

# PROJET SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE EN ÉQUIPE



## L'impact de l'Homme sur le climat : acquis, incertitudes, enjeux

Bilan des informations collectées

Nous savons tous que l'Homme influe sur son climat, et est en partie responsable du dérèglement climatique actuel. C'est ce sujet d'actualité que nous avons choisi de traiter dans ce PSTE. Pendant ces premières semaines, nous avons ainsi parcouru un grand nombre de sites internet, et vu des films et des documentaires traitant de la question. D'abord, nous synthétiserons le résultat de ces recherches, puis nous exposerons les différentes personnes que nous avons déjà contactées, ou que nous pourrions contacter tout au long de l'année.

## 1/ Le réchauffement climatique

### 1.1/ De quand date le réchauffement climatique ?

Le réchauffement ne date pas d'aujourd'hui. C'est un phénomène relativement ancien. C'est au XIX<sup>ème</sup> siècle que des géologues se sont rendus compte que le climat variait dans le temps. En 1894, le chimiste suédois Svante Arrhenius met en relation le réchauffement et l'augmentation du taux de CO<sub>2</sub> dans l'air. Mais qui est alors responsable du réchauffement climatique ? Est-il uniquement dû aux rejets humains de gaz à effet de serre, ou est-ce que la nature a aussi son rôle à jouer ?

### 1.2/ Qui est le principal responsable ?

#### 1.2.1/ L'Homme

##### 1.2.1.1/ Le taux de gaz carbonique augmente

Selon le dernier rapport du GIEC (*Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat*) datant de 2007, auquel ont participé plus de 2.500 scientifiques venant de 130 pays, l'Homme est le principal responsable du réchauffement climatique depuis 1950. On estime même sa responsabilité à 80-90%.

Au cours des 420.000 dernières années, le niveau maximum de CO<sub>2</sub> n'atteignait que 300 parties par millions (1 ppm correspond à 1 milligramme par kilogramme, soit un rapport de 10<sup>-6</sup>), alors qu'en 2007, il a atteint 383 ppm. Les scientifiques évaluent le seuil de concentration critique en CO<sub>2</sub> à environ 450-500 ppm. Le GIEC a ainsi établi plusieurs scénarii possibles jusqu'à 2100 : par exemple, les scénarii A1B, A1F1 et A2 sont basés sur le « prolongement du monde industriel contemporain », tandis que les scénarii B1 et B2 sont basés sur un « monde centré sur les nouvelles technologies ». Le plus pessimiste (le scénario A1F1) estime le rejet de carbone à 25 Gt/an (gigatonnes par an) en 2100, contre 8 en 2000. Le plus optimiste (le scénario B1) table sur un rejet de seulement 5 Gt/an. Si l'on en croit le scénario moyen (A1B), le niveau de gaz carbonique devrait grimper à 450 ppm en 2030, 530 ppm en 2050 et 611 ppm en 2070.

Selon les derniers chiffres publiés par la NOAA (*US National Oceanic and Atmospheric Administration*), le taux moyen d'augmentation du gaz carbonique en 2007 était de +2,14 ppm. Alors qu'entre 1970 et 2000 l'augmentation était de +1,5 ppm/an en moyenne, elle grimpe à environ +2,1 ppm/an depuis les années 2000.

L'Homme a donc un impact réellement considérable sur le réchauffement de son climat.

##### 1.2.1.2/ L'effet de serre additionnel



En rejetant de plus en plus de CO<sub>2</sub> et de gaz à effet de serre, l'Homme accentue l'effet de serre et contribue ainsi au réchauffement de notre planète.

L'effet de serre est un phénomène naturel, qui est dû aux GES (*Gaz à effet de serre*) contenus dans l'atmosphère : vapeur d'eau H<sub>2</sub>O, dioxyde de carbone CO<sub>2</sub>, et méthane CH<sub>4</sub>, par exemple. Quand les rayons du Soleil atteignent l'atmosphère, une partie est réfléchi (notamment par l'Arctique et l'Antarctique), tandis que le reste est absorbé par l'atmosphère et par la surface de la Terre. Le rayonnement absorbé par la Terre chauffe la surface du globe, qui restitue cette chaleur dans

l'atmosphère sous forme de rayons infrarouges. Une petite partie est rejetée vers l'espace, tandis que la plupart de ce rayonnement, qui est intercepté en partie par l'atmosphère elle-même, mais aussi par les GES, est renvoyé vers la Terre, ce qui a pour conséquence d'augmenter la température à sa surface.

