

EDUCATION AU DEVELOPPEMENT DURABLE

Les thématiques de l'E.D.D.

1. Biodiversité
2. Changements climatiques
3. Régions Polaires
4. Effet de serre, changements climatiques et développement durable

1. Biodiversités et développement durable

1.1. Introduction

La biodiversité, ou diversité biologique, correspond à la très grande variété des êtres vivants peuplant notre planète.

Depuis l'Antiquité, de multiples travaux de scientifiques de toutes nationalités ont contribué à une meilleure connaissance des espèces vivantes et de leurs relations dans les différents milieux du globe.

Dès les années 80, l'inquiétude de certains chercheurs sur l'appauvrissement de la diversité biologique et la disparition de certaines espèces donne naissance au concept de biodiversité. Edward O. Wilson, père de la sociobiologie, est le premier à introduire ce terme dans la littérature scientifique. Ce concept s'impose à l'échelle internationale, en 1992, grâce à la **Convention internationale sur la diversité biologique** signée par plus de 150 pays lors du Sommet de la Terre à Rio.

L'extinction de nombreuses espèces est fortement liée à certaines activités humaines, tant agricoles qu'industrielles, ainsi qu'à des aménagements de territoires souvent irréflectifs, destinés à satisfaire des besoins économiques à court terme.

Cette érosion de la biodiversité, qui devient de plus en plus préoccupante, conduit les chercheurs de plusieurs disciplines (sciences de la vie et de la terre, sciences physiques, géographie, histoire, sciences économiques et sociales...) à développer leurs connaissances tout en prenant en compte les multiples conséquences des activités anthropiques.

Au plan collectif et individuel, à l'échelle planétaire et locale, des solutions se mettent en place pour préserver la biodiversité et gérer, dans le cadre d'un développement durable, ce patrimoine naturel dont la valeur est désormais reconnue.

« ... L'avenir de la biodiversité ne se résout pas à un problème technique, il dépend des choix économiques et politiques que les sociétés seront amenées à faire dans les décennies à venir. Il dépend en quelque sorte de l'attitude de chaque citoyen. » Christian Lévêque et Jean-Claude Mounolou, « Biodiversité, dynamique biologique et conservation » (2001).

1.2. L'essentiel sur les biodiversités

La biodiversité correspond à la diversité du monde vivant. Elle regroupe trois degrés d'organisation : variété et variabilité des écosystèmes dont l'ensemble constitue la biosphère ; variété et variabilité des espèces ; variété et variabilité génétique des espèces et au sein d'une même espèce.

La dynamique à long terme de la biodiversité (naissance, vie et mort des espèces) est le résultat des interactions entre ces trois degrés d'organisation. La biodiversité est le produit de l'adaptation des espèces à un environnement en perpétuel changement, qui n'est pas sans répercussion sur l'évolution des écosystèmes.

Historiquement, les Hommes ont d'abord étudié la diversité des espèces animales et végétales, puis au sein des écosystèmes, les multiples relations entre les êtres vivants, ainsi que les nombreuses interactions entre ces êtres vivants et leur environnement. Aujourd'hui, les chercheurs s'intéressent de plus en plus à la diversité génétique des individus au sein d'une même espèce.

Diversité des espèces

Les espèces vivantes n'ont cessé de se diversifier depuis l'apparition de la vie, il y a environ 3,5 milliards d'années. Certains scientifiques estiment à près de 30 millions le nombre d'espèces différentes d'animaux, de végétaux, de champignons et de microorganismes peuplant actuellement la Terre.

Diversité des écosystèmes

Un écosystème regroupe différents organismes et le milieu dans lequel ils vivent. Les différents écosystèmes de la planète présentent une extraordinaire diversité liée aux facteurs physico-chimiques qui les caractérisent, en particulier les facteurs climatiques.

Au sein d'un écosystème, les êtres vivants entretiennent des relations entre eux (alimentaires par exemple) et avec leur habitat. Chaque espèce contribue au maintien d'un certain équilibre dans l'écosystème.

Diversité génétique

La diversité des espèces s'explique par la diversité des gènes qu'elles possèdent. Ces derniers déterminent en effet la grande variété de leurs caractéristiques morphologiques ou biochimiques. Cette diversité génétique résulte essentiellement des mutations qui affectent au hasard les gènes des espèces. Ces mutations permettent d'ailleurs aux êtres vivants d'évoluer en s'adaptant progressivement à leur milieu.

La variabilité génétique existe entre les espèces, mais également à l'intérieur d'une même espèce, grâce aux brassages des gènes lors de la reproduction sexuée.

1.3. L'utilisation des biodiversités

De tout temps, l'Homme a utilisé les ressources de la biodiversité pour se nourrir, s'abriter, se vêtir, se soigner et progressivement développer une industrie de plus en plus perfectionnée. Actuellement, la biodiversité est exploitée dans pratiquement tous les secteurs d'activité. La prise de conscience de ses intérêts multiples, y compris dans le domaine du tourisme, donne lieu à de nombreux programmes de recherche.

Biodiversité et alimentation

Les Hommes ont toujours prélevé leurs ressources alimentaires en chassant, pêchant ou cueillant différentes espèces. Ils ont ensuite développé l'agriculture, puis plus récemment l'aquaculture, en se focalisant sur certaines espèces végétales et animales qu'ils n'ont cessé d'améliorer.

Biodiversité et industries

De tout temps, les hommes ont utilisé comme sources d'énergie et de matières premières de nombreux produits d'origine végétale et animale. Grâce à la biodiversité, ils ont ainsi pu se chauffer, fabriquer des vêtements et de multiples objets. Après la Seconde Guerre mondiale, certains de ces produits naturels ont été remplacés progressivement par des substances issues de la pétrochimie, telles que les fibres textiles synthétiques ou les matières plastiques.

