence et de l'intensité des phénomènes climatiques extrêmes : les zones arides seront plus sèches encore (vagues de chaleur accentuées, sécheresses …) et inversement les zones humides seront plus inondées.

Ce dernier point est controversé : voir plus bas.

Une hausse globale des températures impliquerait une augmentation directe du nombre et/ou de l'intensité des journées chaudes. Par exemple, en France, le nombre moyen de jours de canicule est de 5 sur la période 1976-2005. Pour 2021-2050, Météo France estime que ce nombre devrait passer à 10-15 jours pour le Sud-Est et 5-10 jours ailleurs. Mais ce ne sont que des estimations.

Une autre conséquence serait l'augmentation des phénomènes climatiques extrêmes : cyclones et tempêtes.

L'argument utilisé pour justifier une telle prévision est que l'augmentation de la SST (Sea Surface Temperature : Température de la surface des mers) pourrait provoquer plus d'ouragans [Emmanuel, Emmanuel et Mann].

Cette approche est controversée : un travail récent publié par [Vecchi et Soden] suggère, qu'au contraire, un climat plus chaud conduirait à une augmentation des vents cisaillants verticaux qui empêcheraient le développement des ouragans. En ce qui concerne les tempêtes aux latitudes moyennes, un réchauffement global conduirait à une diminution des gradients de température entre l'équateur et les pôles et, par conséquent, à des tempêtes moins intenses et/ou moins fréquentes [Legates, Khandekar].

Il est déjà très difficile de prévoir le climat sur de courtes périodes ; il est impossible de le faire pour des périodes de plusieurs dizaines d'années. L'analyse météorologique dépend de beaucoup de paramètres (température, pression, vitesse du vent, etc.). Les études se contredisent.

B. Changement de type de climat

Une hausse des températures entraînera logiquement une modification des types de climat pour une même région.

En France, une régression des climats montagnard, continental et atlantique est prévue au profit du climat méditerranéen [Roman-Amat].

II. Les conséquences sur les réserves en eau

Dans l'hypothèse d'un réchauffement, on assisterait à une fonte partielle des neiges et des glaces, avec pour conséquences, selon [IPCC] :

- Modification des ruissellements et des ressources en eau : la fonte des glaces en montagne entraîne une augmentation de la quantité d'eau dans les ruisseaux et une modification du débit ;

- Elévation du niveau de la mer, résultant de la fonte des glaces d'eau douce (calottes glaciaires, glaciers, etc.). La fonte totale des glaces de l'Antarctique équivaudrait par exemple à une hausse du niveau de la mer de l'ordre de 60 mètres, selon le [CNRS].

La fonte ne peut concerner que les zones dont la température est proche de 0°C. Or la température moyenne en Antarctique est de l'ordre de -40°C ; la fonte totale de l'Antarctique est une hypothèse de science-fiction entièrement dépourvue de réalisme. En outre, depuis trois ans, les observations montrent que la quantité de glace de la banquise Arctique augmente.

Les conséquences d'une hausse du niveau des mers sont les suivantes, selon [IPCC] :

- L'érosion des côtes et la disparition d'une partie des terres : par exemple, les falaises de craie du pays de Caux dont le retrait, en réalité variable suivant les endroits, est estimé en moyenne à 0,30 m par an [UNI] ;

- La migration des populations proches du littoral vers l'intérieur des terres ;

- La contamination des rivières et nappes phréatiques par de l'eau de mer, ce qui aurait des effets sur les réserves en eau douce : à cause de la hausse du niveau des mers, la quantité et la qualité des ressources hydriques risquent de diminuer [IPCC]. Ce phénomène est déjà observé sur les côtes de la Camargue. Elles subissent des inondations permanentes par la mer, ce qui implique une diminution du volume d'eau douce [UNI];

Comme nous l'avons vu précédemment, la hausse du niveau des mers est un phénomène très ancien, auquel l'humanité s'est habituée depuis longtemps. Il n'a rien à voir avec le réchauffement climatique.

Une augmentation du CO_2 peut également entraîner l'acidification des océans. En effet, l'absorption du CO_2 par les océans entraîne une diminution du pH de l'eau. Cela présente des risques importants pour les écosystèmes marins, et en particulier pour les écosystèmes polaires et coralliens : il peut y avoir des effets sur la physiologie, le comportement et la dynamique des populations de diverses espèces allant du phytoplancton jusqu'aux animaux [IPCC].

"Lorsque le CO_2 se dissout dans l'eau de mer, cela entraîne une augmentation de protons (ions H^+) mais aussi la diminution de certaines molécules, les ions carbonates (CO_3^{2-}), nécessaires à de nombreux organismes marins pour fabriquer leur squelette ou coquille calcaire (coraux, moules, huître, escargots de mer, oursins, palourdes). Ces plantes et animaux auront donc de plus en plus de mal à fabriquer ces structures calcaires." [CNRS]

Il y a là des erreurs de logique. Tout d'abord, une augmentation du CO_2 atmosphérique ne se traduit pas nécessairement par une augmentation du CO_2 dans l'océan. Ensuite, l'augmentation des températures sur les terres (ce que mesurent les stations, pour l'essentiel) ne se traduit pas nécessairement par une augmentation de la température océanique, que l'on ne mesure pratiquement pas, pour les couches profondes.

III. Les conséquences sur la faune et la flore

Les conséquences communes d'un changement climatique et/ou d'une élévation du CO_2 sur la faune et la flore sont les suivantes :

- Evolution de l'aire de répartition, des activités saisonnières, des mouvements migratoires, de l'abondance et des interactions entre des espèces différentes. Avec le réchauffement, les espèces tendent à se déplacer vers des latitudes et des altitudes plus élevées. Du fait de leur mobilité, les animaux courent en général moins de risques car ils sont capables de se déplacer vers des habitats plus favorables ;

- Risques de perte de certains écosystèmes marins et côtiers, influence sur les collectivités de pêcheurs des régions tropicales et arctiques [RFC 1, 2 et 4] ;

- Risques de perte de certains écosystèmes terrestres et d'écosystèmes des eaux intérieures et de leur biodiversité [RFC 1, 3, et 4].

A. Faune

Nous ne détaillons pas les conséquences par région (contrairement à ce que fait [IPCC]), mais nous nous limitons à quelques changements déjà observés. En effet, pour chaque région, trop d'incertitudes sont à prendre en compte.

La tendance générale dans la deuxième partie du rapport destiné aux décideurs [IPCC] est *"une évolution de l'aire de répartition, des activités saisonnières, des mouvements migratoires, de l'abondance et des interactions interspécifiques découlant du changement climatique en cours des espèces terrestres, dulcicoles et marines" [p.4].*

Prenons le cas des récifs coralliens. L'augmentation de la température accroît le taux de calcification (transformation des ions calcium Ca^{2+} en carbonate de calcium $CaCO_3$) et permet un meilleur développement des récifs coralliens grâce à une *"augmentation du métabolisme des coraux et/ou une augmentation des taux photosynthétiques des algues symbiotiques"* [McNeil et al]. Ceci contredit ce qui a été vu au paragraphe précédent.

Une recherche sur la Grande Barrière de Corail a montré que *"le 20ème siècle a été le témoin de la seconde plus grande période de calcification, au dessus de la moyenne, depuis 237 ans"*, voir [Lough et Barnes].

Cependant l'augmentation du CO_2 entraîne une acidification des mers qui peut nuire à la calcification des espèces marines [CNRS]. Au-dessus d'un certain seuil d'acidité, l'eau de mer devient corrosive vis-à-vis du calcaire, matière dont les squelettes et coquilles sont fabriqués. Une étude de la NOAA a montré que plus de 50 % des petits escargots planctoniques ou ptéropodes étudiés au large des côtes de Washington, de l'Oregon et de la Californie ont des coquilles dissoutes, tandis que les jeunes huîtres n'y survivent plus depuis 2005 [FY]. L'influence de chaque paramètre pris séparément est observable, mais aucune étude ne permet d'avoir une tendance lorsque les deux phénomènes sont observés simultanément : le réchauffement climatique et l'augmentation du CO_2 auront bien un impact sur la faune, mais les études se contredisent quant à cet impact.

B. Flore

Les effets du réchauffement climatique (modifications des régimes pluviométriques et de la couverture nuageuse), associés à une augmentation de la concentration en CO_2, auraient un impact sur la flore, avec des conséquences directes sur l'agriculture et la sylviculture (culture, entretien et exploitation des forêts).

1. **Généralités sur le CO_2 et son impact**

Comme nous l'avons vu dans le paragraphe IV du chapitre 1, Partie 2, la concentration en CO_2 représente 0,04 % de l'atmosphère dans sa globalité, ce qui est très faible [CFCAT].

Les plantes absorbent le CO_2 lors de la photosynthèse et rejettent comme "déchet" l'oxygène nécessaire à la vie. Inversement, si les plantes meurent, elles relâchent du CO_2. Les mesures réalisées à Mauna Loa illustrent ce phénomène. Le niveau de CO_2 change avec les saisons : il y a une diminution de la concentration au printemps et en été, due au développement des plantes et une augmentation en automne et en hiver.

La concentration en CO_2 joue un rôle sur la croissance des plantes, mais ce rôle n'est pas encore clairement identifié, car seules des études en laboratoires ont été réalisées.
Les résultats de ces études mettent en évidence que les taux de croissance et la productivité des plantes cultivées dans des milieux enrichis en CO_2 sont améliorés et qu'il y a :

- Une plus grande croissance des plantes (plus de branches, de feuilles, de racines,…) [Woodward] ;

- Une production plus faible de pores stomatiques (orifice permettant les échanges entre l'air et la plante) sur les feuilles par unité de surface [Morison].

Ces deux modifications permettent aux plantes de supporter des conditions dites "négatives", et procurent en particulier :

- Une meilleure résistance à la salinité excessive des sols (en cas de faible intensité lumineuse ou de sols à faible fertilité [Idso et Idso]), aux contraintes liées au froid [Boese et al.], aux zones oxydantes [Badiani et al.] et aux atteintes liées aux herbivores (insectes et surpâturage) [Gleadow et al.] ;

- Une diminution des besoins en eau (résistance des plantes à la sécheresse, à la chaleur et à la pollution) [Tuba et al.] ;

- Une augmentation des quantités de carbone piégées ;

- Une intensification de l'activité microbienne dans le sol ;

- Une amélioration de la densité du bois des arbres ;

- Une augmentation du taux de photosynthèse et de fixation du diazote.

Paul Driessen mentionne plusieurs études qui montrent que l'augmentation du CO_2 dans une serre favorise la croissance des plantes [CFCAT]. Ainsi une augmentation de la concentration en CO_2 augmenterait la photosynthèse de 30 % pour le blé et le riz et de 15 % pour le maïs [Quaderni].

Des études en conditions réelles ont également été effectuées sur des pins en Catalogne. Leur diamètre a augmenté de 84 % entre 1900 et 2000. L'étude a conclu que cela était dû à l'effet de fertilisation d'une augmentation du CO_2 dans cette région, combinée à une élévation de la température. Ces études sont à interpréter avec précaution, car il s'agit seulement d'un endroit donné et d'une espèce d'arbre bien précise. De plus le lien de causalité n'est pas clair : on ne peut pas savoir si l'augmentation du CO_2 est le seul facteur qui a permis une augmentation du diamètre des pins.

Ces mécanismes sont complexes et l'impact du CO_2 ne peut pas être déterminé avec précision.

Prenons l'exemple de la photosynthèse : celle-ci n'est pas uniquement régulée par le CO_2, mais également par d'autres paramètres, tels que la température. Ainsi, les plantes possèdent une température optimale pour leur photosynthèse.

De plus, les études en laboratoire ne permettent pas de conclure sur les effets d'une augmentation du CO_2 en conditions réelles et à long terme. Ainsi, dans des conditions réelles, de nombreux scénarios peuvent se produire : l'augmentation du CO_2 pourrait causer une acidification des océans qui empêcherait tout effet bénéfique sur les plantes.

Au final, le bilan de la production de biomasse dépendra à la fois du type de plante, des conditions climatiques et des pratiques de culture ou de conduite des végétaux. L'impact des adventices (mauvaises herbes), des insectes et des maladies cryptogamiques (dues à des champignons) ne peut pas être pris en compte, car il est particulièrement mal connu.

