

LA QUÊTE DU « CLOU D'OR » DE L'ANTHROPOCÈNE

1. Une nouvelle époque humaine, trop humaine

Il faut revenir 20 ans en arrière, s'enfermer dans une salle de réunion d'un hôtel mexicain, pour assister à « l'invention » de l'Anthropocène. Une cinquantaine de scientifiques est réunie pour discuter des orientations du Programme International Géosphère-Biosphère. Alors que les prises de paroles se succèdent, l'un des participants montre des signes d'impatience. Il s'agit du prix Nobel Paul Crutzen, décédé en janvier 2021.

Debout au bord du bateau, Jean-Philippe Jenny laisse la corde filer entre ses mains, en surveillant sa tension, tandis qu'elle disparaît dans les eaux du lac d'Annecy. Enfin, un choc lui indique que le carottier¹ s'est bien planté dans le fond du lac. Des gestes que le jeune géologue a répété des dizaines de fois dans la région, au Bourget, sur le Léman, à Aiguebelette ou à Annecy². Au pied des Alpes, ces lacs ravissent le citadin par leur rafraîchissant décor de reflets argentés, de reliefs boisés, surmontés de hauts sommets souvent enneigés. Pour le géologue et ses collègues du laboratoire CARTEL (INRAE/Université Savoie- Mont Blanc), ils racontent des millénaires de coévolution entre la nature et l'humain.

Aidé par Jean-Christophe Hustache, technicien habitué à barouder sur divers continents pour prêter main-forte aux chercheurs, Jean-Philippe Jenny entreprend de remonter la sonde³ en tirant sur la corde. « *Comme il n'y a pas de treuil sur ce bateau, on fait un peu de sport pour sortir le carottier* ». Quand le tube transparent d'environ un mètre apparaît sous la surface, le premier retient la corde pendant que le second plonge le bras dans l'eau pour boucher le tube. Pas question de perdre le moindre centimètre de cette boue remontée du fond qui est, pour tout géologue, un précieux enregistrement de l'histoire du lac et de son environnement.



J.-P. Jenny désigne la transition dans les sédiments entre deux périodes de l'histoire du lac

Photos : Lookatsciences/Universciences.

¹ Appareil muni d'un tube servant à prélever des carottes (échantillons cylindriques retirés de glaces ou du sol).

² Ces quatre lacs se situent au pied des Alpes françaises, sur leur flanc nord-ouest.

³ Appareil composé d'un poids attaché à une ligne, qui sert à reconnaître la profondeur de l'eau.

Prélèvement réussi. Les deux hommes posent dans le bateau une carotte sédimentaire bicolore. Même un béotien⁴ repère au premier coup d'œil ce changement de couleur : de gris moyen, la « boue » qui git sous plusieurs dizaines de mètres d'eau devient anthracite, presque noire. « *Cette ligne entre des sédiments clairs et des sédiments foncés, c'est un basculement entre deux époques, essentiellement lié à la densification de la population humaine aux environs du lac* », commente aussitôt Jean-Philippe Jenny. « C'est l'une des marques visibles de l'Anthropocène dans les eaux du lac d'Annecy ». Anthropocène. Le mot est lâché - ce qui n'est pas si fréquent dans la bouche d'un géologue. Mais de quoi s'agit-il ?

Il faut revenir 20 ans en arrière, traverser l'Atlantique, s'enfermer dans une salle de réunion de l'hôtel *Maximiliano y Carlotta*, aujourd'hui disparu, de la ville mexicaine de Cuernavaca, pour assister à « l'invention » de l'Anthropocène. Nous sommes le 26 février 2000. Une cinquantaine de scientifiques est réunie pour discuter des orientations du Programme International Géosphère-Biosphère (IGBP). Alors que les prises de parole se succèdent, l'un des participants montre des signes d'impatience. Il s'agit de Paul Crutzen, prix Nobel spécialiste de la chimie de l'atmosphère, décédé en janvier 2021. A plusieurs reprises, les intervenants font référence à l'Holocène, qui est officiellement l'époque dans laquelle nous vivons depuis la fin de la dernière période glaciaire, il y a 11'700 ans. Une période marquée par la stabilité du climat. Agacé, Crutzen finit par interrompre ses collègues. « *Arrêtez de parler de l'Holocène ! Nous ne sommes plus dans l'Holocène* ». Un silence interrogateur l'entoure. La sortie n'était pas préméditée et le géochimiste cherche rapidement la suite. « *Nous sommes maintenant dans l'Anthropocène* ».

