

Fil conducteur

pour une introduction à l'Anthropocène

en début d'études supérieures

Février 2021

Avertissement

Le texte qui suit n'est pas un plan de cours : un tel plan ne peut être produit que par les enseignants et les établissements qui décident de s'y consacrer. Il s'agit plutôt d'un « récit » reliant les notions qui nous semblent faire partie des « incontournables » d'un tel enseignement.

Introduction

Le but de cet enseignement est de fournir aux jeunes étudiants des éléments de compréhension de ce que certains proposent d'appeler *Anthropocène*. Les groupes humains ont de tout temps modifié le milieu dans lequel ils se développaient, mais ces modifications demeuraient *locales*, soit dans l'espace, soit dans le temps, c'est-à-dire restreintes à l'environnement spatio-temporel immédiat des sociétés humaines. L'*Anthropocène*, c'est cette ère nouvelle dans l'histoire de la Terre où l'humanité dans son ensemble est devenue une force géologique capable d'approcher et, dans certains cas, d'atteindre les limites du système-Terre. Le cas emblématique est sans doute le climat, dont le changement actuel est dû principalement à l'augmentation d'origine anthropique de la concentration de l'atmosphère en gaz à effet de serre. Mais des limites sont également perceptibles dans l'utilisation des ressources minérales, associées notamment au fonctionnement des systèmes énergétiques, dans l'accumulation des déchets de tous ordres et dans les perturbations globales apportées à la biosphère. Concernant ce dernier point, il convient de remarquer que l'agriculture est la manière la moins énergivore de causer d'importants impacts sur l'environnement! Cet environnement de l'humanité (ce qu'on nomme souvent la *nature*), ne peut plus être considéré comme infini, et ces *effets de taille finie*, souvent irréversibles, constituent la caractéristique de l'*Anthropocène*.

L'humanité à grande échelle de temps

Les démographes sont capables de reconstruire l'évolution de la population au cours des 60 à 70 000 dernières années. Jusqu'à la révolution néolithique, les groupes humains s'adaptaient aux ressources disponibles immédiatement, par cueillette ou chasse. Ces groupes devaient se déplacer au gré des aléas climatiques, avec risque de disparition complète.

La révolution néolithique a été préparée par des améliorations techniques concernant l'outillage et les armes, lesquelles ont permis un accroissement de la population mondiale, qui franchit ainsi le million d'individus vers -35 000. Le développement de l'agriculture, à partir de -7000

avant JC, a marqué une première « mise à distance » des contraintes naturelles par la possibilité de stocker la nourriture et d'utiliser la traction animale. C'est ainsi que la barre des 100 millions d'individus a été franchie vers l'an 0.