Biodiversité et santé

Près des deux tiers des médicaments utilisés actuellement ont comme origine une substance naturelle extraite de microorganismes, d'animaux et surtout de végétaux.

Biodiversité et loisirs

Des espèces végétales sont de plus en plus utilisées comme plantes d'ornement, alors que de nombreuses espèces animales font l'objet d'un commerce important et pas toujours légal. Observer la biodiversité est devenu un argument majeur de l'écotourisme.

Biodiversité et biotechnologies

Depuis longtemps, les microorganismes ont été exploités par l'Homme pour leurs capacités à réaliser des fermentations ou d'autres réactions biochimiques. Les biotechnologies, c'est-à-dire les techniques utilisant le vivant comme outil, sont en plein essor depuis les années 1970 et concernent de nombreux domaines tels que la santé (fabrication de médicaments) ou l'environnement (traitement des eaux usées).

1.4. Quelles menaces sur les biodiversités?

La plupart des activités humaines et l'explosion démographique sont directement ou indirectement responsables d'une diminution de plus en plus importante de la biodiversité dans pratiquement tous les écosystèmes de la planète. En effet, plusieurs facteurs anthropiques menacent conjointement la flore et la faune : déforestation, intensification de l'agriculture, réduction et dégradation des habitats, surexploitation des espèces, invasions biologiques, pollution de l'air et de l'eau, réchauffement climatique ...

Des perturbations fréquentes de la biodiversité

Au cours des temps géologiques, la biodiversité a connu plusieurs crises se traduisant par des extinctions massives d'espèces. Elle a été perturbée, et l'est encore, par des phénomènes naturels tels que les incendies ou les cyclones. Et c'est dès le début du quaternaire que la biodiversité a subi de plus en plus l'impact des activités humaines.

Déforestation et biodiversité

Dès le néolithique, les Hommes ont commencé à détruire la forêt par l'utilisation du feu pour la culture sur brûlis. A la conquête de nouvelles terres agricoles se sont ajoutées l'exploitation du bois, l'extension des villes, la construction d'infrastructures pour les transports, la mise en place de sites industriels, dégradant les forêts tempérées, puis les forêts tropicales. Or, ces dernières renferment plus de la moitié de la biodiversité mondiale qui se trouve ainsi de plus en plus menacée.

Plus récemment, la culture de plantes destinées à la production de biocarburants a considérablement accru la déforestation dans les zones tropicales.

Agrosystèmes et agriculture intensive

Pour faire face à l'explosion démographique, l'agriculture intensive a abouti à la sélection d'un petit nombre d'espèces performantes, entraînant une baisse de la biodiversité végétale des agrosystèmes. De plus, l'agriculture moderne s'accompagne d'une forte utilisation de pesticides qui ont un impact non négligeable sur

la biodiversité. Elle entraîne également la réduction et la fragmentation des habitats de nombreuses espèces (destruction des haies par exemple pour augmenter les surfaces cultivées).

Réduction, fragmentation et dégradation des écosystèmes

L'accroissement de la population mondiale et ses corollaires (urbanisation, extension des surfaces agricoles et industrielles) est responsable d'une réduction et d'une fragmentation des milieux de vie des espèces.

L'assèchement des zones humides, la « domestication » des cours d'eau, la pollution des eaux douces et des eaux marines, sont également à l'origine d'une dégradation des habitats et, par conséquent, d'une érosion de la biodiversité.

Surexploitation des espèces

Pour se nourrir, se vêtir, se parer, assouvir sa passion de collectionneur, l'Homme a très tôt contribué à la diminution, voire à l'extinction, de certaines espèces.

La chasse non réglementée, le braconnage, la pêche excessive menacent la biodiversité.

Introduction d'espèces et invasions biologiques

L'Homme peut introduire, volontairement ou non, des nouvelles espèces dans un milieu. Ces espèces « étrangères » peuvent devenir envahissantes et progressivement éliminer les espèces autochtones. Les exemples sont nombreux et concernent aussi bien le règne animal (perche du Nil, tortue de Floride...) que le règne végétal (caulerpe, cerisier tardif...).

OGM et biodiversité

En créant des Organismes génétiquement modifiés, l'Homme cherche à améliorer la biodiversité : des céréales deviennent ainsi plus résistantes, des animaux ont une croissance plus rapide, etc.

Mais les OGM n'auraient pas que des intérêts et certains scientifiques redoutent un impact négatif sur l'environnement.

Impact de la pollution atmosphérique

Les activités humaines, transports et industries en particulier, rejettent dans l'atmosphère des gaz polluants qui peuvent menacer la biodiversité. C'est le cas du dioxyde de soufre et du dioxyde d'azote à l'origine des pluies acides.

Réchauffement climatique et biodiversité

Le réchauffement climatique, lié à une accentuation de l'effet de serre, influence de plus en plus les habitats de certaines espèces. C'est le cas par exemple de l'ours polaire et des coraux des mers tropicales.

1.5. Quelles solutions et perspectives pour la biodiversité ?

Il n'est pas envisageable de protéger de manière intégriste tous les écosystèmes de la planète. L'Homme ne doit pas être exclu des stratégies de préservation de la biodiversité ; les populations concernées doivent être sensibilisées. C'est pourquoi le concept de développement durable propose d'intégrer les activités humaines aux objectifs de protection, c'est à dire un compromis entre développement économique et préservation des habitats des espèces. Il faudrait ainsi parler de gestion de la biodiversité plutôt que de conservation.

Pourquoi préserver la biodiversité ?

