MINISTÈRE
DE L'ÉDUCATION
NATIONALE,
DE LA JEUNESSE
ET DES SPORTS

Liberté
Égalité
Fraternité

Conseil scientifique
de l'éducation nationale

L'ÉCOLE FACE AU DÉFI DE L'ENSEIGNEMENT DES ENJEUX CLIMATIQUES ET DE BIODIVERSITÉ

Glossaire à l'usage des équipes éducatives et des éco-délégués

Texte coordonné
par Éric Guilyardi
et rédigé par
le groupe
de travail
« Climat,
biodiversité et
éducation au
développement
durable »
du CSEN

Savoirs & compétences
CSEN
L'ÉCOLE DE LA CONFIANCE

Ce texte a été rédigé sous la direction d'**Eric Guilyardi** par le groupe de travail « Climat, biodiversité et éducation au développement durable » du CSEN :

Gilles Bœuf (MNHN), **Delphine Cuny** (Réseau Canopé), **Monique Dupuis** (IGESR SVT, MENJS), **Anne-Françoise Gibert** (IFÉ, ENS Lyon), **Guillaume Lecointre** (MNHN), **Eric Guilyardi** (Institut Pierre Simon Laplace/CNRS, OCE et CSEN), **Coralie Noël** (DGESCO, HFDD, MENJS), **Elena Pasquinelli** (LAMAP, CSEN), **Corine Pelluchon** (Université Gustave Eiffel), **Serge Planton** (Météo-France et Train du climat), **Béatrice Salviat** (Conseil supérieur des programmes), **Marc-André Selosse** (MNHN et Biogée).

Groupe de travail « Climat, biodiversité et éducation au développement durable » du CSEN (GT10)

L'enseignement des connaissances et enjeux associés au changement climatique et à l'érosion de la biodiversité est un défi majeur pour notre système éducatif.

Le groupe de travail se propose de poser les fondements scientifiques des enseignements portant sur le climat et la biodiversité, dans le cadre de l'éducation au développement durable, proposer des actions concrètes et adaptées à ces différents acteurs et concevoir un système d'évaluation de ces actions.

Plus d'information : → reseau-canope.fr/conseil-scientifique-de-leducation-nationale-site-officiel/groupes-de-travail/gt10-climat-biodiversite-et-developpement-durable

Introduction

L'acquisition des connaissances et l'appropriation des enjeux associés au changement climatique et à la perte de biodiversité sont des défis majeurs pour notre système éducatif. Jusqu'à présent inclus dans le projet porté par l'éducation au développement durable (EDD), et ancré dans les programmes de plusieurs disciplines, cette éducation transversale a été récemment précisée et augmentée dans les nouveaux programmes du lycée général puis des autres cycles pour enrichir toutes les disciplines et tous les niveaux scolaires. Beaucoup d'initiatives accompagnent cet élan, mais face à des notions parfois complexes, certains enseignants se sentent peu outillés pour s'en emparer ou sont mal à l'aise quand il s'agit d'aborder ces connaissances et ces enjeux dans le cadre scolaire. Le groupe de travail du CSEN propose ce premier document pour appuyer la mise en œuvre de cette éducation, en complément du Vademecum de l'EDD publié en 2021[1] et de la note d'orientations et de propositions pour le renforcement des enseignements relatifs au changement climatique, à la biodiversité et au développement durable (cycles 1, 2, 3 et 4) publiée par le Conseil supérieur des programmes (CSP) en 2019 et 2020.

Dans cette première étape nous avons choisi de contribuer à une culture commune des éducateurs et des éco-délégués, à les outiller et à accompagner leur réflexion pédagogique en proposant des ressources qui, dans le cadre des programmes scolaires :

- forment les élèves aux connaissances et compétences transversales (scientifiques et humanités) relatives au climat et à la biodiversité, en s'appuyant sur des savoirs disciplinaires (physique-chimie, SVT, mathématiques, histoire, géographie, philosophie, sciences de l'ingénieur (technologie), SES, etc.) tout en promouvant une vision systémique ;
- soient adaptés aux publics visés : enseignants, équipes éducatives au sein des établissements, inspecteurs, etc. ;
- favorisent l'acquisition d'une meilleure compréhension des méthodes et des procédés de la recherche scientifique qui établissent les connaissances, afin de faire découvrir la beauté et la cohérence de la construction scientifique, de nourrir l'esprit critique des élèves et les amener à réfléchir de façon explicite à la distinction entre connaissances et opinions, ainsi qu'aux rôles respectifs des connaissances et des valeurs dans les choix citoyens et individuels ;
- encouragent l'apprentissage de l'action et promeuvent l'espoir, évitant ainsi les écueils de l'éco-anxiété ou de visions catastrophistes de l'avenir, toutes deux paralysantes, et permettent de se projeter positivement dans un avenir personnel et professionnel, au sein de la société, en encourageant l'apprentissage de l'activité manuelle, le développement de l'empathie, de la curiosité scientifique, de l'émerveillement et de la créativité ;
- puissent être mis en œuvre concrètement et de façon autonome dans le plus large ensemble possible d'établissements, en tenant compte des contraintes et possibilités locales et en s'appuyant sur des partenariats.

La première partie, présentée dans ce document, est composée d'un glossaire de termes fréquemment rencontrés lorsque l'on aborde ces thématiques, ou de termes moins fréquemment employés mais se rapportant à des notions importantes dans ce contexte[2]. La seconde partie, publiée dans un second temps, propose un outil d'analyse des projets traitant des questions scientifiques et de société autour du climat et de la biodiversité. Cet outil, élaboré par le groupe de travail et illustré par quelques projets mis en œuvre sur le terrain, a pour objectif de sensibiliser les enseignants aux multiples dimensions possibles des projets sur ces thématiques et à les aider à construire de tels projets.

1 Disponible sur Eduscol : https://eduscol.education.fr/1118/qu-est-ce-que-l-education-au-developpement-durable
2 Les termes définis dans le glossaire sont suivi d'un astérisque.

Contexte du glossaire

La compréhension des termes et des mécanismes nous est apparue centrale pour assurer la qualité des démarches engagées. C'est un enjeu de culture commune des formateurs, éducateurs et éco-délégués, indispensable étant données la diversité des acteurs engagés et concernés par cette éducation transversale. Hors de l'école, les élèves et les enseignants sont confrontés à des notions sur l'« environnement », le « climat » ou la « biodiversité » sans forcément en saisir la précision, la richesse, la complexité, les limites ou le contexte. Par exemple, comprendre la notion de biodiversité*, qui n'est pas que le simple dénombrement des êtres vivants d'un écosystème*, mais qui comprend aussi l'ensemble des interactions qui les lient (voir définition), a une incidente forte sur la façon de faire réfléchir les élèves.

Il nous a donc semblé qu'une première étape était de donner un socle de définitions de quelques dizaines de termes courants, présents dans les programmes ou s'y rapportant, également présents dans le discours des médias. Si les définitions de ces termes ont été rédigées dans l'objectif d'éviter des confusions ou des imprécisions dans la compréhension des concepts mis en jeu, leur utilisation pédagogique effective doit bien sûr être adaptée au contexte et au niveau. Quand cela s'y prête, nous montrons les incidences potentielles de ces confusions et imprécisions et comment elles peuvent conduire à des représentations et raisonnements erronés. Certains termes posent des problèmes spécifiques, soit par la complexité du concept évoqué, soit par des acceptions diverses possibles en fonction du contexte : un géographe, un biologiste, un climatologue… n'aborderont pas toujours de la même façon certains concepts. D'autres sont couramment utilisés dans des situations très différentes qui parfois biaisent leur sens scientifique (*e.g.* « écosystème »). Enfin, certains termes, qui ont un périmètre d'utilisation précis, sont utilisés hors contexte et perdent ainsi tout sens scientifique (*e.g.* effondrement* – par exemple d'un écosystème local – qui est utilisé hors contexte au niveau global). De façon plus large, un défi pour une vision scientifique des enjeux vient des confusions possibles dans l'usage des échelles d'espace ou de temps, par exemple d'une distinction mal faite entre *météo* et *climat**, ou entre *local* et *global*.

Le changement climatique ou la perte de biodiversité sont souvent au cœur de controverses de société, ce qui en fait des « questions socialement vives » dans le cadre scolaire (voir encadré), où il peut sembler difficile de distinguer les faits établis et les opinions. L'appropriation des enjeux qui s'y rattachent demande un travail important de la part des enseignants, qui veillent à rester dans un cadre d'apprentissage tout en développant des compétences variées de savoir, d'action et d'engagement des élèves. L'enjeu est de développer une « impartialité engagée » qui va au-delà d'une neutralité illusoire, sans verser dans l'écueil du militantisme.

Historiquement, après d'autres appellations, le terme « éducation au développement durable » (traduction de *education for sustainable development*, en lien avec les 17 objectifs du développement durable des Nations Unies, définis en 2015) a finalement été choisi en 2004 par l'Éducation nationale en France. Le terme « développement soutenable » aurait aussi pu être retenu (voir Développement durable*). Enfin, certains acteurs proposent les termes d'« éducation à la transition écologique » ou simplement « à la transition ». Pour certains des termes définis ci-dessous, on atteint ainsi rapidement les limites de l'approche scientifique qui préside aux travaux du CSEN : si l'éducation contribue à l'appropriation de savoirs elle transmet aussi une culture et des valeurs communes. Donner à voir cette dimension de société et des actions et engagements qui la transforme fait donc partie d'une éducation qui forme des citoyens.

Les 36 notions proposées dans le glossaire ci-dessous sont présentées par ordre alphabétique. Certains termes (identifiés par le pictogramme ▲) demandent une vigilance particulière car leur définition scientifique dépend du contexte dans lequel ils sont mobilisés. Plusieurs encadrés permettent de donner un contexte à ces définitions, voire de discuter de termes sans définition scientifique précise mais souvent rencontrés par les enseignants et les élèves (*i.e.* « limites planétaires »). Pour chaque terme du glossaire il est proposé une définition conceptuelle de la notion

associée, un bref historique et, si nécessaire, un rappel contextuel, son éventuel changement d'usage ou utilisation dans une controverse identifiée comme telle, une traduction en anglais et, pour certains termes, les conséquences d'une mauvaise utilisation ou appropriation. Certaines notions sont groupées car leurs définitions ou leur contexte sont conceptuellement liés. Pour aller plus loin, des références sont proposées pour certains termes en annexe.

Notions et concepts

Pictogrammes : ☀ = climat, ✿ = biodiversité, ▲ = point de vigilance

☀ ✿ Acidification *(acidification)*

Augmentation de l'acidité de l'eau de mer, causée par une dissolution du dioxyde de carbone (CO_2) atmosphérique à la surface de l'océan. L'océan a absorbé environ un quart des émissions anthropiques totales de CO_2, ce qui a entraîné une acidification. Quand le CO_2 réagit avec l'eau de mer, celle-ci devient plus acide, ce qui rend la fabrication de coquilles calcaires plus difficile pour certains organismes marins comme le zooplancton.

☀ ✿ Anthropique *(anthropogenic)*

Relatif à l'être humain, sous l'influence des activités humaines. Voir changement climatique*.

☀ ▲ Atténuation et adaptation *(climate mitigation and adaptation)*

Pour limiter l'ampleur du changement climatique, il faut réduire les sources, c'est-à-dire les émissions de gaz à effet de serre (GES), et augmenter les puits de GES : c'est ce que l'on appelle *l'atténuation* (*cf.* **Figure 1**). L'amplitude future du changement climatique dépend donc du rythme de réduction des émissions et de l'augmentation des puits, comme quantifié dans les rapports du GIEC. Arrêter l'augmentation du réchauffement climatique suppose d'atteindre la neutralité carbone*, c'est-à-dire d'équilibrer les sources et les puits de CO_2 anthropique (*i.e.* lié aux activités humaines).