2. **Les conséquences sur l'agriculture**

Dans cette partie, nous avons mis en évidence les deux principales conséquences sur l'agriculture : l'évolution de la productivité et le déplacement des cultures.

a. Evolution de la productivité :

Un accroissement du CO_2 atmosphérique, un allongement de la saison de croissance (période de l'année pendant laquelle la température est assez élevée pour permettre la croissance des plantes) et une température plus favorable vont donner, dans un premier temps, de meilleures conditions de croissance. Par contre, pour des valeurs de réchauffement plus élevées (de l'ordre de 2 à 3°C), le mouvement s'inverserait et la productivité diminuerait [Lousteau et al.].

Les études ont principalement été menées sur les cultures de base (telles que le blé, le maïs, le riz) et sur des arbres fruitiers dans le cas de la France (abricotiers et vignes). Les résultats des simulations effectuées à l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) avec les modèles de culture sur le blé et le maïs [Delecolle] permettent de conclure à des effets légèrement positifs sur le premier, avec des augmentations de rendement allant de 2,5 % à 5,7 %, et des effets plus variables sur le maïs (+ 10 % à -16 % dans le cas d'une culture irriguée dans le Sud-Est). Cette étude est en accord avec d'autres études mondiales [Easterling].

Au contraire, pour l'abricotier, les hivers doux risquent de créer des troubles physiologiques (chute de bourgeons, fruits avortés). De plus, une hausse des températures provoquerait l'avancée de la date de floraison et pourrait conduire paradoxalement à augmenter le risque de gel. De même, la fécondation et la pollinisation pourraient pâtir de conditions climatiques moins favorables (moins de soleil et plus de vent), en dépit du réchauffement des températures.

Des perturbations dans le calendrier du développement des arbres fruitiers à la suite du réchauffement récent ont déjà été observées. En France, voir [P. Debaeke], la sortie des épis de blé a lieu 8 à 10 jours plus tôt qu'il y a 20 ans et le début des vendanges à Châteauneuf du Pape a avancé de trois semaines en 50 ans.

L'ensemble des résultats présentés ci-dessus ne prend en compte que la moyenne des températures et du CO_2. Les évènements extrêmes, la variabilité des facteurs, peuvent avoir des impacts différents, encore mal connus.

L'un des facteurs qui n'est pas pris en compte est la disponibilité de l'eau, que ce soit l'eau stockée dans les sols ou celle nécessaire pour l'irrigation. Les stratégies de réponse de l'agriculture à la sécheresse [Amigues et al.] seront déterminantes.

En conclusion, l'augmentation du CO_2 et de la température auront des effets positifs sur l'agriculture, tandis que le changement de saisonnalité et de disponibilité de l'eau auront un impact négatif s'ils ne sont pas maîtrisés.

b. Déplacement des cultures

Le changement de température et de climat entraîne une nouvelle répartition de la flore ou son extinction. Les plantes doivent se déplacer pour retrouver une zone avec un climat favorable à leur développement.

Contrairement aux animaux, les végétaux mettront plus de temps à s'adapter à un éventuel changement climatique : ils n'ont pas de capacité de migration immédiate. Les hommes ont les moyens nécessaires pour déplacer les cultures.

Un éventuel réchauffement climatique rendrait possibles de nouvelles cultures dans certaines zones et, à l'inverse, d'autres zones vont voir des cultures disparaître. Une hausse de 2°C aurait par exemple une influence négative sur les cultures principales (blé, riz, maïs), selon [IPCC]. On ne peut prévoir l'évolution de la température moyenne par région ; on ne peut dire avec précision quels types de plantations seraient favorisés, ou défavorisés, dans chaque cas.

3. **Les conséquences sur la sylviculture**

Les conséquences du réchauffement climatique sur la sylviculture sont triples :

- fragilisation des espèces aux feux incontrôlés ;
- vulnérabilité aux maladies ;
- évolution des aires de répartition.

a. La fragilisation aux feux incontrôlés

Une augmentation de la fréquence et de l'intensité des feux et un allongement de la saison des feux dans les zones déjà sujettes aux incendies sont envisagés.

L'enchaînement des événements est le suivant :

- Les précipitations sont inférieures à 100 mm par mois et il ne pleut pas pendant deux semaines ou plus ;

- La végétation forestière perd progressivement ses feuilles à mesure que la sécheresse s'intensifie ;

- Ce qui est tombé au sol est peu compact et contribue au déclenchement et à la diffusion des feux de surface.

Cet enchaînement d'événements favorise les incendies dévastateurs comme ceux qui ont eu lieu à Kalimantan Est, en Indonésie, en 1982-1983 ; ils ont entraîné la destruction de plus de 3,5 millions d'hectares de forêts humides primaires et secondaires.

b. Les effets des maladies

Le réchauffement climatique peut entraîner le déplacement des populations d'insectes et l'augmentation des maladies, mais d'autres déterminants peuvent jouer un rôle décisif.

Les facteurs qui entraînent des effets négatifs sur la santé des forêts sont les suivants :

- Une plus haute température entraîne une augmentation du nombre d'insectes nuisibles ;

- Le nombre d'insectes créé est plus grand que le nombre d'insectes tués (par leurs prédateurs naturels). Ceci implique un plus grand nombre d'insectes et de dégâts ;

- Les forêts sont plus sensibles aux attaques à cause des phénomènes climatiques extrêmes ;

- Les insectes se nourrissent plus à cause de l'augmentation du CO_2 [CNRS PV];

- Une augmentation des combustibles (feuilles au sol) accroît le risque de feux incontrôlés.

Des effets positifs sont également observables :

- Les taux de croissance plus élevés permettent aux forêts de supporter des dégâts plus importants causés par les insectes et les maladies sans que leur croissance soit affectée ;

- La vigueur accrue des arbres et des forêts poussant dans un milieu à forte concentration de CO_2 pourrait les rendre plus résistants aux attaques des insectes et des maladies ;

- Un taux élevé de CO_2 pourrait être bénéfique à la santé et à la productivité des plantes en modifiant leur morphologie et leur physiologie au détriment des organismes pathogènes (maladie).

Les conséquences sur la sylviculture sont très incertaines : les études se contredisent.

c. Une nouvelle répartition

Les plantes doivent se déplacer pour retrouver une zone avec un climat favorable pour leur développement.

Prenons l'exemple du bouleau *Betula pubsecens*. Le phénomène a été observé en Suède : l'aire de répartition naturelle du bouleau a réagi rapidement au réchauffement durant la première moitié du vingtième siècle en s'étendant vers le nord dans la toundra (Peters, 1990).

En France, le changement de climat se traduirait par la disparition des épicéas et des chênes dans certaines zones et un développement des pins maritimes et des chênes verts, d'après [INRA]. Le houx, par exemple, a vu sa surface d'extension doubler dans les Ardennes entre les années 1980 et 1990, d'après les données de l'Inventaire forestier national.

Les végétaux sont fixes, et doivent compter sur la dispersion des semences à partir de zones qui ne sont plus favorables vers de nouvelles zones, d'où un déplacement progressif de leurs aires naturelles. Celui-ci n'est pas toujours envisageable, ce qui peut entraîner l'extinction de l'espèce végétale.

IV. Les conséquences pour l'homme

Ce sont les populations déjà actuellement les plus vulnérables qui seraient les plus touchées par un réchauffement climatique : elles disposent de moins de moyens pour se prémunir et elles se trouvent déjà dans les zones à risque.

A. Sécurité alimentaire

Les conséquences d'un réchauffement climatique et d'une augmentation du CO_2 qui affecteraient le plus la sécurité alimentaire de l'homme sont logiquement celles sur l'eau et celles sur l'agriculture.

En effet, une diminution de la production alimentaire et une restriction de l'accessibilité à l'eau potable impliquerait une offre plus faible. Les inégalités spatiales vont être plus importantes, ce qui peut entraîner des conflits (par exemple pour des zones de pêche).

B. Conséquences sanitaires

Il est très difficile d'évaluer l'effet du réchauffement climatique sur les maladies. Une élévation de la température peut cependant entraîner :

- Une hausse du nombre de décès dus à la chaleur et une baisse des décès dus au froid. Les hivers sont plus doux et les étés plus chauds [IPCC]. Nous ne pouvons pas conclure quant à l'effet positif ou négatif du phénomène. Les études se contredisent sur la valeur du ratio : nombre de morts dues à la chaleur / nombre de morts dues au froid ([NIPCC], [Skeptikal-Science]) ;

- Un risque accru sur la santé à cause des événements climatiques extrêmes (inondations, tempêtes, incendies, etc.) ;

- Une augmentation des problèmes de santé déjà existants, notamment dans les pays en développement et à faible revenu (maladies, blessures, sous-alimentation, etc.) ;

- Une migration d'insectes porteurs de maladies. En France, on observe déjà l'apparition de nouvelles maladies, de nouveaux ravageurs caractéristiques des climats chauds [SkepticalScience] (e.g dengue). La corrélation avec le réchauffement climatique n'a pas été démontrée. En parallèle, on observe aussi la disparition de nombreuses maladies, du fait des progrès de l'hygiène.

C. Conséquences économiques

Les impacts d'un réchauffement climatique sur l'économie sont difficilement quantifiables. Certaines études mettent en avant des effets positifs [NIPCC] et d'autres des effets négatifs [IPCC]. Les domaines pouvant être influencés sont :

- Les infrastructures : les phénomènes météorologiques extrêmes conduisent à la détérioration des réseaux d'infrastructures et des services essentiels tels que l'électricité, l'approvisionnement en eau, la santé et les services d'urgence [IPCC] ;

- L'agriculture : les difficultés liées à la gestion des ressources en eau se font ressentir sur la productivité agricole, ce qui diminue les revenus dans les régions rurales [IPCC]. Cependant l'augmentation des rendements, grâce à la montée du CO_2, est aussi à prendre en compte [CFACT] ;

- L'énergie : la demande en énergie augmente en été et diminue en hiver. Les hivers sont plus doux et l'énergie nécessaire pour le chauffage diminue ;

- Les assurances : les phénomènes extrêmes pourraient être plus fréquents et les dégâts matériels également. Les assurances vont devoir s'adapter pour proposer des offres différentes selon les régions ;

- Le tourisme : le changement de climat influe sur le tourisme. Un exemple possible est la fonte des glaces en montagne ;

- Lutte contre la pauvreté : le budget alloué au réchauffement climatique n'est pas utilisé pour aider la population. Ceci entretient les poches de pauvreté existantes et tend à en créer de nouvelles.

V. En conclusion

Il faut se garder de toute présentation apocalyptique des conséquences d'un éventuel réchauffement climatique. Les études se contredisent et il faut se souvenir avant tout que, par le passé, il y a eu d'innombrables variations climatiques : la faune et la flore s'y sont habituées. En particulier, la glaciation que la planète a subie voici 20 000 ans (c'est donc tout récent, à l'échelle des aires géologiques) a certainement eu plus de conséquences que tout ce que nous avons décrit plus haut.

Quand il a été découvert (au Xème siècle), le Groenland était vert, comme son nom l'indique ; aujourd'hui il ne l'est plus. Les changements de faune et de flore en Europe sur 2 000 ans sont convenablement documentés.

Il y a une confusion, savamment entretenue par le GIEC et par les médias. On nous présente un globe terrestre stable, à température bien constante ; seule l'action de l'homme viendrait perturber ce bel équilibre. La réalité est tout autre : la température change constamment (sans que l'on comprenne pourquoi) et toutes les espèces en subissent les conséquences : elles s'adaptent ou disparaissent ; c'est la loi de la Nature, et c'est en pure perte que nous essayons de la transgresser.

VI. Bibliographie

[MétéoFrance] Météo France. Changement climatique et vagues de chaleur.
Disponible sur : <http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/changement-climatique/impacts-du-changement-climatique-sur-les-phenomenes-hydrometeorologiques/changement-climatique-et-canicules> [consulté le 20/07/2015]

[NPICC] HEARTLAND INSTITUTE. *C'est la Nature Et Non l'Activité Humaine Qui Détermine le Climat*. 2008, 70 p.