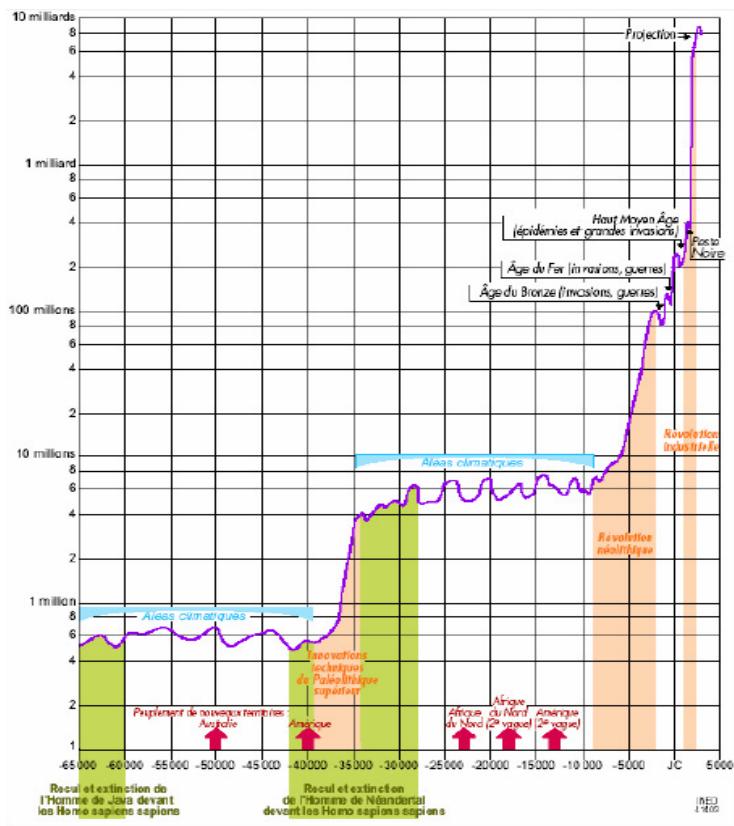


Fig.1 : Evolution de la population mondiale depuis 65 000 ans. Source : J.-N. Biraben, « L'évolution du nombre des hommes ». *Population et Sociétés*, N°394, octobre 2003, 4 p. disponible sur <http://www.ined.fr> (publications de l'INED)

Au cours des siècles suivant, et notamment à partir de l'an 1000, l'appropriation de nouvelles formes d'énergie, notamment les moulins à eau dont toute l'Europe s'est garnie entre le 11^{ème} et le 13^{ème} siècle, ont permis de développer les premières formes de métallurgie, de dégager des surplus agricoles et de constituer des grandes cités, notamment au cours de la Renaissance. La grande étape suivante est liée à la révolution industrielle, fondée sur les progrès des sciences et des technologies propres aux Lumières. C'est ainsi que la population mondiale a passé le milliard d'individus en 1800 et approche les 8 milliards aujourd'hui.

La maîtrise de formes d'énergie de plus en plus concentrées s'accompagne non seulement d'une augmentation de la population, mais aussi de ce que les démographes appellent la *transition démographique*. Il s'agit du passage d'une société pauvre, avec un taux de fécondité élevé (voisin de 6-7 par femme) et un taux de mortalité élevé (notamment périnatale), à une société développée où la médecine, l'hygiène et l'éducation permettent de réduire le taux de mortalité, et où le taux de natalité finit lui aussi par décroître.

Les projections que font les démographes pour le siècle à venir indiquent que la population des pays de l'OCDE et de la Chine va demeurer en gros constante, que celle de l'Afrique va atteindre 2 milliards d'individus en 2050 et près de 4 milliards vers 2100, tandis que celle de l'Inde doit atteindre 2 milliards vers la fin du siècle. Ces chiffres sont obtenus en prolongeant les tendances

actuelles, notamment concernant les taux d'urbanisation qui sont des indicateurs robustes. Mais ils supposent une évolution pacifiée du monde, et l'absence de crise alimentaire grave, générée par des ruptures dans l'approvisionnement en ressources de l'agriculture ou par le changement climatique. Ces projections ont en tout cas le mérite de pointer les zones de tensions futures.

Le changement climatique

Climatologie/météorologie : Il convient, avant toute chose, de préciser la distinction entre météorologie et climatologie. La météorologie s'efforce de suivre *une trajectoire particulière* de l'atmosphère. Comme le système relève de ce que les physiciens appellent le « chaos déterministe », la prévision ne dépasse pas, avec les meilleurs ordinateurs dont nous disposons, une dizaine de jours. En effet, des petites incertitudes sur les conditions initiales ont la propriété de se propager de façon exponentielle au cours du temps, si bien que la prévisibilité se perd rapidement.

La climatologie se pose une question différente : elle s'intéresse, non à une trajectoire particulière, mais à *l'ensemble des trajectoires* possibles de l'atmosphère, en termes de valeurs moyennes et de variabilité. Les programmes informatiques utilisés sont les mêmes qu'en météorologie, mais en changeant la question posée, on peut obtenir des réponses fiables en termes de tendance. Pour donner un exemple trivial, il est impossible de prévoir ce que sera la météorologie 6 mois à l'avance, mais partant d'un jour d'été, on peut affirmer que six mois plus tard il fera plus froid (dans l'hémisphère nord). En effet, à la variabilité naturelle imprévisible se superpose le changement de l'intensité du rayonnement solaire reçu par chaque mètre-carré de sol, lequel détermine la tendance à cette échelle de temps.