Certains effets du changement climatique sont déjà présents et d'autres ne pourront pas être évités. Les humains doivent donc s'y *adapter*, c'est-à-dire en limiter les impacts.

Adaptation et atténuation sont complémentaires : en limitant fortement les émissions au cours des prochaines décennies, les possibilités d'adaptation sont augmentées. De nombreuses options d'adaptation (*i.e.* construire des digues ou déplacer les habitations pour faire face à l'augmentation du niveau marin) et d'atténuation (*i.e.* mieux isoler les bâtiments pour limiter les émissions de gaz à effet de serre) peuvent aider à faire face aux changements climatiques, mais aucune ne saurait suffire à elle seule. Leur efficacité peut être renforcée par des mesures reliant l'adaptation et l'atténuation à d'autres objectifs sociétaux comme les politiques de santé publique ou la lutte contre la pauvreté (*cf.* Objectifs du Développement Durable – ODD – des Nations Unies).

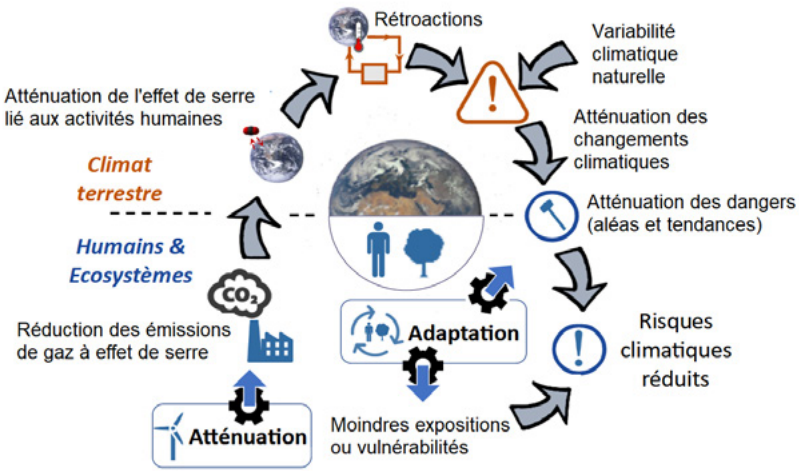

Figure 1. Liens entre les actions (atténuation ou adaptation) adoptées pour lutter contre le changement climatique ainsi que ses conséquences et la réduction des risques climatiques. À titre d'exemple, face au risque de submersion marine due à l'augmentation du niveau de la mer induite par le changement climatique, il est possible de réduire ce risque en réduisant les émissions de gaz à effet de serre et donc en limitant l'augmentation du niveau de la mer, mais aussi il est possible de s'adapter à une augmentation qui ne peut pas être évitée en agissant sur l'exposition aux dangers (par exemple par un retrait de l'habitat côtier), sur la vulnérabilité (par exemple au moyen d'assurances ou en construisant des digues) et sur les dangers eux-mêmes qu'ils concernent des aléas ou des tendances (par exemple par des plantations qui limitent l'érosion côtière et l'impact des événements extrêmes comme les tempêtes). *Adapté des infographies du GIEC, 2019 : www.ipcc.ch/srocc/chapter/chapter-1-framing-and-context-of-the-report*

✿ Biodiversité, biosphère *(biodiversity, biosphere)*

La biodiversité désigne l'ensemble des êtres vivants. La définition originelle inclut quatre niveaux d'appréhension du vivant : (1) la diversité des espèces en un lieu donné, (2) la diversité génétique résidant au sein de chaque espèce et (3) la diversité des assemblages (réseaux, interconnections, dépendances) d'espèces en un lieu donné. Ces trois niveaux sont interdépendants entre eux et s'attachent à caractériser ce qu'il y a. L'intention de cette définition est, entre autres, d'élargir la notion de diversité en deçà et au-delà du seul comptage d'espèces. Une quatrième composante est celle des liens fonctionnels que les espèces tissent entre elles et avec le milieu abiotique (*i.e.* milieu sans présence ou intervention de la vie), ce qui inclut alors les écosystèmes* dans la définition de la biodiversité. L'incorporation de ce quatrième volet de la définition, même si elle correspond à la définition historique du terme telle que retenue par la Convention sur la Diversité Biologique de Rio en 1992, crée une confusion entre biodiversité et écosystème. En toute rigueur, il serait pratique de parler de biodiversité pour désigner seulement la diversité de *ce qu'il y a*, et de réserver le concept d'écosystème pour parler *de ce que cela fait*. Écosystème étant inclus dans biodiversité, alors biodiversité devient synonyme de biosphère, terme qui existait bien antérieurement pour désigner le tissu vivant de la planète.

L'Observatoire national de la biodiversité développe des indicateurs pour suivre l'état et l'évolution de la biodiversité en France, les pressions importantes qui s'exercent sur elles et les réponses apportées par la société. Ces indicateurs font l'objet d'une évaluation scientifique et sont validés par un réseau qui regroupe organismes de recherche, établissements publics, ministères, parties prenantes civiles (par exemple associations, fondations…) et professionnelles (cabinets d'expertise, aménageurs, etc.).

Les mesures fournies par les indicateurs témoignent d'une érosion de la biodiversité, à toutes les échelles spatiales. Cette érosion ne se traduit pas par des extinctions brutales et spectaculaires d'espèces, mais se traduit d'abord par une baisse des effectifs des espèces considérées. Ce sont d'abord les abondances qui diminuent : les espèces ne s'amenuisent pas parce qu'il y a beaucoup de morts, mais parce qu'elles ont de moins en moins de descendance. Plusieurs annonces ont été

faites ces dernières années, sur les chutes spectaculaires d'abondances d'insectes en Allemagne ou aux États-Unis, les chutes d'abondance des oiseaux champêtres en France.

En 2021, l'IPBES et le GIEC (voir encadré) ont livré un rapport en commun qui alerte sur le fait que la perte de la biodiversité et le changement climatique ont des origines partagées, liées aux activités économiques humaines, et se renforcent mutuellement.

Changement climatique *(Climate change)*

Variation du climat* se traduisant par des modifications de la moyenne et/ou de l'évolution de paramètres qui le décrivent comme la température de l'air, les courants océaniques ou l'étendue des glaces et qui persistent pendant une longue période, typiquement de quelques décennies à plusieurs milliers d'années.

Un changement climatique peut être dû à des processus naturels internes au système climatique, par exemple liés à la circulation profonde de l'océan, ou à des facteurs externes à ce système, notamment des modulations du cycle solaire, des éruptions volcaniques ou des activités humaines, telles que la combustion des énergies fossiles ou l'utilisation des terres agissant de façon durable sur la composition de l'atmosphère.

Parfois le terme de « changement climatique » est utilisé pour désigner celui qui résulte des activités humaines seulement. Il peut aussi être employé au pluriel pour traduire la réalité de changements multiples dans les différentes composantes du système climatique. Le terme de « réchauffement climatique » est aussi parfois utilisé, faisant référence à la principale manifestation du changement climatique ; il est cependant plus restrictif.

Il est aussi parfois question de « dérèglement » climatique qui ajoute une idée de perturbation d'un équilibre naturel qui serait « réglé ». Ce « dérèglement » serait là encore une conséquence des activités humaines. Mais il ne s'agit pas ici d'une terminologie scientifique. Les « règles » qui régissent le climat sont en effet des lois de la physique, de la chimie et de la biologie (plus ou moins bien connues). Mais ces lois restent valables dans un climat perturbé par les activités humaines et c'est la raison pour laquelle on ne peut pas parler de « dérèglement ».

Climat

*Voir Météo et climat**

Cycles, flux et réservoirs/stocks *(cycles, fluxes and reservoirs)*

Cycle de l'eau *(water cycle)*

L'eau est stockée dans différents réservoirs terrestres (sol et sous-sol, océan, biosphère dont végétation, glaces, atmosphère) en phases gazeuse, liquide ou solide. L'atmosphère échange de l'eau sous ces différentes phases avec les autres réservoirs par différents processus (évaporation, transpiration des plantes, précipitations, rosée, etc.). Les écoulements d'eau liquide et solide des terres émergées vers l'océan (fleuves et rivières, écoulements souterrains, icebergs, etc.) complètent ce cycle. Le cycle de l'eau est planétaire. Ces échanges se déroulent à des échelles de temps variables, depuis l'heure (averses) jusqu'à l'année et au-delà.

Le changement climatique a pour effet de modifier le cycle de l'eau, d'abord en augmentant les échanges d'eau entre les composantes du système climatique. Le réchauffement de l'océan est en effet à l'origine d'une augmentation de l'évaporation. Par ailleurs, une atmosphère plus chaude contient plus de vapeur d'eau, ce qui a pour effet d'augmenter l'intensité moyenne des précipitations. Cette intensification du cycle de l'eau est l'une des manifestations du changement climatique actuel. Une autre modification du cycle de l'eau porte sur les changements de la distribution des précipitations selon la zone géographique ou la saison, paramètre qui est crucial pour la biosphère ou l'agriculture.

Cycle du carbone, puits de carbone *(carbon cycle, carbon sink)*

Les atomes de carbone sont stockés dans différents réservoirs terrestres (sol et sous-sol, océan, biosphère, atmosphère) et sous différentes combinaisons moléculaires (avec l'oxygène et l'hydrogène en particulier). L'atmosphère échange du carbone avec les surfaces continentales ou marines et les écosystèmes associés, sous forme de dioxyde de carbone et de méthane, et par différents processus (photosynthèse, respiration, décomposition végétale, dissolution dans l'eau, chaîne alimentaire, etc.). La quantité de carbone dans l'atmosphère dépend ainsi de l'équilibre entre puits et sources. Le cycle du carbone est planétaire et se déroule sur des échelles de temps variant de la journée au million d'années, voire davantage.

En utilisant le carbone enfoui dans le sous-sol depuis des millions d'années sous forme fossile (charbon, pétrole, gaz naturel) et en le brûlant pour leurs besoins énergétiques, les combustions dues aux activités humaines rejettent du dioxyde de carbone (CO_2 : un atome de carbone et deux atomes d'oxygène : $C + O_2 \rightarrow CO_2$) dans l'atmosphère. Cette source massive perturbe ce cycle à un rythme sans précédent dans l'histoire du climat de la Terre (augmentation de la concentration en CO_2 de l'atmosphère de 40 % en 150 ans).

La notion de *puits de carbone* correspond à un *stockage long* de carbone dans un des réservoirs de ce cycle planétaire. Par exemple l'océan, les sols et la végétation sont des puits de carbone pour l'atmosphère, c'est-à-dire qu'un excès de carbone dans l'atmosphère peut être en partie absorbé par ces puits et ainsi limiter l'impact du changement climatique associé.

