

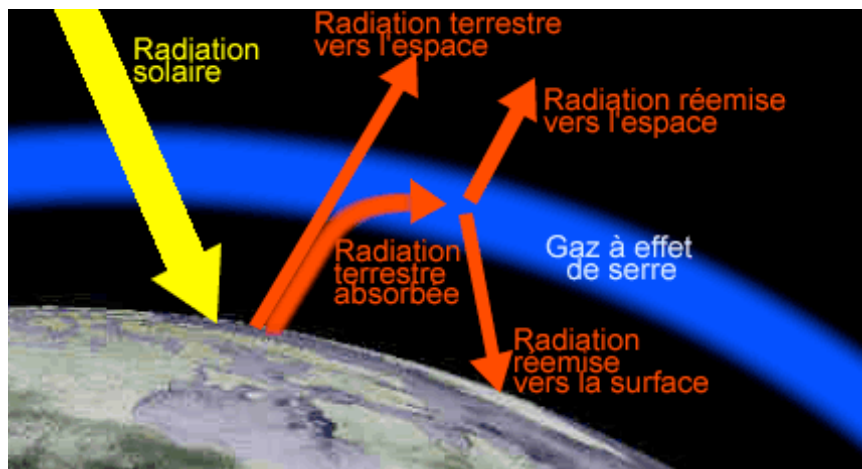
### Au sujet de l'effet de serre...

Ce texte s'accompagne d'un fichier diaporama (au format Powerpoint), reprenant les figures du texte, et s'adresse uniquement à l'enseignant, afin de l'aider dans la compréhension du phénomène de « l'effet de serre ».

#### Qu'est ce que l'effet de serre?

Une serre est un bâtiment couvert de vitres, qui laisse passer la lumière du soleil, mais empêche que la chaleur qui se forme à l'intérieur de la serre, sous l'effet de la lumière du soleil, ne se dissipe trop vite vers l'extérieur. Sous une serre, la température est plus élevée qu'à l'extérieur (ce qui permet de cultiver des orangers en région parisienne, par exemple (au Luxembourg ou au jardin des Tuileries!).

A l'échelle de la terre, il existe un ensemble de mécanismes physiques jouant un rôle analogue (Figure 1). La terre reçoit chaque jour une énergie considérable du soleil : en moyenne  $342\text{W/m}^2$  (en un an, l'humanité consomme une énergie égale à moins de 3% de ce que nous envoie le soleil en un jour !). De cette énergie reçue, un tiers est réfléchi directement par le système terre (comme par un miroir) via les nuages, les glaces, la surface des océans. Les  $2/3$  restants sont absorbés par le système terre-ocean-atmosphère (ce sont d'ailleurs les océans qui absorbent pratiquement tout).



**Figure 1** : bilan radiatif des infrarouges à la surface de la terre.

La terre est en équilibre: elle doit se débrouiller pour rayonner autant d'énergie qu'elle en reçoit. Lorsque l'équilibre s'est établi, le système terre atteint une température moyenne, dite température d'équilibre. Il existe une loi physique théorique qui relie la température d'un corps "idéal" à la quantité du rayonnement qu'il émet.

Quand on applique cette loi théorique à la terre, on trouve que la température d'équilibre atteinte devrait être de  $-15^{\circ}\text{C}$ , soit  $30^{\circ}\text{C}$  plus bas que celle observée actuellement à la surface! C'est la température qui existerait en l'absence de tout effet de serre, si nous étions seulement chauffés par la lumière du soleil...A ces températures, l'eau est solide, il n'y aurait donc pas de vie sur terre !!!

Heureusement pour nous, il existe des gaz au sein de notre atmosphère (les "gaz à effet de serre"), présents en petite quantité, qui jouent pour notre planète exactement le même rôle que les vitres de la serre. Ils n'empêchent pas la lumière du soleil d'arriver jusqu'à nous, mais font office de couverture en empêchant l'énergie que nous recevons du soleil de repartir trop vite vers l'espace. Selon la loi d'émission, à la température de la terre, le rayonnement émis est sous forme de rayons infrarouges. Les gaz à effet de serre sont des gaz qui sont transparents à la lumière visible (celle que le soleil nous envoie), mais qui absorbent la lumière infra-rouge. Ce faisant, ils récupèrent l'énergie et chauffent. Cela conduit, de proche en proche, ces gaz, puis l'atmosphère — et avec elle la surface de la Terre — à être plus chauds que si le rayonnement infrarouge passait à travers l'atmosphère sans être intercepté.

## **Quel est le lien avec les changements climatiques ?**

Au premier ordre, ce mécanisme explique la température qui règne actuellement sur la terre. D'autres mécanismes plus compliqués doivent encore être pris en compte si on veut raffiner le modèle.

Par exemple, si l'atmosphère restait toujours parfaitement immobile, l'effet de serre conduirait à des températures moyennes de l'ordre de 60°C à la surface de la terre !!! En fait, il existe au sein de l'atmosphère et du système terrestre des mécanismes de régulations comme des brassages d'air à grande échelle entre les basses couches et les hautes couches ou l'évaporation qui permettent d'amener la température moyenne autour de 15°C à la surface... Les températures et le climat que nous observons actuellement sont le fruit d'un équilibre délicat, dont les moindres variations peuvent produire des effets non-négligeables.