Causes naturelles de variation du climat : De nombreux phénomènes ont eu, et ont encore pour certains, une incidence climatique parfaitement identifiée : augmentation de l'irradiance solaire (+ 30% depuis la formation du système solaire il y a 4,5 milliards d'années), tectonique des plaques (le climat n'est pas le même si les terres émergées forment un supercontinent ou si elles sont morcelées en îles-continent), variation des caractéristiques de l'orbite terrestre (cycles de Milankovitch), changements naturels de la composition de l'atmosphère en gaz à effet de serre (effet de serre naturel). Ces facteurs de changement se déploient sur des échelles de temps caractéristiques distinctes : milliard d'années pour la variation de l'irradiance solaire, centaine de millions d'années pour la tectonique, dizaines et centaines de milliers d'années pour l'orbite terrestre. La composition de l'atmosphère a subit des variations à toutes les échelles de temps, mais le changement d'origine anthropique se déroule sur une échelle de temps plus rapide que ce que les enregistrements passés ont jamais révélé.

Effet de serre, naturel et anthropique : Les principaux gaz à effet de serre sont aujourd'hui, par ordre d'importance décroissante, la vapeur d'eau, le gaz carbonique, le méthane, les oxydes nitreux, les CFC et quelques autres gaz à l'état de traces. L'effet de serre est un phénomène dont la compréhension fait appel à des théories physiques bien établies, autant dire qu'il est bien compris. L'augmentation – d'origine anthropique – de la concentration en gaz à effet de serre depuis l'ère préindustrielle (gaz carbonique + 40%, méthane + 150%) conduit à un changement climatique qui a des conséquences prévisibles : augmentation des températures, fonte des glaces (glaces de mer et glaces continentales), augmentation du niveau des mers, même si ces évolutions sont affectées d'une variabilité interannuelle imprédictible.

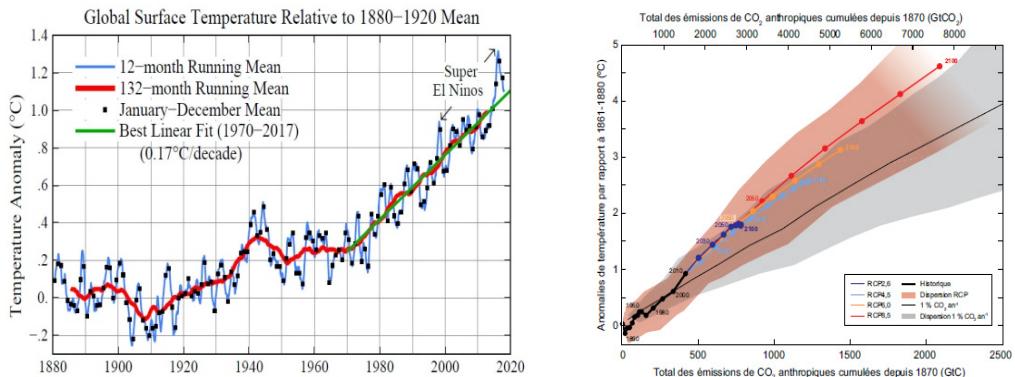


Fig. 2 : Gauche : Evolution de la température moyenne mondiale depuis 1880. Droite : Projection de la température moyenne mondiale suivant différent scénarios d'émission de gaz à effet de serre.

Mitigation/adaptation : On s'attend à ce que les conséquences du changement climatique présentent de fortes variations régionales. La diminution des surfaces glacées diminue leur pouvoir réfléchissant (albédo) et augmente l'absorption du rayonnement solaire, induisant ainsi une rétroaction positive, ce qui se traduira par une plus forte augmentation de température aux hautes latitudes ; aux basses latitudes, certaines régions cesseront d'être habitables, d'autres risquent de devenir arides, avec des conséquences d'autant plus difficiles à gérer que ces évolutions se feront sur une échelle de temps rapide au regard de celle de l'évolution du vivant. Les modèles climatiques, dont la discrétisation spatiale est de l'ordre de la centaine de kilomètres, peinent à représenter ces variations régionales. Une solution intéressante consiste à mettre en place des groupes d'étude faisant appel à la fois aux scientifiques de la « grande échelle » et aux experts de terrain, lesquels connaissent, à travers la variabilité naturelle du climat, les zones plus ou moins fragiles ou résilientes, seule façon de développer régionalement une culture du risque.

L'énergie, mode d'emploi.