[Emmanuel, Emmanuel et Mann] Emmanuel 2005, Emmanuel et Mann 2006
[Vecchi et Soden] 2007
[Legates, Khandekar] Legates 2004, Khandekar 2005
[Lough et Barnes] 1997
[Woodward] 1987
[Morison] 1987
[Idso et Idso] 1994
[Boese et al] 1997
[Badiani et al.] 1997
[Gleadow et al.] 1998
[Tuba et al.] 1998
[McNeil et al 2004] 2004

[Roman-Amat] Bernard Roman-Amat, Préparer les forêts françaises au changement climatique. Décembre 2007 125 p.

[IPCC] GIECC. *CHANGEMENTS CLIMATIQUES 2014 Incidences, adaptation et vulnérabilité GT II*. 2014, 32 p.

[CO2science.] CO2science.
Disponible sur : <http://co2science.org/> [consulté le 10/07/2015]

[CNRS] Jean-Pierre Gattuso. *L'acidification des océans*. Institut océanographique, 2013, 4 p.
Disponible sur : <http://www.institut-ocean.org/images/articles/documents/1375452806_.pdf> [consulté le 07/06/2015]

[Kump] Lee Kump. *Le dernier grand réchauffement*. Pour la Science, n°408 (octobre 2011), p. 40-46

[CFACT] CFACT. *Carbon Dioxide : The Gas of Life*. 2013, 23 p.

[Quaderni] Bernard Seguin. *Le changement climatique : conséquences pour les végétaux*. Quaderni.
Disponible sur : <http://quaderni.revues.org/525> [consulté le 10/07/2015]

[Loustau et al] 2004
[Delecolle et al] 1999
[Easterling et al] 2008
[Amigues et al] 2006

[Cluzeau et al] 2001
[Klötzli et Walther] 1999

[P. Debaeke] P. Debaeke, S. Pellerin, J. Le Gouis, A. Bispo, T. Eglin, A. Trévisol. *Les défis de l'agriculture.* Pour la Science, nº 437, mars 2014, p. 70-73,

[INRA] INRA.
Disponible sur : <http://www.avignon.inra.fr/> [consulté le 10/07/2015]

[SkepticalScience] SkepticalScience. *Impacts positifs et négatifs du réchauffement climatique*.
Disponible sur : <https://www.skepticalscience.com/translation.php?a=50&l=12> [consulté le 02/07/2015]

[FY] FY 2014, Bednaršek, N., R.A. Feely, J.C.P. Reum, W. Peterson, J. Menkel, S.R. Alin, and B. Hales, *Limacina helicina shell dissolution as an indicator of declining habitat suitability due to ocean acidification in the California Current Ecosystem*.
[CNRS] CLIMAT, *Une enquête aux pôles*.
Disponible sur : <http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/dospoles/alternative13.html> [consulté le 15/07/2015]

[UNI] Roland Paskoff, *Impacts à attendre d'une élévation du niveau de la mer sur les côtes françaises.*
Disponible sur : <http://wwwv1.agora21.org/mies/chan-clim7.html> [consulté le 15/07/2015]

[CNRS PV] Philippe Vernon, URA 696 CNRS, Station biologique de Paimpont. *Insectes et CO2 : une adaptation particulière*.
Disponible sur : <http://www.espace-sciences.org/archives/science/17791.html> [consulté le 20/07/2015]

Troisième partie

Le GIEC

Mettons Jean-Jacque au bagne et Voltaire au chenil
Victor Hugo : les Châtiments

I. Introduction

Les rapports du GIEC sont divisés en trois parties, correspondant à trois groupes de travail :

- "Les éléments scientifiques" ;
- "Conséquences, adaptation et vulnérabilité" ;
- "L'atténuation du changement climatique".

Le GIEC a rédigé plusieurs formats de rapports qui s'adressent à différents publics :

- Le rapport total qui fait 5 000 pages, rédigé par les scientifiques ;
- Le résumé technique, plus abordable pour le grand public ;
- Le résumé pour décideurs, rédigé d'un commun accord entre hommes politiques et quelques scientifiques choisis dans le panel initial.

Les contenus des rapports s'emboîtent dans l'ordre ci-dessus. Ainsi le rapport qui servira de support aux décisions des politiques ne constitue qu'une version résumée (voire tronquée) des travaux initialement publiés.

La première partie du rapport énonce des conclusions issues d'études des scientifiques ayant contribué au GIEC.

Nous allons maintenant analyser les conclusions du GIEC à la lumière des faits rappelés dans la première partie de ce rapport : températures, CO_2, cyclones et niveau des mers, notamment.

Nous avons vu que les données actuelles étaient insuffisantes, en quantité comme en qualité, pour parvenir à une conclusion fiable ; il en va évidemment de même (en pire) pour les données plus anciennes. Néanmoins, le GIEC croit pouvoir conclure.

Le GIEC a une approche fortement biaisée sur le plan de la méthodologie : la variabilité naturelle n'est jamais prise en compte. La responsabilité est d'office attribuée à l'homme.

II. Rapport : "Eléments scientifiques"

Nous comparons les conclusions du GIEC aux données analysées dans la première partie de ce Livre Blanc.

A. Les températures

1. Les commentaires sur le Résumé à l'Intention des Décideurs

"Les observations du système climatique s'appuient sur des mesures directes et sur la télédétection à partir de satellites ou d'autres plates-formes" [p.4]

Nous avons montré que les relevés de température effectués par des satellites sont beaucoup plus imprécis que ceux effectués par des stations de mesure. Nous ne savons pas quels jeux de données sont utilisés par le GIEC. Nous traiterons ce point en utilisant un exemple précis tiré du rapport du GIEC (cf partie 2. des températures).

"À l'échelle mondiale, les observations de l'ère instrumentale ont débuté vers le milieu du XIXe siècle pour certaines variables telles que la température, les jeux de données d'observation étant plus complets et diversifiés à partir des années 1950" [p.4]

Les données sont exploitables dès 1880 selon le lieu. La figure 1 du chapitre 1, Première Partie, montre la répartition des stations de mesure au sol et leur période d'enregistrement.

La période d'enregistrement aux États-Unis, en Europe et au Japon est supérieure à 100 ans. Pour l'Europe et les États-Unis, il est donc possible d'avoir des relevés fiables et bien répartis spatialement et temporellement à partir de 1880.

Le GIEC généralise au globe tout entier le cas des zones récemment équipées en capteurs : l'affirmation selon laquelle *"les jeux de données d'observation sont plus complets et diversifiés à partir des années 1950"* est vraie pour l'Australie, l'Afrique ou l'Amérique du Sud mais totalement fausse pour les zones précitées (Europe, États-Unis). Par cette affirmation, le GIEC se prive (nous prive) de plus de 70 ans de données pour ces zones.

"La tendance linéaire de la moyenne globale des données de température de surface combinant les terres émergées et les océans indique un réchauffement de 0,85 [0,65 à 1,06] °C au cours de la période 1880–2012, pour laquelle il existe plusieurs jeux de données indépendants." [p.5]

Tout dépend du jeu de données sur lequel le GIEC se base. Nous avons vu plus haut que le graphique d'anomalies de température aux États-Unis établi par la NASA [Hansen and all, 1999] ne montrait pas du tout de linéarité. En revanche, depuis la mise à jour dans les années 2000 du graphique, la linéarité est présente. Ces mises à jour ne sont ni claires (prise en compte du mouvement des stations, du temps d'observation) ni justifiées : pourquoi modifier un jeu de données brutes, et n'en présenter que les anomalies ?

A l'évidence, la question du réchauffement climatique doit se traiter avec un jeu de données le plus ancien possible. Eliminer par principe 70 ans de données est certainement étrange, sur le plan de la méthodologie.

Le résultat mentionné par le GIEC (environ 0,85°C en 130 ans) est compatible avec la courbe de tendance relevée plus haut sur les dernières années. On ne comprend pas pourquoi, avec un réchauffement aussi faible, "il faut agir d'urgence" pour éviter un réchauffement dépassant 2°C : celui-ci ne serait obtenu que dans 300 ans.

"Les reconstructions de la température en surface à l'échelle continentale font apparaître, avec un degré de confiance élevé, des intervalles de plusieurs décennies pendant la période d'anomalie climatique médiévale (années 950 à 1250) au cours desquels la température était, dans certaines régions, aussi élevée qu'à la fin du XXe siècle." [p.5]

Nous pouvons nous interroger sur l'honnêteté intellectuelle du GIEC à propos du *"degré de confiance élevé"* des reconstructions de la température pour les années 950 à 1250. En effet, d'un côté, le GIEC reconnaît que les *"jeux de données sont plus complets après les années de 1950",* donc que ces données sont plus fiables. D'un autre côté, le GIEC affirme avec un degré de confiance élevé que dans certaines régions du globe la température était aussi élevée pour une période historique très ancienne (950-1250) qu'à la fin du XXème siècle. Encore plus discutable, le GIEC conclut avec un *"degré de confiance moyen"* que *"les années 1983-2012 constituent probablement la période de 30 ans la plus chaude depuis 1400"*. En résumé, nous n'avons aucun moyen de savoir ce qui, pour le GIEC, ressort d'un "degré de confiance élevé", ni même ce que cela signifie scientifiquement.

"Il est quasiment certain qu'à l'échelle mondiale, la troposphère s'est réchauffée depuis le milieu du XXe siècle. Des observations plus complètes permettent d'associer un degré de confiance plus élevé aux estimations des changements de température troposphérique dans la partie extratropicale de l'hémisphère Nord qu'ailleurs." [p.5]

Pour avoir des relevés dans la troposphère, il faut nécessairement utiliser des satellites. Or, les mesures par satellites ont un degré d'incertitude élevé (corrections de mesures, relevés difficiles par temps nuageux). Nous pouvons nous interroger sur la fiabilité des mesures et le sens du *"degré de confiance élevé"* annoncé par le GIEC. Ceci est contredit par notre analyse.

En ce qui concerne les stations météo sous forme de balises, nous savons qu'elles ne sont pas réparties de manière égale dans les hémisphères nord et sud.

Il y a actuellement 17 satellites géostationnaires et 13 satellites à défilement. Chacun d'eux est capable de balayer périodiquement de vastes zones allant d'un pôle à l'autre. Cependant, les satellites étant calibrés et étalonnés grâce aux stations au sol, leur calibration est meilleure au nord qu'au sud (puisqu'il y a bien plus de stations au nord).

La moyenne des températures est calculée par anomalies par rapport à une période de référence (1961-1990). Il n'est pas justifié de raisonner en anomalies de température plutôt qu'en température absolue ou température moyenne et de choisir arbitrairement une période de référence. Il s'agit d'une présentation non-scientifique, susceptible de tromper le public.

Phénomène et évolution anticipée	Probabilité d'autres changements	
	Début du XXIe siècle	Fin du XXIe siècle
Journées et nuits froides moins froides et/ou moins nombreuses sur la plupart des terres émergées	*Probable* {11.3}	*Quasiment certain* {12.4} *Quasiment certain* *Quasiment certain*
Journées et nuits chaudes plus chaudes et/ou plus fréquentes sur la plupart des terres émergées	*Probable* {11.3}	*Quasiment certain* {12.4} *Quasiment certain* *Quasiment certain*
Périodes/vagues de chaleur plus fréquentes et/ou plus longues sur la plupart des terres émergées	Pas d'évaluation formelle[b] {11.3}	*Très probable* {12.4} *Très probable* *Très probable*
Épisodes de précipitations abondantes. Augmentation de la fréquence, de l'intensité et/ou du nombre des épisodes de précipitations abondantes	*Probable* sur de nombreuses terres émergées {11.3}	***Très probable*** sur la plupart des terres émergées des latitudes moyennes et sur les régions tropicales humides {12.4} *Probable* sur de nombreuses régions *Très probable* sur la plupart des terres émergées
Augmentation de l'intensité et/ou de la durée des sécheresses	*Degré de confiance faible*[g] {11.3}	***Probable*** *(degré de confiance moyen)* à une échelle régionale et mondiale[h] {12.4} *Degré de confiance moyen* dans certaines régions *Probable*[e]
Augmentation de l'activité des cyclones tropicaux intenses	*Degré de confiance faible* {11.3}	***Plus probable qu'improbable*** dans le Pacifique Nord-Ouest et l'Atlantique Nord {14.6} *Plus probable qu'improbable* dans certains bassins *Probable*
Incidence ou amplitude accrue d'une très haute élévation du niveau des mers	*Probable*[l] {13.7}	***Très probable***[l] {13.7} *Très probable*[m] *Probable*

Figure 1 : Extrait du tableau "Phénomènes météorologiques et climatiques extrêmes" [p.7]

Regardons le tableau des phénomènes météorologiques et climatiques extrêmes [p.7]. Dans la dernière colonne intitulée "Probabilité d'autres changements", il est étonnant que les degrés de confiance et de probabilité de la colonne "Début du XXIe siècle" soient inférieurs à ceux de la colonne "Fin du XXIe siècle".