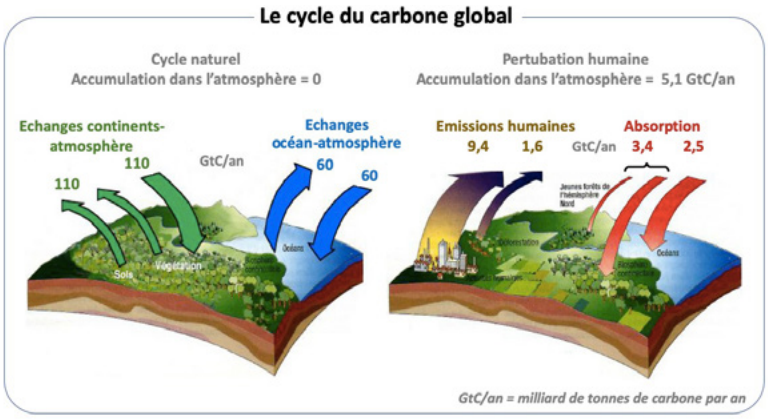

Figure 2. Le cycle du carbone global naturel donne lieu à des échanges de 110 milliards de tonnes par an (GtC/an) entre l'atmosphère et les continents et 60 GtC/an entre l'atmosphère et l'océan. Depuis la révolution industrielle, ce cycle est perturbé par l'action humaine. Sur la période 2010-2019, les émissions de carbone anthropiques* ont atteint 11 GtC/an (soit environ 10 % des flux naturels), dont 9,4 en émission directe et 1,6 liés à la déforestation. L'océan et la biosphère continentale, puits de carbone, ont respectivement absorbé 2,5 et 3,4 GtC/an, ce qui laisse une accumulation de 5,1 GtC/an dans l'atmosphère, directement responsable du réchauffement de la surface de la Terre. *Source des chiffres : GIEC (2021).*
Note : le schéma est local, mais les chiffres sont globaux. Certains flux sont parfois donnés en tonne de CO_2 par an – il faut dans ce cas multiplier le flux de carbone par 3,7 (masse moléculaire du CO_2 = C + 2 x O = 12 + 2 x 16 = 44 par rapport à la masse atomique du carbone C qui vaut 12, soit un ratio de 44/12 ~ 3,7).

▲ Développement durable

L'expression *développement durable* est apparue pour la première fois dans une publication en 1987 dans le rapport de la Commission mondiale sur l'environnement et le développement de l'ONU (Our Common Future (Notre avenir à tous), dit « rapport Bruntland ») : « le développement durable est un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs ».

Le développement durable est une conception du développement qui s'inscrit dans une perspective de long terme intégrant les contraintes écologiques, sociales, économiques. Deux concepts sont inhérents à cette notion : l'idée de besoins et l'idée de limitation que l'état de nos techniques

et de notre organisation sociale impose sur la capacité de l'environnement à répondre aux besoins actuels et à venir.

Pour les tenants d'une *durabilité forte*, la nature possède une valeur intrinsèque, il n'y a pas de substitution possible au capital naturel, et la croissance économique ne peut être découplée rapidement de l'utilisation de ressources naturelles.

Une controverse sémantique portant sur la question de savoir s'il faut parler de développement *durable* ou *soutenable* est apparue dès le début et persiste aujourd'hui. Les tenants du terme « durable » plutôt que du mot « soutenable » insistent sur la notion de durabilité définie comme cohérence entre les besoins et les ressources globales de la Terre à long terme, plutôt que sur l'idée d'une recherche de la limite jusqu'à laquelle la Terre sera capable de survenir aux besoins de l'humanité.

Le terme de transition* écologique, moins explicite sur les enjeux de transition sociale et économique, tend parfois à se substituer à celui de développement durable.

✿ Échelle de temps

La notion d'*échelle de temps* est fondamentale pour replacer les définitions présentées dans ce glossaire dans un contexte précis. L'échelle de temps des ères et périodes géologiques (qui se compte en millions, dizaines ou centaines de millions, voire en milliards d'années) se distingue de l'échelle de temps du siècle ou du millénaire. La confusion entre ces deux temporalités, pour lesquelles les phénomènes sont différents et les questions ne se posent pas de la même façon, est une source fréquente d'erreurs et de mauvaise appropriation des notions relatives au changement climatique (défini ici comme d'origine anthropique) et à la perte de biodiversité. L'évolution de la composition de l'atmosphère, de celle de l'océan ou de la forme et de la répartition des continents (et donc des bassins océaniques) qui a lieu aussi aux échelles géologiques a un impact majeur sur les variations du climat ou de la biodiversité aux échelles de temps mise en jeu (supérieures à plusieurs millions d'années). De même, l'évolution des paramètres orbitaux de la Terre (appelés « cycles de Milankovich ») se déroule sur des cycles dont les durées vont de quelques milliers à quelques centaines de milliers d'années. Ces cycles sont par exemple responsables de l'alternance entre les périodes glaciaires et interglaciaires. Cependant, à l'échelle du siècle, de tels mécanismes géologiques ou orbitaux n'ont pas d'impact sur les variations et l'évolution du climat (voir variabilité climatique naturelle*).

Ainsi, il y a eu des périodes dans l'histoire de la Terre avec une concentration de gaz à effet de serre* trois à cinq fois supérieure à celle de la période actuelle – mais il avait fallu des centaines de milliers d'années pour atteindre ces valeurs et autant pour en sortir. Autre exemple, si l'ouverture et la fermeture des océans par les effets de la tectonique des plaques ont un impact sur le climat et la biodiversité, celui-ci a lieu aux échelles de temps géologiques (au moins de plusieurs dizaines de millions d'années), mais pas à l'échelle du millénaire ou du siècle.

✿ Écocentrisme / Biocentrisme / Anthropocentrisme *Biocentric/Ecocentric/ Anthropocentric (adj.)*

L'écocentrisme caractérise les éthiques environnementales qui insistent sur l'importance du tout, c'est-à-dire du respect de la biosphère, alors que les éthiques biocentristes défendent la valeur de chaque être vivant pris individuellement et doté d'une valeur intrinsèque. Dans les approches écocentristes, une action est juste quand elle vise à préserver la beauté et la santé des écosystèmes et à préserver les espèces. Autrement dit, ce qui compte n'est pas de défendre les individus, mais le groupe et les écosystèmes. Pour les biocentristes, tout vivant est à protéger en lui-même. Les premiers parcs nationaux aux États-Unis ont été conçus dans cette vision écocentriste, qui excluait même les populations autochtones des milieux à protéger dans une approche de la *wilderness* (mise sous cloche) qui a depuis été critiquée.

L'anthropocentrisme caractérise toute approche considérant que la valeur propre des êtres et des choses est relative du point de vue de l'être humain. Dans une vision anthropocentrique, l'être humain est donc la seule entité qui jouit d'une valeur intrinsèque, alors que les autres entités peuvent être considérées comme des « ressources », et leur valeur dépend de leur utilité pour l'être humain. La vision anthropocentrique transparaît dans certaines philosophies et religions occidentales.

Par exemple, le philosophe Emmanuel Kant considérait que tout être doté de raison, qui a conscience de soi, de ses fins, a un statut de personne et donc une valeur propre ; les autres entités sont des choses dont les humains disposent pour atteindre leurs buts. Cependant Kant défendait l'idée que l'être humain a des devoirs envers les animaux, même si ces devoirs sont uniquement indirects ; par exemple il a le devoir de ne pas être cruel envers les animaux car cette cruauté risque de l'endurcir envers les autres êtres humains, et parce qu'elle tache l'humanité en lui. De même dans le livre de la Genèse, seuls les humains sont créés à l'image de Dieu et sont censés dominer sur toutes les autres créatures vivantes et sur la Terre. Ici aussi, l'amour du prochain, mis en avant par la tradition biblique, vient équilibrer ce texte.

La valeur des entités étant cependant reconnue par les humains, on dira qu'elle est anthropogénique*, c'est-à-dire conférée par l'humain, même si elle n'est pas forcément relative à son utilité (anthropocentrique). Les notions d'écocentrisme et de biocentrisme s'opposent à la notion d'anthropocentrisme.

Proche de l'écocentrisme, qui entend préserver la biosphère ici et maintenant, l'évocentrisme double cette préoccupation d'une projection dans la profondeur du temps : préserver les écosystèmes ou les espèces pour leur originalité évolutive, leur diversité phylogénétique (et pas seulement fonctionnelle), et surtout protéger le potentiel évolutif des espèces et des écosystèmes.

✿ ▲ Écologie vs écologisme *(ecology vs. environmentalism)*

L'écologie est la science de toutes les relations des êtres vivants entre eux et avec leurs milieux.

L'écologie politique, ou écologisme, n'est pas une science. C'est une position politique qui consiste à promouvoir un mode de vie et des lois responsables à l'égard de l'environnement, c'est-à-dire à préserver les écosystèmes et limiter l'impact des activités humaines sur le climat et la biodiversité. L'écologie politique intègre plus ou moins, selon ses propres courants, les résultats de la science, et/ou une dimension sociale associée à l'exigence de justice entre les personnes, les peuples et les générations, et/ou une éthique qui intègre la valeur propre d'autres entités que les seules entités humaines.

L'écologie est une science alors que l'écologisme est une position politique de « défense de l'environnement ». Les écologues sont des scientifiques qui s'appuient sur des méthodes et des savoirs, alors que les écologistes sont des citoyens militants qui souhaitent que tous les secteurs de la vie sociale et économique prennent en compte les facteurs biophysiques et la biodiversité, dans les indicateurs de croissance, les transports, l'énergie, l'agriculture, etc.

Même s'ils appartiennent à des registres différents, l'écologie politique et l'écologisme peuvent fonder partiellement leur discours sur les résultats de la science écologique, et les résultats de la science en général. Mais ce lien n'est pas automatique.

✿ Écosystème *(ecosystem)*

Un écosystème est un réseau biologique d'interactions réalisées par des êtres vivants, sur et à partir d'un support minéral. C'est un complexe dynamique de communautés de microorganismes, de champignons, de plantes et d'animaux (éventuellement, humains compris) et de leur environnement non vivant qui forment une unité fonctionnelle par leurs interactions. Un écosystème correspond à l'ensemble des populations (individus de différentes espèces) vivant en un même lieu délimité

qui, quelle que soit sa taille, contient les ressources nécessaires à leur survie et à leur pérennité. Il inclut également les composants physiques de l'environnement avec lesquels les organismes interagissent, tels que l'air, le sol, l'eau ou le rayonnement solaire. Un flux de matières et d'énergie relie les différents constituants de l'écosystème du fait de leurs échanges (respiration, alimentation, décomposition) et leur cycle de vie de la naissance à la mort. L'ensemble des organismes habitant un écosystème particulier est appelé *communauté* ou *biocénose*. Le *biotope* est le lieu de vie défini par ses caractéristiques physiques et chimiques. Un écosystème est donc composé d'un *biotope* et d'une *biocénose*.

Un écosystème échange avec son propre environnement et peut faire partie d'un autre écosystème, par exemple le microbiote (l'ensemble des micro-organismes présents dans le corps) chez l'humain. Ainsi les écosystèmes peuvent s'emboîter les uns dans les autres.

Ce mot *écosystème* est très souvent utilisé hors de son contexte scientifique précis pour désigner métaphoriquement « une communauté en interaction » (*e.g.* l'écosystème d'une entreprise, l'écosystème d'une école, etc.).

Éco-anxiété, solastalgie *(ecoanxiety, solastalgia)*

L'éco-anxiété désigne une émotion ressentie par certaines personnes lorsqu'elles se sentent menacées par les problèmes futurs associés au changement climatique ou à la perte de biodiversité. La solastalgie est un néologisme inventé par le philosophe australien Glenn Albrecht en 2003 pour désigner « un état d'impuissance et de détresse profonde causé par le bouleversement d'un écosystème » ressentis face à un changement environnemental ou sa perception. Cet état commence lorsqu'on est privé du confort de se sentir chez soi, même sans s'être déplacé, si notre environnement est touché par le changement climatique (ou si l'on envisage qu'il le soit dans l'avenir).

Donc l'éco-anxiété est un trouble lié à l'anticipation de la disparition de son environnement alors que la solastalgie est un trouble nostalgique lié à la destruction actuelle de son environnement direct. L'éco-anxiété, souvent associée à une peur de l'avenir, peut être amplifiée par le traitement médiatique et sensationnel des enjeux climatiques et de la perte de la biodiversité. Plusieurs enquêtes récentes montrent que l'éco-anxiété touche de plus en plus de jeunes, y compris dès l'école maternelle.