Le changement climatique actuel est dû à l'utilisation massive de combustibles fossiles – 80% de notre énergie primaire – qui augmente la concentration en CO₂ de l'atmosphère. Se rajoutent, pour 25% en équivalent CO₂, les émissions de gaz à effet de serre dues à l'agriculture et à l'élevage. Limiter, puis réduire nos émissions de gaz à effet de serre suppose de substituer aux sources d'énergie fossiles des sources d'énergie décarbonées. Substituer certaines sources d'énergie par d'autres ne s'est jamais produit dans le passé¹. Lorsqu'une source d'énergie nouvelle a été découverte, elle est venue se rajouter aux précédentes, sans s'y substituer. Le charbon est venu s'ajouter à l'énergie hydraulique, le pétrole est venu s'ajouter au charbon, puis le gaz et l'énergie nucléaire aux sources déjà présentes. Décarboner nos sources d'énergie implique de *laisser dans le sol* une grande partie des ressources fossiles qui s'y trouvent, disponibles mais néfastes. Cela représente un défi extrêmement difficile à relever. Il convient donc de passer en revue toutes les sources d'énergie dont nous disposons, et d'examiner leurs caractéristiques et leurs potentialités.

¹ Sauf lors de la mécanisation de l'agriculture, où la traction animale a été remplacée par des machines alimentées par du pétrole.

Relation PIB/énergie : L'énergie n'est pas « une chose matérielle », c'est un concept qui permet de quantifier les transformations de la matière. Toute transformation donne ainsi naissance à une double comptabilité : l'une en terme monétaire (contribution au PIB²), l'autre en terme énergétique. Le passage de l'une à l'autre est analogue à un changement d'unité. Depuis plus de 60 ans, en moyenne mondiale, il faut 1,6 kWh pour générer 1 \$ de PIB. *Dans les conditions actuelles, compte tenu de l'origine de l'énergie primaire utilisée, faire du PIB, c'est donc dérégler le climat.*

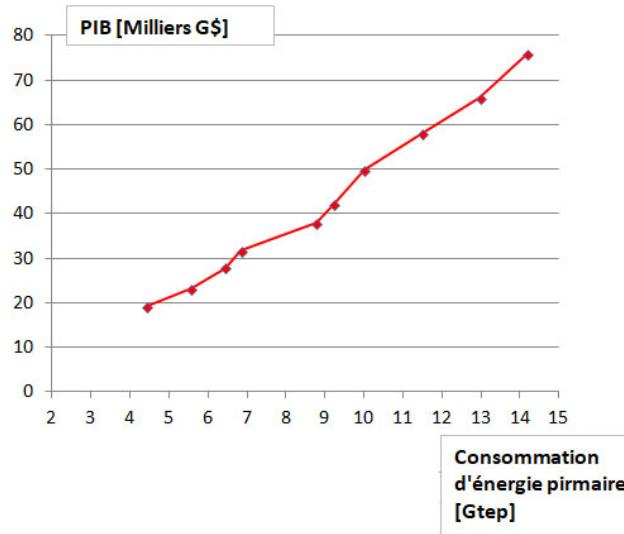


Fig.3 : Evolution du PIB mondial (en \$ constants 2010) en fonction de la consommation d'énergie primaire au cours de la période 1970-2015.

Stocks et flux : Charbon, pétrole, gaz, uranium constituent des *stocks épuisables* dont nous contrôlons les rythmes d'extraction et leurs mises en œuvre. Ces sources sont donc *pilotables*. Les énergies de flux (hydraulique, solaire, éolien, biomasse, géothermie, marine) constituent des sources inépuisables (à l'échelle humaine) mais leurs flux sont imposés par la nature. Le terme « énergies renouvelables » est en partie trompeur, car leur mise en œuvre requiert pour nombre d'entre elles l'utilisation de matériaux en partie recyclables, mais non renouvelables. Comme l'électricité ne se stocke pas (c'est un mouvement de charges électriques), un réseau électrique fonctionne en assurant à chaque instant et en tout lieu l'égalité entre production et consommation. Les sources de flux ne peuvent donc être mises en place de façon importante que si leurs fluctuations sont gérées par l'existence de sources pilotables.