Le préfixe grec *anthropo-* désigne l'être humain et le suffixe *-cène*, qui signifie « nouveau, récent », est utilisé pour former tous les noms des époques géologiques les plus récentes, comme l'Holocène. « Anthropocène » désigne donc une époque dans laquelle les humains sont devenus la première force de transformation. « *Les activités humaines sont devenues si omniprésentes et importantes qu'elles rivalisent avec les forces majeures de la nature et qu'elles emmènent la Terre vers une terra incognita⁵ planétaire* », déclarait déjà Crutzen en 1995, en recevant son prix Nobel de chimie. « *Le « trou » dans la couche d'ozone⁶ est un exemple dramatique d'une instabilité créée par l'humain qui s'est développée très loin des sources d'émissions des produits chimiques qui en sont responsables* » ajoutait-il encore.

« *Quand Paul Crutzen interrompt un collègue, on l'écoute, car il fait partie de ceux qui ont eu raison avant les autres* », analyse Jacques Grinevald, historien des sciences et des techniques, qui se passionne pour cet épisode de Cuernavaca. Les travaux du géochimiste sur la stratosphère⁷ ont contribué à faire prendre conscience de la destruction de la couche d'ozone, protection contre les UV essentielles à la vie terrestre. Le prix Nobel, qu'il partage avec le Mexicain Mario Molina et l'Américain Sherwood Rowland, récompense des travaux « *qui ont contribué à notre salut* », dicit le comité de Stockholm⁸. La signature du protocole de Montréal en 1987, qui bannit les produits destructeurs de la couche d'ozone, comme les gaz des aérosols et les gaz réfrigérants (CFC, HCFC), a permis de stopper les dégâts. Un exploit que les conférences sur le climat n'ont pas encore pu reproduire.

« *Le concept d'Anthropocène n'est pas né à Cuernavaca par hasard, les priorités de la recherche étaient en train de prendre un virage majeur* », poursuit Jacques Grinevald, professeur honoraire à l'Institut d'études internationales et du développement

⁴ Personne peu familière avec un domaine.

⁵ Territoire inconnu, qui n'a jamais été exploré par l'être humain.

⁶ Partie de la stratosphère (couche de l'atmosphère située entre 20 et 50 km d'altitude) contenant une quantité relativement élevée d'ozone qui absorbe une grande quantité des rayons ultraviolets (UV) provenant du soleil.

⁷ Couche de l'atmosphère située entre 10 et 50 km d'altitude, qui abrite la couche d'ozone.

⁸ Instance qui attribue le Prix Noble, récompense la plus prestigieuse en physique, chimie, médecine, littérature et contribution à la paix.

(IHEID) de Genève. Le programme a été lancé pour coordonner des recherches entre disciplines qui jusque-là travaillaient chacune de leur côté : géologie, océanographie⁹, chimie de l'atmosphère, biologie, écologie¹⁰ etc. « *Nous sommes alors en pleine prise de conscience que les questions posées à la science – comme le changement climatique – demande une vision globale de ce qui est désormais désigné comme le « système Terre »* », poursuit Grinevald. En consultant le compte-rendu de cette réunion, il a relevé que la proposition de passage à une nouvelle époque appelée Anthropocène est bien mentionnée mais sans citer l'auteur. Pour l'historien, c'est le signe que le groupe qui était présent à la réunion s'est approprié le terme.

Rapidement, il se diffuse dans la communauté scientifique. « *C'était comme une évidence* », se souvient le paléoclimatologue¹¹ Michel Magny (CNRS¹²), auteur du livre *Aux racines de l'Anthropocène* (2019). Il a participé aux groupes de travail de l'IGBP à la fin des années 80. « *Le mur de Berlin n'était pas encore tombé mais dans les conférences on rencontrait des collègues des pays de l'Est, et nous partagions le même constat d'un impact grandissant des humains sur l'environnement. Cela faisait consensus* ». Augmentation rapide de la population humaine au 20^{ème} siècle, développement de l'urbanisation, transformation de près de la moitié des terres émergées, explosion de la production de fertilisants¹³ pour l'agriculture, perte dramatique de biodiversité, émissions massives de gaz à effet de serre, etc. Paul Crutzen en listait les principaux éléments dans son article publié en 2002 dans *Nature*, l'une des deux revues scientifiques les plus lues dans le monde.