Effet de serre *(greenhouse effect)*

Certains gaz de l'atmosphère terrestre, comme la vapeur d'eau (H_2O), le dioxyde de carbone (CO_2), le méthane (CH_4) et certains oxydes nitreux comme le protoxyde d'azote (N_2O) ont la propriété d'absorber puis de réémettre le rayonnement renvoyé par la surface terrestre chauffée par le Soleil. Ce processus physique, qui piège la chaleur dans les basses couches de l'atmosphère, est naturel et s'appelle l'*effet de serre* (*cf.* **Figure 3**). Sans lui, la Terre serait inhabitable pour les humains, avec une température d'équilibre globale de -18 °C au lieu de 15 °C.

En augmentant la concentration des gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère, les activités humaines renforcent l'effet de serre, entraînant ainsi un réchauffement additionnel de la surface de la Terre.

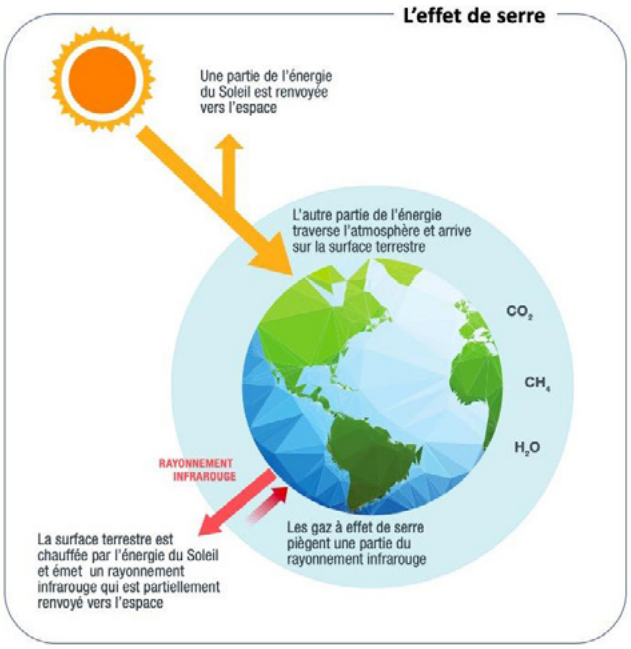

Figure 3. Représentation schématique de l'effet de serre, qui, comme une éponge, piège une partie du rayonnement solaire près de la surface de la Terre. Le rayonnement infrarouge est le rayonnement renvoyé par la surface terrestre chauffée par le Soleil (voir aussi Équilibre/déséquilibre radiatif*). Adapté des infographies de l'Office for Climate Education (https://oce.global)

Dès 1824, Joseph Fourier, mathématicien français, a posé dans un article scientifique les principes de base qui sont à l'origine du phénomène que l'on a appelé après lui « effet de serre » par analogie avec les serres en verre. Mais il y a aussi identifié ce qui fait que cette analogie est imparfaite car une serre est un système fermé (l'air, chauffé, ne peut s'échapper et être remplacé par de l'air plus frais), contrairement à l'atmosphère. Les mécanismes sont donc différents.

Si le mécanisme de l'effet de serre est bien compris depuis plus d'un siècle (à la fin du XIXe siècle, le chimiste Svante Arrhenius a montré qu'un doublement de la quantité de CO_2 dans l'atmosphère entrainerait un réchauffement de l'ordre de 5 °C), il aura fallu attendre les années 1980 pour que le rôle des activités humaines sur ce phénomène et sur leur impact sur la température de la Terre puisse être clairement identifié.

*Voir aussi Équilibre/déséquilibre radiatif**

✿ ▲ Empreinte écologique *(ecological footprint)*

La notion d'empreinte écologique, apparue lors de la Conférence de Rio (1992) n'a été réellement définie que quelques années plus tard, entre autres par Matthis Wackernagel et William Rees (WWF International - 1999), afin d'être prise en compte dans les évaluations de richesse et de niveaux de vie.

L'empreinte écologique ou empreinte environnementale est un indicateur statistique qui mesure la charge qu'impose à la nature une population humaine donnée, une activité industrielle, un mode de vie, en déterminant la surface nécessaire de terres productives pour assurer l'exercice de cette activité ou le niveau de vie acquis par un individu donné (sa consommation de ressources, ses besoins d'absorption de déchets). L'empreinte écologique représente la quantité de ressources naturelles dont la population a besoin pour se nourrir, se loger, se déplacer et compenser les déchets qu'elle génère, y compris les gaz à effet de serre.

Elle constitue un mode d'évaluation environnementale qui comptabilise la pression exercée par les êtres humains sur les ressources naturelles et les « services écologiques » fournis par la nature.

Plusieurs types d'empreintes écologiques peuvent être calculées : celle des terres cultivées, des terres pâturées, des forêts, des zones de pêche, celles nécessaires à la production d'énergie. À titre d'exemple : l'empreinte écologique des terres cultivées représente les surfaces mises en exploitation pour produire les matières premières nécessaires à l'alimentation ou à la production industrielle.

De nombreuses critiques se sont élevées contre ce type d'indicateur, lui reprochant son aspect figé et qui ne prend pas en compte les possibilités d'adaptation, de substitution, d'innovation technique et sociale. Très global, il manque de rigueur scientifique et il est surtout destiné à avoir une audience médiatique.

À propos du « jour du dépassement » ▲▲ – C'est une ONG américaine qui est à l'origine de ce calcul : le Global Footprint Network. Le jour du dépassement est déterminé en comparant l'empreinte écologique des activités humaines et la biocapacité de la planète. La biocapacité est la capacité de la Terre à produire les ressources consommées par l'empreinte écologique. Il y a dépassement lorsque l'empreinte écologique, en équivalents hectares globaux, excède la biocapacité de la planète. Selon plusieurs experts, les calculs du GFN ne prennent pas en compte d'autres phénomènes qui sont des symptômes majeurs de la crise écologique – mais qu'il est difficile d'exprimer en équivalents hectares -, comme l'érosion des terres cultivées, la raréfaction des ressources en eau, l'épuisement de certains stocks de poissons, la diminution de la biodiversité ou encore la pollution des eaux, de l'air et des sols. Ainsi, alors qu'ils tendent à surestimer l'empreinte écologique en traduisant les émissions de gaz carbonique en équivalent de surfaces forestières, ces calculs sous-estiment la dégradation des ressources naturelles et des agro-systèmes, ce que reconnaît d'ailleurs le GFN. Il vaudrait mieux renoncer à un indicateur unique et distinguer clairement les problèmes liés à la consommation des ressources naturelles de ceux causés par l'utilisation d'énergie fossile.

La question des « limites planétaires » ▲▲ – L'emploi du terme de « limite » fait référence aux conditions au-delà desquelles l'exploitation d'une certaine ressource naturelle n'est plus possible par les humains. Cela pose donc à la fois la question des « réserves » disponibles, mais également de leur exploitation (qualitative et quantitative) à un moment donné. Ce terme, très employé dans les médias, est difficile à mobiliser sur une base scientifique. Son emploi et son sens sont controversés au sein de la communauté scientifique. Même si le terme de « limites planétaires » a été popularisé par un groupe de scientifiques (mené par Johan Rockström du Stockholm resilience center) il ne fait pas l'objet d'un consensus scientifique dans les rapports du GIEC.

✿ ▲ Environnement, milieu et paysage *(environment, environment, landscape)*

Il est important de distinguer ces trois termes qui mobilisent des notions scientifiques bien distinctes ainsi qu'une vision philosophique.

L'*environnement*, a émergé dans les années 1970 pour réunir les travaux relatifs à la pollution et à l'ensemble des agents susceptibles d'avoir un effet sur les êtres vivants. Ce terme, qui désigne ce qui est autour de soi, présuppose qu'il y a une extériorité entre l'humain et la nature et postule un dualisme nature/culture qui ne rend pas compte de notre dépendance à l'égard des éléments, des écosystèmes et des autres vivants. Pour cette raison, on lui préfère le mot « écosystème* » qui désigne le biotope et la biocénose (voir écosystème*), et dont la racine étymologique est oikos, « maison » en grec ancien. Si l'on se réfère à l'environnement global, on pourra préférer « biosphère », notion qui comprend les êtres vivants et leurs milieux physiques. On réservera le mot « environnement » à l'une des dimensions de l'écologie politique, à savoir la dimension environnementale qui s'occupe de la lutte contre le changement climatique, la pollution, l'érosion de la biodiversité.

Le *milieu* est l'environnement dans lequel vit une espèce, un champ, une forêt, un fragment d'océan, un arbre, une zone humide… Canguilhem (1965, ed. 1992) élabore une conception où le vivant dans une sorte de dialectique avec son milieu lui donne sens. Il donne ainsi les grandes lignes d'une causalité réciproque où le vivant organise son propre milieu. Les échelles peuvent être bien différentes. On parle en général de biomes pour de très grandes zones géographiques, alors constituées d'un grand nombre d'écosystèmes et de milieux.

Le *paysage* est un regard porté sur le lieu, depuis un point de vue, et dont le champ spatial est limité. La notion de paysage incorpore donc la *perception de l'observateur*. Par exemple, elle désignait l'arrière-plan des tableaux au XVIe siècle. Cette perception peut être également auditive, olfactive, physique (température, humidité…). Ce qui est regardé, le milieu local, résulte de l'histoire de ses composantes abiotiques, biotiques et parfois humaines : ainsi l'histoire du lieu peut se lire dans un paysage. Les Anglo-saxons utilisent le terme de *landscape* pour désigner les paysages terrestres et celui de *seascape* pour désigner les paysages sous-marins.

☀ ▲ Époque anthropocène *(anthropocene)*

Du grec *anthropos* (humain), le terme Anthropocène a été proposé pour désigner une époque géologique caractérisant l'ensemble des changements détectables et mesurables d'origine humaine dans la structure et le fonctionnement du système terrestre, y compris le système climatique*. L'anthropocène n'est pas officiellement reconnu par la Commission Internationale de Stratigraphie (CIS) de l'Union Internationale des Sciences Géologiques qui définit l'échelle des temps géologiques (au même titre que le Pléistocène ou l'Holocène) pour la communauté scientifique mondiale. Le début de cette nouvelle époque géologique fait débat (outre le débat qui consiste à savoir si nous sommes vraiment dans une époque géologique « nouvelle »). Paul Crutzen et Eugène Stoermer qui ont popularisé l'usage du terme dans son sens actuel en 2000, proposaient de retenir l'avènement de la machine à vapeur en 1784 (Cugnot) pour marquer le début de cette époque. Certains scientifiques, entre autres, ont proposé de retenir la fin de la Seconde Guerre mondiale, date à partir de laquelle on trouve une forte progression des marques de l'activité humaine dans des couches sédimentaires (*e.g.* éléments radioactifs liés aux explosions nucléaires, briques, béton, matières plastiques, etc.). Cette augmentation correspond à l'accélération du développement des sociétés industrielles, principalement occidentales, et de leurs modes de consommation fondés sur l'utilisation des énergies fossiles, associée à une augmentation rapide de la population en occident. Les effets du changement climatique* liés aux activités humaines figurent parmi les dimensions significatives de l'Anthropocène.

☀ ✿ Équilibre dynamique (écosystème, climat) *(dynamical equilibrium)*

On parle d'équilibre dynamique lorsqu'un système est capable de se réguler face aux perturbations qu'il subit, conservant ainsi toutes ses propriétés globales. Être en équilibre dynamique est donc la propriété d'un système suffisamment complexe pour que des rétroactions* de sens contraire puissent se produire, ce qui a pour effet de maintenir un certain niveau dit d'équilibre.

Ainsi un écosystème n'est pas figé car il est le siège d'interactions nombreuses. C'est un ensemble en équilibre dynamique : malgré les changements internes qu'il subit, sa biomasse et ses bilans globaux de flux entrant et sortant restent sensiblement les mêmes au cours du temps. Autre exemple, la température de la surface en tout point du globe terrestre est le résultat d'un équilibre entre les différents échanges d'énergie : énergies reçues et perdues par rayonnement, autres échanges (par exemple au sein de l'atmosphère, des sols ou de l'océan).

