

## Leçon 14 : reconstituer et comprendre les variations climatiques passées

### I. Réchauffement climatique et responsabilité humaine :

Le cycle biogéochimique du carbone sur notre planète se caractérise par des échanges entre la biosphère, la lithosphère, l'atmosphère et les océans. Les flux de carbone entrant et sortant de l'atmosphère sont restés à l'équilibre jusqu'à la révolution industrielle avec pour conséquence une relative stabilité de l'effet de serre. On définit des sources de carbone atmosphérique comme les volcans, la respiration des êtres vivants, les incendies « naturels » ou le dégazage océanique mais aussi des puits de carbone atmosphérique comme la photosynthèse, l'érosion ou la dissolution océanique. Si la quantité de carbone atmosphérique augmente c'est soit que les puits n'absorbent plus autant de carbone soit que les sources émettent plus de carbone, soit les 2 !

Sur les 150 dernières années, l'activité volcanique n'a pas été plus importante que pendant d'autres périodes. La fréquence des incendies n'a pas franchement augmenté non plus. Par contre, la déforestation est allée crescendo dans le but de créer toujours plus de nouvelles terres agricoles : elle est donc le fait des activités humaines.

Les flux entre les océans et l'atmosphère sont plus complexes mais globalement les océans absorbent de plus en plus de CO<sub>2</sub> atmosphérique mais moins rapidement car l'augmentation de température freine physiquement ce phénomène. La conséquence est une acidification de ces océans.

Ce qui a par contre énormément augmenté c'est notre consommation d'énergie fossiles depuis la révolution industrielle. Quand ils entrent en combustion, pétrole, charbon et gaz libèrent de grandes quantités de carbone qui passent directement dans l'atmosphère. On peut considérer cette libération comme une nouvelle source de carbone atmosphérique. La consommation d'énergies fossiles a des caractéristiques variables d'un pays à l'autre. Si certains pays voient leurs consommations baisser d'autres au contraire sont de plus en plus dépendants des énergies fossiles. On estime que presque la moitié de nos émissions de gaz à effet de serre sont réabsorbés par les puits que constituent la photosynthèse et la dissolution océanique. Il n'en reste pas moins que les activités humaines enrichissent de presque 5 Gt par an l'atmosphère en dioxyde de carbone sans compter les autres gaz.

En associant tous ces paramètres et grâce à la puissance des supercalculateurs, les climatologues ont réussi dès la fin des années 90, à modéliser l'augmentation de la température depuis 1900 en tenant compte uniquement des causes naturelles ou en tenant compte des causes naturelles et anthropiques. Les résultats sont sans appel, l'augmentation de température à laquelle on assiste depuis 150 ans n'est pas due à des phénomènes naturels car ces derniers seraient même plutôt responsables d'une baisse globale. Par contre, il est évident que l'augmentation de l'effet de serre est imputable aux activités humaines.

**CONCLUSION :** Depuis au moins 150 ans, les activités humaines sont suffisamment importantes pour perturber le cycle biogéochimique du carbone. C'est la combustion des énergies fossiles mais aussi la déforestation qui sont les principaux perturbateurs. Le réchauffement climatique observé en ce début de XX<sup>ème</sup> siècle est donc d'origine anthropique et il est particulièrement rapide.

## II. Les indices qui ont permis la reconstitution du climat à la fin du Pléistocène :

Un premier indice concerne l'analyse des bulles d'air piégées dans les glaces. Les scientifiques ont pu mettre en évidence qu'entre -120 000 et -20 000 ans, la teneur de l'atmosphère en CO<sub>2</sub> a baissé progressivement. Or, pour qu'il y ait baisse, il faut a priori un refroidissement entraînant une dissolution du CO<sub>2</sub> plus importante dans les océans. Après -20 000 ans, on remarque au contraire une augmentation assez rapide de la teneur en CO<sub>2</sub> de l'atmosphère en CO<sub>2</sub> ce qui peut correspondre à un réchauffement.

Deuxièmement, les scientifiques ont utilisé les peintures retrouvées sur les parois des grottes et particulièrement en France. En effet, l'art rupestre des Hommes du Pléistocène se caractérise bien souvent par la représentation de la nature qui les entoure et principalement les animaux. Les pigments utilisés pour réaliser ces peintures peuvent permettre de les dater. C'est ainsi qu'on a pu mettre en évidence que les Hommes du Pléistocène vivaient entourés de Rennes, de Bouquetin et autres animaux qui aujourd'hui vivent sous climat froid ou qui ont disparu comme les Mammouth ou les grands pingouins. Une de ces grottes, la grotte Cosquer située dans les calanques près de Marseille, témoigne en plus du fait que le niveau de la mer était plus bas au Pléistocène car l'entrée de la grotte se trouve aujourd'hui par 36m de fond. Or, la baisse du niveau marin est dû à la séquestration de l'eau dans de vastes calottes glaciaires.