« *Quand vous avez un drapeau derrière lequel se rassembler, cela facilite la mise en réseau* », poursuit Michel Magny ; « *l'Anthropocène nommait des choses que nous savions, nous n'attendions que ce terme pour mettre sous une même bannière tout un tas de recherches qui étaient menées sur les impacts des activités humaines* ». Il a une telle « *puissance évocatrice* », relate Jacques Grinevald, que ce terme dépasse en quelques années les frontières des sciences naturelles pour gagner l'archéologie, l'histoire, la sociologie¹⁴, la philosophie¹⁵, les sciences politiques¹⁶, et même la création culturelle. A Berlin, voilà plus de dix ans que la Maison des Cultures du Monde (HKW) développe des projets autour de l'Anthropocène, associant le public, les scientifiques, les artistes. « *Ce n'est pas seulement un sujet* », explique le philosophe Bernd Scherer, directeur de la HKW. « *Nous essayons de développer un nouveau cadre de pensée et d'appréhension du monde, devenu indispensable* ».

Pourtant, 20 ans plus tard, nous sommes toujours officiellement dans l'Holocène. L'Anthropocène n'a pas été reconnue comme une nouvelle époque géologique. Aucune définition formelle et précise n'a été établie. « *La majorité des géologues s'occupe de l'histoire de la planète en tant qu'objet cosmique¹⁷, l'humain c'est « epsilon », quantité négligeable* », analyse Michel Magny, qui constate, comme beaucoup, que cette communauté a mis plusieurs années à s'emparer de la question.

Néanmoins, quelques spécimens n'ont pas craint de se lancer dans cette entreprise. A leur tête, un géologue britannique, Jan Zalasiewicz, de l'Université de Leicester, qui se souvient d'avoir lu l'article de Crutzen en 2002 et de s'être dit que « *c'était une excellente idée, tout à fait sensée* ». A ce moment-là, il est lui-même plongé dans l'écriture d'un livre intitulé *The Earth After*

⁹ Discipline scientifique qui étudie les mers et les océans, le milieu marin et les organismes qui y vivent.

¹⁰ Discipline scientifique qui étudie les écosystèmes, milieux où vivent les êtres vivants, ainsi que les rapports de ces êtres vivants entre eux et avec leur milieu (à ne pas confondre avec l'écologie politique).

¹¹ Chercheur en paléoclimatologie, discipline scientifique qui cherche à reconstituer les évolutions passées du climat.

¹² Le Centre national de recherche scientifique est le plus important organisme public de recherche scientifique français.

¹³ Production d'engrais chimiques pour augmenter la production d'une surface agricole.

¹⁴ Discipline scientifique qui étudie toutes les formes de sociétés, les rapports humains dans leur ensemble et à un haut degré de généralité.

¹⁵ Discipline scientifique visant à saisir les causes premières, la réalité absolue ainsi que les fondements des valeurs humaines, et envisageant les problèmes à leur plus haut degré de généralité.

¹⁶ Disciplines scientifiques qui étudient les phénomènes politiques, c'est-à-dire les modes d'organisation et d'exercice du pouvoir (gouvernement, État, armée, etc.) dans une société.

¹⁷ Objet qui se situe dans l'espace, planète

Us (2006) sur l'héritage que les humains laisseront dans les roches. Le point de départ est original : cent millions d'années après la disparition d'*Homo sapiens*, une autre espèce intelligente, peut-être extraterrestre, cherche les traces que de supposés occupants ont pu laisser dans les strates¹⁸ de la Terre. Ces explorateurs finissent par découvrir des preuves étonnantes, mettant au jour les dégâts causés par cette espèce disparue pourtant réputée civilisation avancée. Jan Zalasiewicz avait entamé la réflexion posée par Paul Crutzen : l'Anthropocène peut-elle être considérée comme une unité de temps géologique, définie par un marqueur spécifique identifiable dans les strates de la Terre ?