☀ Équilibre/déséquilibre radiatif *(radiative balance/unbalance)*

La Terre est un système physique complexe, dont le bilan énergétique tient compte de toutes les énergies entrantes, venant essentiellement du Soleil (gains) et de toutes les énergies sortantes, rayonnées vers l'espace (pertes). Un bilan positif provoque un réchauffement planétaire, un bilan

négatif conduit à un refroidissement planétaire. La moyenne de ce bilan, calculée pour l'ensemble de la planète et sur des périodes prolongées, doit être nulle pour que le système soit à l'équilibre dynamique*.

Comme le système climatique reçoit presque toute son énergie du Soleil, un bilan égal à 0 signifie que, globalement, il y a autant d'énergie solaire arrivant sur Terre que d'énergie émise de la Terre vers l'espace. Dans cette énergie émise vers l'espace, on trouve la partie du rayonnement solaire incident qui est réfléchie par l'atmosphère, et le rayonnement infrarouge émis par le système Terre. La longueur d'onde de ce rayonnement, autour d'une dizaine de micromètres, dépend de la température du système. Ce bilan radiatif, et donc le bilan énergétique de la surface de la planète, est alors égal à 0 ou encore défini comme *équilibré*.

L'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre* d'origine humaine conduit à un déséquilibre de ce bilan radiatif (déséquilibre appelé aussi « forçage radiatif ») de signe positif, qui, même faible, entraîne en surface une accumulation d'énergie thermique et donc un réchauffement qui perturbe l'ensemble du système climatique*.

☀ ✿ ▲▲ Habitabilité

Depuis plus d'un siècle, les astronomes ont défini la notion de « fenêtre d'habitabilité » ou « zone d'habitabilité » comme une fenêtre qui dépend de la distance étoile-planète ou satellite. En fonction de la distance à l'étoile, il n'y a qu'une faible zone où la température moyenne permet à l'eau liquide, supposée nécessaire à l'apparition et au maintien de la vie, d'exister. Dans le système solaire, le système Terre-Lune est le seul à être dans cette fenêtre.

Cette représentation est provisoire, puisqu'elle est liée à notre connaissance présente du vivant, et fait donc abstraction d'autres situations qui pourraient éventuellement permettre l'existence d'autres formes de vie dans l'univers. Cette notion sert donc de guide dans la classification des quelques milliers d'exoplanètes actuellement découvertes (en 2022), quant à leur éventuelle capacité d'abriter une vie sous la forme connue sur Terre. Ce terme, pris en ce sens, peut être considéré comme une notion scientifique approximative, mais utile.

L'habitabilité peut (aussi) être définie comme la capacité d'un endroit à préserver la vie humaine en offrant une protection contre les dangers qui menacent la survie humaine et en assurant un espace adéquat, de la nourriture et de l'eau douce. La contraction de la surface habitable d'un territoire peut par exemple être due à une augmentation du niveau de la mer pour des territoires côtiers ou des petites îles de faibles altitudes, à des événements fréquents de forte chaleur humide dépassant les capacités d'adaptation physiologiques de l'être humain, etc.

Se limitant à la diversité des habitats terrestres, le sens de ce terme devient alors plus relatif. C'est un point de vue relatif à un être, un groupe, une espèce, leur capacité d'adaptation, leur « résilience »…, et donc non universel. Il n'existe donc pas de critère absolu : la question est plutôt dans quelles conditions, à quel coût, pour qui, à quel niveau d'adaptation ?

☀ ✿ ▲ Incertitude, degré de certitude *(uncertainty, level of certainty)*

Inhérente à tout savoir, l'incertitude résulte d'un degré de connaissance incomplète pouvant découler d'un manque d'information (observations, théories…) ou d'un désaccord sur ce qui est connu, voire sur ce qui est connaissable. L'incertitude peut avoir des origines diverses et résulter ainsi d'une imprécision dans les données disponibles, d'une ambiguïté dans la définition des concepts ou de la terminologie employés ou encore de projections incertaines des comportements humains à l'avenir. L'incertitude peut donc être représentée de façon quantitative par des mesures grandeurs (par exemple une probabilité, ou une fourchette de températures possibles) ou par des énoncés qualitatifs (reflétant par exemple l'opinion d'une équipe d'experts).

Ainsi l'incertitude n'est pas l'absence de connaissance, mais fait partie intrinsèque de la connaissance : on peut donc aussi parler de *degré de certitude*. Dans les sciences du climat, et notamment

dans les rapports du GIEC, ces deux familles de critères (qualitatifs et quantitatifs) sont utilisées pour définir la fiabilité des principaux résultats : l'évaluation du degré de confiance dans le résultat ainsi qu'une mesure quantifiée de l'incertitude, cette quantification faisant en général appel à des calculs de probabilités.

Par exemple, le groupe d'experts chargé de la quantification du réchauffement climatique lors de l'élaboration des rapports du GIEC est « quasiment certain » que la température moyenne de la surface de la Terre a augmenté de 1,1 °C entre 1900 et 2020 avec « un intervalle d'incertitude à 90 % » compris entre 0,95 et 1,20 °C. Cela signifie qu'en tenant compte de la précision des observations et d'autres paramètres ou méthodes qui permettent d'évaluer cette température, il y a 9 chances sur 10 pour que l'augmentation réelle ait été comprise dans cet intervalle. Il est donc écrit dans le rapport du GIEC qu'il est « quasiment certain que la température de la Terre a augmenté de 1,1 °C [0,95-1,20] entre 1900 et 2020 ».

Autre exemple, les projections climatiques comportent trois types d'incertitudes : celle liée au caractère chaotique du système climatique, ce chaos reflétant sa variabilité interne ; celle liée aux limites et approximations faites dans les modèles qui simulent le climat ; enfin celle liée aux scénarios eux-mêmes (*i.e.* les émissions de GES et d'usages des terres liés à nos choix de société). Selon l'échéance choisie (2050 ou 2100), la variable considérée (*i.e.* température ou précipitation) et l'échelle (niveau global ou local), l'une ou l'autre de ces sources d'incertitude devient dominante.

Cette définition diffère donc du sens commun, qui définit l'incertitude comme le caractère de ce qui ne peut pas être tenu pour acquis ou ce dont on peut douter. L'incertitude ne se confond pas non plus avec l'imprécision ou l'erreur. Par exemple, si l'erreur d'une mesure fait partie de l'incertitude attachée à une valeur mesurée, le mode de mesure (type de capteur plus ou moins précis, emplacement du capteur, etc.) augmente la valeur de l'incertitude.

La quantification de l'incertitude permet aux acteurs et individus qui doivent prendre des décisions de faire des choix en connaissance de cause et en étant capables d'évaluer les risques* associés.

Interaction - rétroaction climatique *(climate interaction - feedback)*

Les composantes du système climatique interagissent entre elles en échangeant de l'*énergie* (rayonnement, chaleur), de la *matière* (eau, CO_2, etc.) et de la *quantité de mouvement* (par frottement du vent en surface qui entraîne des courants dans l'océan, etc.).

Une rétroaction est une interaction selon laquelle une perturbation touchant une variable climatique provoque, dans une autre variable, des changements qui influent à leur tour sur la variable initiale. Une rétroaction positive renforce la perturbation initiale, alors qu'une rétroaction négative l'atténue. Dans les deux cas, la perturbation initiale peut découler d'un facteur externe ou correspondre à une variabilité interne. Par exemple, la vapeur d'eau, qui est un gaz à effet de serre, entraîne une rétroaction positive sur le réchauffement de l'atmosphère : si la concentration atmosphérique du CO_2 augmente, le réchauffement associé entraîne une plus grande quantité de vapeur d'eau dans l'atmosphère, ce qui amplifie le réchauffement initial. À l'inverse, l'eau du sol entraîne une rétroaction négative sur le réchauffement de la surface : le réchauffement d'un sol humide – et sans végétation – entraîne une plus forte évaporation qui a pour effet de refroidir la surface.

Les interactions et rétroactions les plus significatives sont prises en compte dans les modèles climatiques* et dans les modèles d'impacts. Ceux-ci sont mis au point pour évaluer les conséquences, pouvoir tester des scénarios d'adaptation, et, enfin, éclairer les prises de décision.

Justice climatique *(climate justice)*

La justice climatique consiste à lutter contre le cumul des inégalités environnementales et sociales à plusieurs niveaux et dans l'ensemble des politiques publiques, nationales ou internationales,

c'est-à-dire au-delà des instruments et plans directement liés à l'atténuation* ou à l'adaptation* au changement climatique. Cette lutte se fonde sur un principe de solidarité et sur l'énoncé des droits humains fondamentaux. On distingue plusieurs niveaux : la justice climatique entre les États afin de tenir compte des différents contextes d'atténuation et d'adaptation, la justice pour certains groupes d'individus ou communautés identifiés comme les plus vulnérables aux impacts du changement climatique, la justice entre générations comme le droit au développement durable des prochaines générations, ou encore la justice pour la nature qui s'appuie par exemple sur la reconnaissance de la valeur intrinsèque de la diversité biologique ou des processus écologiques, pouvant aller jusqu'à faire de certains éléments naturels de véritables sujets de droit.

Météo versus climat *(weather vs. climate)*

La météo (ou météorologie) est la description du *temps qu'il fait* ou le temps prévu à un moment donné en un lieu donné. Le terme « temps » désigne ici les variables atmosphériques familières et locales, telles que température, hygrométrie, pluie ou neige, vent, et non « le temps qui passe » (écoulement des jours et des heures).

Le climat, du grec *klima* (inclinaison, en lien avec l'inclinaison de l'axe de rotation terrestre sur le plan de l'écliptique, à l'origine des saisons), désigne en général le temps qu'il fait *en moyenne*. Plus précisément, le climat se réfère à une description statistique, fondée sur les moyennes et la variabilité de grandeurs pertinentes sur des périodes variant de quelques mois à des milliers, voire à des millions d'années (la période-type pour une « normale climatique », telle que définie par l'Organisation météorologique mondiale, est de 30 ans). Spatialement, un climat est caractéristique d'une région plus ou moins étendue suivant que l'on considère les climats qui dépendent de la latitude (polaire, tempéré, tropical, etc.), régionaux (océanique, montagnard, méditerranéen, etc.), ou locaux (en zones côtières, urbaines, de fond de vallée, etc.). Le climat global est défini à l'échelle planétaire. Les grandeurs pertinentes pour caractériser le climat sont le plus souvent des variables de surface telles que la température, les précipitations et la vitesse du vent.

Ainsi, une canicule est un événement météorologique, mais la fréquence des canicules sur une période d'une trentaine d'années est une caractéristique du climat.

Les scientifiques du GIEC élargissent la définition du climat à la description statistique du système climatique*. Une des avancées majeures des dernières décennies est la compréhension du climat de la Terre comme résultant d'un équilibre dynamique*.

Le climat de la Terre à une époque donnée résulte du cycle de l'eau*, du cycle du carbone* et du bilan d'énergie de la Terre, mais aussi de l'histoire du vivant. Les fluctuations du climat s'expliquent par des petites perturbations de ces cycles, du bilan d'énergie de la Terre, et par des variations dans les échanges entre les différents éléments qui composent le système climatique*.

Modèle climatique *(climate model)*

La notion de modèle varie selon les disciplines scientifiques. D'une manière générale, dans les domaines des études du climat* et de la biodiversité*, les modèles sont des représentations de la réalité de systèmes ou de processus complexes, destinées à en reproduire et comprendre le fonctionnement et si possible à en anticiper les évolutions. La compréhension de ce qu'est un modèle et de ses limites est essentielle dans les questions d'éducation à ces domaines. Dans le cadre scolaire, on utilise soit des modèles analogiques (proches d'une maquette ou d'un dispositif expérimental), soit des modèles numériques (proches, dans le principe, des modèles climatiques décrits ici).