Plusieurs arguments justifient une préservation de la biodiversité.

- Le premier est écologique : la biodiversité joue en effet un rôle essentiel dans l'équilibre des écosystèmes et donc, à l'échelle globale, de la biosphère.
- Le deuxième est économique : la biodiversité est utilisée par l'Homme dans de nombreux domaines tels que l'alimentation, l'industrie, la santé ou les loisirs. Elle représente donc une richesse dont la valeur économique doit être préservée.
- Le troisième est éthique : l'humanité s'estime responsable de la sauvegarde des espèces vivantes et considère la biodiversité comme un patrimoine à transmettre aux générations futures.

Historique

Depuis le début du XX^e siècle se sont succédées plusieurs conférences aboutissant souvent à la signature de conventions. Des lois concernant la protection de la nature et la biodiversité se sont progressivement mises en place.

Les stratégies de préservation

Au départ, la conservation s'est focalisée sur des espèces menacées dont certaines sont devenues emblématiques (le Panda par exemple). Mais une vision plus systémique s'est développée avec la convention sur la diversité biologique de 1992 à Rio.

Deux stratégies se sont ainsi mises en place pour préserver la biodiversité :

- soit ex situ, en dehors des écosystèmes, permettant la conservation des espèces dans des parcs zoologiques, des conservatoires botaniques
- soit in situ, dans l'habitat d'origine des espèces, avec la création de parcs naturels, de réserves de biosphère etc.

2. Changements climatiques

2.1. Introduction

Pour certains, la réalité des changements climatiques ne s'est pas encore présentée comme une évidence. Cela dit, parmi les glaciologues, peu de scientifiques nient encore l'importance du phénomène et les impacts qu'ils engendrent pour notre avenir. En analysant les carottes glaciaires extraites aux pôles et qui représentent plusieurs centaines de milliers d'années d'archives pour l'Antarctique et 100 000 ans pour le Groenland, les scientifiques ont découvert que, depuis la révolution industrielle du 18^{ème} siècle, la concentration de certains gaz dans l'atmosphère avait augmenté significativement et plus rapidement que par le passé.

Mis en place en 1988 par l'Organisation des Nations Unies (ONU), le Groupe Intergouvernemental d'Experts sur le Climat (GIEC) s'est attelé à faire émerger un consensus international sur les observations et les prévisions quant à l'avenir de notre climat. Les scientifiques du GIEC ont ainsi établi le lien entre la concentration de certains gaz à effet de serre (GES) et la température moyenne sur Terre, en analysant les bulles d'air enfermées dans les couches de glace.

L'effet de serre n'est pas, en soi, nocif pour l'homme ni pour l'environnement. Les gaz qui le composent sont appelés « gaz à effet de serre » car ils créent une sorte de cloche, à l'intérieur de laquelle il se crée un « effet de serre ». Il permet, en effet, de maintenir une température moyenne de 15°C à la surface de la Terre contre -18 ° de moyenne si l'effet de serre n'existait pas. L'effet de serre est ainsi primordial au développement et à la prolongation de la vie sur Terre.

2.2. Changements climatiques - Les causes du réchauffement climatique

Le réchauffement climatique est le résultat de la combinaison de plusieurs facteurs, d'origine naturelle ou anthropique. Selon le GIEC, « les changements de la concentration dans l'atmosphère en GES et en aérosols, de la quantité de rayonnement solaire ainsi que des propriétés de la surface de la Terre modifient le bilan énergétique du système climatique ».

Les divers GES possèdent un « pouvoir de réchauffement global » (PRG) qui leur est propre et qui définit comment ils se comportent dans l'environnement. En fonction de la composition moléculaire du gaz, son PRG dépendra de deux facteurs : la quantité d'énergie que le gaz peut intercepter et sa durée de vie dans l'atmosphère. La contribution d'un GES au réchauffement climatique à un moment donné est donc fonction de sa concentration et de sa capacité à absorber l'irradiation solaire. Afin de comparer les contributions des différents GES entre eux, il s'agit de comparer l'effet absorbant d'un gaz en terme de chaleur à celui du CO₂. La concentration d'un gaz est alors exprimée en CO₂-équivalent.

Dans son dernier rapport publié en 2007, le GIEC annonce notamment que « la concentration atmosphérique mondiale du dioxyde de carbone a augmenté d'une valeur préindustrielle d'environ 280 ppmv (parties par million par volume) à 379 ppmv en 2005 ». Il estime, par ailleurs, l'augmentation globale des GES entre 1970 et 2004 dus à l'activité humaine à 70%. Cette hausse de la concentration des GES (CO₂, NH₄, N₂O, O₃ et gaz halogénés) dans l'atmosphère ne va pas sans augmenter la quantité de chaleur piégée sur Terre.

Les GES naturels (pour lesquels il existe des sources naturelles mais dont la concentration peut être influencée par de nouvelles sources d'émission d'origine anthropique) et leurs sources d'émission sont les suivants :