"Il est probable que l'océan s'est réchauffé entre 700 et 2 000 m de profondeur entre 1957 et 2009. On dispose de suffisamment d'observations pour la période de 1992 à 2005 pour effectuer une évaluation globale du changement de température en dessous de 2 000 m. Il n'y a probablement pas de tendance significative entre 2 000 et 3 000 m sur cette période. Il est probable que l'océan profond en dessous de 3 000 m s'est réchauffé sur cette période, le réchauffement le plus important étant observé dans l'océan Austral." [p.8]

Toutes ces affirmations "il est probable que" n'ont aucun sens scientifique. Elles ne sont pas documentées par des données, des observations, des mesures. Il n'y a rien qui permette de les justifier. Ce n'est que du jugement d'expert qui voudrait se donner un sens scientifique.

Il existe trois types d'outils pour mesurer la température des mers en profondeur. Le premier est le profileur, qui est une version améliorée de la bouée dérivante puisqu'il est capable d'effectuer des cycles préprogrammés de descente afin de mesurer les paramètres océaniques jusqu'à une profondeur de 2 000 m. Cependant, ce type de bouée est peu répandu, et les 1 250 bouées dérivantes utilisées actuellement ne sont pas toutes équipées de cette fonctionnalité.

Le deuxième outil de mesure sous-marine est la bouée fixe, bien plus coûteuse et difficile à mettre en place que la bouée dérivante. Il n'y en a qu'un faible nombre dans les océans (insuffisant pour créer un réseau de mesures), et celles mises en places ne sont capables de mesurer les températures qu'à 500 m de profondeur maximum.

Le dernier outil de mesure de température est la sonde reliée à un navire, capable de descendre jusqu'à 1 500 m. Là encore, ce moyen de mesure est peu répandu, puisqu'il y a de moins en moins de navires scientifiques en circulation.

Il n'existe donc aucun moyen de mesurer physiquement les températures à des profondeurs importantes, et le GIEC tire ses conclusions de mesures qui ne peuvent être que satellitaires, avec toutes les erreurs induites (modèles, maillage insuffisant aux pôles, etc.).

"Depuis le début des années 1970, la somme de la perte de masse des glaciers et de l'expansion thermique des océans due au réchauffement expliquent environ 75 % de l'élévation du niveau moyen des mers (degré de confiance élevé). Sur la période 1993-2010, l'élévation du niveau moyen des mers est, avec un degré de confiance élevé, en accord avec la somme des contributions observées de l'expansion thermique océanique due au réchauffement (1,1 [0,8 à 1,4] mm.an^{-1}) [...]." [p.11]

Nous avons vu (paragraphe IV, Chapitre 1, Première Partie) quels étaient les facteurs expliquant l'élévation du niveau des mers : poussée d'Archimède, érosion des sols, etc. L'expansion thermique des océans est loin d'être la seule, et loin d'être la principale. La conclusion du GIEC "degré de confiance élevé" n'a pas de sens scientifique.

"Les projections des changements au sein du système climatique sont réalisées à l'aide d'une hiérarchie de modèles climatiques qui comprend des modèles climatiques simples, des modèles de complexité intermédiaire, des modèles climatiques détaillés et des modèles de système Terre." [p.19]

Les modélisations simples sont les meilleures : quand on ne comprend pas un phénomène, il est nécessaire de rester grossier dans sa modélisation. Mais le GIEC se réfère à des modélisations complexes, non validées, et les présente comme des preuves.

"De nouvelles émissions de gaz à effet de serre impliqueront une poursuite du réchauffement et des changements affectant toutes les composantes du système climatique. Pour limiter le changement climatique, il faudra réduire notablement et durablement les émissions de gaz à effet de serre." [p.19]

Le GIEC affirme que l'augmentation des gaz à effet de serre entraîne un réchauffement climatique et conclut directement sur les mesures à prendre.

Il y a là une triple faute de logique : le réchauffement climatique n'est pas démontré, le lien avec les GES est hypothétique, et l'efficacité de ces mesures est contestable (voir plus haut). Le GIEC ne réclame en aucune façon la poursuite des études scientifiques : davantage de données, d'observations. Le GIEC considère qu'elles sont suffisantes pour une conclusion, et que cette conclusion est "il faut agir". Ceci est inacceptable sur le plan de la méthodologie scientifique (voir **en annexe** les règles fondamentales de la recherche scientifique).

		2046–2065		2081–2100	
	Scénario	moyenne	plage *probable*[c]	moyenne	plage *probable*[d]
Évolution de la température moyenne à la surface du globe (°C)[a]	RCP2,6	1,0	0,4 à 1,6	1,0	0,3 à 1,7
	RCP4,5	1,4	0,9 à 2,0	1,8	1,1 à 2,6
	RCP6,0	1,3	0,8 à 1,8	2,2	1,4 à 3,1
	RCP8,5	2,0	1,4 à 2,6	3,7	2,6 à 4,8
	Scénario	moyenne	plage *probable*[c]	moyenne	plage *probable*[d]
Élévation du niveau moyen des mers (m)[b]	RCP2,6	0,24	0,17 à 0,32	0,40	0,26 à 0,55
	RCP4,5	0,26	0,19 à 0,33	0,47	0,32 à 0,63
	RCP6,0	0,25	0,18 à 0,32	0,48	0,33 à 0,63
	RCP8,5	0,30	0,22 à 0,38	0,63	0,45 à 0,82

Figure 2 : Évolution projetée de la moyenne de la température de l'air à la surface du globe et de l'élévation du niveau moyen des mers pour le milieu et la fin du XXIe siècle par rapport à la période de référence 1986-2005. [p.23]
"Notes :

- *a : Basé sur l'ensemble CMIP5 ; anomalies calculées par rapport à la période 1986–2005.*
- *b : Basée sur 21 modèles CMIP5 ; anomalies calculées par rapport à la période 1986–2005." [p.23]*

Les scénarios élaborés par le GIEC sont tous effectués à partir d'une période de référence : 1986-2005. Rien ne permet de justifier ce choix.

Les élévations de température mentionnées dans le tableau ci-dessus ne sont pas compatibles avec les affirmations précédentes du GIEC, qui voyait 0.85°C en 130 ans ; ici, nous voyons 1°C (ou davantage, selon le scénario) en 20 ans (2046-2065).

2. Etude d'un exemple concret : le graphique RID1 p.6

a. Analyse

Nos remarques quant à la démarche scientifique du GIEC concernent essentiellement les jeux de données utilisés.

Les chapitres RID (Résumé à l'Intention des Décideurs) et RT (Résumé Technique) énoncent des conclusions en s'appuyant sur des graphiques. Nous avons voulu, à partir d'un graphique présenté aux décideurs (cf graphique ci-dessous), remonter aux données sources, en nous aidant des indications fournies par le GIEC dans les légendes.

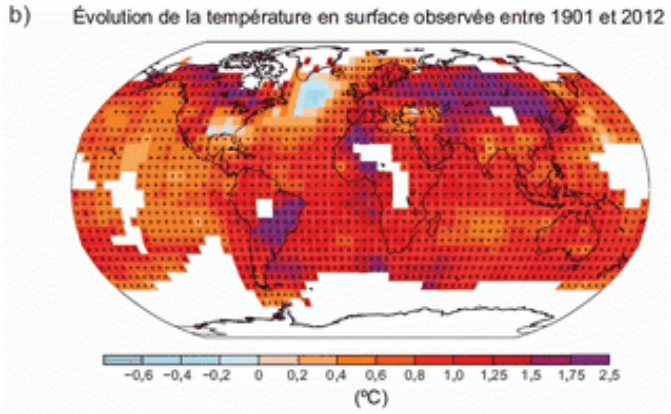


Figure 3 : Évolution de la température en surface observée entre 1901 et 2012 [p.6]

Le présent graphique nous renvoie à trois graphiques dans la partie RT :

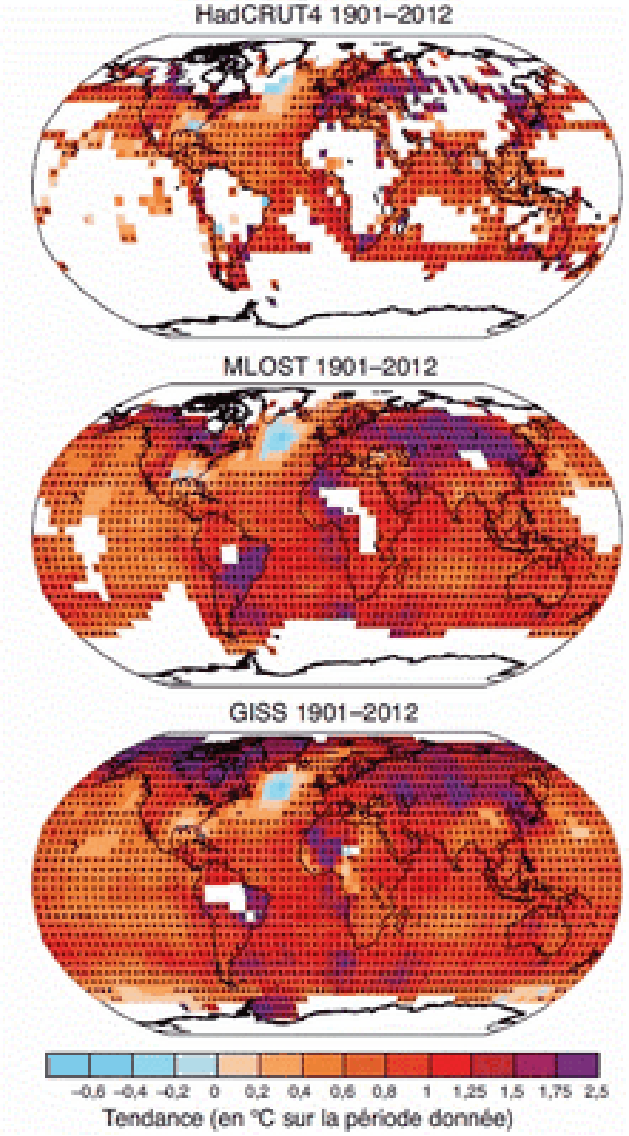


Figure 4 : Évolution de la température en surface pendant la période 1901–2012, exprimée sous forme de tendance linéaire pour trois jeux de données [p.39]

Première remarque : le graphique présenté aux décideurs correspond au deuxième jeu de données utilisé par le GIEC. Trois jeux de données aboutissent aux trois graphiques ci-dessus :

- Graphique 1 "HadCRUT4" : données Hadley Center (Meteorological Office britannique) ;
- Graphique 2 "MLOST" : données NCDC ;
- Graphique 3 "GISS" : données NASA.

Les trois graphiques présentent des données différentes : le 1 est celui qui dispose du moins de données, le 3 le plus de données. Nous savons que les stations de mesure ne sont pas réparties uniformément sur le globe : les jeux de données 2 et 3 ne peuvent donc pas provenir uniquement de stations, mais probablement de satellites et/ou de reconstructions de données (ce sont des modèles dans les deux cas, avec toutes les limites et incertitudes que cela implique).

Voici le détail des sources et des méthodes utilisées pour générer ces trois cartographies :

- Graphique 1 "HadCRUT4" : données Hadley Center

La base de données HadCRUT combine les mesures de température à la surface de la mer du Hadley Center (Met Office britannique) et les températures au sol du Climatic Reseach Unit (Université d'East Anglia). Les données sont donc celles de stations au sol, et ne semblent pas être des données satellitaires. Elles sont téléchargeables sur le site du Met Office, rubrique "hadobs/crutem4/data". Leur format est un simple format de fichier texte, accessible à tous.