C'est ce que l'on appelle « effet de serre ».

Ainsi, l'industrie, les transports, l'agriculture, les centrales énergétiques..., en rejetant plus de GES, accentuent l'effet de serre, et provoquent donc un effet de serre additionnel, qui serait en grande partie responsable du réchauffement climatique. Cependant, certains scientifiques réfutent la thèse de l'origine anthropique de ce réchauffement, et avancent plutôt une origine naturelle.

### 1.2.2/ La nature

#### 1.2.2.1/ Les paramètres de Milanković

Entre 1911 et 1941, le climatologue serbe Milutin Milanković avança que trois facteurs influent sur les variations climatiques sur Terre. Cette théorie n'a été démontrée par des résultats expérimentaux qu'en 1976. Détaillons maintenant brièvement ces trois paramètres :

L'excentricité : La Terre tourne autour du Soleil selon une orbite elliptique, c'est-à-dire que sa trajectoire n'est pas un cercle parfait. De plus, cette ellipse se déforme. Ainsi, au cours du temps, la distance Terre/Soleil varie de  $1,29 \times 10^8$  à  $1,87 \times 10^8$  km. L'excentricité est due aux forces d'attraction (lois de Newton) exercées entre la Terre, le Soleil, et les autres planètes. Ce facteur est important en ce qui concerne le changement climatique naturel, puisque lorsque la distance Terre-Soleil est maximale (périhélie), notre planète peut recevoir 20 à 30% d'énergie en plus que lorsque cette distance est minimale (aphélie). Ceci a pour conséquences des hivers plus ou moins frais, et des étés plus ou moins chauds.

L'obliquité : L'axe de la Terre est incliné. Cette inclinaison varie entre  $21,8^\circ$  et  $24,4^\circ$ . Tout comme l'excentricité, l'obliquité est aussi due aux interactions gravitationnelles subies par la Terre. Celle-ci influe sur les saisons. Ainsi, lorsque la Terre est fortement inclinée par rapport au Soleil, on observera des différences très importantes de climat entre l'été et l'hiver, et inversement si l'on a une faible inclinaison. L'obliquité est périodique (une période dure environ 41.000 ans).

La précession : Lorsque la Terre tourne, le comportement de son axe est similaire à celui de la tige d'une toupie, c'est-à-dire qu'elle dessine une sorte de cercle. Sur la Terre, la tige est l'axe nord-sud, passant par les deux pôles, qui dessine un cercle sur une durée d'environ 25.760 ans. Cette précession influe sur la date de changement de saison.

#### 1.2.2.2/ L'activité solaire

L'Allemand Heinrich Schwabe, puis l'Américain George Hale, avancent, respectivement entre 1840 et 1906, une autre théorie, celle des cycles solaires. En effet, ce cycle correspondrait à celui des taches solaires, qui ont une période d'environ 11 ans. Lorsque le nombre de taches solaires augmente, le Soleil émet plus de rayonnements, donc la Terre en reçoit plus. Ceci a donc pour conséquence un changement de température.

#### 1.2.2.3/ Les autres causes naturelles

On peut par exemple citer les volcans, responsables d'importantes émissions de GES, contribuant à l'effet de serre additionnel.

En plus de cela, l'albédo amplifie en quelque sorte le changement climatique. L'albédo est le rapport

$$0 \leq A = \frac{E_{\text{réfléchié}}}{E_{\text{reçue}}} \leq 1$$

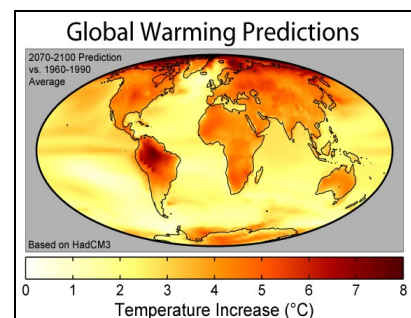
. Par exemple, un miroir parfait possède une albédo égale à 1, tandis qu'un corps

qui ne réfléchit pas correspond à une albédo de 0. Les glaciers et les surfaces enneigées ont donc une forte albédo. Ainsi, lorsqu'ils réfléchissent le rayonnement provenant du Soleil, ils évitent au sol de trop se réchauffer. Donc, avec l'augmentation de la température et la fonte des glaces, l'énergie du Soleil n'est plus autant réfléchi, ce qui accentue le réchauffement climatique.