Pour y répondre, Jan Zalasiewicz s'est vu confier en 2009 la création d'un groupe de travail sur l'Anthropocène au sein de la Commission Internationale de Stratigraphie (ICS). Sous l'égide de l'Union internationale des sciences géologiques (IUGS), la commission fixe les ères, périodes, époques ou étages du calendrier des temps géologiques. Cette « charte stratigraphique internationale » est un peu à la géologie ce que le tableau de Mendeleïev est à la chimie. Un standard qui n'est modifié qu'avec prudence, à l'issue de plusieurs votes. Inscrire un nouveau nom au fronton du Panthéon¹⁹, ou attaquer le Cervin par la face Nord²⁰, ne semble pas plus téméraire.

« Il fallait quelqu'un d'audacieux et d'un peu farfelu comme Jan Zalasiewicz pour dire à ses collègues stratigraphes « prenons ça au sérieux », voyons si on peut faire de l'Anthropocène une unité de temps géologique », constate Jacques Grinevald ; « c'est une personne charismatique, il a su embarquer d'autres chercheurs ». Géologues comme son collègue Colin Waters, océanographes comme la Française Catherine Jeandel, archéologues, chimistes, historiens et philosophes des sciences comme Jacques Grinevald, géographes, paléobiologistes²¹ ou paléontologues... Et Paul Crutzen lui-même. Un groupe multidisciplinaire d'environ 35 scientifiques s'est constitué autour de Zalasiewicz.

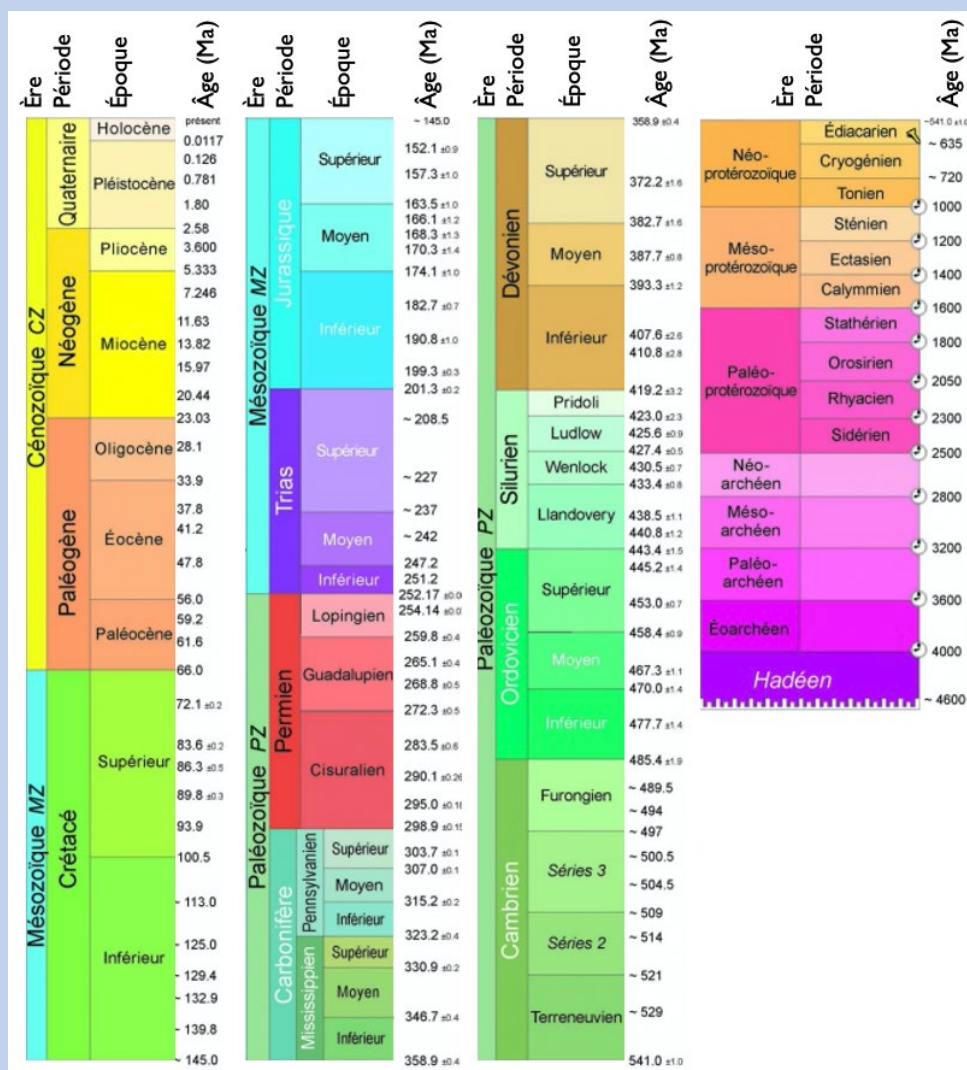
« Nous pensions qu'il y avait un nouveau type de géologie en train de se former qui méritait une reconnaissance formelle, mais c'était seulement une idée », explique aujourd'hui Jan Zalasiewicz. « Personne n'avait encore vraiment pensé l'Anthropocène comme un ensemble bien distinct de strates que les géologues seraient capables de séparer des autres strates, celles de l'Holocène et des époques précédentes », explique le Britannique. Le ton est calme, doux même, mais soutenu par un regard intense. « Nous devons vraiment revenir aux fondamentaux ; c'était un sacré boulot et toute une aventure ». Après plusieurs années de recherches dans toutes les directions, et de nombreuses publications, pour caractériser l'Anthropocène sous tous ses angles, le groupe a attaqué la partie la plus rude de l'ascension : proposer un marqueur stratigraphique définissant officiellement l'entrée dans l'Anthropocène, et donc la fin de l'Holocène, dans le calendrier géologique. Ce point de référence, ce « stratotype », qui marque le passage d'une époque à une autre, est parfois matérialisé par un gros clou doré planté dans la roche, à la limite entre deux étages géologiques. D'où son surnom de « clou d'or ». La quête du « clou d'or » de l'Anthropocène est en cours, dans les lacs, les océans, les grottes ou les glaces des pôles. Elle nous emmène dans une introspection de notre rapport à la planète avant de plonger dans ses strates [...].