Les incertitudes sur les moyens de mesure sont prises en compte au moment de calculer les anomalies de températures (notamment pour les navires scientifiques).

Cependant le Met Office affirme que les données sont disponibles depuis janvier 1850, alors que seules certaines zones étaient fournies en capteurs à cette époque (surtout en Europe). On ne sait pas si les cartographies utilisent seulement les données disponibles, ou bien si les données manquantes sont reconstituées par un modèle mathématique approprié.

- Graphique 2 "MLOST" : données NCDC

L'analyse MLOST (Merged Land-Ocean Surface Temperature) est réalisée par le National Climatic Data Center (géré par la NOAA). Elle utilise des jeux de données différents de ceux utilisés par le Met Office : l'analyse MLOST fait appel aux relevés de températures sur terre du Global Historical Climatology Network (qui est le réseau le plus important de capteurs terrestres), tandis que les relevés en mer sont ceux de l'International Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set.

Contrairement au graphique HadCRUT4, le NCDC a tenté d'étendre un maximum les données afin de recouvrir tout le globe, faisant appel à des modèles mathématiques appropriés pour reconstituer les données manquantes. Ainsi la NOAA ne semble plus utiliser les relevés

initiaux des stations, même si elle n'utilise pas les satellites. La couverture des pôles est logiquement mauvaise (il n'y a quasiment pas de stations de surface au niveau des pôles).

L'accès aux données brutes est très difficile (labyrinthe de liens, format des fichiers peu accessible au grand public), la NOAA se contentant de mettre un formulaire pour choisir les températures à observer.

- Graphique 3 "GISS" : données NASA.

L'analyse GISS, effectuée par la NASA, utilise trois jeux de données : la base de données du GHCN (la même que celle utilisée dans l'analyse MLOST), la base ERSST (Extended Reconstructed Sea Surface Temperature - NOAA) et les données de la base SCAR (Scientific Committee on Antarctic Research).

Difficiles d'accès, ces bases font l'objet de nombreux correctifs avant d'être cartographiées : la base des relevés maritimes est elle-même issue d'une reconstruction de maillage, et ne peut donc plus être considérée comme une base de données brutes.

De plus la NASA utilise des satellites pour déterminer si telle station est proche d'une zone urbaine, et applique un correctif aux données le cas échéant. Cette correction n'est pas connue.

La NASA utilise elle aussi des données de stations de surface, mais les corrige a posteriori avec des satellites (alors que la méthode inverse semblerait plus logique, puisque les satellites doivent être calibrés à partir des stations), et l'une des bases (stations en mer) est elle-même issue d'une extrapolation de données, qui est évidemment soumise aux incertitudes qu'un tel algorithme peut générer.

b. Conclusion

Dans son Résumé à l'Intention des Décideurs (RID), le GIEC présente ses conclusions en s'appuyant sur un graphique, et précise : "*la liste des ensembles de données et des détails techniques supplémentaires se trouvent dans les annexes du Résumé technique (RT).*" Or dans le RT, il n'y a pas de données mais trois graphiques. Après analyse des données et des moyens techniques utilisés pour réaliser les graphiques, nous pouvons les classer par ordre de fiabilité :

	Moyens techniques utilisés	Fiabilité
Graphique 1 (Hadley Center)	Stations	Le plus fiable
Graphique 2 (NCDC)	Stations, modèles complexes	Le moins fiable
Graphique 3 (NASA)	Stations, satellites	Moyennement fiable

Le GIEC a choisi de présenter dans le RID le graphique 2, celui qui en apparence dispose du plus de données (les points de mesure couvrent tout le globe terrestre). Or pour arriver à ce résultat, la NCDC s'appuie sur des mesures de stations mais aussi sur des modèles mathématiques complexes traitant les données, avant de les cartographier. Ces modèles ne sont pas connus et n'ont fait l'objet d'aucune validation.

Le GIEC s'appuie sur ce graphique pour arriver aux conclusions suivantes :

- *"Chacune des trois dernières décennies a été successivement plus chaude à la surface de la Terre que toutes les décennies précédentes depuis 1850 (voir figure RID.1)." [p.5] ;*

- *"Sur la plus longue période pour laquelle le calcul relatif aux tendances régionales est suffisamment exhaustif (1901–2012), la quasi-totalité de la surface du globe a connu un réchauffement (voir figure RID.1b)." [p.5] ;*

- *"La température moyenne à la surface du globe présente une grande variabilité aux échelles décennale et interannuelle (voir figure RID.1), qui se superpose à un réchauffement multi décennal considérable." [p.5].*

Ces conclusions, présentées comme précises, sont obtenues à partir d'un graphique dont les données sont très discutables. Elles sont issues de reconstitutions, de modèles, d'extrapolations, et ne reflètent en aucune manière la réalité des observations.

Sur le plan de la méthodologie scientifique, un tel procédé est inacceptable.

B. Le CO_2

"Les taux actuels d'augmentation du CO_2, du CH_4 et du N_2O dans l'atmosphère, ainsi que la hausse du forçage radiatif (FR) qui s'y associe, sont sans précédent selon les relevés "haute résolution" de ces 22 000 dernières années provenant des carottes de glace (degré de confiance très élevé)." [p.50]

Les données sont issues de carottes de glace du Dôme C en Antarctique et ne sont pas de haute résolution sur les 22 000 dernières années : elles sont moyennées sur 250 ans, durée bien plus longue que celle de l'ère industrielle !

Les taux actuels de CO_2 ne sont pas sans précédent. Les mesures chimiques, réalisées depuis 1812 et compilées par Ernst Beck, indiquent que des taux atteignant les 400 ppm ont déjà été mesurés par le passé (voir paragraphe II, Chapitre 1, Première Partie). Cependant, ces mesures sont ignorées par le rapport du GIEC.

"Les variations passées des concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère sont déterminées avec un degré de confiance très élevé grâce aux carottes de glace polaire." [p.50]

Les variations de concentration ne peuvent apparaître dans les données relatives aux carottes de glace, car elles ne représentent que des moyennes temporelles sur de longues durées, et présentent de nombreux artefacts méthodologiques. Enfin, une carotte ne peut représenter que la concentration à l'endroit où elle a été prise : dans les glaces, ce qui ne préjuge en rien des concentrations ailleurs. Nous avons vu que la concentration en CO_2 était très variable, d'un point à un autre, tout comme l'est la température.

"La vitesse de variation de l'augmentation des gaz à effet de serre est également sans précédent selon les relevés de moindre résolution relatifs aux 800 000 dernières années (degré de confiance moyen). {2.2.1, 5.2.2} […] Les concentrations actuelles de CO_2, les plus élevées depuis 800 000 ans au moins, devraient continuer à croître." [p.131]

Les données d'il y a 800 000 ans sont moyennées sur plus de 5 000 ans. Elles proviennent des carottes de glace du Dôme C en Antarctique. Il est donc inexact d'affirmer que des variations de CO_2 n'ont jamais eu lieu par le passé et qu'un maximum n'a jamais été atteint avant. Nous n'avons pas les moyens de le savoir.

"Sur les 555 [470 à 640] PgC rejetés dans l'atmosphère du fait des émissions liées aux combustibles fossiles et à l'affectation des terres entre 1750 et 2011, 240 [230 à 250] PgC se sont accumulés dans l'atmosphère, selon des estimations de très haute précision fondées sur l'augmentation observée de la concentration de CO_2 dans l'atmosphère, qui est passée de 278 [273 à 283] ppm en 1750 à 390,5 [390,4 à 390,6] ppm en 2011." [p.50]

La valeur de 278 ppm est basée sur les relevés des carottes de glaces alors que la seconde, 390 ppm, est issue de mesures infrarouges à Mauna Loa. La comparaison est incorrecte, car il s'agit de deux endroits différents, et de deux méthodes de mesure différentes.

Les valeurs de 278 ppm et 390 ppm avancées par le GIEC ne sont basées que sur deux points précis du globe et ne sauraient en rien refléter la concentration globale du CO_2.

Pour obtenir une estimation de la concentration globale, il faudrait mesurer le CO_2 en chaque hectomètre cube du globe.

On ne connaît pas la variation de la concentration en CO_2 au cours des âges : on ne dispose pas de mesures fiables en nombre suffisant. Mais le GIEC considère les mesures des carottes de glace comme des preuves et les mesures par infrarouge de Mauna Loa comme une référence de la concentration mondiale.

Il s'agit clairement ici d'une erreur logique dans le raisonnement et ces conclusions ne pourraient pas être acceptées si elles étaient soumises pour publication dans une revue scientifique.

Une autre erreur logique, commise par le GIEC, tient à la nature même du cycle du carbone. Le GIEC raisonne comme si ce cycle était réduit à des émissions, qu'il faudrait contrôler, voire réduire. Or la Nature réalise un "cycle du carbone" : celui-ci est émis, puis utilisé dans de nombreux processus naturels, complètement ignorés dans le travail du GIEC.

Les flux d'échanges naturels du CO_2 sont estimés sur la base de connaissances incertaines des processus naturels. La capacité d'absorption des puits de CO_2, en particulier pour les océans, n'est pas connue avec certitude. Le flux terre-atmosphère depuis 1750 est estimé à 30 PgC avec une incertitude de 45 PgC. L'efficacité des différents puits et sources de CO_2 est variable et inconnue. L'augmentation de la concentration en CO_2 peut très bien être due à une variabilité naturelle de l'un de ces puits.

En d'autres termes, une augmentation locale de la concentration en CO_2 peut parfaitement provenir du fait que, localement, l'océan en absorbe moins, pour une raison ou pour une autre, sans que l'homme y soit pour quoi que ce soit.

Le GIEC fait comme s'il y avait un équilibre naturel, que seul l'homme viendrait troubler. En vérité, il n'y a pas d'équilibre naturel, mais des variations permanentes et largement inconnues.

"La quantité totale de CO_2 anthropique libéré dans l'atmosphère depuis l'époque préindustrielle (qu'on appelle souvent "émissions cumulées de carbone" bien qu'elle ne s'applique qu'aux émissions de CO_2) est un bon indicateur de la teneur de l'atmosphère en CO_2, donc de la réponse du réchauffement mondial." [p.102]

Le GIEC démontre que l'augmentation du CO_2 est la cause majeure d'un déséquilibre du bilan énergétique global et donc d'un réchauffement mondial. Mais ce bilan n'existe pas, et est impossible à réaliser à cause des incertitudes élevées sur les différents flux énergétiques (rayonnement du soleil, réflexion sur la couverture nuageuse, effet refroidissant des interactions aérosols/nuages, etc.). Il est sujet à des variations naturelles importantes.

Les démonstrations du GIEC reposent en réalité sur des modèles numériques simplifiés et qui n'ont jamais été validés. L'utilisation de tels modèles, pour une aide à la décision politique, relève à la fois de la malhonnêteté et de la faute de logique.

Le GIEC prévoit des mécanismes d'amplification de la réaction du climat à l'augmentation de la concentration en CO_2 : réchauffement de l'océan, acidification des océans, modification des mécanismes de convection dans les nuages, etc. Mais tous ces mécanismes sont complètement hypothétiques. Ils n'ont jamais été observés et ne résultent que de modèles mathématiques simplistes et non validés.

C. Les cyclones

Nous avons traité nous-mêmes les données relatives aux cyclones du bassin Atlantique Nord, et nous avons vu qu'il n'y avait pas d'augmentation de la fréquence des cyclones (légère augmentation de ceux de forte intensité, sans que l'on puisse conclure, du fait des incertitudes sur la qualification des données).

Les cyclones représentent un cas bien particulier des phénomènes météorologiques extrêmes (qui comprennent également les sécheresses, les journées très chaudes ou très froides, etc.). Ils ne sont pas traités explicitement dans le résumé à l'intention des décideurs. C'est pourquoi nous avons examiné le résumé technique. De cette manière nous avons pu comparer nos conclusions avec celles avancées par le GIEC.