## **Les modulations de l'énergie recue par la terre :**

- *Modulation de l'énergie reçue du soleil*

Il existe deux sources majeures de modulation de l'insolation:

1/ Celle liée à la modification de la position moyenne de la surface de la terre par rapport au soleil, comme le phénomène de précession des équinoxes (échelle = 21000 ans).

2/ celle liée à la variation de la luminosité solaire (échelle 11 à 80 ans). Par exemple, entre les années 1650 et 1700 on a observé une disparition des taches solaires (correspondant à une activité moindre). En Europe, cela correspond au "mini" âge glaciaire reporté dans les livres (on patinait sur les canaux en Hollande).

- *Modification de l'albédo*

On peut faire varier la quantité d'énergie reçue par le système terre en faisant varier sa capacité à réfléchir l'énergie solaire (un objet noir chauffe plus rapidement qu'un objet blanc). Deux grands types de processus entrent en jeu :

1/ les aérosols ou les nuages, c'est-à-dire la suspension dans l'air de gouttelettes ou de poussières. Ces aérosols en suspension empêchent la lumière de passer. Les plus importants sont les nuages

(goutelettes d'eau). Ils peuvent être naturels (volcans, écume de la mer, tempête de sable) ou d'origine anthropique (pollution).

L'échelle de temps va de quelques jours (tous les aérosols sauf les volcaniques) à quelques mois voir quelques années pour les aérosols volcaniques.

2/ les surfaces "nues": neige (80 % de réfléchissement) ou désert 35 %. Par comparaison, une forêt ne réfléchit que 15 % de la lumière du soleil.

- *Modification des circulations atmosphériques et océaniques*

Les circulations sont des mouvements à grande échelle dans l'océan ou dans l'atmosphère, qui produisent des "brassages" de température et de matériaux à la surface du globe. Par exemple, le *Gulf stream*, qui nous permet d'obtenir des températures hivernales autour de 0 °C, alors qu'au Canada ou à New York, à des latitudes équivalentes, nous avons des températures autour de -20 °C!

- *Modification de la composition de l'atmosphère*

L'augmentation de la concentration dans l'atmosphère des gaz à effet de serre, conduit, comme l'augmentation de la taille de la vitre de la serre, à une plus grande efficacité de l'effet de serre, et donc à une élévation de la température moyenne de la terre. Par des phénomènes de rétroactions subtils sur les autres composantes (par exemple génération de plus de nuages, plus de neige ou changement des courants océaniques qui sont très sensibles aux variations de température), cela peut induire des changements climatiques importants...

## **Quels sont les gaz à effet de serre?**

Les deux principaux sont :

- la vapeur d'eau: produit 55 pour cent de l'effet de serre.
- le gaz carbonique: produit 39 pour cent de l'effet de serre.

Puis viennent les gaz d'origine "naturelle" comme :

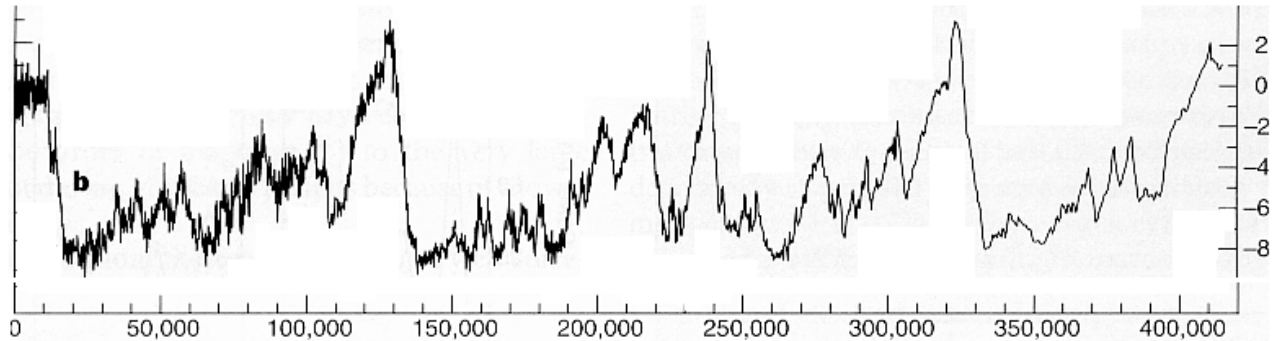
- le méthane qui est le produit d'une putréfaction sans oxygène (au fond de l'eau ou dans la terre, comme dans les rivières!) ou de la digestion des ruminants.

- les halocarbures, gaz utilisés comme réfrigérants dans les climatisations ou dans les bombes aérosols (maintenant interdits) ou dans certains composants d'ordinateurs.

A part la vapeur d'eau, qui s'évacue en quelques jours, les autres gaz à effet de serre ont une durée de vie très longue.

## Quelle est la part de l'homme ?

Parmi les gaz à effet de serre, plusieurs ont une origine à la fois naturelle et anthropique. Comment faire la part de l'homme dans tout cela ? En mesurant la concentration des gaz au cours des âges.