Concentration de l'énergie : La quantité de matière qu'il faut transformer pour produire une unité d'énergie utilisable dépend des interactions fondamentales sous-jacentes. Ainsi, le fonctionnement d'un système électrique fournissant une puissance d'un GW requiert, au choix : 50 kg de tritium (fusion nucléaire, non disponible aujourd'hui), 27 tonnes d'uranium (fission), de 100 à 300 tonnes de combustible fossile à l'heure, 1200 tonnes d'eau tombant de 100 m de hauteur par seconde, 1000 éoliennes de 5 MW, 30 km² de panneaux solaires (latitudes moyennes). Ces exemples illustrent la notion de « concentration de l'énergie ».

² Le PIB ne comptabilise évidemment pas les transformations ne donnant pas lieu à échange monétaire.

Stockage de l'énergie : Les principaux moyens de stockage de l'énergie sont les suivants : batteries électrochimiques, STEP, air comprimé, hydrogène. Il est important de fixer les ordres de grandeur en jeu : par exemple, l'énergie totale contenue dans toutes les batteries électrochimiques du monde est d'environ 1 TWh, alors que le stockage de 1% de la consommation électrique française nécessiterait de disposer de 5 TWh.

Scénarios énergétiques : L'analyse des caractéristiques des systèmes énergétiques permet d'interroger la pertinence de certains scénarios. Ainsi, la comparaison France/Allemagne est-elle particulièrement instructive : on constate en effet que la mise en place de plus de 100 GW d'éolien et de solaire n'a pas permis de diminuer la capacité installée en sources pilotables carbonées, car la totalité de la puissance est requise lors d'épisodes hivernaux (peu de soleil) sans vent.

Biosphère, agriculture, élevage

Le changement climatique affecte les conditions dans lesquelles les espèces vivantes, animaux, champignons, microorganismes, se développent. Lorsque des zones arides se désertifient, lorsque certaines zones tempérées deviennent arides, ces changements s'effectuant sur des échelles de temps rapides par rapport aux évolutions naturelles, les espèces vivantes ont le choix entre se déplacer ou disparaître. Une forêt peut se déplacer à une vitesse de quelques dizaines de kilomètres par siècle, par dissémination des graines. Si la température change de telle sorte que les conditions favorables se déplacent plus rapidement, la forêt meurt, ainsi que les espèces qui s'y trouvent, ou est remplacée par un autre écosystème forestier appauvri avec des espèces pionnières adaptées, à dispersion longue et croissance rapide.

Mais le climat n'est pas le seul indicateur de l'Anthropocène : l'humanité modifie la biosphère aussi par la mobilisation de grandes « surfaces agricoles utiles », dont environ 30 % en terres arables et le reste en pâturages, l'ensemble représentant 50 % des terres émergées libres de glace de la planète. Ainsi, la biosphère est globalement affectée, directement et indirectement, par l'agriculture végétale et animale (élevage) qui sont deux activités couplées et indispensables à notre survie. Directement, par l'étendue des surfaces qu'elles mobilisent, ce qui revient à éliminer de nombreux écosystèmes et la biodiversité qu'ils abritent. Indirectement, par la perturbation des grands cycles biogéochimiques qui modifie la composition physicochimique des eaux, de l'air et des sols et l'environnement nutritif des espèces. Agriculture végétale et animale ont la particularité d'être à la fois peu consommatrices d'énergie, tout en ayant de grands effets environnementaux : elles ne consomment que quelques pourcents de notre énergie primaire, mais sont responsables de près de 25 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre (principalement méthane et oxyde nitreux), et des modifications profondes de la bio-géochimie planétaire.

Perturbation des cycles naturels³ et découplage entre agriculture végétale et animale

³ Naturel ici ne signifie pas immuable. Nous savons bien que c'est à travers de processus « naturels » qu'une part essentielle du carbone a été fixé dans des roches, que la composition de l'atmosphère a évolué, que la Terre a connu des épisodes « boule de glace » et d'autres de fonte totale, que les minéraux ont été concentrés dans des filons métalliques, que les gisements de combustibles fossiles ont été constitués.