"Dans la région de l'Atlantique Nord, la diminution du forçage des aérosols au-dessus de l'Atlantique Nord a contribué, du moins en partie, à l'augmentation observée de l'activité des cyclones tropicaux dans la région depuis les années 1970 (degré de confiance moyen)." [p.72]

Le GIEC annonce une augmentation du nombre de cyclones dans l'Atlantique Nord depuis les années 1970. Cette conclusion du GIEC est contredite par les données.

De plus, il attribue cette augmentation à la diminution du forçage des aérosols. Les aérosols sont constitués de particules très fines en suspension dans l'atmosphère ; ils auraient une action s'opposant à l'effet de serre. Une telle conclusion ne repose sur aucune base scientifique.

"Un faible degré de confiance est associé aux projections à l'échelle des bassins concernant les variations d'intensité et de fréquence des cyclones tropicaux dans tous les bassins jusqu'au milieu du XXIe siècle. Ce faible degré de confiance est dû à la rareté des études portant sur les activités cycloniques à court terme et aux différences entre les projections quant à ces activités et à l'importance de la variabilité naturelle. Un faible degré de confiance est associé aux projections à court terme concernant l'augmentation de l'intensité des cyclones tropicaux de l'Atlantique, du fait en partie de la diminution projetée de la concentration d'aérosols." [p.88]

Il y a une très forte variabilité naturelle de ces phénomènes, qui n'est pas prise en compte par le GIEC.

Amérique du Nord : "Apparition des précipitations de mousson plus tard dans le cycle annuel; augmentation des précipitations lors des cyclones extratropicaux entraînant un accroissement important des précipitations hivernales dans le tiers septentrional du continent ; augmentation des précipitations extrêmes lors des cyclones tropicaux qui atteignent les côtes occidentales des États-Unis et du Mexique, le golfe du Mexique et les côtes orientales des États-Unis et du Canada." [p.106]

Amérique Centrale et Caraïbes : "Réduction prévue des précipitations moyennes et augmentation des précipitations extrêmes ; multiplication des précipitations extrêmes lors de cyclones tropicaux atteignant les côtes orientales et occidentales." [p.106]

Tous ces énoncés apocalyptiques ne reposent sur rien puisque, dans l'Atlantique nord, il n'y a pas d'augmentation du nombre des cyclones.

"Selon les projections pour le XXIe siècle, il est probable que sur le plan mondial, la fréquence des cyclones tropicaux va se réduire ou rester la même pour l'essentiel, parallèlement à une augmentation probable de la vitesse maximale des vents et de l'intensité des pluies imputables aux cyclones tropicaux, en moyenne mondiale (figure RT.26). Il est probable que l'influence des changements climatiques sur les cyclones tropicaux varie selon les régions, mais on accorde un faible degré de confiance aux projections par région. Il est plus probable qu'improbable que la fréquence des tempêtes les plus intenses augmente dans certains bassins. On prévoit des précipitations plus extrêmes à proximité des centres des cyclones tropicaux qui atteindront les côtes d'Amérique du Nord, d'Amérique centrale, d'Afrique de l'Est, d'Asie de l'Ouest, de l'Est, du Sud et du Sud-Est, d'Australie et de nombreuses îles du Pacifique (degré de confiance moyen)." [p.107-108]

Ce genre d'énoncé "il est plus probable qu'improbable" est déroutant pour un scientifique : cela ne veut absolument rien dire. C'est une sorte de jargon pseudo-scientifique, qui vient mettre des probabilités là où elles n'ont rien à faire.

Ce texte contredit plusieurs affirmations précédentes, puisqu'il affirme que nous ne sommes pas capables de faire des projections par région, mais les fait tout de même. Il affirme aussi que la fréquence des cyclones extrêmes va diminuer.

"Il est improbable que sur le plan mondial, le nombre de cyclones extratropicaux diminue de plus de quelques points de pourcentage et il est probable que l'évolution des tempêtes à l'avenir soit faible par rapport à la variabilité interannuelle naturelle et aux variations importantes observées entre modèles. […]
Il est improbable que dans les projections climatiques, on prévoie un simple déplacement vers le pôle de la trajectoire des tempêtes de l'Atlantique Nord." [p.108]

Tout ceci représente des élucubrations du style "boule de cristal", sans aucune justification scientifique. Les mots "il est probable que" doivent être remplacés par "Le GIEC voudrait nous faire croire que".

"Cyclones tropicaux et extratropicaux
Compte tenu de l'évolution passée de la capacité d'observation, on accorde un faible degré de confiance aux variations à long terme (centennales) de l'activité des cyclones tropicaux. À l'époque des satellites, cependant, on observe une nette augmentation de la fréquence et de l'intensité des tempêtes les plus violentes dans l'Atlantique Nord (degré de confiance très élevé). Quoi qu'il en soit, il y a débat quant à la cause de cette augmentation et l'on accorde un faible degré de confiance à l'attribution à l'homme de l'évolution de l'activité des cyclones tropicaux en raison de l'insuffisance des éléments de preuve issus d'observations, de la méconnaissance de la physique des corrélations entre les facteurs anthropiques de l'évolution du climat et l'activité des cyclones tropicaux, du faible degré de cohérence entre les différences études concernant l'importance relative de la variabilité interne, ainsi que des forçages anthropiques et naturels. {2.6.3, 10.6.1 et 14.6.} […]." [p.113]

On ne peut pas analyser l'évolution du nombre de cyclones sur 100 ans : les moyens de mesure n'existaient pas. Sur les trente dernières années et sur l'Atlantique nord, nos conclusions sont nettes : pas d'augmentation.

Le GIEC admet par la suite que s'il y a une augmentation, il ne peut l'imputer à l'homme : *"on accorde un faible degré de confiance à l'attribution à l'homme de l'évolution de l'activité des cyclones tropicaux."*, mais seulement dans le Résumé Technique et non dans le Résumé à l'Intention des Décideurs.

"On peut dire avec un faible degré de confiance que toute évolution à long terme (centennale) signalée concernant les caractéristiques des cyclones tropicaux est robuste, si l'on tient compte de l'évolution passée de la capacité d'observation." [p.114]

Nous n'avons aucune connaissance de l'évolution des cyclones sur 100 ans ; cette affirmation est entièrement dépourvue de contenu.

"Pour certains aspects du système climatique (évolution de la sécheresse, évolution de l'activité des cyclones tropicaux, réchauffement de l'Antarctique, étendue des glaces de mer en Antarctique, bilan de masse de l'Antarctique, etc.), on accorde un faible degré de confiance à

l'influence de l'homme en raison d'incertitudes en matière de modélisation et du faible degré de cohérence entre les études scientifiques." [p.115]

"On accorde généralement un faible degré de confiance aux projections à l'échelle du bassin des tendances significatives concernant la fréquence et l'intensité des cyclones tropicaux au XXIe siècle." [p.115]

Le GIEC admet ici que ses prévisions cycloniques sont peu fiables, mais dit le contraire ailleurs (prévisions qualifiées de "robustes").

Le commentaire suivant a été tiré de la foire aux questions :

"La fréquence des cyclones tropicaux qui atteignent les côtes de l'Atlantique Nord et du Pacifique Sud semble décroître légèrement sur une période d'un siècle ou plus, compte tenu des incertitudes liées aux méthodes d'observation. Peu d'éléments révèlent une tendance quelconque à plus long terme dans les autres bassins océaniques. En ce qui concerne les cyclones extratropicaux, un déplacement vers les pôles apparaît clairement dans les deux hémisphères depuis 50 ans et d'autres éléments, quoique limités, font état d'une baisse de la fréquence des tempêtes de vent aux latitudes moyennes. Plusieurs études laissent penser que l'intensité augmente, mais des problèmes d'échantillonnage des données empêchent de procéder à ces évaluations." [p.125-126]

Nous avons ici une démonstration évidente de malhonnêteté intellectuelle dans la présentation. Un élément essentiel est dissimulé dans la "Foire aux Questions", alors que le rapport dit le contraire. Ce sont pourtant les cyclones qui touchent les côtes (par opposition à ceux qui se perdent en mer) qui intéressent le public et les décideurs. Si leur fréquence diminue, cela devrait être dit bien clairement dès le début !

Les parties multiples du rapport (RID, RT, FAQ) permettent au GIEC de sélectionner des conclusions différentes en fonction des besoins.

D. Le niveau des mers

1. **Les commentaires sur le Résumé à l'Intention des Décideurs**

"Au cours des deux dernières décennies, la masse des nappes glaciaires du Groenland et de l'Antarctique a diminué, les glaciers de presque toutes les régions du globe ont continué à se réduire et l'étendue de la banquise arctique et celle du manteau neigeux de l'hémisphère Nord au printemps ont continué à diminuer (degré de confiance élevé)." [p.9]

On constate une récente remontée de l'épaisseur des glaces de l'Arctique, voir [Cryosat] plus haut. Il y a une très grande variabilité naturelle sur ces éléments.

"À partir des reconstructions, on peut affirmer, avec un degré de confiance moyen, que, sur les trois dernières décennies, le recul de la banquise arctique en été était sans précédent et que les températures de surface de la mer en Arctique étaient anormalement élevées, au moins dans le contexte des 1 450 dernières années." [p.9]

L'épaisseur des banquises est actuellement mesurée par satellite. On ne disposait d'aucune mesure fiable auparavant, et toute conclusion sur 1 450 années est tout simplement absurde. On dispose de témoignages fiables, montrant qu'à certaines époques la banquise nord a fondu, plus qu'elle ne le fait aujourd'hui. Nous en avons parlé au paragraphe IV, Chapitre 1, Première Partie.

"Depuis le milieu du XIXe siècle, le rythme d'élévation du niveau moyen des mers est supérieur au rythme moyen des deux derniers millénaires (degré de confiance élevé). Entre 1901 et 2010, le niveau moyen des mers à l'échelle du globe s'est élevé de 0,19 m [de 0,17 à 0,21 m] (voir figure RID.3)." [p.11]

"Les données relatives au niveau des mers issues de mesures indirectes et instrumentales indiquent qu'une transition a eu lieu entre la fin du XIXe et le début du XXe siècle, où l'on est passé de vitesses d'élévation relativement faibles au cours des deux millénaires précédents à des vitesses plus importantes (degré de confiance élevé). Il est probable que la vitesse d'élévation du niveau des mers continue à augmenter depuis le début du XXe siècle; {3.7, 5.6, 13.2}." [p.11]

Ceci est en contradiction avec l'étude de [Christy-Spencer] et avec les données rapportées dans notre Première Partie. Il n'y a eu aucune accélération récente du niveau des mers depuis 1800.

"Il est très probable que la vitesse moyenne d'élévation du niveau des mers a été de 1,7 [1,5 à 1,9] mm.an^{-1} entre 1901 et 2010, de 2,0 [1,7 à 2,3] mm.an^{-1} entre 1971 et 2010, et de 3,2 [2,8 à 3,6] mm.an^{-1} entre 1993 et 2010. Les données fournies par les marégraphes et les satellites altimétriques sont cohérentes en ce qui concerne la vitesse plus élevée caractérisant la dernière période. Il est probable que des vitesses aussi élevées se sont produites entre 1920 et 1950." [p.11]

L'ordre de grandeur pour la période de 1992 à 2010 correspond à celui que nous avons donné plus haut (voir graphique général fourni par l'Université du Colorado) et provient vraisemblablement de mesures satellitaires. Cependant, nous avons vu des divergences entre les différents moyens de mesure : 1 mm par an pour les marégraphes et 3 mm par an pour les satellites. Le GIEC se trompe en affirmant une cohérence entre les deux moyens de mesure.