### 1.3/ Quelles pourraient être les conséquences ?

#### 1.3.1/ L'augmentation de la température sur Terre

La principale conséquence du réchauffement climatique est bien évidemment l'augmentation de la température à la surface du globe. En effet, si les scientifiques s'accordent à dire qu'une élévation de température de  $2^\circ\text{C}$  reste acceptable, une augmentation plus importante aurait des effets considérables sur l'environnement et le climat. Parmi les dix années les plus chaudes entre 1880 et 2007, sept sont incluses dans l'intervalle 2001-2007, la plus chaude étant l'année 2005. D'ici 2100, d'après les différents scénarii établis par le GIEC,



l'augmentation des températures s'échelonne de 1,8°C à 3,4°C. Elle est liée au rejet massif de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère. En effet, les scientifiques estiment que le doublement du rejet de gaz carbonique pourrait faire augmenter la température sur Terre de 4°C. Bien entendu, les conséquences suivantes découlent directement de cette augmentation de température.

### 1.3.2/ La montée du niveau de la mer



Le niveau de la mer risque également de monter de façon considérable. En effet, à cause de la dilatation thermique de l'eau et de la fonte des calottes glaciaires continentales, elle monte chaque année de 1 à 3 mm depuis 100 ans. Cependant, ce niveau pourrait rapidement s'élever entre 18 cm et 59 cm d'ici un siècle selon le GIEC. Ces chiffres ne paraissent pas élevés mais sont suffisants pour que les côtes subissent de nombreuses inondations. Ainsi, de nombreuses villes seraient sous la menace d'inondations et des parties du globe terrestre seraient alors submergées. De plus, la fonte des glaciers et calottes glaciaires qui constituent un réservoir considérable d'eau douce entraînerait une pénurie de celle-ci

et des millions de personnes manqueraient d'eau. Par exemple, il y a eu une augmentation de 75% depuis 2002 de la quantité de fonte de glace de l'Antarctique. Cela risque de continuer en raison de la disparition de la banquise qui jusqu'ici, s'opposait au déversement des glaciers.

### 1.3.3/ La multiplication des catastrophes naturelles

Ensuite, la multiplication de catastrophes climatiques serait une autre conséquence du réchauffement. Toujours selon le GIEC, les précipitations ainsi que les inondations augmenteraient notamment dans la zone de « latitude moyenne » tandis qu'une diminution de ces phénomènes serait à constater dans les régions subtropicales. Des régions deviendraient alors plus arides et d'autres beaucoup plus arrosées, ce qui entraînerait donc un dérèglement complet du climat sur Terre. Par ailleurs, selon l'organisation météorologique mondiale (OMM), il y aurait une intensification de catastrophes naturelles dans les années à venir : tempêtes violentes, canicule, tsunamis... En effet, cette organisation constate déjà une nette évolution de celles-ci : canicule de 2003 en France, tsunamis en Asie en 2004.

### 1.3.4/ Le refroidissement de certaines régions

Un paradoxe assez surprenant : le réchauffement climatique entraînerait selon certains spécialistes un refroidissement dans les pays de l'hémisphère nord. En effet, les circulations d'eau froide et salée qu'on nomme circulation thermohaline obtiennent leurs mouvements dans l'Arctique. Avec le réchauffement climatique, cette circulation serait menacée.



L'augmentation des précipitations ainsi que la fonte de la calotte glaciaire déséquilibreraient le rapport eau douce/eau salée dans les océans, qui diminuerait le niveau de salinité des mers et donc de leur densité. Cette action a pour conséquence un ralentissement voire un arrêt des courants qui n'échangeraient plus de chaleur.

Par exemple, si le Gulf Stream, courant marin chaud du Sud qui se dirige vers l'hémisphère Nord venait à s'arrêter, un phénomène d'ère glaciaire pourrait s'installer tandis que l'équateur subirait une chaleur étouffante, de nombreux ouragans et de grosses pluies. Cette hypothèse est représentée dans le film "Le Jour d'Après" de Roland Emmerich où ce scénario catastrophe se produit. Cela commence par une averse de grêle meurtrière à Tōkyō, en passant par la neige à New Delhi, des tornades détruisant Los Angeles, et New York sous l'eau. Tous ces phénomènes indiquent le début d'une mutation climatique: l'ère glaciaire dans l'hémisphère Nord. Même si ce scénario relève plus de la science fiction que de l'ordinaire, il n'en reste pas moins que cela reste possible dans les siècles à venir.