La perturbation des cycles « naturels » remonte à l’invention de l’agriculture, et elle s’est intensifiée avec son industrialisation. Auparavant, les groupes de chasseurs-cueilleurs ne faisaient que prélever une petite partie de ce que la nature avait à leur offrir. Les minéraux nécessaires à la pousse (azote, phosphore, potassium...) étaient recyclés, après la mort des plantes, par l’activité métabolique des animaux, des bactéries et des champignons présents dans le sol. Mais avec l’agriculture, ce cycle est rompu car la récolte et le transport de la production préviennent le retour des éléments nutritifs vers le sol, de même que l’exploitation des sols agricoles conduit à des pertes de nutriments. Il faut donc renouveler la fertilité des sols agricoles en réintroduisant des nutriments minéraux après chaque récolte.

L’élevage vient remplir plusieurs fonctions : traction animale, utilisation des déjections comme engrais, fourniture de viande⁴ qui n’est en temps préindustriel qu’un coproduit des fonctions précédentes. Jusqu’au début du 20^{ème} siècle, les minéraux constituent le facteur limitant de la production agricole. Divers techniques cherchent à palier les manques, notamment l’introduction des légumineuses capables de fixer l’azote atmosphérique dans des rotations de grandes cultures qui, elles, en sont incapables. Cultures végétales et élevage constituaient donc des activités impérativement couplées sur un même territoire.

Au début du 20^{ème} siècle, Fritz Haber et Carl Bosch, respectivement chimiste et industriel allemands, mettent au point la synthèse chimique de l’ammoniac, point de départ de la fabrication d’engrais azotés directement assimilables par les plantes. Dès lors, le découplage des deux activités agricoles peut s’effectuer à grande échelle, d’autant que la motorisation va dans le même sens en permettant de s’affranchir de l’énergie musculaire des animaux de trait : les animaux ne sont plus nécessaires là où s’effectue la production agricole végétale. Les territoires se spécialisent, céréales ici, élevage là, et la population paysanne diminue drastiquement : la France, par exemple, compte en 1945 environ 10 millions de travailleurs agricoles pour une population totale de 40 millions ; aujourd’hui, ils ne sont plus qu’un million, sur une population totale de 67 millions. Quant à l’énergie, l’agriculture est devenue quasi-totalement dépendante de sources extérieures (fossiles), à la fois pour les travaux des champs et pour le transport des marchandises, alors qu’elle était encore autosuffisante jusqu’au sortir de la 2^{ème} guerre mondiale. Ces évolutions ont vu une diminution des surfaces agricoles, qui sont passées de 72 % du territoire français en 1950 à 59 % aujourd’hui, au profit des forêts et des zones urbanisées. La disponibilité alimentaire sur le marché mondial s’est beaucoup améliorée avec l’abondance des apports de nutriments et d’énergie par l’agrochimie et les énergies fossiles⁵. En revanche, cette abondance a engendré, en plus des impacts environnementaux évoqués, des modifications structurelles du métabolisme de l’agriculture qui en font aujourd’hui un système énergétiquement intenable sans recours aux énergies fossiles.

« Printemps silencieux »

C’est le titre d’un livre célèbre qu’une écologue américaine, Rachel Carson, publia en 1962. Après la généralisation massive des épandages de DDT dans l’agriculture, consécutifs à son utilisation contre la malaria et la fièvre jaune pendant la guerre, des effets secondaires néfastes commencèrent

⁴ Caïn est agriculteur, Abel est berger. Lorsque chacun fait son offre à Dieu, celui-ci marque une préférence pour le berger. Pourquoi ? Est-ce le choix d’une activité somme toute assez contemplative, comparée au dur labeur de la terre envahissant l’esprit ?

⁵ Même si la FAO estime qu’environ 800 millions de personnes au monde souffrent encore de sous-alimentation

à être perceptibles dans les années 1950. Le DDT tuait non seulement des insectes nuisibles, mais également des insectes indispensables pour la pollinisation des fleurs et des cultures. Il fallait également s'attendre à des effets sur les oiseaux, grands consommateurs d'insectes, d'où le titre du livre. Le DDT finit par être interdit aux Etats-Unis en 1972, après qu'il soit également apparu que son efficacité avait baissé, par sélection de populations d'insectes résistants. Au cours de cet épisode, c'est la notion même d'environnement qui s'ancra peu à peu dans la réflexion, puisque la question soulevée était de déterminer si une technique bénéfique pour un usage précis ne pouvait pas se révéler néfaste si elle était généralisée sans précaution.