"Depuis le début des années 1970, la somme de la perte de masse des glaciers et de l'expansion thermique des océans due au réchauffement expliquent environ 75 % de l'élévation du niveau moyen des mers (degré de confiance élevé). Sur la période 1993-2010, l'élévation du niveau moyen des mers est, avec un degré de confiance élevé, en accord avec la somme des contributions observées de l'expansion thermique océanique due au réchauffement (1,1 [0,8 à 1,4] mm.an^{-1}) et des changements affectant les glaciers (0,76 [0,39 à 1,13] mm.an^{-1}), la nappe du Groenland (0,33 [0,25 à 0,41] mm.an^{-1}), la nappe de l'Antarctique (0,27 [0,16 à 0,38] mm.an^{-1}) et le stockage d'eaux continentales (0,38 [0,26 à 0,49] mm.an^{-1}).
La somme de ces contributions est de 2,8 [2,3 à 3,4] mm.an^{-1}." [p.11]

Nous avons vu plus haut (§ IV, Chapitre I, Première Partie) quels étaient les facteurs à l'origine de l'élévation du niveau de la mer. En ce qui concerne la fonte des glaces au Groenland, elle est attribuée à la géothermie par des études récentes (§ V, Chapitre 1, Seconde Partie).

"On peut affirmer, avec un degré de confiance très élevé, que le niveau moyen maximal des mers pendant la dernière période interglaciaire (il y a 129 000 à 116 000 ans) a été supérieur au niveau actuel d'au moins 5 m durant plusieurs milliers d'années et, avec un degré de confiance élevé, que celui-ci ne dépassait pas le niveau actuel de plus de 10 m. Au cours de la dernière période interglaciaire, la calotte glaciaire du Groenland a très probablement contribué à élever le niveau moyen des mers de 1,4 à 4,3 m, ce qui implique une contribution additionnelle de la calotte glaciaire de l'Antarctique (degré de confiance moyen). Ce changement de niveau des mers s'est produit dans le contexte d'un forçage orbital différent des conditions actuelles et de températures de surface dans les hautes latitudes supérieures d'au moins 2 °C aux températures actuelles, cela en moyenne sur plusieurs millénaires (degré de confiance élevé)." [p.11]

Il est aberrant d'obtenir un tel niveau de confiance sur des périodes aussi lointaines. En effet comme expliqué précédemment, les informations que nous avons sur le niveau des mers d'il y a 18 000 ans sont sujettes à caution et ne concernent qu'un petit nombre d'observations côtières. Ici les conclusions faites par le GIEC remontent à des périodes bien antérieures.

"On détecte l'influence des activités humaines dans le réchauffement de l'atmosphère et de l'océan, dans les changements du cycle global de l'eau, dans le recul des neiges et des glaces, dans l'élévation du niveau moyen mondial des mers et dans la modification de certains extrêmes climatiques (voir figure RID.6 et tableau RID.1). On a gagné en certitude à ce sujet depuis le quatrième Rapport d'évaluation. Il est extrêmement probable que l'influence de l'homme est la cause principale du réchauffement observé depuis le milieu du XXe siècle." [p.17]

En vérité, rien n'a permis de gagner en certitude, bien au contraire. Toutes les études sont contradictoires, montrant que l'on ne comprend rien aux phénomènes en cause. Le GIEC veut affirmer que l'on a des certitudes scientifiques et que ces certitudes débouchent sur un seul coupable : l'homme. C'est tout simplement malhonnête.

"Il est très probable que la contribution anthropique à l'élévation du niveau des mers depuis les années 1970 est importante. Ce résultat découle du degré de confiance élevé quant à l'influence anthropique sur les deux principales contributions à l'élévation du niveau des mers que sont l'expansion thermique des océans et la perte de masse des glaciers; {10.4., 10.5, 13.3}." [p.18]

Il y a là une accumulation d'erreurs de logique. La réalité du réchauffement climatique n'est pas avérée, ni le lien avec l'élévation du niveau des mers ou la fonte des glaciers. Enfin, le lien avec les activités humaines n'est nullement établi.

"Il est probable que les influences anthropiques ont contribué au recul des glaciers depuis les années 1960 et à l'augmentation de la perte de masse de la calotte glaciaire du Groenland depuis 1993. En raison du faible niveau de compréhension scientifique, le degré de confiance est faible quant à l'attribution des causes de la perte de masse observée de la calotte glaciaire de l'Antarctique au cours des deux dernières décennies." [p.19]

Cette affirmation semble quelque peu contradictoire avec celle qui la précède : comment le GIEC peut-il affirmer d'une part *"Ce résultat découle du degré de confiance élevé quant à l'influence anthropique sur les deux principales contributions à l'élévation du niveau des mers que sont l'expansion thermique des océans et la perte de masse des glaciers"* et d'autre part : *"En raison du faible niveau de compréhension scientifique, le degré de confiance est faible*

quant à l'attribution des causes de la perte de masse observée de la calotte glaciaire de l'Antarctique au cours des deux dernières décennies" ?

"Il est très probable qu'au cours du XXIe siècle, l'étendue et l'épaisseur de la banquise arctique continueront à diminuer, de même que l'étendue du manteau neigeux de l'hémisphère Nord au printemps, au fur et à mesure de l'augmentation de la température moyenne à la surface du globe. À l'échelle mondiale, les glaciers continueront de perdre de leur volume." [p.24]

Les prévisions du GIEC sont aujourd'hui contredites par les observations ; depuis 2012 le niveau d'épaisseur des glaces en Arctique augmente, comme expliqué au § IV, Chapitre I, Première Partie.

"Le niveau moyen mondial des mers continuera à s'élever au cours du XXIe siècle (voir figure RID.9). Selon tous les RCP, il est très probable que cette élévation se produira à un rythme plus rapide que celui observé entre 1971 et 2010, en raison du réchauffement accru de l'océan et de l'augmentation de perte de masse des glaciers et des nappes glaciaires." [p.25]

Le GIEC fonde ses modèles sur une augmentation de la perte de masse des glaciers. Or c'est exactement le phénomène inverse qui se produit en Arctique selon des observations récentes.

"Dans les RCP, la dilatation contribue à hauteur de 30 à 55 % de la hausse totale du niveau des mers, tandis que la contribution des glaciers est de 15 à 35 %. L'augmentation de la fonte superficielle de la calotte du Groenland dominera l'augmentation des précipitations neigeuses, entraînant une contribution positive au niveau futur des mers (degré de confiance élevé). Sur la calotte de l'Antarctique, la fonte en surface restera faible et les précipitations neigeuses augmenteront (degré de confiance moyen), entraînant une contribution négative au niveau futur des mers en raison des changements du bilan de masse en surface. Les changements d'écoulement de la glace des deux calottes glaciaires contribueront probablement à hauteur de 0,03 à 0,20 m d'ici 2081–2100 (degré de confiance moyen) ; {13.3-13.5}." [p.25]

On voit ici une accumulation de jargon incompréhensible : le résultat annoncé est une augmentation de niveau entre 3 cm et 20 cm d'ici 2100 ! Et à partir de tels éléments, le GIEC voudrait nous faire croire qu'il faut agir d'urgence !

"Les fondements scientifiques de projections plus élevées de l'augmentation du niveau moyen des mers au cours du XXIe siècle ont été examinés et il est apparu que l'on dispose actuellement d'éléments insuffisants pour évaluer la probabilité de niveaux spécifiques supérieurs à l'intervalle probable. De nombreuses projections du niveau moyen des mers par des modèles semi-empiriques fournissent des chiffres supérieurs à ceux des modèles basés sur des processus (jusqu'à deux fois plus importants), mais il n'existe pas de consensus au sein de la communauté scientifique concernant leur fiabilité et le degré de confiance dans leurs projections est donc faible; {13.5}." [p.26]

S'il existe des discordances dans les modèles de prévisions du niveau des mers au sein même du GIEC, qu'en est-il de toute la communauté scientifique ? Pourquoi, malgré de telles incertitudes sur ses modèles de prévisions et de telles divergences dans les résultats, le GIEC continue-t-il à présenter des conclusions à l'usage des décideurs ?

2. Erreurs dans le traitement des données

Le GIEC affirme en page 11 de son RID :

"Il est très probable que la vitesse moyenne d'élévation du niveau des mers a été de 1,7 [1,5 à 1,9] mm.an^{-1} entre 1901 et 2010, de 2,0 [1,7 à 2,3] mm.an^{-1} entre 1971 et 2010, et de 3,2 [2,8 à 3,6] mm.an^{-1} entre 1993 et 2010. Les données fournies par les marégraphes et les satellites altimétriques sont cohérentes en ce qui concerne la vitesse plus élevée caractérisant la dernière période. Il est probable que des vitesses aussi élevées se sont produites entre 1920 et 1950." [p.11]

Il y aurait donc, selon le GIEC, une accélération : l'élévation du niveau de la mer serait de plus en plus forte. Nous avons décidé de jouer le jeu et d'aller chercher dans le rapport principal ainsi que dans les résumés techniques les figures dont sont extraites ces informations.

Voilà ce que nous trouvons dans le chapitre 3.7 :

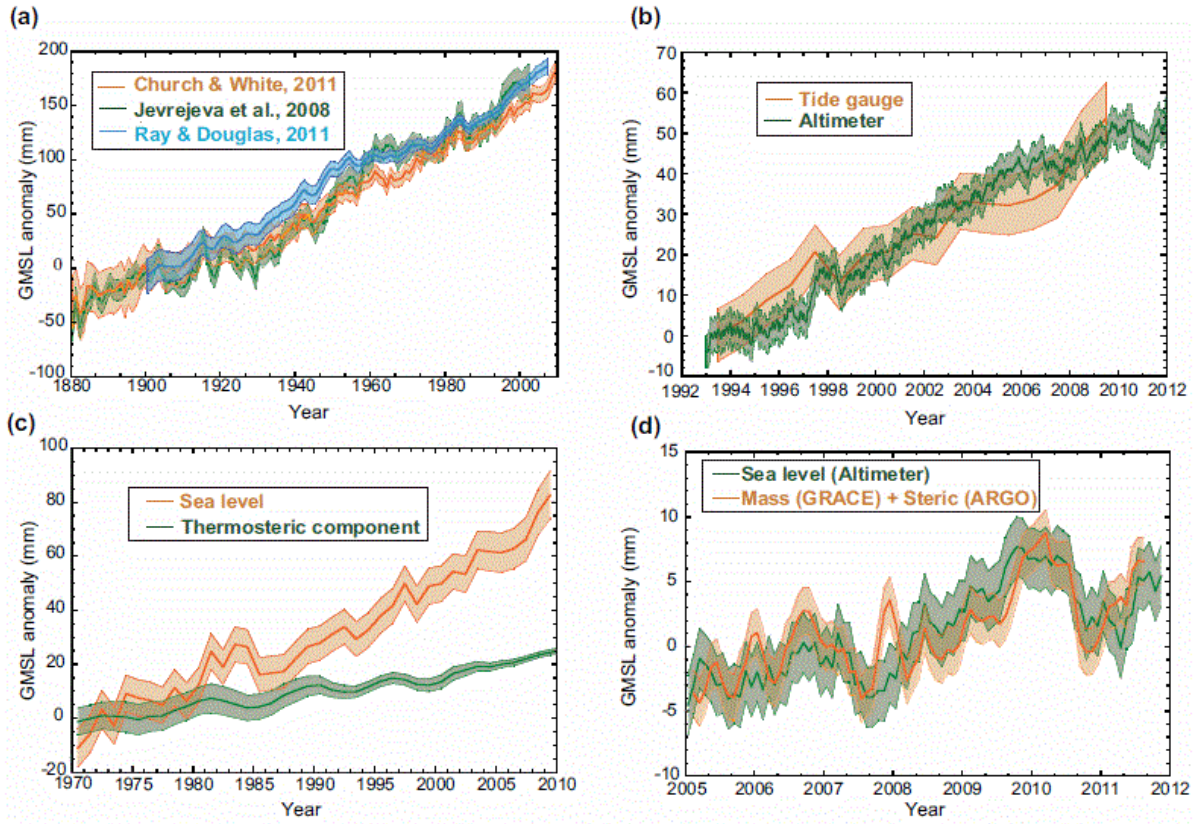


Figure 5 : Niveau de la mer en fonction de différentes technologies de 1970 à 2010

Sur ces graphiques, on ne remarque pas d'accélération de l'élévation du niveau des mers. L'élévation suit une pente constante.

III. Analyse critique

Sur le plan de la méthodologie fondamentale, le travail du GIEC est entièrement défectueux, puisqu'il ignore les variations naturelles des quantités qu'il cherche à analyser : température, précipitations, concentration en CO_2, etc. Le GIEC raisonne comme si le globe terrestre était naturellement dans un état permanent et stable, que seules les activités humaines viendraient perturber.