### 1.3.5/ La modification de la biodiversité

Dans 40 ans, au moins un million d'espèces animales ou végétales seraient en voie de disparition. En effet, le réchauffement entraîne une modification du climat naturel des espèces, qui vont alors donc

rechercher d'autres endroits, déstabilisant le milieu naturel d'autres espèces et ainsi de suite. Le réchauffement risque aussi d'avoir de graves incidences sur la santé de l'Homme. Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), une augmentation de température permettrait à certaines maladies comme le paludisme, le choléra ou la malaria d'être présentes dans les pays du Nord.

#### *1.4/ Quelles sont les solutions à envisager ?*

##### *1.4.1/ La prise de conscience générale*

La prévention du réchauffement climatique passe d'abord par une prise conscience générale de la part de tous. Si certains pays ont déjà fait un geste pour la planète, à l'image de signataires du protocole de Kyoto en 1997, d'autres font passer l'enjeu économique avant, à l'image des États-Unis d'Amérique et la Chine. La réduction d'émission de gaz carbonique voulue par le protocole est pourtant très minime par rapport à ce qui devrait être fait. En effet, on estime qu'il faudrait diviser par deux le rejet des GES. Des gestes quotidiens peuvent également aider à la réduction d'émission de GES. Par exemple, pour un trajet entre Marne-la-Vallée et Paris (Place de l'Étoile) effectué en transports en communs (ici, en RER), les émissions de CO<sub>2</sub> sont de 150 g eqCO<sub>2</sub> (gramme équivalent CO<sub>2</sub>), alors qu'elles seraient de 6,7 kg eqCO<sub>2</sub> en voiture. À titre d'information, un aller simple entre Paris et New York en classe économique correspond à un rejet d'environ une tonne de CO<sub>2</sub> par passager. Ainsi, pour freiner le réchauffement climatique, il est nécessaire de prendre conscience des enjeux, pour mieux pouvoir faire face aux conséquences, et adapter les avancées technologiques.

##### *1.4.2/ Les solutions technologiques*

###### *1.4.2.1/ Les sources d'énergie*

Puisque l'Homme ne peut s'arrêter de consommer, il doit apprendre à consommer différemment. Ainsi, plusieurs sources d'énergie sont candidates à la succession du pétrole.

Il a d'abord été question des biocarburants pour remplacer l'essence des voitures. Mais cette solution a vite rencontré des limites évidentes : par exemple, pour que les biocarburants remplacent le pétrole, il faudrait six fois la superficie des terres émergées pour cultiver les végétaux nécessaires à leur fabrication. De plus, il y aurait une concurrence avec l'agriculture traditionnelle. Les biocarburants peuvent ainsi résoudre quelques problèmes ponctuels, mais ne sont pas généralisables à une échelle planétaire.

- On parle également de la fission nucléaire, déjà installée dans de nombreux pays (dont la France). Le principe est simple : lorsque le noyau d'un atome lourd (l'uranium, par exemple) est divisé en plusieurs nucléides (plus légers), il y a un dégagement très important d'énergie. C'est cette énergie qui va servir à fabriquer de l'électricité. Le problème ici, ce sont les déchets, dont on ne sait pas quoi faire. Dans le cadre d'une production mondiale d'électricité de 6%, les réserves d'uranium pourraient durer encore 70 ans. La fusion nucléaire est également à l'étude. Dans ce cas, deux noyaux légers vont fusionner pour en former un plus lourd. Il en découle aussi une émission importante d'énergie. Le prototype ITER (*International Thermonuclear Experimental Reactor*) est actuellement en construction à Cadarache (France). Il devrait, à partir de 2018, être utilisé pour étudier la possibilité d'utiliser la fusion nucléaire comme nouvelle source d'énergie.

- Une autre solution pourrait être l'énergie solaire. Nous recevons de la part du Soleil six mille fois l'énergie dont nous avons réellement besoin. Mais le manque d'investissements (90% de la recherche est axée sur le nucléaire) provoque des retards. L'énergie solaire pourrait être associée avec l'hydrogène (qui pourrait être un réservoir d'énergie). Les deux solutions sont non-polluantes. Des panneaux solaires existent déjà, et certaines habitations sont dès à présent complètement dépendantes du Soleil.