**Figure 2** : la courbe de température au cours des âges .

Pour les courtes périodes (depuis les années 60), cela peut être fait par mesure directe (avec un capteur), dans un endroit pas trop perturbé par la présence d'une ville (grosse source d'émission).

Pour les longues périodes, et pour être sûr que c'est bien l'homme responsable, il faut pouvoir regarder avant le début de l'ère industrielle *i.e.* 1750.

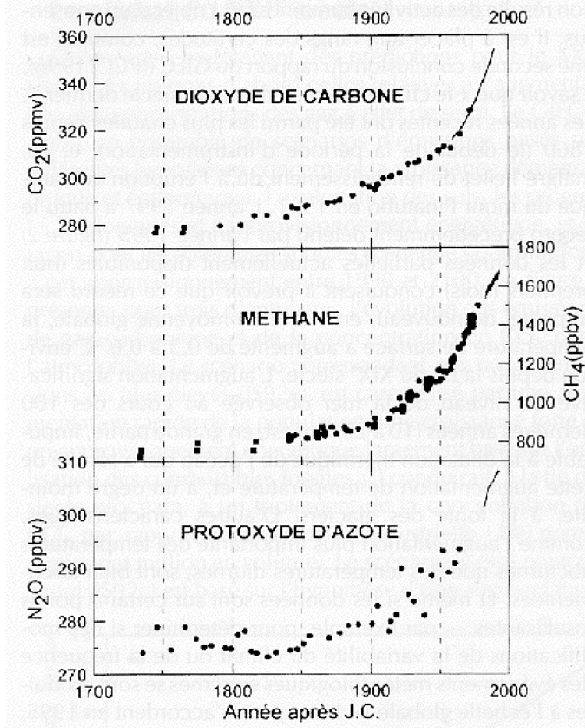
Nous avons la chance d'avoir, au pôle sud, un dispositif naturel d'archivage de la composition de l'air (Figure 3). Chaque année, il y tombe de la neige, qui finit par se transformer en glace, comme cela se passe avec les glaciers de nos Alpes. Au cours de cette transformation de neige en glace, l'air qui entoure les flocons de neige se retrouve emprisonné dans la glace, sous forme de petites bulles.



**Figure 3** : station de mesures en Antarctique.

Ces bulles datent donc de l'époque où la neige est tombée. Par ailleurs, comme la température de l'antarctique est très basse et qu'il ne dégèle jamais, chaque année voit de nouvelles chutes de neige qui viennent recouvrir les précédentes. Le résultat de tout cela est que la calotte glaciaire de l'Antarctique se compose de glace qui est de plus en plus vieille au fur et à mesure que l'on creuse plus profond, et que, avec chaque couche de glace d'un âge donné, on trouve un peu d'air - sous forme de micro-bulles - qui date de la même époque que la glace.

Avec nos instruments et techniques modernes, nous savons creuser et extraire proprement (sans la contaminer avec de l'air ambiant) ce que nous appelons une "carotte" dans la glace, c'est à dire un grand cylindre d'une dizaine de centimètres de diamètre et dont la longueur est de quelques kilomètres (de la surface jusqu'au rocher), Puis nous datons la glace et nous analysons la composition des bulles d'air qui s'y trouvent tout le long de la carotte.



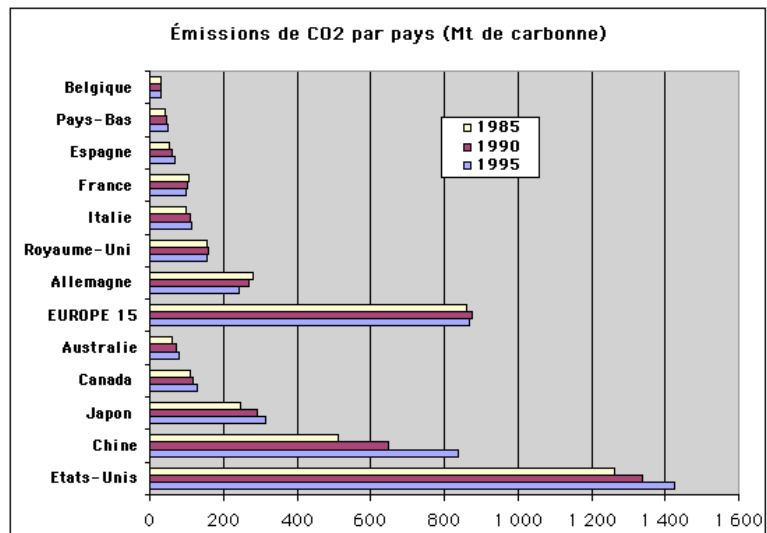
**Figure 4** : analyse des gaz à effet de serre sur une période récente.

Sur des périodes plus longues, (jusqu'à - 400000 ans) on constate une oscillation de la concentration en dioxyde de carbone, mais qui reste toujours plus basse que celle mesurée actuellement.