¹⁸ Couches de roches homogènes disposées les unes sur les autres (avant parfois de subir des déformations), aussi appelées « couches géologiques ».

¹⁹ Dans l'Antiquité, temple consacré à tous les dieux.

²⁰ En alpinisme, face de la montagne mythique du Cervin la plus difficile à grimper.

²¹ Chercheurs en paléobiologie, discipline scientifique qui étudie l'évolution passée du vivant.



Extraits de la charte stratigraphique internationale

Source : Commission internationale de stratigraphie, Union internationale des sciences géologiques, 2016.

2. Le béton et les autres nouveaux ingrédients de la croûte terrestre

« Briques, asphalte, parpaings, acier et plastiques seront les marqueurs géologiques les plus évidents de notre époque d'ici plusieurs millions d'années ». Nos activités déplacent plus de sédiments à la surface du globe que l'action combinée des rivières, des fleuves, des glaciers, des mers et des vents. De quoi donner naissance à de nouvelles espèces minérales.

Playa cimentada. Plage cimentée. Le surnom de la plage de Tunelboka en Espagne annonce le programme de la promenade que propose le chercheur Alejandro Cearreta aux visiteurs curieux de comprendre ce qu'est l'Anthropocène - cette nouvelle période dans laquelle les activités humaines concurrencent les forces naturelles pour transformer la planète. A l'embouchure de la ria de Bilbao, là où les eaux qui traversent le grand port basque se jettent dans la mer, la côte porte la trace de l'histoire sidérurgique²² de la région, quand les Hauts Fourneaux de Biscaye était le fleuron de l'économie espagnole.



La plage de Tunelboka

Photo: Nikole Arrieta, UPV/EHU.

La plage est bordée de roches sombres, hautes de plusieurs mètres, parsemées çà et là de morceaux de briques, de canettes ou même de bouts de plastique. *« Ces roches se sont formées au 20^{ème} siècle à partir des scories²³ produites par les hauts fourneaux²⁴ qui fabriquaient l'acier »,* commente le géologue de l'Université du Pays Basque de Bilbao. Au plus fort de l'activité, de 1902 jusqu'au milieu des années 1960, 30 millions de tonnes de scories riches en oxydes de manganèse, silicium, calcium

²² Industrie métallurgique de production de fonte, de fer et d'acier.