- L'eau (H₂O) à l'état de vapeur est responsable de 55% de l'effet de serre naturel dans l'atmosphère. Par contre, son origine anthropique (centrales électriques, barrages et déforestation) n'a qu'une influence très limitée sur l'effet de serre.
- Le dioxyde de carbone (CO₂) est le principal GES d'origine anthropique (60%). D'après le GIEC, le taux de CO₂ dans l'atmosphère a fluctué au cours des 160 000 dernières années entre 180 et 280 ppmv, avant de s'emballer pour atteindre aujourd'hui un taux de 379 ppmv (2005), soit une augmentation abrupte de 31% depuis la révolution industrielle. Le CO₂ a une durée de vie comprise entre 100 et 200 ans dans l'atmosphère. D'origine naturelle, le CO₂ est émis par tout organisme vivant et respirant mais aussi lors de leur décomposition, ainsi que par les éruptions volcaniques et certains processus géothermiques comme les sources d'eau chaude. Les principales sources artificielles de cette augmentation de CO₂ sont la combustion des énergies fossiles et le changement de l'affectation des sols.
- Le méthane (CH₄) est le deuxième GES en importance (15%) et celui qui a augmenté le plus depuis l'époque préindustrielle (+151%). Entre 1870 (période préindustrielle) et 2005, sa concentration atmosphérique en volume est passée de 715 ppbv (parties par milliards par volume) à 1774 ppbv. Dans l'atmosphère, le CH₄ piège 23 fois plus de chaleur que le CO₂. Sa durée de vie dans l'atmosphère se situe cependant entre 10 et 15 ans. Parmi les sources naturelles, citons les zones humides, les termitières et les océans. Selon le 4^{ème} rapport du GIEC, il est cependant très probable que l'augmentation observée de CH₄ soit d'origine humaine, provenant

principalement de l'agriculture et de la combustion d'énergies fossiles. Il est à remarquer que le taux de croissance diminue depuis les années 1990, suite à une stabilisation des émissions.

- Le protoxyde d'azote (N_2O) représente, dans les pays industrialisés, 6% des émissions d'origine anthropique de GES. Depuis 1750, le N_2O est passé de 270 ppbv à 319 ppbv en 2005. Dans l'atmosphère, le N_2O retient 310 fois plus de chaleur que le CO_2 . Bien qu'il soit naturellement produit par les forêts tropicales, les bactéries du sol et par les océans, plus de 30% des émissions totales de N_2O sont d'origine anthropique et essentiellement dues à l'agriculture (engrais). Les émissions de N_2O se sont stabilisées depuis 1980.

- L'ozone troposphérique (O_3) a augmenté de 35% depuis l'époque préindustrielle. Elle est responsable d'à peu près 15% de l'effet de serre additionnel dans la troposphère. Dans l'atmosphère (troposphère et stratosphère), sa concentration totale se situe aux alentours de 8 à 10 ppmv. L'ozone troposphérique se concentre essentiellement dans les villes, et varie selon l'ensoleillement et la congestion urbaine. Sa concentration dans la haute atmosphère (stratosphère) est naturelle.

Les GES industriels (exclusivement produits par l'homme) et leurs sources d'émission sont les suivants :

- Les gaz halogénés à effet de serre comprennent les fréons CFC, les halons ou les hydrofluorocarbones (HFC), utilisés dans les systèmes de refroidissement, l'hexafluorure de soufre (SF_6), employé par exemple dans l'industrie électronique, et les hydrocarbures perfluorés (PFC), émis pendant la fabrication de l'aluminium. Leur durée de résidence dans l'atmosphère est de loin la plus importante, y demeurant durant plusieurs décennies. Leur capacité d'absorption de l'irradiation solaire est de l'ordre de 1000 à 22 000 fois celle du carbone.

Phénomènes naturels influençant le climat de la Terre (indépendants de l'activité humaine):

Sur le court et moyen terme, citons la variabilité de l'activité solaire (selon que la Terre traverse une période glaciaire, interglaciaire...), la variation des courants marins ainsi que les éruptions volcaniques.

Sur le long terme (plusieurs milliers d'années), il est indispensable de prendre en compte les phénomènes astronomiques et géologiques. La théorie astronomique des cycles de Milankovitch définit trois paramètres qui affectent la Terre :

- l'excentricité de l'orbite terrestre : l'orbite de la terre évolue selon un plan écliptique (oscillation entre le cercle et l'ellipse) sur une période de 100 000 ans

- l'obliquité de l'axe des pôles : l'angle d'inclinaison de l'axe de rotation terrestre varie entre 21° et 24° sur une période de 41 000 ans

- la précession : l'orbite terrestre dessine une ellipse, la distance entre le soleil et la Terre varie car le soleil se trouve sur un des foyers de l'orbite. Cette variation se fait sur des périodes oscillant entre 19 000 et 23 000 ans.

Parallèlement, le déplacement des continents et la formation des chaînes de montagnes affectent les courants océaniques et atmosphériques, ce qui modifie la manière dont la chaleur est stockée dans l'atmosphère et dans les océans.

2.3. Les conséquences

Les scientifiques du monde entier s'accordent sur un réchauffement global moyen de $0,75^\circ C$ depuis 1850. Ce réchauffement moyen a pour particularité d'être remarquablement rapide par rapport à ce qui a pu être observé au cours des siècles précédents.

Cela dit, **le réchauffement climatique n'est pas homogène**. Certaines régions se réchauffent plus ou moins rapidement, alors que d'autres refroidissent. Le réchauffement climatique est une tendance globale qui se fait sentir davantage aux pôles de la Terre et dans l'hémisphère nord (due à l'inclinaison de la Terre et à la circulation océanique) qu'à l'équateur.

La fonte des étendues de glace (glaciers de montagne, banquise arctique, ainsi que calottes de glace du Groenland et de l'Antarctique dans une moindre mesure) constitue l'un des premiers impacts du réchauffement climatique.

Conséquences de la fonte de la banquise arctique:

- « albédo » des régions arctiques (capacité de réflexion des rayons solaires vers l'atmosphère) en diminution (car moins de glace), ce qui augmente l'absorption des rayons solaires par l'océan et donc aussi sa température ;

- disparition des espèces, changement de comportement pour ce qui est des migrations et perte d'habitat (y compris pour les humains) ;

- émergence de nouvelles routes maritimes (et de nouveaux ports), et augmentation de l'activité économique des régions arctiques.