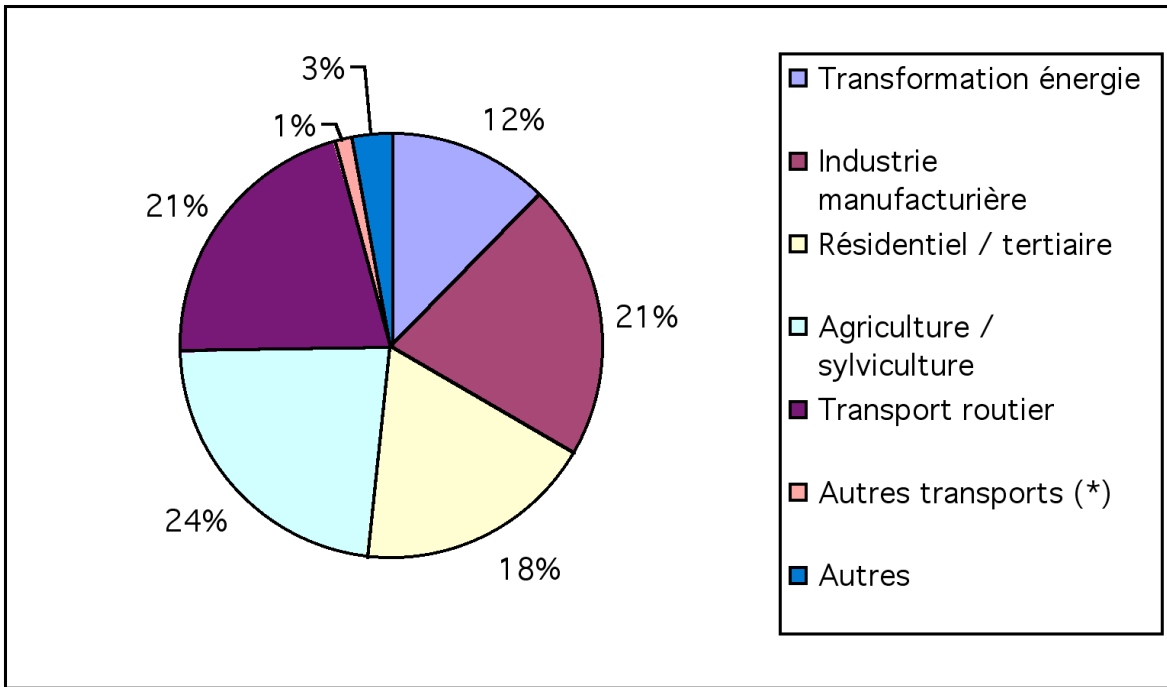
Au sein de cet ensemble, les émissions par pays sont très variables (Figure 5). Les pays "sous-développés" sont nettement moins émetteurs : en moyenne, l'émission par habitant est de l'ordre de 0,4 tonnes de carbone par an (soit un cinquième d'un Français, et 1/14 de ce que "fait" un américain !

Enfin la répartition par activité des émissions de gaz à effet de serre est très variable d'un pays à l'autre. Pour fixer les idées, on la donne ci-dessous pour la France (Figure 7). A cause du fait que nous produisons notre électricité essentiellement avec des procédés qui n'émettent pas de dioxyde de carbone (nucléaire pour 80%, et hydraulique pour 15%) la répartition chez nous n'est pas la même que dans d'autres pays développés comme les Etats Unis.

Pour le seul dioxyde de carbone ce sont les transports qui arrivent en tête (figure ci-dessous), suivis du poste "résidentiel - tertiaire", qui correspond à l'utilisation d'énergie dans les maisons et bâtiments (chauffage, eau chaude, cuisine, etc.).



**Figure 6** : répartition par pays des émissions de dioxyde de carbone.



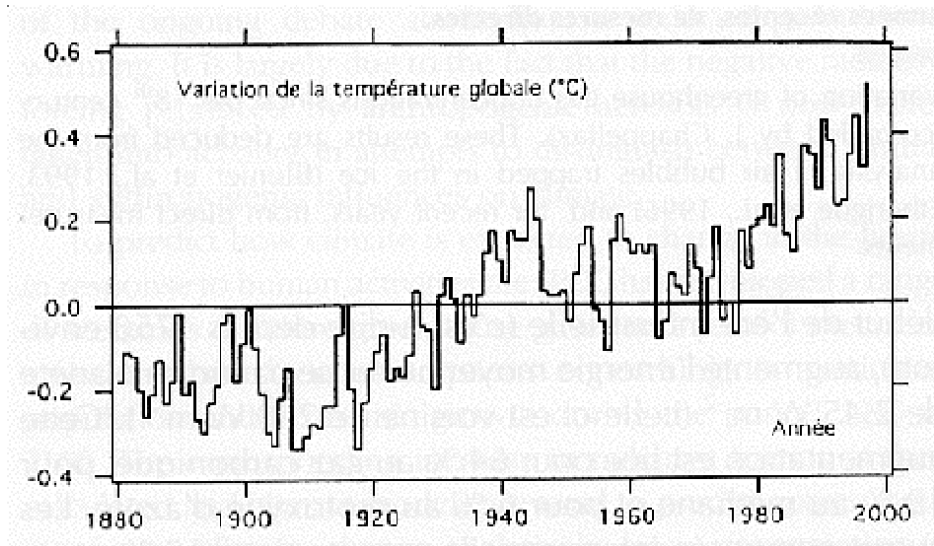
**Figure 6 :** % des émissions de carbone par activité (France) ;

## Quels sont les indices de changement climatiques ?

*\* l'augmentation de la température moyenne*

On dispose de thermomètres précis et fiables depuis 1860 : c'est donc depuis cette époque que l'on sait mesurer l'évolution des températures moyennes avec un bon degré de précision.