Parmi les modèles climatiques les plus simples figurent des modèles mathématiques et physiques qui ne décrivent que le bilan énergétique moyen de la Terre (voir Équilibre/déséquilibre radiatif*). Ils permettent de reproduire l'évolution de la température moyenne globale de la Terre selon

différents scénarios. Cependant, ils ne permettent pas de décrire le climat d'une région particulière de la planète ni le détail des interactions entre les composantes du système climatique (voir système climatique*).

Les modèles climatiques les plus complets permettent de résoudre les équations mathématiques qui décrivent la physique et la chimie de l'évolution du climat, en particulier grâce à la puissance des ordinateurs. Ces modèles sont de véritables « maquettes numériques » de la Terre, créant une série de planètes virtuelles, qui incluent les principales propriétés physiques et dynamiques des milieux terrestres (atmosphère, océan, glace, continent et végétation), ainsi que les échanges de chaleur, d'eau, de carbone entre ces milieux. Un aller-retour permanent entre ces modèles et les observations du monde réel, telles les données collectées dans les archives naturelles du passé ou les instruments en mer, dans l'atmosphère, au sol et embarqués à bord des satellites, permet d'évaluer les modèles, de tester leur capacité de prévision et de les améliorer. Ils sont devenus aujourd'hui des outils indispensables de compréhension des climats passés et, en y associant les facteurs liés aux activités humaines, d'anticipation des climats futurs. Ils ne permettent cependant pas de faire des prévisions déterministes du futur, qui soient de même nature que les prévisions météorologiques à quelques jours d'échéance (voir scénarios climatiques*).

La prise en compte des résultats des modèles implique de bien en connaître les limites et en particulier le niveau de confiance (voir incertitude*) que l'on peut leur accorder selon les paramètres reproduits (température, précipitations, nuages, etc.) ou selon l'échelle spatiale de l'analyse (globale, régionale).

▲ Neutralité carbone, bilan carbone *(carbon neutral, carbon footprint)*

Les gaz à effet de serre* anthropiques* s'accumulent dans l'atmosphère et sont responsables du changement climatique* en cours. Sur une tonne de CO_2 émise aujourd'hui, environ la moitié sera encore dans l'atmosphère dans 100 ans et entre 15 et 25 % dans 1 000 ans – on parle aussi de *temps de résidence* dans l'atmosphère. Ceci est dû aux échelles de temps du cycle du carbone* et à l'efficacité des puits de carbone*. Le temps de résidence dans l'atmosphère du méthane est plus court que celui du CO_2 (*i.e.* plutôt de l'ordre de la dizaine d'années). Limiter le changement climatique suppose de réduire les émissions (c'est l'atténuation*). Arrêter l'augmentation du réchauffement associé demande d'atteindre la *neutralité carbone*, c'est-à-dire un équilibre planétaire entre les sources de carbone anthropique et les puits de carbone, qu'ils soient naturels ou artificiels. Même s'il est défini dans les rapports du GIEC depuis 2018, le concept de neutralité carbone est parfois critiqué pour le flou qui l'entoure et son potentiel d'interprétation.

Le bilan carbone permet d'évaluer les émissions de gaz à effet de serre (GES) engendrées par l'ensemble des processus physiques nécessaires à une activité humaine. Ces émissions sont comptabilisées directement ou estimées, et elles sont exprimées en équivalent carbone ou équivalent CO_2. Le décompte est simple si l'activité produit directement du CO_2, il est indirect lorsqu'il doit comparer au CO_2 l'effet d'un GES différent du CO_2 (tel le méthane CH_4 produit par l'agriculture ou le protoxyde d'azote N_2O). Il se distingue de l'empreinte écologique* car il ne concerne que les GES, et ne traduit donc que l'impact sur le climat, à l'exclusion d'autres impacts environnementaux.

Il existe de nombreux outils, en général sous forme numérique, pour calculer un bilan carbone, que ce soit au niveau individuel ou familial, au niveau d'une communauté (établissement scolaire par exemple) ou au niveau national.

Océan et océans *(ocean and oceans)*

Dans le contexte du climat, le fait que toutes les masses d'eau de l'océan soient connectées entre elles est déterminant. Le rôle de l'océan au sein du système climatique est global : il n'y a donc qu'un seul océan et il faut préférer l'usage du singulier quand on le mobilise dans ce contexte.

En revanche, la géographie ou certaines institutions proposent un découpage conventionnel et distinguent les océans Atlantique, Pacifique et Indien et de nombreuses mers (Méditerranée, mers Nordiques, etc.) qui sont séparés par des continents, reliés par des détroits et canaux et qui sont le théâtre historique et actuel des activités humaines, au même titre que les continents. Le rôle climatique de l'océan et ses déclinaisons régionales suivent un autre découpage : la latitude, le rôle de l'océan Austral, la distribution des masses d'eau en profondeur, les bords est et ouest des bassins, etc. Les conséquences du changement climatique font appel à une combinaison de la géographie et du climat. Ainsi l'usage du singulier ou du pluriel (océan ou océans) dépend du contexte et des notions à mobiliser.

☀ ✿ ▲▲ Point de bascule *(tipping point)*

Un seuil critique au-delà duquel un système se réorganise, souvent de façon abrupte et/ou de façon irréversible. Cette notion est employée pour décrire des changements abrupts locaux, observés par exemple pour des écosystèmes (*e.g.* un récif corallien) ou régionalement pour des courants marins (*e.g.* dans l'Atlantique Nord lors de la dernière période glaciaire).

La notion de « point de bascule » est parfois extrapolée, sans base scientifique, de l'échelle locale à l'échelle globale, laissant entendre qu'une fois les limites franchies, « l'effondrement », ou une bascule majeure du climat actuel ou de l'ensemble de la biodiversité serait irrémédiable. Or, il n'y a pas de « limite » connue en ce qui concerne les mécanismes du climat ou la biodiversité du vivant sur la Terre. Par exemple, l'objectif des 2 °C de l'accord de Paris (ou 1,5 °C) est le résultat d'une négociation diplomatique et non issu d'un résultat scientifique. En effet, chaque dixième de degré en plus a des conséquences et il n'existe pas de seuil physique connu au-delà duquel le risque et les impacts deviennent tout d'un coup nettement plus importants. Les rapports du GIEC sont explicites sur ce point.

✿ Préservation, conservation *(preservation, conservation)*

La *préservation* est une forme de protection dans laquelle l'accès et les prélèvements sont interdits en vue de maintenir la valeur du bien pour les générations actuelles et futures. Par exemple, telle est la politique de protection de la forêt tempérée humide tasmanienne, qui couvre 1,5 million d'hectares classés au patrimoine mondial de l'UNESCO.

La *conservation* évoque l'utilisation et la gestion respectueuse des ressources naturelles afin d'éviter qu'elles ne soient perdues ou gaspillées. Cette définition vise à attribuer une valeur à l'environnement par les biens et services qui sont fournis aux êtres humains. Elle vise donc au bon usage des ressources naturelles (protection avec l'impact humain), contrairement à la préservation qui vise à éviter ou limiter l'usage de ces ressources (protection sans l'impact humain). La conservation tend donc vers la notion d'utilisation soutenable ou durable et concerne les ressources renouvelables ou non renouvelables. Par exemple, les populations de la communauté humaine de Cerro Pietro habitant la réserve du Papillon Monarque au Mexique ont leur activité de guides de la forêt et d'accueil du public intégrée à la gestion de la réserve, selon une logique de conservation.

✿ ▲ Résilience *(resilience)*

De *resilire* (rebondir) en latin, la résilience peut être définie comme la capacité d'un système à absorber une perturbation et à se réorganiser de telle sorte qu'il conserve sensiblement les mêmes fonctions, structure, identité et réponses à des atteintes (capacité d'adaptation*, d'apprentissage et de transformation).

La notion est également utilisée en économie ou elle désigne la capacité des systèmes économiques et des individus à surmonter les épreuves économiques (chocs, crises, krachs).

Les systèmes plus résilients ne sont pas nécessairement plus efficients. L'analyse des systèmes vivants révèle d'ailleurs que l'adaptabilité se construit grâce à des propriétés allant plutôt contre l'efficience, comme l'hétérogénéité, l'aléatoire, la lenteur/les délais, la redondance ou les incohérences. Il s'agit finalement de répondre aux fluctuations de l'environnement par de plus grandes marges de manœuvre et une grande variabilité (et donc adaptabilité) interne.

☀▲ Risque, danger, vulnérabilité, aléa *(risk, hazard/danger, vulnerability, hazard)*

Le risque d'impacts négatifs liés au climat découle de l'interaction entre des dangers et la vulnérabilité des sociétés humaines et des écosystèmes exposés à ces dangers. Les dangers sont des phénomènes, tendances et impacts physiques susceptibles d'occasionner des pertes en vies humaines ou des blessures, des dommages aux biens, des perturbations sociales et économiques ou une dégradation de l'environnement. La vulnérabilité se définit par les caractéristiques et circonstances d'une communauté ou d'un système le rendant susceptible de subir les effets d'un danger.

Les différences de vulnérabilité des sociétés résultent de facteurs de stress non climatiques (*e.g.* pauvreté) et souvent causés par un développement inégal entre ces sociétés. Ces différences déterminent les différents niveaux de risques liés au changement climatique (*cf.* **Figure 1**). Pour les écosystèmes, la vulnérabilité au changement climatique est aussi le résultat de facteurs de stress non climatiques (pollution locale, artificialisation des sols, surexploitation).

Le terme d'*aléa* est employé fréquemment à la place du terme *danger*, parfois dans une traduction inadaptée du terme « hazard » en anglais qui a cette double signification. Or un aléa comporte un caractère imprévisible, même si on peut en déterminer une probabilité d'occurrence. C'est le cas par exemple pour un extrême météorologique (par exemple une vague de chaleur), difficilement prévisible au-delà de quelques jours. En revanche, un danger lié au changement climatique peut être prévisible. Ainsi, l'augmentation du niveau de la mer est une conséquence directe et inévitable du réchauffement de l'océan et qui est susceptible d'entraîner des dommages aux biens, notamment du fait de l'intensification de l'érosion côtière ou de l'intrusion d'eau salée. Un aléa peut être un danger (selon ses conséquences potentielles), mais un danger lié au changement climatique n'est pas toujours un aléa.

Le mot *risque* est souvent utilisé dans d'autres circonstances pour se référer aux menaces externes, donc aux dangers, ce qui contribue parfois à une confusion conceptuelle dans le domaine de l'évaluation des risques. Par exemple, le *risque* d'avalanche est couramment utilisé pour parler de la probabilité de survenue d'une avalanche (qui est alors l'*aléa*), alors que le risque lui-même dépend aussi de l'exposition (la présence) de personnes ou de constructions sur le trajet d'une avalanche potentielle. Ces constructions et les personnes, là où elles sont, sont vulnérables. Ainsi : Risque = aléa x vulnérabilité (ou exposition). Une zone de montagne peut être dangereuse parce que les avalanches y sont fréquentes, sans que cela représente un risque élevé si la zone est interdite d'accès.

✿▲ Santé environnementale *(Environmental health)*

Santé et environnement sont deux domaines étroitement liés. D'après l'Organisation mondiale de la santé (OMS), la santé environnementale comprend les aspects de la santé humaine, y compris la qualité de la vie, qui sont déterminés par les facteurs physiques, chimiques, biologiques, sociaux, psychosociaux et esthétiques de notre environnement. Elle concerne également la politique et les pratiques de gestion, de résorption, de contrôle et de prévention des facteurs environnementaux susceptibles d'affecter la santé des générations actuelles et futures. Ainsi, agir sur les facteurs environnementaux (qualité des eaux, de l'air, des sols, bruit, qualité de l'air intérieur et extérieur, etc.) permet de prévenir, préserver et améliorer l'état de santé de la population.