Par ailleurs, **depuis 25 ans**, on relève aussi **une augmentation de la température du « pergélisol »** (ou

permafrost) à une profondeur de 20 mètres dans la région arctique. Cette fonte du pergélisol a plusieurs conséquences :

- fragilisation des fondations de l'infrastructure humaine (oléoducs, pylônes et habitations) ;
- résurgence possible de l'activité bactérienne qui, dénaturée à basse température, pourrait se réactiver avec l'augmentation de leur température (risque d'infection) ;
- possibilité de rétroaction positive avec l'émanation de CH₄ contenu dans le pergélisol.

Mais **il existe également d'autres impacts**. Citons notamment :

- l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des phénomènes extrêmes, tels les ouragans ou les feux de forêts;
- la hausse du niveau moyen des mers;
- le déplacement des zones de végétation;
- une variation de la phénologie et de la distribution de certaines espèces animales et végétales;
- certains dangers pour la santé humaine dus aux vagues de chaleur et aux modifications des espèces de pollens allergènes.

2.4. Politique climatique et mesures d'atténuation

La Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) fut adoptée en 1992 par 150 Etats à la Conférence de Rio. Selon l'article 2, "L'objectif ultime de la présente Convention et de tous les instruments juridiques connexes que la Conférence des Parties pourrait adopter est de stabiliser, conformément aux dispositions pertinentes de la Convention, les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique". Cette convention impose aux pays signataires d'entretenir la transparence nationale et de tenir un inventaire de leurs émissions de GES. Elle encourage également la mise en place de programmes nationaux d'atténuation ainsi que le transfert de la technologie, de la coopération et de la sensibilisation dans d'autres pays.

Quelques années plus tard, en 1997, le **Protocole de Kyoto** est ajouté à la CCNUCC. Il s'agit d'un accord juridiquement contraignant pour les pays industrialisés qui s'engagent à réduire globalement le total de leurs émissions pour six principaux GES (CO₂, CH₄, N₂O, PFC, HFC, SF₆) d'au moins 5% par rapport aux niveaux respectifs de 1990 au cours de la période 2008-2012. Il s'agit d'une obligation de résultat et non d'une obligation de moyen. Les pays signataires disposent ainsi d'un choix entre plusieurs instruments pour exécuter leurs engagements. Ils peuvent choisir entre des actions prises au niveau national, le recours à des puits de carbone ou encore à des mécanismes « de flexibilité », un outil qui se traduit par la réduction d'émissions à l'étranger.

Les mesures d'atténuation engendrent bien sûr un certain coût économique pour ces Etats mais ces mesures sont aussi rentables puisqu'elles réduisent les impacts des changements climatiques et donc aussi leurs coûts futurs. Les bénéfices seront également observables au niveau d'une réduction des coûts de santé, et de la dépendance énergétique aux ressources non renouvelables.

D'un point de vue de l'action politique, les gouvernements disposent d'un large éventail de politiques et d'instruments visant à encourager diverses mesures d'atténuation : la politique de développement durable, l'outil réglementaire et normatif, la taxation et le prélèvement de redevances, les mécanismes de permis négociables, les incitations financières et les accords volontaires. Cela dit, chaque instrument politique cité est associé d'avantages et d'inconvénients. Ainsi, si la taxation et le prélèvement découragent certaines pratiques qui vont à l'encontre de la préservation de l'environnement, ils ne garantissent aucun taux d'émission spécifique. Il est dès lors important de considérer le rapport coût-efficacité, la faisabilité institutionnelle de chaque instrument et la façon dont ses coûts et ses bénéfices se répartissent dans l'espace et le temps.

Finalement, les mérites dont peuvent se prévaloir le CCNUCC et le Protocole de Kyoto sont :

- l'élaboration d'une réponse globale au problème du climat;
- la stimulation de nombreuses politiques nationales;
- la création d'un marché international du carbone;
- l'instauration de nouveaux mécanismes institutionnels pouvant servir de base aux futures mesures d'atténuation.

2.5. Controverses et incertitudes

Malgré l'accord scientifique au sein du GIEC, certains groupes restent sceptiques quant au réchauffement climatique.

Vous trouverez ci-dessous quelques-uns des contre-arguments avancés par les sceptiques à l'égard du rapport de 2007 du GIEC, suivis des réponses émises par les scientifiques en accord avec le GIEC.

1. Doute quant à l'augmentation effective de la température moyenne de la Terre

- Les sceptiques arguent que les instruments relevant les températures annuelles sont assortis de larges marges d'erreur. Les stations météorologiques se trouvent le plus souvent dans les villes, tandis que certains points du globe en sont totalement dépourvus.
- Les scientifiques rétorquent que les données météorologiques sont assorties d'autres instruments de mesure prises dans l'océan et sur la banquise arctique, ainsi que de données provenant des satellites, des sondes et des ballons-sondes. Toutes les données relevées par ces instruments divers viennent ainsi soutenir ou compléter les mesures prises par les stations météorologiques.

2. La Terre est déjà passée par des périodes plus chaudes qu'aujourd'hui

- Les sceptiques rappellent qu'au début du dernier millénaire il y eut une période chaude médiévale. A cette époque, les températures en Europe, notamment, étaient encore plus chaudes qu'elles ne le sont aujourd'hui.
- Pour les scientifiques, il est indéniable que la Terre a connu plusieurs périodes de chaleur plus élevées qu'aujourd'hui, comme par exemple durant la dernière période interglaciaire (il y a 125 000 ans) ou la période pliocène (il y a trois millions d'années). Les scientifiques estiment que ces périodes plus chaudes étaient dues à une modification de l'intensité solaire, de l'orbite terrestre ou des configurations continentales de la Terre. Aucune de ces causes ne conviennent pour expliquer le phénomène que nous connaissons aujourd'hui. De plus, selon le US National Oceanographic and Atmospheric Administration (NOAA), la période chaude médiévale n'aurait pas connu de températures plus élevées que celles observées aujourd'hui.