On constate que cette température moyenne de l'air au niveau du sol a augmenté de 0,5 °C environ depuis le début du siècle, et que les records de chaleur sont tous concentrés dans les années récentes (figure 7 ci-contre). Début 2001, l'augmentation du 20ème siècle est considérée comme faisant 0,6 °C.



**Figure 7 :** variation des de la température globale de la planète .

*\* la fonte des neiges*

Partout en Europe, on observe un net recul des glaciers.

*\* l'élévation du niveau de la mer de 10 cm*

L'élévation du niveau de la mer peut être due à deux phénomènes: la fonte des glaciers et la dilatation des océans sous l'effet de la chaleur (l'eau chaude occupe un peu plus de volume que l'eau froide). A l'heure actuelle on estime que le niveau des mers est monté de 10 cm depuis 1890.

*\* Les changements des écosystèmes*

### **Quelles sont les conséquences possibles?**

Malheureusement, à l'heure actuelle, notre seul outil de prédiction concernant l'avenir et les impacts de l'augmentation des gaz à effet de serre sont les modèles numériques : on utilise l'ordinateur pour résoudre les équations qui régissent la dynamique de l'océan et de l'atmosphère. Les limites de la prévision concernent d'une part des limites technologiques : nos ordinateurs ne sont pas assez puissants pour résoudre les équations en un temps raisonnable et en incluant toutes les échelles de variation des mouvements, depuis l'échelle d'un continent jusqu'à celle du brin d'herbe ! D'autres limites viennent de notre ignorance de certains phénomènes : par exemple, à l'heure actuelle, on ne sait pas bien modéliser la naissance des nuages, ni leurs propriétés physiques. Or les nuages ont une très grande importance dans le cycle du climat, à cause de leur albédo (ils réfléchissent la lumière du soleil), et de leur rôle dans le cycle de l'eau (précipitations). On ne sait pas non plus bien modéliser l'influence des systèmes vivants comme la végétation ou les espèces vivantes, qui ont aussi leur rôle à jouer dans le cycle du carbone (absorption et émission du dioxyde de carbone).

On a quand même quelques certitudes sur le comportement du climat : par exemple, on sait que le climat est le fruit d'un équilibre délicat, et que de très petites variations des paramètres de cet équilibre peuvent induire des changements très brutaux.

Au sein de cet ensemble, il existe notamment des phénomènes à effets de seuil : tant que l'on est en dessous du seuil, une petite perturbation supplémentaire engendre un effet supplémentaire faible, mais si cette petite perturbation fait passer un seuil, alors il se passe des choses totalement disproportionnées avec la cause.

Un exemple de système à effet de seuil est l'élastique : On le tire un peu, il s'allonge. On le tire plus fort, et il s'allonge encore. On peut continuer, ainsi, à le tirer de plus en plus fort, et il s'allongera toujours un peu plus, jusqu'au moment où il cassera.

Ainsi, la dernière "perturbation", c'est à dire le fait de l'avoir tiré un peu plus que la tension que l'on exerçait juste avant, a eu un résultat qui n'était plus proportionnel à l'effet : l'élastique a cassé au lieu de s'allonger un peu plus.

Notre système climatique comporte de tels phénomènes à effet de seuil. Et nous ne savons pas grand chose des seuils auxquels une des composantes peut "casser". Il en va ainsi de la circulation océanique, des courants d'altitude, de la trajectoire des dépressions, de l'écoulement des glaciers. Les scientifiques restent donc très prudents quant à la prévision des conséquences,

mais ils tirent la sonnette d'alarme au sujet de certains évènements qui semblent très probables compte tenu des résultats des modèles et de nos connaissances actuelles.

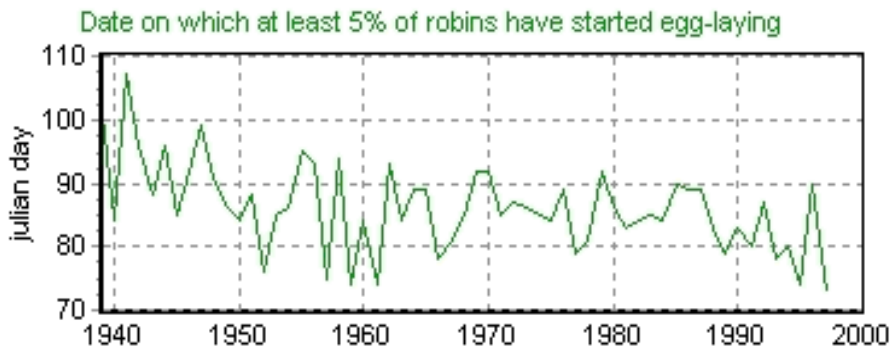
### *Tempête/sécheresse/inondation*

Par exemple, on pense qu'une élévation de la température favorise la "variabilité" du climat en l'éloignant de son point d'équilibre. La variabilité est la mesure de la fréquence et de l'intensité avec lesquelles une valeur s'écarte de la moyenne. Dans le climat, cette variabilité peut concerner la vitesse des vents ou les précipitations. Si la vitesse des vents est un peu plus élevée que la moyenne, cela est une tempête. Si les précipitations sont en dessous des moyennes saisonnières, cela a fait une sécheresse, ou à l'inverse, des précipitations plus élevées que la moyenne font des inondations.