²³ Déchets, résidus solides de l'industrie métallurgique.

²⁴ Installation industrielle visant à extraire et fondre les métaux à l'aide de charbon.

ou magnésium, ont été rejetées dans la ria de Bilbao. Une partie de ces déchets s'est déposée au fond de la mer, une autre partie, transportée par la houle²⁵ et les courants, s'est accumulée sur la côte, comme à Tunelboka, où ils se sont rapidement « cimentés », donnant cette roche dure et noire aux strates²⁶ horizontales. Derrière s'élève un mur de roches claires, dont les stries sont dressées vers le ciel. Ce lieu est pour Alejandro Cearreta ce qu'est le squelette d'un spécimen rare pour un paléontologue. Une précieuse évidence. « *Ici le contraste entre une géologie très ancienne et une géologie récente est très net*, explique le géologue. *Ces roches blanches et verticales se sont formées bien en dessous du niveau de la mer, il y a 35 millions d'années, à une époque appelée Eocène*²⁷. *Ces roches noires, bien que formées récemment à la surface, ne sont ni boueuses ni sableuses, elles sont bien lithifiées, transformées en roche. Et elles mesurent plus de 10 mètres de haut, une partie est cachée sous nos pieds* ».

En menant sa thèse sur les estuaires²⁸ de la côte nord de l'Espagne, Alejandro Cearreta s'est d'emblée familiarisé avec les impacts anthropiques²⁹ : « *Les métaux lourds*³⁰, *les contaminants organiques*³¹, *la destruction d'écosystèmes côtiers avec des constructions humaines, le changement climatique... Je travaillais sur l'Anthropocène sans avoir conscience du concept* ». Aussi, dès qu'il a eu vent de la création d'un groupe de travail sur l'Anthropocène au sein de la Commission internationale de Stratigraphie (ICS), il n'a pas hésité à contacter Jan Zalasiewicz. Il fait désormais partie de celles et ceux qui tentent avec lui de définir le « clou d'or » de l'Anthropocène.

Un « clou d'or » est un point de référence qui marque officiellement le début d'une unité de temps du calendrier géologique. Prenons la transition la plus célèbre, il y a 65 millions d'années, entre la période du Crétacé³² et celle du Tertiaire³³ [...], marquée par une grande crise biologique qui a eu la peau des dinosaures. Comment repérer cela dans les strates géologiques ? Impossible de se baser sur la présence ou l'absence des fossiles³⁴ de dinosaures : ils ne sont pas présents partout sur la planète. En revanche, la chute de la météorite, mise en cause dans cette crise, a laissé une trace dans les roches : une fine couche jaunâtre d'argiles riches en iridium, un composant abondant dans les météorites métalliques. Présente partout autour du globe, elle sert de marqueur. Et c'est le site d'El Kef, en Tunisie, qui a été choisi comme le point de référence de cet événement, ce qu'on appelle un « stratotype ». Il est également appelé « clou d'or », et représenté comme tel sur l'échelle stratigraphique³⁵, où chaque unité de temps géologique occupe une case colorée.

Ce n'est pas sur la côte de Biscaye que les géologues pourront planter le « clou d'or » de l'Anthropocène. Un « stratotype » doit répondre à une longue liste de critères exigeants, dont la durabilité à très (très) long terme fait partie. Or ces roches de Tunelboka sont soumises à l'érosion, l'océan les grignote, explique Alejandro Cearreta, et avec la montée du niveau des mers sous l'action du réchauffement climatique, elles ne seront peut-être plus visibles dans un siècle.

²⁵ Mouvements qui agitent l'eau d'un lac, d'une mer ou d'un océan.

²⁶ Couches de roches homogènes disposées les unes sur les autres (avant parfois de subir des déformations), aussi appelées « couches géologiques ».

²⁷ Époque géologique débutée il y a 56 millions d'années et terminée il y a 34 millions d'années.