3. Les modèles climatiques informatiques ne sont ni précis ni exacts

- Les sceptiques dénoncent le fait que les modèles climatiques sont incapables de modéliser la totalité des paramètres à prendre en compte pour obtenir des résultats fiables et exacts.
- Les modèles ne sont à considérer qu'en tant que modèles de quantification de notre compréhension du climat. Ils ne seront jamais parfaits et ne prédiront jamais exactement l'avenir. Il reste que les modèles climatiques sont cependant testés et validés en tenant compte de données théoriques et observables.

4. Le climat est essentiellement influencé par le soleil

- L'histoire du climat montre que la température sur Terre est une réponse à la quantité de rayonnement solaire. Tout réchauffement est donc le résultat de variations dans le champ magnétique du soleil et de vents solaires.
- Les variations solaires affectent bel et bien le climat mais ne sont pas le seul facteur. Par ailleurs, depuis 1960, aucune tendance positive dans l'influence solaire n'a été relevée.

5. Une augmentation de dioxyde de carbone a toujours suivi une augmentation de la température et non l'inverse

- Les carottages qui remontent jusqu'à un million d'années montrent une augmentation des températures et des taux de CO₂ dans l'atmosphère à des intervalles de plus ou moins 100 000 ans. Mais l'augmentation de CO₂ est toujours venue après l'augmentation des températures. Des températures élevées peuvent, en effet, se traduire par une émission de CO₂ en provenance des océans.
- Les scientifiques affirment que ce phénomène est vrai mais qu'il ne s'applique pas aujourd'hui. Les carottages montrent une augmentation de CO₂ après une augmentation des températures à plusieurs siècles d'intervalles. Cela dit, la situation aujourd'hui est fort différente puisque les niveaux de CO₂ n'ont jamais été aussi élevés depuis 650 000 ans.

6. Les données à long terme concernant les ouragans et la glace arctique ne sont pas assez précises pour évaluer leurs tendances

- L'historique des données et relevés observables n'a jamais été aussi fréquent et soutenu qu'aujourd'hui. Les observations quantifiées n'ont pas toujours été réalisées au même rythme ni avec la même précision qu'aujourd'hui.
- Il existe des rapports dont les premières observations de la région arctique remontent au 18^{ème} siècle. De même, selon le US National Hurricane Centre, les premiers relevés relatifs aux ouragans commencèrent dès 1944.

7. Il existe d'autres problèmes plus urgents que celui des changements climatiques

- Le Protocole de Kyoto ne guérira pas la planète du réchauffement climatique. Par ailleurs, on pourrait prétendre que le réchauffement de la Terre a aussi des impacts bénéfiques pour certaines sociétés. Ne vaudrait-il pas mieux investir notre temps et notre argent dans la résolution d'autres problématiques ?
- Le réchauffement global n'a pas que des impacts aujourd'hui. Les répercussions de demain seront pires et encore moins contrôlables. Ne vaut-il pas mieux prévenir que guérir ? De plus, les effets bénéfiques de ce réchauffement seront localisés dans les hautes latitudes de la Terre, là où se concentrent les pays les plus industrialisés.

2.6. Perspectives et prévisions

Au vu des actions actuelles d'atténuation des changements climatiques et des pratiques associées pour le développement durable, les émissions globales de GES vont continuer à augmenter pendant les quelques décennies à venir. Si aucune mesure d'atténuation n'est prise aujourd'hui, le GIEC estime que les GES pourraient atteindre à l'horizon 2100 un niveau de concentration trois fois plus élevé qu'à l'époque préindustrielle.

Les impacts auxquels on risque de devoir faire face dans un avenir proche pourraient s'avérer dévastateurs pour les écosystèmes de la planète. En effet, les émissions de CO₂ augmentent et dépassent la capacité d'absorption des puits naturels (c'est-à-dire l'océan et la biomasse). De ce fait, les émissions supplémentaires demeurent dans l'atmosphère et présentent un danger pour les écosystèmes et la santé humaine.

L'augmentation des émissions de CO₂ ne va pas non plus sans risque pour l'acidification des océans. Depuis l'ère industrielle, le pH moyen des océans est ainsi passé de 8,18 à 8,07. On estime d'ailleurs que si la concentration atmosphérique du CO₂ atteignait les 650 ppmv, le pH moyen ne serait plus que de 7,9. Une telle diminution du pH comporte son lot de conséquences pour la calcification des crustacés et mollusques, la formation des coraux, la capacité d'absorption du carbone des océans...

Le réchauffement climatique pourrait, par ailleurs, s'aggraver avec la fonte des glaces, en libérant le méthane contenu dans les clathrates (hydrates de méthane trouvés dans le fond des océans et dans les sols gelés de la région arctique). N'oublions pas non plus comme conséquences à long terme les risques accrus d'inondations, la destruction d'écosystèmes côtiers, les impacts socio-économiques, l'érosion côtière et la salinisation des nappes phréatiques et des sols dus à l'élévation du niveau des mers.

Dans certaines parties du globe, les changements climatiques sont plus marqués au niveau local et régional qu'au niveau mondial. Ainsi, dans la région arctique, on prédit (bien que l'on puisse déjà l'observer à certains endroits) une délocalisation des zones de végétation ainsi qu'une modification de la biodiversité. La forêt boréale remplacera lentement la toundra, et la toundra le désert polaire.