***One Health* (« une seule santé ») –** Approche initiée au début des années 2000, et faisant suite à la recrudescence et à l'émergence de maladies infectieuses en raison notamment de la mondialisation des échanges. Ce concept repose sur le principe que la protection de la santé de l'humain passe par celle de l'animal et de leurs interactions avec l'environnement. La santé animale, végétale, la santé de l'environnement et celle de l'humain sont donc intimement liées. Ce concept vise à promouvoir une approche pluridisciplinaire et globale des enjeux sanitaires. La pandémie mondiale liée au covid est un exemple de l'importance de mettre en œuvre une telle approche.

Scénario climatique *(climate scenario)*

Des scénarios d'évolutions possibles des activités humaines sont construits, pour les années et décennies futures, selon diverses hypothèses d'évolution démographique, socio-économique et technologique.

À chaque scénario correspond une estimation calculée des émissions de gaz à effet de serre, d'aérosols atmosphériques (particules solides ou liquides en suspension) et de changements d'utilisation des terres. Ces différentes estimations sont intégrées en entrée dans les modèles climatiques qui fournissent en sortie une fourchette de trajectoires possibles de futurs climatiques.

Les simulations « d'avenirs possibles » ou « projections climatiques » produisent ainsi une estimation des changements moyens de température, précipitations, niveau des mers, etc., mais aussi de leur variabilité (événements extrêmes, etc.). C'est l'analyse de ces projections et leur confrontation avec les observations des climats passés et présents qui permettent de construire les scénarios climatiques, c'est-à-dire des représentations vraisemblables, avec une certaine marge d'incertitude, du climat futur possible.

Il peut exister une confusion entre ces scénarios, qui dépendent de choix de nos sociétés et comportent donc une incertitude forte, et des prévisions, comme, par exemple, les prévisions météorologiques qui ont, à quelques jours d'échéance, une forte probabilité de se réaliser. Ainsi les scénarios climatiques, même les plus extrêmes, ne sont que des « avenirs possibles » et nullement l'avenir certain. Il est important de le rappeler systématiquement afin de ne pas biaiser les choix que nous pouvons faire pour réduire les risques liés au changement climatique* et entraîner de l'éco-anxiété* injustifiée.

Services écosystémiques *(ecosystemic services)*

De façon globale, les services écosystémiques sont les bénéfices que l'humanité obtient des écosystèmes. Né d'une volonté de souligner l'importance du fonctionnement des écosystèmes pour le bien être humain, le concept de service écosystémique a permis à travers une large mobilisation, puis appropriation, de faire dialoguer diverses communautés scientifiques sur la question environnementale. D'un objectif de sensibilisation à l'importance d'assurer le maintien des processus des écosystèmes, le concept a aussi participé à une meilleure prise en compte des usages divers des écosystèmes. On parle aussi de services rendus par les écosystèmes ou par la nature.

Les services écosystémiques sont divisés en services de soutien, de régulation, d'approvisionnement et culturels :

- services d'approvisionnement ou production (fourniture de nourriture, d'eau, de fibres, de bois, de combustibles, etc.);
- services de support ou de soutien : ce sont les services nécessaires à la production des autres services, c'est-à-dire qui créent les conditions de base au développement de la vie sur Terre (Formation des sols, production primaire, air respirable, etc.). Leurs effets sont indirects ou apparaissent sur le long terme;

- services de régulation (régulation de la qualité de l'air et du climat, de la fertilité des sols, lutte contre les inondations, les maladies, etc.);
- services culturels (inspiration esthétique, bien-être, identité culturelle ou spirituelle, etc.)

Au-delà de cette catégorisation simpliste, le GIEC et l'IPBES reconnaissent que de nombreux services entrent dans plus d'une des quatre catégories. Par exemple, la nourriture est à la fois un service d'approvisionnement et aussi un service culturel.

Les écologues ne manquent pas de souligner le besoin de recherches complémentaires pour mieux démontrer les liens entre le fonctionnement des écosystèmes et leur propension à fournir des services aux sociétés humaines. En outre, certains acteurs critiquent l'ambition de mesure et d'évaluation des services écosystémiques en y voyant l'application d'une vision restreinte et utilitariste de la Nature asservie aux besoins de l'humanité. L'ambition d'un cadre global et partagé pour apprécier les relations entre le fonctionnement des écosystèmes et le bien être des sociétés humaines, telle qu'elle est portée par l'IPBES, reste encore à être mise à l'épreuve localement dans des contextes écologiques, mais aussi culturels et sociaux très variés.

Sol *(soil)*

Le sol peut être considéré comme « l'épiderme vivant de notre planète ». Ressource pour la production alimentaire, support des activités humaines, source de minerais et de matériaux de construction, système épurateur, réserve d'eau… le sol est un élément vital et fondamental pour la biosphère et donc pour l'humanité.

Les sols forment, à la surface de la lithosphère (croute terrestre), une fine pellicule d'épaisseur (quelques centimètres à quelques mètres) et de composition variable en fonction notamment du climat et de la nature des matériaux d'origine. Un sol se forme à l'issue de la transformation de la roche mère (partie supérieure de la lithosphère) altérée par le ruissellement et enrichie par des apports organiques des êtres vivants. Le sol est le produit final de l'effet combiné, au fil du temps, du climat, de la topographie, des organismes (flore, faune et êtres humains) sur les matériaux de base (roches et minéraux d'origine).

Un sol est un écosystème, défini par son biotope et sa biocénose (voir écosystème*). C'est un écosystème dont les fonctions sont essentielles (biologiques, alimentaires, pourvoyeuse de matériaux, filtre et tampon, etc.), notamment dans le recyclage de la matière organique.

Un sol est un écosystème fragile, dont la biocénose est particulièrement sensible aux facteurs de pollution. Le sol est un grand réservoir de carbone et peut donc agir comme un puits de carbone*.

Système climatique *(climate system)*

Système complexe résultant des interactions entre cinq composantes principales : l'atmosphère, l'hydrosphère (océan, mers, fleuves et lacs), la cryosphère (neige, glaciers, calottes, banquise), la lithosphère (sols continentaux[3]) et la biosphère. Ce système évolue avec le temps sous l'effet de sa propre dynamique interne (voir variabilité climatique naturelle*), c'est-à-dire ne mettant en jeu que ses composantes, et en raison de facteurs (aussi appelés « forçages ») externes naturels tels que les éruptions volcaniques, les variations de l'activité solaire ou la teneur en gaz à effet de serre. Les facteurs anthropiques faisant évoluer le système climatique, considérés comme externes, concernent notamment les variations de la composition de l'atmosphère (gaz à effet de serre, aérosols) ou les changements d'utilisation des terres et autres impacts directs sur la biosphère (comme la déforestation, le reboisement ou le développement de l'agriculture).

3 Les couches internes de la Terre (telles que définies en géologie) ne font pas partie du système climatique (voir échelle de temps*).

Transition *(transition)*

Le terme de *transition* signifie passage d'un état à un autre. Il désigne un processus au cours duquel un système passe d'un régime d'équilibre dynamique à un autre. Il s'inscrit dans le temps et peut s'appliquer aux sociétés comme aux systèmes naturels. Lorsqu'il est utilisé en géographie, ce terme est associé à un adjectif (en particulier les transitions démographique, économique, urbaine, énergétique, ou alimentaire).

La *transition écologique* est un concept qui vise à mettre en place un nouveau modèle économique et social de manière à répondre aux enjeux écologiques de notre siècle. Il s'agit donc d'une évolution vers un nouveau modèle économique et social, un modèle de développement durable* qui renouvelle nos façons de consommer, de produire, de travailler, de vivre ensemble mais aussi notre rapport au vivant, pour répondre aux grands enjeux environnementaux (changement climatique, appauvrissement des ressources, déclin de la biodiversité, multiplication des risques sanitaires environnementaux).

Variabilité climatique naturelle *(natural climate variability)*

Variations de l'état moyen et d'autres variables statistiques (écarts-types, extrêmes, etc.) du climat à toutes les échelles spatiales et temporelles (voir échelle de temps*), au-delà de la variabilité propre et rapide due à des phénomènes météorologiques particuliers. La variabilité peut être due à des processus internes naturels au sein du système climatique (variabilité interne) ou à des variations des facteurs externes anthropiques ou naturels (variabilité externe).

Il y a trois sources de *variations externes* : les changements dans la quantité d'énergie reçue du Soleil, les éruptions volcaniques et les variations de teneur en gaz à effet de serre* dans l'atmosphère. Ainsi les variations de l'orbite de la Terre autour du Soleil entraînent des variations climatiques naturelles cycliques : le cycle saisonnier, les cycles glaciaires (périodes froides) et interglaciaires (périodes chaudes) ayant une périodicité d'environ 100 000 ans (aussi connus sous le nom de cycles de Milankovitch). Les éruptions volcaniques, suffisamment puissantes pour envoyer des particules dans la haute atmosphère qui jouent le rôle de « parasol », refroidissent le climat pendant quelques mois, le temps que les particules retombent sur la surface.

Les modes de *variabilité interne* au système climatique, sans être cycliques, peuvent avoir lieu régulièrement, tel le phénomène El Niño qui a lieu tous les 3 à 7 ans dans le Pacifique tropical, ou tels certains modes de variabilités dans l'océan et l'atmosphère, avec des échelles de temps décennales ou multidécennales.

Connaissance et consensus scientifique, science en train de se faire et expertise

Le terme de science est mobilisé dans de nombreux contextes, qu'il est important de distinguer. La *connaissance* est le résultat de la démarche scientifique qui assemble observations, faits et théories et donne parfois lieu à un *consensus scientifique*, valable et accepté à un moment donné par une communauté de spécialistes qui se reconnaît comme telle. La *science en train de se faire* est le lieu de l'élaboration de la connaissance, en suivant la démarche scientifique et ses critères de qualité et de vérification « entre pairs ». Elle peut donner lieu à des débats, voire de la controverse scientifique, qui un jour aboutira à de la *connaissance* stabilisée. Enfin, la mobilisation de la connaissance pour aider à la décision de nombreux acteurs de la société s'appelle *l'expertise*. Celle-ci est différente de l'élaboration de la connaissance ou de la connaissance elle-même. Ainsi le GIEC et l'IPBES sont des lieux d'expertise, car ces groupes de scientifiques répondent à une commande politique des pays.

GIEC (IPCC) – Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (ou IPCC pour « Intergovernmental Panel on Climate Change »[4]) a été créé en 1988 par l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) et le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE). Il évalue l'état des connaissances sur l'évolution du climat, ses causes et ses impacts. Il identifie également les possibilités de limiter l'ampleur du réchauffement et la gravité de ses impacts, et de s'adapter aux changements attendus. Les rapports du GIEC fournissent un état des lieux régulier des connaissances les plus avancées. Ces rapports de synthèse scientifique (le GIEC ne réalise pas de nouvelles recherches) sont au cœur des négociations internationales sur le climat. Si ces rapports sont fondamentaux pour alerter les décideurs et la société civile, ils n'ont néanmoins pas vocation à fournir des recommandations d'action.

IPBES – La plateforme internationale pour la biodiversité et les services rendus par les écosystèmes (ou IPBES pour « Intergovernmental Science Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services »[5]), a été créée par les Nations Unies en 2011 et est basée à Bonn. Elle correspond pour la biodiversité à ce qu'est le GIEC pour le climat.

En France, de nombreuses équipes de recherche travaillent sur le climat et la biodiversité, impliquant plusieurs milliers de scientifiques de disciplines très variées. Certains d'entre eux contribuent à différentes phases d'élaboration des rapports du GIEC et de l'IPBES.