En octobre 2017, une étude allemande a montré que, dans des zones protégées, la population d'insectes volants d'Europe, toutes espèces confondues, a diminué de 75 % au cours des 27 dernières années. Cette diminution spectaculaire est corrélée avec la dégradation générale des ressources disponibles, par une intensification grandissante des pratiques agricoles (monocultures, homogénéité des paysages etc.). Mais elle est aussi corrélée avec l'utilisation d'une nouvelle catégorie d'insecticides, dits systémiques, apparue dans les années 1990, et massivement généralisée dans les années 2000, les néo-nicotinoïdes. Systémiques, car ils ne s'appliquent pas aux insectes directement, ils s'incorporent à la plante à partir de la graine et la rendent elle-même insecticide. L'efficacité est des milliers de fois plus grande que le DDT, si bien que de toutes petites quantités sont efficaces, et peuvent s'accumuler dans les sols.

Le récent rapport de l'IPBES (2019) évalue, en cas d'absence de pollinisation animale, à plusieurs centaines de milliards de dollars par an les pertes économiques pour les consommateurs et les agriculteurs. C'est le même ordre de grandeur que la contribution de la totalité de l'agriculture au PIB mondial... Sans compter que la réduction de ces populations animales affecte également les zones non-agricoles, par conséquent une grande partie des plantes sauvages à fleurs de la planète.

En guise de conclusion

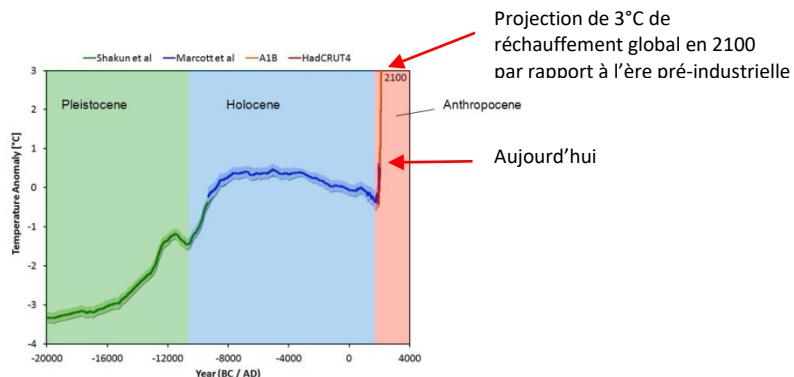
Nous n'avons abordé, dans cette introduction à l'Anthropocène, que des questions relatives à l'état des lieux du système-Terre, en insistant sur les effets de taille finie. Cet état des lieux est *le même pour tous*, quel que soit son domaine d'activité : scientifique ou littéraire, ingénieur ou avocat, économiste ou sociologue, médecin ou aide-soignant, aucune spécialité ne peut dorénavant ignorer l'ère nouvelle dans laquelle l'humanité est entrée. Les pistes de solution, en revanche, *dépendent de chaque secteur d'activité ou domaine de connaissance* – étant entendu que ces secteurs ou domaines ne peuvent souvent pas être considérés séparément les uns des autres. Le présent fil conducteur, qui tente d'organiser certains « incontournables », se situe par conséquent en amont de la réflexion sur les pistes de solution. Si la science ne peut indiquer ce qu'il convient de faire, elle peut dire ce que l'on *ne pourra pas faire*, s'il est vrai que rien de contraire aux lois de la physique n'adviendra jamais : ces lois ne se votent pas au Parlement.

Pour conclure, insistons sur quelques caractéristiques des évolutions présentes, que l'on ne retrouve pas dans le passé de l'humanité sur Terre.

La première concerne l'échelle de temps du changement climatique. La reconstruction des températures moyennes depuis la sortie du dernier âge glaciaire (pléistocène, de -20000 à -10000 avant notre ère) montre que les civilisations humaines se sont développées au cours d'une période où la température n'a pas varié de plus de 0,5 °C (holocène). La tendance de long terme était plutôt à

un refroidissement, après un maximum assez plat vers 5000 av. JC, mais les émissions croissantes de gaz à effet de serre d'origine anthropique ont renversé la tendance de façon totalement inédite.