Sur le plan de l'acquisition des données, le travail du GIEC est également défectueux, puisqu'il choisit par principe les données, ou les jeux de données, qui appuient ses thèses, en éliminant tous les autres, qui sont purement et simplement passés sous silence.

Le travail du GIEC est très orienté idéologiquement ; il n'obéit à aucune des règles fondamentales de la recherche scientifique (règles qui sont rappelées plus loin), et ne pourrait en aucune façon être publié dans une revue scientifique avec comité de lecture.

Annexe

Les règles fondamentales de la recherche scientifique

Elles étaient déjà connues des Grecs, mais il est bon de les rappeler aujourd'hui :

- R1. Toutes les données disponibles doivent pouvoir être analysées par tous les chercheurs ;

- R2. Toute investigation doit être faite avec l'unique objet de mieux connaître une loi de la Nature, et sans parti-pris initial ; la recherche scientifique ne peut progresser que par l'expérimentation, qui repose sur un esprit de curiosité. Cette expérimentation doit être menée honnêtement, c'est à dire sans privilégier le résultat que l'on souhaiterait obtenir ;

- R3. Tous les résultats des expériences doivent être rendus publics, et pas seulement ceux qui vont dans le sens de la théorie souhaitée ;

- R4. Toutes les lois, tous les modèles, doivent être validés sur d'autres données que ceux qui ont permis de les élaborer ;

- R5. La qualité d'une étude scientifique tient à la pertinence des données sur lesquelles elle s'appuie et à la logique des raisonnements qui y sont tenus ; elle est indépendante du prestige du signataire et de ses sources de financement ;

- R6. La validité d'une loi se juge à ses capacités prédictives et explicatives ; elle est totalement indépendante d'un quelconque consensus populaire ou démocratique.

Pour une présentation détaillée de ces règles, on pourra consulter la conférence intitulée "Sciences et Pseudo-sciences" (Cargo Cult Sciences), faite par Richard Feynman (Prix Nobel de Physique) devant les étudiants du Caltech en 1974.

La transcription d'une loi de la Nature se fait habituellement en langage mathématique (voir l'article le rôle du mathématicien, disponible sur le site web de la SCM). Si l'on souhaite en critiquer les conclusions, on sera donc amené à :

- analyser et formaliser la question à résoudre ;

- critiquer la pertinence des données d'entrée ;

- critiquer la validité des raisonnements et la pertinence des quantifications ;

- évaluer la cohérence du raisonnement (y compris l'importance des incertitudes).

On croit aujourd'hui que la recherche résulte d'un consensus social. L'analyse historique montre qu'il n'en est rien. De tous temps, sur tous sujets, la recherche a été faite par des individus isolés, mûs par un esprit de curiosité, qui estimaient que les connaissances disponibles étaient insatisfaisantes, et ne rendaient pas compte des phénomènes naturels.

Le consensus, bien au contraire, consiste à s'accommoder de l'existant. Pour prendre des exemples :

- Personne ne voulait laisser partir Christophe Colomb ;
- Tous les médecins s'opposaient aux recherches de Claude Bernard, puis de Pasteur ;
- Tous les physiciens s'opposaient aux travaux d'Einstein.

Même lorsque les découvertes ont été faites, la très grande majorité des scientifiques continue à s'y opposer. Nous citerons ici Max Planck (Prix Nobel de Physique, auteur de la Théorie des Quanta) :

"Une vérité nouvelle en science n'arrive jamais à triompher en convaincant les adversaires et en les amenant à voir la lumière, mais plutôt parce que finalement ces adversaires meurent et qu'une nouvelle génération grandit, à qui cette vérité est familière."

(Max Planck, autobiographie scientifique)

Ce qui motive et justifie la recherche scientifique, ce sont les données, les observations, les faits. Une recherche n'est validée que par sa confrontation avec l'expérience ; un quelconque consensus d'experts ne peut en aucune façon s'y substituer.

L'évaluation d'un risque est une question scientifique qui nécessite une expertise de niveau suffisant. Elle doit être faite à part, et soigneusement disjointe du débat public éventuel. La gestion du risque est encore une autre question (comment la société s'en accommode-t-elle ?) ; elle est politique, mais doit s'appuyer sur les données de l'évaluation scientifique. Avant de décider si l'on peut construire sur les pentes d'un volcan, il convient de savoir si celui-ci est encore en activité ou non : la réponse est scientifique et repose sur des mesures.

L'évaluation des résultats demande aussi une expertise scientifique, qui doit porter sur l'effet final que l'on cherche à combattre, et non sur le taux de respect d'une réglementation ou d'une norme.

Table des matières

Résumé Opérationnel 2
Première Partie : Les faits 3
Seconde Partie : Aspects scientifiques 4
Troisième Partie : Le GIEC 5
En Conclusion : "le dogue Liberté gronde et montre ses crocs" 5

Première Partie : les faits 7
Chapitre 1 : la croisade est absurde 8
I. Les températures 8
A. Historique des technologies de mesure 8
1. Le développement historique des technologies 8
2. Développement des réseaux de stations de mesure 10
B. Répartition des stations de mesure 11
1. Répartition des stations de mesure en France 11
2. A l'échelle mondiale (en surface) 13
3. A l'échelle mondiale (en mer) 14
4. Analyse critique 14
C. L'évolution récente des températures 15
1. Sources de données 15
2. Les valeurs récentes des températures 16
D. Méthodologie : le raisonnement par anomalies de température 17
1. Introduction 17
2. Pourquoi un raisonnement par anomalies ? 17
3. Failles dans le raisonnement 17
4. Comment définir et calculer une température moyenne ? 19
E. Désinformation 24
1. Etude des données de la NASA 24
2. Etude des corrections apportées par la NASA 26
3. Etude des données EPA 27
4. Comparaison entre organismes 28
5. Analyse critique 29
II. Le CO_2 30
A. Introduction 30
B. Mesures par Infrarouge 31
1. Prélèvement d'échantillons 31
2. Mesure par absorption infrarouge 34
3. Traitement des résultats 34
4. Résultats 35

5. Conclusion 42
C. Mesures chimiques directes du CO_2 43
1. Technologie de mesure 43
2. Répartition spatiale et temporelle des mesures 43
3. Résultats 43
4. Conclusion 44
D. Mesures sur les carottes glaciaires 44
1. Technologie de mesure 44
2. Répartition spatiale et temporelle des mesures 45
3. Résultats 46
4. Conclusion 46
E. Mesures sur des stomates des plantes fossiles 47
1. Technologie de mesure 47
2. Résultats 47
3. Conclusion 47
F. Analyse critique 47
III. Les cyclones 49
A. Les mesures. 49
1. Sources des données 49
2. Les technologies de mesure 50
B. Bilans sur l'analyse des données à notre disposition 51
1. Analyse préliminaire et traitement des données de la NOAA 51
2. Traitement des données réalisé 53
3. Résultats 54
C. Homogénéité des données 55
1. Homogénéité dans le temps 55
2. Homogénéité dans l'espace 56
3. Analyse critique 56
IV. L'élévation du niveau des mers 57
A. Introduction 57
B. Les mesures 57
C. Les tentatives d'explication 59
1. La dilatation thermique 60
2. La fonte des glaces 60
3. El Nino 60
D. La Terre n'est pas un solide indéformable 61
1. Déformations du globe terrestre 61
2. La gravitation universelle 62
3. La poussée d'Archimède 62
4. Variations de température interne du globe 63

5. L'abrasion des terres par les fleuves 63
6. Une remarque méthodologique 64
E. Méfiance ! 64
1. Les modèles 64
2. Les mesures 64
3. La malhonnêteté 64
4. Analyse critique 65
Annexe : Le niveau de la mer à Brest 66
V. Bibliographie 67
A. Les températures 67
B. Le CO_2 69
C. Les cyclones 71
D. L'élévation du niveau des mers 72
Chapitre 2 : La Croisade est coûteuse 74
I. Le Programme européen "Paquet Énergie-Climat" 74
A. Présentation et coûts du PEC 74
B. Les énergies renouvelables 77
1. Bilan sur l'électricité renouvelable en France 78
2. Les énergies renouvelables : des énergies coûteuses à produire 78
3. Les dispositifs de soutien de l'État 79
4. Récapitulatif des coûts pour le secteur des énergies renouvelables 82
C. Méthodes et outils de mesure, système d'échange de quotas 83
1. Bilan GES et Bilan Carbone 83
2. Système Communautaire d'Échange de Quotas d'Émission (SCEQE) 85
II. Le Programme des Nations Unies pour l'Environnement 86
A. Présentation du PNUE 86
B. Rapport du PNUE 2013 87
1. Présentation du rapport 87
2. Détail des sous-programmes du PNUE 87
III. Analyse critique 90
IV. Bibliographie 91
Chapitre 3 : La Croisade est inutile 94
I. Le Protocole de Kyoto 94
II. Le CO_2 français : genèse de la croisade 95
III. La lutte inutile de la France contre les Gaz à Effet de Serre 97
A. Les émissions françaises de GES : une goutte d'eau dans l'océan 97
B. La croisade française contre sa goutte d'eau 98
IV. Analyse critique 100
V. Bibliographie 101

Deuxième Partie : Aspects scientifiques 102
Chapitre 1 : La variabilité naturelle du climat 103
I. Le Soleil 103
A. L'activité solaire 103
1. Le rayonnement solaire 104
2. Le vent solaire 104
3. Les éruptions solaires 104
B. L'albédo 106
II. Mouvement de la Terre autour du Soleil 106
1. Les variations de l'inclinaison de l'axe de la Terre 107
2. Les variations de l'excentricité orbitale 107
3. Le phénomène de précession 108
III. La géothermie naturelle 108
IV. La composition de l'atmosphère 110
A. Principe de l'effet de serre 110
B. Les principaux gaz à effet de serre 111
1. La vapeur d'eau 111
2. Dioxyde de carbone 112
3. Méthane 112
4. Oxyde nitreux 112
C. Les aérosols 112
D. Sources naturelles de gaz à effet de serre et d'aérosols 113
1. Eruptions volcaniques 113
2. L'impact météoritique 114
V. La couverture nuageuse et les courants marins 114
A. La couverture nuageuse 114
1. La double action des nuages 114
2. Couches nuageuses inférieures et supérieures 114
B. Les courants marins 116
C. Les principales oscillations climatiques 116
VI. Bibliographie 119
Chapitre 2 : Influence de l'homme sur le climat 121
I. L'activité humaine 121
A. L'industrie 121
B. L'utilisation des terres, leur changement et la forêt 121
1. La déforestation 122
2. L'urbanisation 123
3. L'agriculture et la sylviculture 123
C. Le bâtiment 123
D. Les transports 123

E. L'énergie 124
F. Le traitement des déchets 124
G. La part de l'homme dans les GES 124
H. Le poids de l'urbanisation et de la déforestation 125
I. En conclusion 126
II. L'homme peut-il changer le climat ? 126
III. Bibliographie 128
Chapitre 3 : Les conséquences d'un hypothétique réchauffement 130
I. Les effets directs d'un réchauffement climatique 131
A. Episodes climatiques extrêmes 131
B. Changement de type de climat 132
II. Les conséquences sur les réserves en eau 132
III. Les conséquences sur la faune et la flore 133
A. Faune 133
B. Flore 134
1. Généralités sur le CO_2 et son impact 134
2. Les conséquences sur l'agriculture 136
3. Les conséquences sur la sylviculture 137
IV. Les conséquences pour l'homme 139
A. Sécurité alimentaire 139
B. Conséquences sanitaires 139
C. Conséquences économiques 140
V. En conclusion 141
VI. Bibliographie 142
Troisième partie : Le GIEC 144
I. Introduction 145
II. Rapport : "Eléments scientifiques" 146
A. Les températures 146
1. Les commentaires sur le Résumé à l'Intention des Décideurs 146
2. Etude d'un exemple concret : le graphique RID1 p.6 150
B. Le CO_2 154
C. Les cyclones 156
D. Le niveau des mers 159
1. Les commentaires sur le Résumé à l'Intention des Décideurs 159
2. Erreurs dans le traitement des données 163
III. Analyse critique 164