²⁸ Partie terminale d'un fleuve avant qu'il ne se jette dans la mer, souvent en forme d'embouchure allant en s'élargissant.

²⁹ D'origine humaine.

³⁰ Catégorie de métaux toxiques pour les écosystèmes et l'être humain, en particulier s'ils se concentrent au fur et à mesure de leur progression dans la chaîne alimentaire.

³¹ Catégorie de molécules organiques toxiques pour les écosystèmes et l'être humain.

³² Période géologique débutée il y a 145 millions d'années et terminée il y a 66 millions d'années.

³³ Période géologique débutée il y a 65 millions d'années et terminée il y a 2,58 millions d'années.

³⁴ Transformation d'un organisme vivant (animal, plante, champignon, etc.) en fossile, c'est-à-dire en traces minérales conservées dans la roche par enfouissement, pétrification, carbonisation, etc.

³⁵ Système de classement chronologique utilisé, notamment en géologie, pour dater les événements survenus durant l'histoire de la Terre.

D'autres marques de l'empreinte humaine intéressent les géologues, sachant que près de 50% des terres émergées sont modifiées par notre présence avec l'urbanisation, la construction de routes, l'extraction minière³⁶, l'agriculture... Nos activités déplacent plus de sédiments à la surface du globe que l'action combinée des rivières, des fleuves, des glaciers, des mers et des vents. Les seules activités minières démenagent chaque année deux fois plus de matériaux que ce qui est transporté naturellement, tandis que les barrages retiennent des centaines de milliards de tonnes de sédiments qui ne peuvent s'écouler vers les océans.

Les humains s'ingénient à prélever, déplacer, ventiler ce qui existe. L'attrance pour les pierres précieuses a conduit à répartir sur Terre diamants, émeraudes, saphirs ou rubis. Aujourd'hui présents sur tous les continents, dans les collections de joaillerie, ils seront mélangés dans les futures strates géologiques alors que leurs sources naturelles sont éparées. Sans parler des métaux précieux, or et argent, largement déplacés de leurs sources d'origine.

Mais ce n'est pas tout. Nous créons aussi de nouvelles espèces minérales. « *Les humains sont les plus grands contributeurs à la diversité des minéraux sur Terre depuis deux milliards d'années* », résume Robert Hazen. Pour ce minéralogiste américain de la Carnegie Institution for Science (Washington DC), passionné par la diversité des minéraux, leur histoire et leur évolution, ce constat plaide en faveur d'un passage dans une nouvelle époque géologique.

Sur les 5'200 espèces minérales terrestres officiellement reconnues, Hazen en a identifié 208 qui doivent leur existence aux activités humaines. Or les deux tiers des minéraux connus se sont formés il y a entre 2,5 et 2,2 milliards d'années, au cours de la « grande oxygénation » : un épisode qui a vu croître la quantité d'oxygène dans l'atmosphère pendant environ 300 millions d'années. « *Il n'a fallu que 250 ans pour que les activités humaines créent plus de 200 nouvelles espèces minérales, et d'autres sont sans doute en train de se former ; c'est du jamais vu* », constate Robert Hazen. La « fiedlerite » est le produit de l'interaction des scories des hauts fourneaux et de l'eau de mer, découvert sur un ancien site sidérurgique en Grèce. « L'abhurite » se forme sur des épaves de navires transportant des objets en étain³⁷. Quant aux fines aiguilles des fleurs épineuses de la « métamunirite », elles sont observées dans les anciennes exploitations minières - première cause de création de ces nouveaux minéraux. « *Nous vivons à une époque de diversification inégalée des composés inorganiques*, analyse le minéralogiste³⁸, *et il y a tellement de choses que nous produisons qui ressemblent à des minéraux que nous avons vraiment changé l'horizon sédimentaire dans lequel nous vivons maintenant* ».

³⁶ Activité industrielle consistant à exploiter un terrain pour en extraire du matériel minéral (terre, roche, sable, etc.), dont on utilisera tout ou partie pour d'autres activités économiques (construction, électronique, agriculture, etc.).

³⁷ Métal blanc-gris très malléable, utilisé notamment pour la soudure et dans la vaisselle métallique.

³⁸ Chercheur en minéralogie, discipline scientifique qui étudie les minéraux constituant les matériaux de l'écorce terrestre.