Troisièmement, lorsqu'on observe les paysages à proximité des Alpes, des Highlands (Ecosse) ou en Norvège, on remarque de nombreuses vallées en forme de U qui ne sont autres que d'anciennes vallées glaciaires. En effet, de nos jours, les glaciers sont doués de mouvement car à leur base, la pression est telle que l'eau est liquide. En se déplaçant les glaciers abrasent les roches, transportent avec eux des blocs rocheux et les déposent plus loin. Ces dépôts constituent des moraines principalement en avant et sur les côtés des glaciers. On peut aussi voir des blocs erratiques qui étaient pris dans la glace et qui ont été déposés lors de la fonte. On retrouve des traces d'anciennes moraines presque jusqu'à Lyon ce qui témoigne du fait que les glaciers alpins étaient bien plus étendus par le passé. Ces constatations sont générales dans tout l'hémisphère Nord. Les figures typiques de l'érosion glaciaire sont à l'origine des paysages des Highlands en Ecosse et des célèbres Fjords de Norvège qui sont d'anciennes vallées glaciaires inondées par la remontée des eaux.

Quatrièmement, on sait que de nos jours, on ne rencontre pas les mêmes espèces végétales dans les mêmes milieux ni surtout sous les mêmes climats. On définit à la surface de la planète des biomes c'est-à-dire des associations d'écosystèmes caractéristiques de conditions écologiques à l'échelle régionale ou continentale. Certaines espèces végétales sont caractéristiques de certains biomes et donc de certains climats. Or, les plantes à fleurs produisent de grandes quantités de grain de pollen qui ne finissent pas tous sur des pistils. La plupart d'entre eux se dispersent dans l'environnement et s'ils tombent dans un lac on va pouvoir les retrouver dans les sédiments lacustres. Il est donc possible d'étudier les pollens du passé. Les tourbières sont aussi de bons milieux pour retrouver des pollens anciens car ce sont des zones humides où la matière organique est peu décomposée. Etudier les pollens permet donc d'avoir accès à l'évolution du climat passé.

On parle de données palynologiques. Avec ces données, on peut construire un spectre pollinique=variation en % du nombre de grains de pollen d'un taxon en un lieu donné au cours du temps et/ou un diagramme pollinique= somme des différents spectres.

Les pollens trouvés dans les lacs et les tourbières d'Europe montrent clairement qu'un climat froid régnait à la fin du Pléistocène et qu'un réchauffement s'est produit au sortir de cette période et à l'Holocène car ceci s'est accompagné d'un changement de végétation.

Ainsi, divers indices convergent pour affirmer qu'une glaciation s'est produite entre -120000 et -11000 an. Mais, avec ces divers indices on n'a pas une reconstitution précise du climat et

particulièrement de l'évolution des températures. Cette donnée peut être déduite grâce à l'utilisation des thermomètres isotopiques.

Un premier thermomètre isotopique utilise la glace.

Actuellement, les rapports isotopiques delta 18 O et delta D de la neige et de la glace varient en fonction de la température. Plus la température augmente plus ces rapports augmentent aussi : rapports et température varient donc dans le même sens. En appliquant ces constations au passé, on peut donc déduire les températures anciennes en mesurant ces rapports dans les glaces de l'Antarctique et du Groenland.

Un deuxième thermomètre isotopique utilise les sédiments et les roches sédimentaires carbonatées.

Actuellement, plus il fait froid, plus le delta 18O de l'océan augmente ainsi que le delta 18 O des tests de foraminifères qui composent certaines roches sédimentaires carbonatées (on a vu l'inverse pour les glaces !) : rapport et température varient donc en sens inverse. En appliquant ceci au passé, on peut donc déduire les températures anciennes en mesurant le delta 18 O des tests de foraminifères fossiles trouvés dans les sédiments marins pour les plus récents ou les roches sédimentaires marines pour les plus anciens.

Ces thermomètres ont été utilisés pour reconstituer l'évolution des températures entre le Pléistocène et l'Holocène et ils ont confirmé l'existence d'une glaciation entre -120000 et -11000 ans. Cette glaciation a bien été générale car les données recueillies en Antarctique et au Groenland soit dans 2 régions appartenant à des hémisphères différents sont concordantes. La température était inférieure de plus de 10°C en moyenne qu'aujourd'hui.

Enfin, les archives glaciaires qui permettent de remonter le temps sur un peu plus de 800 000 ans ont dévoilé la succession de plusieurs épisodes glaciaires et interglaciaires pendant le Quaternaire. Ces données déduites de l'études des rapports isotopiques est confirmée par l'analyse des bulles d'air piégées dans la glace et tout particulièrement pour ce qui concerne le dioxyde de carbone.

**CONCLUSION :** De nombreux indices tant archéologiques, que géologiques ou paléoécologiques attestent de l'existence sur la période s'étendant entre -120000 et -11000 ans d'une glaciation, c'est-à-dire d'une période de temps où la baisse des températures a conduit à une vaste extension des calottes glaciaires. Cet épisode n'est pas unique. Il est le dernier d'une succession d'au moins 8 périodes glaciaires qui se sont produites au Pléistocène tardif et entrecoupées de période interglaciaires plus chaudes.