Théorie scientifique et faits – La *science* est une activité intellectuelle qui étudie et mesure des *faits observés* (les faits scientifiques) naturels ou provoqués (par exemple expérimentalement), qui les organise en *connaissances* et qui produit des *idées* (descriptives, classificatrices, explicatives, etc.). L'assemblage de ces idées mène à une *théorie* dont le rôle est d'organiser les faits et lois de la manière la plus cohérente possible. Plus une théorie est cohérente, plus elle est économe en hypothèses postulées et plus ses prédictions se vérifient. Une théorie scientifique est donc un ensemble d'énoncés structurés et cohérents qui propose la description d'un ensemble de concepts et de mécanismes de portée générale. La mécanique des fluides, la tectonique des plaques et la théorie de l'évolution en sont trois exemples.
Les faits nourrissent les théories, en même temps les faits ne peuvent se comprendre qu'à travers les théories. La science progresse en passant d'une théorie à une autre plus cohérente, ou bien en augmentant la cohérence d'une théorie préexistante. Dans tous les cas, faits et théories fonctionnent ensemble : il n'y a pas lieu de les opposer.

4 www.ipcc.ch
5 www.ipbes.net

La représentation de la réalité du monde par une théorie scientifique est toujours approchée, tel un reflet. Néanmoins, les théories progressent au cours du temps, soit que les faits observés le soient avec plus de précision ou d'attention, soit que de nouveaux outils matériels, conceptuels ou mathématiques soient devenus disponibles. L'émergence d'une théorie nouvelle ne doit pas être vue comme la disqualification de celle qui l'a précédée, mais comme un raffinement qui permet au reflet d'être plus fidèle, plus précis, de mieux prévoir l'évolution d'un système ou une mesure à venir. Cette progression est le mouvement même de la science qui avance. Elle est aussi souvent accompagnée d'une réduction de l'incertitude*.

Les questions de climat et biodiversité sont des Questions Socialement Vives (QSV)

Les QSV introduisent des controverses scientifiques et sociales caractérisées par leur complexité, la pluralité des expertises liées, la place des incertitudes et du risque, leur caractère ouvert et leur médiatisation. La didactique des QSV permet de prendre en compte dans l'éducation la complexité et les multiples dimensions des problèmes environnementaux. Elles concernent en général des sciences appliquées ayant un impact dans la société, ce qui donne une résonance particulière aux controverses liées. Dans la phase d'élaboration des connaissances, la controverse n'intéresse généralement que les professionnels de la science. Lorsque la connaissance scientifique est mobilisée pour la décision (l'expertise), la controverse concerne potentiellement tous les citoyens, car l'issue dépend aussi de dimensions économiques, sociales et politiques.

Les QSV sont définies selon trois niveaux de vivacité :

1. **une vivacité dans la société :** elles engendrent des débats contradictoires et médiatiques entre acteurs sociaux aux compétences diversifiées – chercheurs, politiques, experts, ONG, journalistes, etc. Elles mobilisent des représentations et des valeurs ;
2. **une vivacité dans les savoirs de référence :** elles sont l'objet de débats entre experts de différentes disciplines scientifiques et techniques, de savoirs différents et parfois contradictoires (savoirs de type scientifique, social, professionnel). Elles relèvent parfois de conflits entre paradigmes scientifiques non stabilisés (ce qui n'est pas le cas pour le changement climatique et la perte de biodiversité). Elles se placent sur des échelles temporelles courtes où l'on interroge le futur (généralement plus courtes que celles utilisées par la science pour stabiliser un résultat) ;
3. **une vivacité propre aux savoirs scolaires**, lorsqu'ils abordent ces questions d'interfaces entre sciences et société.

Cette approche s'inscrit dans le courant international de l'apprentissage des « sciences en contexte », où les interactions sciences-technologies-sociétés-environnement (STSE) sont prises en compte, questionnant les conséquences sociales des sciences. Elle contribue à l'apprentissage de compétences cognitives de haut niveau : identification des intérêts contradictoires des parties prenantes et de leurs valeurs ; développement du raisonnement socio-scientifique ; analyse critique de la méthodologie de recherche ; évaluation des preuves, des risques et des incertitudes ; participation à des débats, etc.). En accordant une priorité au développement de la pensée critique et à l'émancipation des citoyens, elle vise donc à favoriser l'engagement des élèves. Elle conduit à une prise de conscience des responsabilités écologiques individuelles et collectives, ainsi qu'au fait que les réponses à ces problèmes sont diverses et contextualisées, et peuvent être contradictoires. Voir le document « Développer et enrichir des projets relatifs aux enjeux climat et biodiversité de l'école aux lycées : une vision intégrée » du CSEN.

L'enseignement agricole est pionnier pour la didactique des questions socialement vives et il peut être utile de s'appuyer sur cette expérience. Les conséquences environnementales des techniques agricoles intensives se sont en effet diffusées dans les sphères sociales et médiatiques : qualité des eaux, OGM et brevetabilité du vivant, pesticides, sécurité sanitaire et alimentaire, etc.

Pour aller plus loin

Biodiversité, biosphère

- Rapport commun IPBES GIEC → https://ipbes.net/events/launch-ipbes-ipcc-co-sponsored-workshop-report-biodiversity-and-climate-change
- Animation « Réseaux trophiques terrestres » de l'Office for Climate Education (OCE) → www.oce.global/fr/resources/animations-multimedia/reseaux-trophique-terrestres
- Animation « Réseaux trophiques océaniques » de l'Office for Climate Education (OCE) → www.oce.global/fr/resources/animations-multimedia/reseaux-trophiques-oceaniques

Changement climatique

- Christophe Cassou et Valérie Masson-Delmotte. *Le climat en 30 questions*. La documentation française, 2022
- Jean-Baptiste Fressoz, Fabien Locher. *Les Révoltes du ciel. Une histoire du changement climatique xve-xxe siècle*. Le Seuil, coll. L'Univers Historique. Paris. 2020. 320 p.
- Valérie Masson-Delmotte. *Quel climat pour vous, vos enfant, vos petits-enfants ?* Bayard. Les petites conférences. 2021. 90 p.

Cycles, flux et réservoirs/stocks

- Animation du cycle du carbone de l'Office for Climate Education (OCE) → www.oce.global/fr/resources/animations-multimedia/cycle-du-carbone
- GIEC (2021) – Rapport du WG1

Développement durable

- Selon Norton (2005) repris par Curnier (2017), le traitement des enjeux de la durabilité peut être envisagé soit à partir d'une vision ancrée dans le dualisme nature-culture, soit dans le dépassement de celui-ci. De ce choix découle l'ancrage dans une durabilité faible ou une durabilité forte.
- ADEME → www.mtaterre.fr/dossiers/le-developpement-durable/cest-quoi-le-developpement-durable

Écologie

- Quel enseignement de l'écologie à l'école ? Bastien Castagneyrol *et al.* → www.sfecologie.org/regard/r100-nov-2021-castagneyrol-et-al/

Éco-anxiété

- Sondage novembre 2021 → www.fondation-cdf.fr/wp-content/uploads/2021/11/Enquete-Ipsos_Fondation-College_de_France_Novembrebre-2021.pdf

Environnement, milieu et paysage

- Georges Canguilhem, *La Connaissance de la vie* (1952), réédition revue et augmentée Vrin, Paris, 1965 et 1992 (ISBN 2711611329).

Océan

- Rapport du GIEC, océan et cryosphère (2019) → www.ipcc.ch/srocc
- Ressources pédagogiques de l'Office for Climate Education sur océan et climat
  → www.oce.global/fr/resources/activites-de-classe/le-climat-entre-nos-mains-ocean-et-cryosphere
  → www.oce.global/fr/resources/documentation-scientifique/locean-et-la-cryosphere-face-au-changement-climatique-resume
- Ressources pédagogiques de Tara océan → https://fondationtaraocean.org/partager/ressources-projets-pedagogiques/

Services écosystémiques

- → www.researchgate.net/profile/Stephanie-Carriere/publication/336386476_Les_services_ecosystemiques_une_notion_discutee_en_ecologie/links/5d9f2b2292851c6b4bca408e/Les-services-ecosystemiques-une-notion-discutee-en-ecologie.pdf
- → https://ipbes.net/sites/default/files/2020-02/ipbes_global_assessment_report_summary_for_policymakers_fr.pdf
- Rapport de l'évaluation mondiale de la biodiversité et des services écosystémiques
  → https://ipbes.net/sites/default/files/2020-02/ipbes_global_assessment_report_summary_for_policymakers_fr.pdf

Sol

- → https://planet-vie.ens.fr/thematiques/ecologie/le-sol-l-epiderme-vivant-de-notre-planete
- *Cf.* document « les fonctions du sol » sur le site de la FAO → www.fao.org/resources/infographics/infographics-details/fr/c/294324/
- AFES → www.afes.fr/wp-content/uploads/2018/08/AFES_d%C3%A9finition_SOL.pdf
- Ressources OCE → www.oce.global/fr/resources/documentation-scientifique/changement-climatique-et-terres-emergees-resume-pour

Questions Socialement Vives

- Barthes Angela, Lange Jean-Marc et Tutiaux-Guillon Nicole (2017). *Dictionnaire critique des enjeux et concepts des « éducations à »*. Paris, France : L'Harmattan.
- Legardez Alain et Simonneaux Laurence (2006). *L'école à l'épreuve de l'actualité : enseigner les questions vives*. Issy-les-Moulineaux : ESF.
- Simonneaux Jean (dir.) (2018). *La démarche d'enquête : une contribution à la didactique des questions socialement vives*. Éducagri éditions.

Autres glossaires et dictionnaires

- Dictionnaire de la diversité biologique et de la conservation de la nature, de Patrick Triplet → www.education.gouv.fr/media/67938/download
- Dictionnaire encyclopédique des sciences de la nature et de la biodiversité de François Ramade
- Dictionnaire des sciences de la vie et de la Terre de Michel Breuil
- Manuel de la grande transition. Collectif Force
- Dictionnaire critique de l'Anthropocène, dirigé par Ph. Pelletier au CNRS
- Lexique de l'Anthropocène UNESCO → https://fr.unesco.org/courier/2018-2/lexique-anthropocene
- Glossaires des rapports du GIEC comme celui du dernier rapport de synthèse publié en 2014 → www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/03/AR5_SYR_Glossary_fr.pdf
- Glossaire esprit scientifique/critique, La main à la pâte → https://cqfd-lamap.org/esprit-critique/competences/
- Glossaire de Géoconfluences- Le développement durable, approches géographiques → http://geoconfluences.ens-lyon.fr/glossaire?sort_order=&b_start:int=20&subject=Le%20d%C3%A9veloppement%20durable%2C%20approches%20g%C3%A9ographiques

Remerciements

Même si le texte présenté ici n'engage que les membres du groupe de travail du CSEN, nous souhaitons remercier vivement les personnes suivantes, experts et enseignants, pour leurs conseils, relectures et suggestions qui ont grandement aidé à améliorer les versions préliminaires de ce glossaire :

Pascal-Raphaël Ambrogi, Nicolas Balaresque, Catherine Baratti-Elbaz, Patrick Bertuzzi, Valérie Boutin, Bastien Castagneyrol, Charles-Henri Eyraud, Prisca Fenoglio, Nicolas Grevet, David Guillerme, Céline Guivarch, Véronique Izard, Catherine Jeandel, Faouzia Kalali, Simon Klein, Pierre Léna, Valérie Masson-Delmotte, Agnès Michelot, Sophie Pons, Michèle Prieur, Djian Sadadou, Mathilde Tricoire, Michelle Vivier, David Wilgenbus.

education.gouv.fr

Contact presse
01 55 55 30 10
spresse@education.gouv.fr

Contact Conseil scientifique de l'éducation nationale
csen@education.gouv.fr
reseau-canope.fr/conseil-scientifique-de-leducation-nationale