- D'autres solutions sont également viables, telles que l'éolien, la géothermie ou l'énergie marémotrice. Mais on rencontre ici des problèmes de transport et de déperdition pour l'électricité. Ces sources d'énergie seront plutôt utiles à l'échelle locale.

###### *1.4.2.2/ D'autres solutions d'ordre technique*

- Puisque les voitures sont une source importante d'émission de CO<sub>2</sub>, des voitures dites hybrides (moitié essence, moitié électricité) sont actuellement à l'étude. Certaines sont déjà à la vente, à l'image de la Toyota Prius. Actuellement, il y aurait 1,5 millions de voitures hybrides dans le monde, dont 26.000 en Europe et 3.600 en France. Cependant, cela a un coût : près de 25.000€. Il faudra donc sûrement attendre quelques années pour voir ce genre de voitures s'imposer sur le marché de l'automobile.

- Pour absorber ce qui a déjà été émis, certains scientifiques parlent de stocker le gaz carbonique.

Le dioxyde de carbone rejeté par les usines ou les grosses industries serait alors emprisonné dans des réservoirs souterrains. Cela éviterait ainsi qu'il s'échappe dans l'atmosphère. Le projet de recherche européen *Joule* a ainsi démontré l'existence de ces réservoirs capables de piéger le CO<sub>2</sub> dans le sous-sol de la Terre.

- Pour finir, un projet extrêmement ambitieux (donc, extrêmement coûteux) : le principe est de réfléchir la lumière émise par le Soleil, avec un miroir géant composé d'un grillage de fils d'aluminium, d'une superficie d'environ 800.000 km<sup>2</sup>. Le grillage filtrerait seulement 1% des radiations infrarouges, ce qui aurait pour effet de stabiliser la température terrestre.

Ainsi, nous avons vu que l'Homme est en majeure partie responsable du réchauffement récent du climat. Cependant, malgré un début de prise de conscience de la part de certains, il est grand temps d'agir. Des avancées technologiques permettent actuellement de réduire les émissions de CO<sub>2</sub>, même si certaines restent accessibles seulement à une élite. Mais c'est la volonté de changer ses habitudes, combinée à ces avancées de la science, qui doivent permettre de freiner le dérèglement climatique, et ainsi laisser une Terre vivable à nos prochains. Mais certains pays, en plein « boom » économique, tels que la Chine, accepteront-ils de freiner leur développement au nom de la sauvegarde du climat ? Peut-on alors allier développement économique et industriel et protection du climat ?

## **2/ Les contacts**

Durant les premières semaines de PSTE, nous avons essayé de contacter les animateurs de l'émission « C'est pas sorcier » sur France 3 par le biais de leur site internet. Nous avons réussi à obtenir une adresse postale pour pouvoir prendre contact avec eux. Par la suite, nous souhaiterions faire appel à des chercheurs au CNRS travaillant sur les questions concernant l'environnement et le climat. Nous allons également essayer de contacter Météo France. Nous pourrions également aller à l'exposition sur le climat au Musée des Arts et Métiers.

## **3/ Sources**

- Film : "An Inconvenient Truth", de David Guggenheim, 2006.
- Film : "The Day After Tomorrow", de Roland Emmerich, 2004.
- Documentaire : "Climat en crise", coproduction (NHK, The Science Channel, France5, Altomedia), 2006.
- Documentaire : "The Great Global Warming Swindle", de Martin Durkin, 2007.
- Documentaire : "L'impact de l'Homme sur le climat", avec Frédéric Durand, 2007  
site : <http://www.canal-u.education.fr>
- Pages Wikipedia.org : Enjeux du réchauffement climatique, Controverses sur le réchauffement climatique, Réchauffement climatique, Effet de serre, Taches solaires, Albédo
- Calcul de CO<sub>2</sub> pour les transports en commun : <http://www.ratp.fr>
- Diverses sources internet :  
<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/>  
<http://menaceclimatique.free.fr/>  
<http://www.cite-sciences.fr/>  
<http://www.notreplanete.info/>  
[http://www.dinosoria.com/un\\_jour\\_apres.htm](http://www.dinosoria.com/un_jour_apres.htm)  
<http://blogue.sciencepresse.info/item/557>  
<http://data.giss.nasa.gov/gistemp/tabledata/GLB.Ts+dSST.txt>  
<http://www.automatesintelligents.com/echanges/2005/juil/rechauffement.html>  
<http://www.savoirs.essonne.fr/dossiers/la-terre/developpement-durable/>