Le réchauffement par rapport à la période pré-industrielle est aujourd’hui de 1°C, nous sommes engagés sur une trajectoire d’environ 3°C, et la rapidité de cette évolution n’a pas de précédent, même si la sortie de la dernière période glaciaire a pu s’accompagner d’événements brutaux à l’échelle géologique.



Global temperature variation since the last ice age 20,000 years ago, extended until 2100 for a medium emissions scenario with about 3 degrees of global warming. Graph: Joss Hagelaars, via RealClimate: <http://www.realclimate.org/index.php/archives/2013/09/paleoclimate-the-end-of-the-holocene/>

Fig. 4 : Variation de la température moyenne mondiale depuis le dernier âge glaciaire, étendue jusqu'à 2100 pour un scénario d'émissions conduisant à environ 3°C de réchauffement global. Graphique de Joss Hagelaars, via RealClimate.

Ainsi, le niveau des mers a augmenté d'environ 120 m en environ 12000 ans, ce qui représente une augmentation de 1 cm/an, alors que cette augmentation est estimée aujourd’hui à quelques mm/an. Le déversement de la Méditerranée dans la Mer Noire à travers le détroit des Dardanelles (profondeur moyenne de 55 m) a dû frapper les populations locales au point de fixer l'événement dans les mythes du Déluge, présent dans les cultures locales, et le déversement du lac glaciaire Agassiz dans la baie de Hudson a provoqué un refroidissement dans l'hémisphère Nord par modification de la circulation thermohaline. Ces phénomènes ont parfois dû provoquer des migrations d'une population qui, localement, était de l'ordre de quelques centaines de milliers d'individus au maximum. Au cours de l'Anthropocène, une augmentation du niveau des mers de quelques mètres affecterait des centaines de millions d'individus, contraints de quitter des littoraux devenus inhabitables pour se répartir sur des terres ... déjà occupées par d'autres.

La seconde caractéristique concerne l'irréversibilité de ces évolutions. Dans la mesure où la durée de vie de l'excédent de gaz carbonique dans l'atmosphère est de plusieurs milliers d'années, le changement climatique – qui dépend pour une part de ce que l'humanité va faire dans les prochaines décennies – doit être considéré comme irréversible. Du coup, les deux chantiers que sont, d'une part, les réductions des émissions et, d'autre part, l'adaptation au changement déjà joué compte tenu de nos émissions passées, doivent être traités de concert.

La troisième caractéristique concerne les réductions des émissions. Elles requièrent de substituer aux combustibles fossiles des sources non carbonées. Mais les systèmes énergétiques sont conçus pour une durée de vie qui se chiffre en décennies, et leur remplacement ne peut également se concevoir qu'à ces échelles de temps. Le parc nucléaire français de 63 GW, qui a bénéficié de conditions particulièrement favorables (volonté d'un Etat, standardisation de la mise en œuvre par un exploitant unique), a été installé en environ 3 décennies. Il est cependant difficile d'imaginer un pareil rythme de développement à l'échelle mondiale. Quant aux énergies renouvelables électrogènes, leur possibilité de déploiement massif en vue d'une décarbonation de l'électricité

butte sur leurs besoins en matériaux divers et sur leur intermittence, laquelle constitue un obstacle important en l'absence de technologies de stockage pour de grandes quantités d'énergie⁶.

L'énergie, on l'a vu, n'est pas un secteur comme un autre et, en particulier, il est erroné de mesurer son importance à sa contribution au PIB. En rester à cette conception, ce serait comme mesurer l'importance du sang ou du cerveau à leur poids relatif dans le corps. Vu l'importance des enjeux, l'énergie devrait dorénavant être considérée comme un *Commun* relevant de politiques publiques planificatrices.

⁶ La production mondiale d'électricité est aujourd'hui d'environ 25 000 TWh, dont, pour les sources décarbonées principales, 4 400 TWh d'hydroélectricité, 3 000 TWh de nucléaire et 2 100 TWh éolien+solaire PV. Les projections tenant compte des politiques déjà adoptées et mises en place conduisent à 40 000 TWh en 2040, dont la moitié produits par le charbon et le gaz et environ 15% par l'éolien et le solaire PV (source : Mémento sur l'énergie 2017, CEA).