Les dégâts engendrés par ces variabilités "inhabituelles" sont amplifiés par le fait que notre environnement est "adapté" à un certain seuil de variabilité : Par exemple, nos constructions et nos arbres sont adaptés à des vents d'une certaine amplitude, mais se cassent quand le vent devient trop fort. D'où les dégâts occasionnés par la tempête de 1999. De même, nos rivières et la végétation autour de nous sont adaptées à absorber une certaine quantité de pluie au m<sup>2</sup>. Si les précipitations dépassent ce seuil, plus rien ne peut les absorber et cela crée les inondations. Ce qui est grave, ce n'est pas le fait que la variabilité augmente, mais le fait que notre société et notre environnement ne soient pas adeptes à ces nouveaux extrêmes et ne peut pas les absorber, du moins s'ils se produisent sur un laps de temps trop court.

### *Changement de l'écosystème (végétation, espèces, ...)*

Un autre exemple de ce type concerne les changements des écosystèmes :



**Figure 8** : décalage (mois de juillet) des couvaisons du rouge-gorge.

-ulation disparaît car elle n'a pas le temps de se reproduire et de migrer avant que les conditions ne cessent d'être favorables (figure 8).

Selon les espèces, les "vitesses de migration" maximales varient de 4 à 200 km par siècle. La vitesse limite de déplacement est d'autant plus faible que la plante vient à maturité tardivement et que... ses graines sont lourdes (donc ne peuvent pas aller naturellement très en

Un changement climatique peut par exemple déplacer la région où il fait "bon vivre" pour un végétal. Si elle se déplace lentement ce n'est pas très grave : la population de végétaux se déplace aussi et survit. Si l'aire favorable se déplace trop brusquement, la pop-





dehors de la zone favorable du moment) ; les chênes (maturité à 50 ans, graines lourdes) sont un exemple typique d'espèce à vitesse de migration lente.

Or selon les modèles un réchauffement de 3° équivaut, pour les zones tempérées, à un déplacement d'aire favorable vers le Nord de 500 km environ. 3° en un siècle - évolution médiane de la fourchette de 1 à 6°C actuellement prévue - engendre donc une vitesse de déplacement bien supérieure aux 200 km maximaux indiqués plus haut. En outre il est probable que les continents, qui n'ont pas la capacité d'amortissement thermique des océans, connaîtront des augmentations de température plus rapides. De nombreuses espèces naturelles - dont les arbres, et les écosystèmes forestiers attachés - pourraient donc dépérir en cas de modification climatique brutale. Il semblerait d'ores et déjà que certaines zones forestières boréales soient menacées.

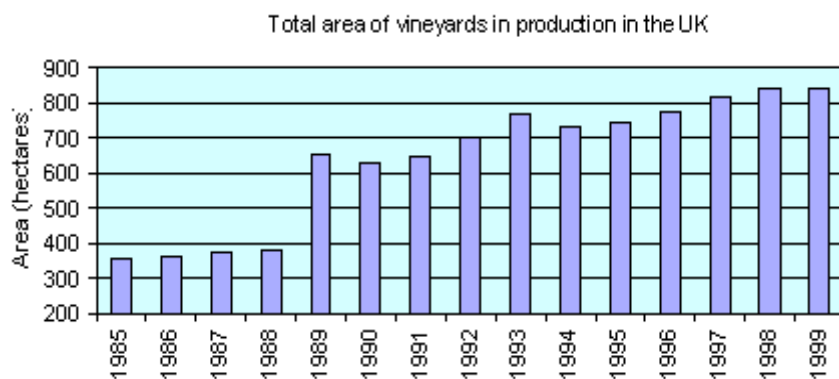
Comme cas particuliers de cause de ces changements d'écosystèmes, on peut citer :

- un temps devenant trop sec (risque de désertification ; il y a 8.000 ans le Sahara était un endroit couvert d'une abondante végétation; des modifications de grande ampleur existent donc) et cela sans action anthropique.



- l'absence d'hiver : la vernalisation (exposition au froid pendant l'hiver) est indispensable à certaines plantes des moyennes latitudes pour pouvoir germer et se reproduire, et par ailleurs l'hiver est aussi fort utile à beaucoup de végétaux des mêmes latitudes pour se protéger des insectes ravageurs, tués par le froid, et qui prolifèrent sinon. Ce phénomène fait aussi que plantations difficiles autrefois sont maintenant intensivement entreprises (figure 9).

- un temps devenant trop riche en phénomènes extrêmes, qui détruisent physiquement les végétaux et dégradent le sol.



**Figure 9** : augmentation du nombre d'hectare de vignes plantées (Royaume uni).

#### *Elévation du niveau de la mer / Inondations*

L'élévation du niveau de la mer peut être due à deux phénomènes: la fonte des glaciers et la dilatation des océans sous l'effet de la chaleur (l'eau chaude occupe un peu plus de volume que l'eau froide) Pour donner un ordre de grandeur, une fonte totale des glaces de terre ferait monter le niveau total des mers de 80 m (dont 70 dus seulement à la calotte antarctique). [Attention, personne n'imagine que ce soit une hypothèse crédible dans un avenir raisonnable. On pense

même que le volume de la calotte glaciaire pourrait augmenter car il va y avoir plus de précipitations.]