L'habitat de certaines espèces sera aussi mis à rude épreuve (ours polaires, morses, phoques, oiseaux polaires ...). Des espèces invasives et « opportunistes », pour lesquelles le froid « polaire » ne constitue plus un obstacle de survie, migreront vers le nord et remplaceront peu à peu les espèces indigènes. Avec la venue de saisons chaudes plus longues, on observera également une modification de la période de floraison, ce qui touchera, à terme, toute la chaîne trophique terrestre

3. Régions polaires

3.1.introduction

Découvrez les régions polaires à travers des fiches scientifiques et pédagogiques réalisées par le CRDP de l'académie d'Amiens, en collaboration avec l'[International Polar Foundation](#) et l'office français de la [Fondation pour l'Education à l'Environnement en Europe \(FEEE\)](#).

Sur le plan géographique, **l'Arctique est un océan bordé de continents, tandis que l'Antarctique est un continent bordé d'océans**. Cette différence fondamentale est à l'origine de caractéristiques respectives très différentes pour chacune des deux régions polaires.

Elles présentent toutefois aussi quelques points communs comme la faible intensité des rayons solaires, rasant l'horizon quelque soit la période de l'année, ou encore le raccourcissement des jours et des nuits, en saisons hivernale et estivale, respectivement.

Ces **phénomènes de nuit polaire ou de soleil de minuit**, seront aussi l'occasion d'aborder des notions d'astronomie et de climatologie avec le cycle des saisons ou encore les phénomènes climatiques extrêmes ayant lieu dans ces régions de haute latitude (vents catabatiques, températures extrêmes, nuages nacrés stratosphériques, etc.) .

Enfin, **les glaces polaires terrestres** (calottes glaciaires, plates-formes et icebergs) ou marines (banquise) forment un univers complexe, où **faune et flore** sont largement tributaires d'un premier maillon, marqué par une activité planctonique intense. Ce dernier est indispensable au reste de la chaîne alimentaire (herbivores et prédateurs carnivores de différents ordres) que nous découvrirons également. C'est en sondant attentivement ces glaces que les scientifiques perceront peu à peu les derniers mystères qui existent autour de ces écosystèmes, intimement reliés.

3.2. La science en milieu polaire

Les régions polaires sont un lieu privilégié pour la recherche scientifique car elles constituent un gigantesque laboratoire, offrant de multiples facettes aux scientifiques.

En sondant les glaces présentes aux pôles, les paléoclimatologues peuvent ainsi remonter dans le passé climatique de notre planète. Ces longues carottes, prélevées dans les inlandsis polaires, jouent le rôle de précieuses archives climatiques qui révèlent les conditions prévalant en surface lors d'un passé parfois lointain. De même, l'analyse des micros bulles d'air et isotopes contenus dans la glace polaire permettent aux scientifiques de remonter, par exemple en Antarctique, jusqu'à 850.000 ans en arrière ! Ces glaces polaires sont donc un précieux point de repère pour les scientifiques, qui leur permet de recontextualiser les changements climatiques en cours, à la fois en terme d'ampleur et de rapidité de changement.

Par ailleurs, la science en milieu polaire est avant tout une science de terrain, qui implique l'établissement de stations polaires, en conditions " in situ ". Nous découvrirons successivement les stations de l'Arctique et de l'Antarctique ainsi que les spécificités de chacune.

Enfin, la théorie de la tectonique des plaques, définitivement validée dans les années 1960, permet d'expliquer le déplacement des plaques et, en particulier, l'isolement progressif du continent Antarctique sur le pôle Sud avec la constitution d'un pôle de froid extrême.

3.3. Exploration polaire

Les régions polaires ont toujours été considérées comme des terres d'aventure et de découverte. Elles attirent à elles des explorateurs venus des quatre coins du globe, en quête d'espaces inédits, à étudier, cartographier, ou simplement admirer.

Des générations entières d'explorateurs se succèdent sans relâche pour parcourir cet éden mystérieux, source potentielle de nouvelles richesses insoupçonnées !

Nourrissant des légendes d'aventures héroïques, tantôt tragiques ou couronnées d'exploits, ces régions polaires feront souvent l'objet d'une intense compétition entre nations, soucieuses de leurs intérêts et de leur image, bien sûr, mais aussi de ne pas être en reste dans cette fantastique aventure polaire.

3.4. Menaces sur les pôles

L'intérêt croissant pour les régions polaires est malheureusement synonyme d'une multiple menace qui plane dangereusement sur ces écrans de vie et de glace, jusque là préservés en grande partie de toute influence humaine.

Ces fragiles régions polaires sont donc plus que jamais mises en péril par divers fléaux qui, cumulés, risquent de menacer à court terme l'existence même de ces environnements uniques :

- la surexploitation souvent irraisonnée des ressources marines (crustacés, poissons et cétacés);
- l'apparition de pollutions naissantes (pesticides et herbicides);
- les risques croissants d'accidents maritimes et marées noires résultantes;
- l'extrême sensibilité au réchauffement climatique, marquée par une fonte accélérée de la banquise ou des calottes polaires;
- l'amincissement de la couche d'ozone stratosphérique, véritable bouclier protecteur pour la vie présente sur Terre;
- les convoitises de nations avides de pallier à la pénurie énergétique en puisant de nouvelles ressources en énergies fossiles, etc.

Pour ces multiples raisons, les régions polaires font l'objet d'une attention soutenue des scientifiques du globe ainsi que des instances internationales.