Quant à l'effet de "dilatation des océans", c'est un phénomène pernicieux car il se produit sur des échelles de temps très longues: L'océan met plusieurs dizaines d'années à répercuter un changement de température à sa surface dans ses régions profondes. Par exemple, même si on arrêta l'augmentation de la température aujourd'hui, l'océan continuerait à se dilater pendant encore plus de 30 ans... A l'heure actuelle, on estime que le niveau des mers pourrait s'élever d'environ 1m d'ici à l'horizon 2100. Pour les pays développés, cette échelle de temps n'est pas catastrophique: elle laisse le temps de construire des digues. Mais pour les pays sous développés concernés, comme le Bangladesh, cela poserait d'énormes problèmes.

### *Changement des courants marins (Arrêt du gulf stream, catastrophe écologique)*

Les courants marins sont des composantes essentielles du système Terre dans son ensemble, aussi bien du point de vue climatique que biologique: par exemple, certains scientifiques envisagent même l'arrêt du Gulf stream, ce qui rendrait les températures moyennes en Europe occidentale beaucoup moins clémentes!!!

Un changement des courants marins pourrait induire des changements biologiques: en effet, Les planctons, qui sont au bas de la chaîne alimentaire marine, sont nourris par les sels minéraux remontés des profondeurs par les courants verticaux. Ces courants sont très sensibles aux variations de température et de salinité de l'eau. Ils pourraient donc être modifiés d'une part par l'élévation de la température de surface, et d'autre part par les variations de salinités induites par la fonte massive des calottes glaciaires.

Si les courants venaient à s'affaiblir fortement, cela pourrait mettre en péril toute la chaîne alimentaire des milieux marins du large. C'est exactement ce qui se passe à l'échelle locale pour El Niño, période pendant laquelle des eaux habituellement poissonneuses au large du Pérou deviennent désertées par la faune, à cause d'une modification du courant thermocline local.

### *Impact sur la santé humaine*

Un changement climatique peut déplacer - et rendre plus favorables - les zones propices à la propagation des maladies à parasites transportés par les moustiques : un réchauffement - dans certaines limites - de la température favorise par exemple le développement rapide - et donc le potentiel épidémique - du paludisme, qui est déjà l'une des premières causes de mortalité de l'homme sur la planète. Mais les moustiques sont aussi les vecteurs d'autres maladies : dengue, fièvre jaune... dont les conséquences possibles sur des populations nouvellement concernées (donc n'ayant pas un bon système de défense) pourraient être très importantes.

Il est possible - les études démarrent tout juste - que l'augmentation de la température globale, en chauffant le vaste bouillon de culture que représente notre planète, favorise les mutations plus rapides des micro-organismes et, partant, augmentent la probabilité de voir apparaître des virus ou microbes pathogènes nouveaux.

## *Emballlement non-linéaire*

Enfin, on ne peut pas exclure l'emballement du système via des effets catastrophiques. Par exemple on a découvert il n'y a pas très longtemps l'existence d'un nouveau stock de carbone fossile : l'hydrate de méthane. Il s'agit d'un composé qui ressemble à de la glace et qui se forme quand du méthane (composant principal du gaz naturel, et par ailleurs gaz à effet de serre) et de l'eau sont réunis à basse température et haute pression.

Sur Terre, il y a deux endroits où les conditions favorables à sa formation sont naturellement réunies :

- dans l'océan arctique, à grande profondeur (il fait froid et il y a des hautes pressions), à cause du méthane dégagé par les bactéries présentes sur place,

- sous le pergélisol, qui est le sol gelé en permanence des hautes latitudes (Nord de la Russie, du Canada), car on y trouve aussi des bactéries, des hautes pressions et du froid.

On soupçonne qu'il existe de grosses quantités de ce composé dans les profondeurs des hautes latitudes, voire des quantités considérables : l'United States Geological Survey (USGS) estime que l'hydrate de méthane pourrait représenter un stock de l'ordre de 2 fois le cumul de toutes les autres formes de combustibles fossiles (charbon, pétrole, gaz).

Or on se rappellera que le réchauffement sera plus prononcé au pôle Nord qu'ailleurs. Si, par suite de ce réchauffement, le pergélisol dégèle (ce qui est parfaitement possible), les conditions peuvent devenir instables pour l'hydrate de méthane (d'une part le "couvercle", à savoir le sol gelé, disparaît, et d'autre part il se met à faire trop chaud dans le sol pour que l'hydrate de méthane reste stable), et il pourrait se décomposer en libérant des quantités massives de méthane dans l'atmosphère.

Par les libérations massives de gaz à effet de serre que cette catastrophe produirait, on pourrait ainsi observer un emballement du système climatique, et nul ne sait quelles deviendraient les températures d'équilibre à la surface de la Terre dans un tel scénario...

## **Que pouvons nous faire ?**

La Terre dans son ensemble est capable d'absorber une certaine quantité de carbone par an, via des "puits naturels".