4. Effet de serre, changements climatiques et développement durable

4.1. Introduction

La présence d'une atmosphère autour de notre planète est à l'origine de l'effet de serre, phénomène complexe qui retient la chaleur issue du rayonnement solaire absorbé par la surface du globe. L'effet de serre est bénéfique puisqu'il permet à la Terre d'avoir une température moyenne clémente, indispensable à la présence d'eau liquide et au maintien de la vie.

On a constaté cependant, depuis le milieu du XXe siècle, une augmentation de la température liée à une accentuation de l'effet de serre. La majorité des scientifiques mettent en cause les activités humaines dans ce « sureffet » de serre. En effet, les transports, l'industrie et l'agriculture émettent dans l'atmosphère de plus en plus de gaz à effet de serre, en particulier du dioxyde de carbone (CO₂) et du méthane (CH₄). Selon les dernières estimations des experts du Groupement Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC), la température moyenne du globe risque ainsi d'augmenter de 1,8 à 4°C d'ici à 2100.

Les conséquences possibles à l'échelle de la planète sont multiples : changements climatiques, fonte des glaces polaires, hausse du niveau marin, modifications de la circulation océanique, perturbation de la biodiversité... Les effets de ce réchauffement interviennent déjà à l'échelle locale : accentuation des périodes de sécheresse, changement dans le régime des précipitations, recul des glaciers de montagne, réduction de la banquise arctique, modification des aires de répartition de certaines espèces... De nombreux scientifiques mettent en commun leurs travaux afin d'évaluer l'ampleur de ce réchauffement et ses impacts à plus ou moins long terme. Les solutions concrètes à ce problème passent forcément par une réduction des gaz à effet de serre. Leur mise en place a commencé en 1997, avec le protocole de Kyoto : la majorité des pays industrialisés, exceptés les Etats-Unis, se sont engagés à réduire leurs émissions de CO₂. Dix ans plus tard, le bilan est très décevant : les objectifs affichés sont loin d'avoir été atteints. Mais les dirigeants ne sont pas les seuls à devoir s'engager pour un développement durable. A l'échelle individuelle, chacun peut contribuer à réduire son impact sur le réchauffement climatique en adoptant des comportements responsables.

4.2. Effet de serre

L'effet de serre est un phénomène naturel dû à la présence d'une atmosphère, enveloppe gazeuse retenue autour du globe par la force de gravité.

L'atmosphère terrestre arrête environ 10 % du rayonnement émis par le soleil, alors que 40 % sont renvoyés vers l'espace après avoir atteint la surface de la Terre. Cette dernière n'absorbe donc que la moitié environ de l'énergie solaire qu'elle réémet sous forme de chaleur, c'est à dire de rayonnement infrarouge. Celui-ci est alors absorbé en grande partie par certains gaz de l'atmosphère, puis renvoyé vers le sol. Il en résulte un réchauffement appelé effet de serre, par analogie avec celui qui a lieu dans une serre de jardinier exposée au soleil.

Ce réchauffement est essentiel car il permet à notre planète de posséder une température clémente (près de 15°C en moyenne au lieu de -18°C s'il n'y avait pas d'atmosphère), indispensable à la présence d'eau liquide et au maintien de la vie.

Les principaux gaz atmosphériques responsables de ce phénomène sont la vapeur d'eau (H₂O), le dioxyde de carbone (CO₂) et le méthane (CH₄). Ils correspondent aux gaz à effet de serre ou GES.

4.3. Augmentation de l'effet de serre et conséquences

On a pu mesurer, depuis le milieu du XXe siècle, une augmentation de la température moyenne de la Terre liée à une accentuation de l'effet de serre. D'après la majorité des scientifiques, ce « sureffet » de serre a une origine anthropique. En effet, les activités humaines telles que les transports, l'industrie et l'agriculture, libèrent dans l'atmosphère de plus en plus de gaz à effet de serre tels que le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄), les chlorofluorocarbones (CFC) et le protoxyde d'azote (N₂O).

Selon les dernières estimations des experts du Groupement Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC), la température moyenne du globe risque ainsi d'augmenter de 1,8 à 4°C d'ici à 2100.

Cependant, ce réchauffement global est un phénomène complexe dont la connaissance n'est pas totalement maîtrisée, en particulier pour ce qui concerne le rôle modérateur des océans.

Quoiqu'il en soit, les conséquences possibles à l'échelle de la planète sont multiples : changements climatiques, fonte des glaces polaires, hausse du niveau marin, modifications de la circulation océanique (courant Gulf stream en particulier), perturbation de la biodiversité... Les effets de ce réchauffement interviennent déjà à l'échelle locale et deviennent préoccupants : accentuation des périodes de sécheresse, changement dans le régime des précipitations, recul des glaciers de montagne, réduction de la banquise arctique, modification des aires de répartition de certaines espèces, etc.

4.4. Solutions et perspectives

Pour lutter contre l'augmentation de l'effet de serre essentiellement liée aux besoins énergétiques croissants, diverses solutions se mettent en place.

Au niveau réglementaire, les participants aux réunions internationales comme la conférence de Kyoto en 1997 ou celle de Bali en 2007, recherchent des consensus pour limiter les émissions de gaz à effet de serre, en particulier de dioxyde de carbone (CO₂).

Des scientifiques et des techniciens de nombreuses disciplines unissent leurs efforts pour comprendre et agir. Certains de ces experts, membres du groupement intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), se concertent régulièrement pour évaluer l'ampleur du réchauffement climatique et ses impacts à plus ou moins long terme.

Cependant, ces recherches ne porteront leurs fruits que si elles sont relayées par une prise de conscience généralisée des populations capable d'induire des comportements plus responsables, en particulier concernant les modes de transport.

SOURCE / académie d'Amiens