Par l'océan via deux effets: dissolution du CO<sub>2</sub> dans l'eau, et d'autre part, fixation du carbone sur les animaux morts, qui sont ensuite entraînés vers le fond par les courants ou la sédimentation.

Par la biomasse terrestre, via le carbone qui se fixe sur la végétation. Mais attention, ceci ne crée un puits de carbone que pendant les périodes de croissance du couvert végétal : en régime de croisière les forêts absorbent à peu près (par photosynthèse) ce qu'elles rejettent (par décomposition du bois), exception faite du bois d'œuvre,

On a ainsi calculé que la capacité d'absorption du système était d'environ 3 milliards de tonnes de carbone par an. A l'heure actuelle, l'homme en rejette 6 milliards de façon directe, en brûlant les combustibles fossiles (charbon, pétrole) et 1 milliard via la déforestation.

Est-il envisageable de réduire notre émission au niveau de ce que la planète peut absorber ?  
Si nous tablons sur 6 milliards d'habitants, la capacité de l'atmosphère nous laisse 0.5 tonnes par habitant et par an.

(Rappel: à l'heure actuelle, un français dépense 1.9 tonnes, et un américain 5.6 tonnes, alors qu'un habitant des pays sous développé est juste en dessous de cette limite, avec 0.4 tonnes.)

## **Que faire pour se limiter à 0,5 tonnes d'émissions de carbone par an ?**

**Éviter de voyager en avion**, ou ne le faire que pour une période assez importante : un aller et retour Europe-États Unis libère 0,9 tonnes de carbone.

**Ne plus prendre sa voiture**, pour les trajets courts, surtout en ville où il existe des transports en commun. 15 000 km annuels en déplacement urbain engendrent 1,5 tonnes de carbone.

**Ne plus surchauffer** sa maison et s'assurer qu'elle possède une bonne isolation thermique. Chauffer une maison l'hiver coûte à peu près 1,25 tonnes de carbone, un peu moins avec le gaz naturel. Si on baisse la température moyenne de quelques degrés (en passant de 22 à 19 °C) on peut gagner 0,4 tonnes !

**Préférer le poisson et les volailles à la viande de bœuf ?** La production d'une tonne de blé engendre environ 110 kg d'équivalent carbone (provenant pour 25% des nitrates issus des engrais et pour 75% du dioxyde de carbone issu du carburant du tracteur).

La production d'une tonne de bœuf engendre jusqu'à 6 tonnes d'équivalent carbone (provenant pour partie du méthane engendré par la digestion et pour partie de l'énergie dépensée pour cultiver les céréales et fourrages pour le nourrir, sachant qu'en France l'essentiel de la culture céréalière sert à nourrir des animaux). Pour une tonne de viande de volaille, 0,5 à 1 tonne d'équivalent carbone.

**Utiliser et générer moins de déchets (emballages, etc.)** : fabriquer 1 kg d'acier ou 1 kg de verre engendre 500 g à 1 kg de carbone, 1 kg d'aluminium engendre 3 kg à 5 kg de carbone. Produire du plastique, du verre, du carton, de l'acier ou de l'aluminium (pour les canettes de boissons) etc. consomme beaucoup d'énergie : en France, 4/5 de l'énergie consommée par l'industrie le sont dans la production de matériaux de base (métaux, plastique, etc). Tout ce qui permet de ne pas consommer d'emballage (éviter les produits frais emballés en barquettes plastique, les canettes jetables, etc.) induit une économie d'énergie.

Nous, européens, pouvons améliorer la quantité moyenne de carbone émise en informant les pays en voie de développement du problème de l'effet de serre, en montrant l'exemple de la nécessité de ne pas dépenser trop d'énergie, en conseillant de faire les bons choix énergétiques (centrales thermiques ou nucléaires, nouvelles technologies [solaire, géothermique, éoliennes]). Il y aura là des décisions politiques à prendre.

Ceci ne semble pas très réaliste, et pourtant, il faut absolument réussir à diminuer de moitié nos émissions totales, afin que les concentrations en dioxyde de carbone (et la température) se stabilisent. De plus, si on veut que cette stabilisation se produise à un niveau acceptable, il faut réagir sans tarder (plus on attend, plus le niveau atteint sera grand). Des négociations internationales sont en cours pour réaliser cet objectif (sommet de Rio, protocole de Kyoto).

Pour l'instant, le but est très modeste: diminuer de 8 % l'émission en gaz carbonique en 8 ans, en espérant revenir au niveau des émissions de 1990. Avec la croissance, qui engendre une augmentation substantielle des émissions, on sait déjà que l'objectif ne sera pas atteint. De plus, les grands pays (développés!) traînent les pieds. On est encore très loin du but!

Clairement, il faudra une prise de conscience politique des problèmes, et une pression des citoyens pour faire bouger les choses. L'avenir qui s'offre devant nous n'est pas tout rose : chacun a compris que des sacrifices seront nécessaires. Il nous faudra accepter de voyager moins, de porter un pull dans la maison, de changer nos habitudes alimentaires, d'habiter plus près du lieu de travail, dans des appartements en ville plutôt qu'à la campagne...Mais c'est peut-être le prix à payer pour ne pas spolier les générations futures !