De la fiedlerite (Grèce), de l'abhurite (Angleterre) et de la métamunirite (États-Unis)

Photos : RRUF.



Images du «plastiglomérat» de la plage de Kamilo (Hawaii, Etats-Unis)

Photos : Patricia Corcoran.

A ces espèces minérales induites involontairement par nos activités s'ajoutent en effet les minéraux que nous créons sciemment comme les briques, la porcelaine, les cristaux pour les lasers, des alliages pour des aimants... sans oublier le ciment³⁹. Quatre milliards de tonnes de ciment sont produites annuellement, et près de 30 milliards de tonnes de béton⁴⁰ consommées. Ces matières minérales seront préservées dans les strates géologiques comme une couche distincte, un marqueur de notre période, distribué sur tout le globe, pointe Robert Hazen. « *L'énorme volume de matériaux de construction que nous produisons – briques⁴¹, asphalte⁴², parpaings⁴³, béton, acier⁴⁴, pierres taillées, plastiques – seront les marqueurs géologiques les plus évidents de notre époque d'ici plusieurs millions d'années* ». Parfois, ces matériaux se mélangent pour en former de nouveaux, comme à Tunelboka, ou s'intègrent aux roches existantes.

³⁹ Matériau de construction sous forme de poudre, à base d'argile et de calcaire, qui, mélangée avec un liquide, forme une pâte liante qui durcit à l'air libre.

⁴⁰ Matériau de construction à base de ciment, renforcé de fibres, que l'on utilise dans la plupart des constructions actuelles.

⁴¹ Matériau de construction solide de petite taille, en terre argileuse cuite au four ou séchée au soleil.

⁴² Matériau couramment utilisé pour la construction de routes, résultat du mélange de gravier et de bitume (pétrole épais et visqueux).

⁴³ Matériau de construction solide de petite taille, en béton ou autre matériau de construction.

⁴⁴ Alliage métallique constitué principalement de fer et de carbone, couramment utilisé dans la construction de bâtiments, d'infrastructures et de véhicules, notamment.

Dans l'océan Pacifique, au sud-est de l'île d'Hawaii, les débris plastiques s'accumulent dans la végétation rase de la plage de Kamilo, sous l'effet des alizés⁴⁵ qui les poussent vers cette côte. Légers, des plastiques comme le polyéthylène ou le polypropylène flottent sur l'océan, font le tour de la Terre avec les vents, s'entassent dans les gyres – ces gigantesques tourbillons induits par les courants marins – ou s'échouent sur des rivages lointains.

Sur la plage de Kamilo ces débris plastiques s'agglomèrent avec des galets, du sable, des fragments de laves [...] et des débris de bois ou de coraux, pour donner naissance à un nouveau matériau que la sédimentologue⁴⁶ canadienne Patricia Corcoran a baptisé le « plastiglomérat » (*plastiglomérate*). Un matériau dur, résultat d'un agglomérat de matières minérales et de plastiques fondus, probablement à cause des feux de camps allumés par les visiteurs. Un matériau hautement anthropogénique⁴⁷, donc, résistant, très dense, « *qui a un bon potentiel pour être enterré, conservé et s'inscrire dans la composition des roches* » écrit la chercheuse de l'Université Western Ontario. Ils feront partie de la future lithosphère. Depuis la première observation à Kamilo en 2014, d'autres « plastiglomérats » ont été recensés, à Bali (Indonésie), en Californie (USA), sur l'île de Madère (Portugal) ou de Giglio (Italie). Ils se déclinent en « plasticroûte », quand la force des vagues dépose des revêtements plastiques sur les rochers, ou « pyroplastique », à base de plastiques brûlés.

Combien de temps ces plastiglomérats resteront-ils ainsi inclus dans la roche ? Il est encore trop tôt pour le savoir. Mais la pollution plastique est loin d'être révolue. Sur la plage de Kamilo, relate Patricia Corcoran, il semble y avoir en certains endroits plus de matière plastique que de sable. « *Le synthétique et l'organique sont si mélangés que leur séparation devient non seulement impraticable mais probablement impossible sans endommager davantage l'écosystème naturel* ».

Ainsi se dessine peu à peu la nouvelle géologie qu'étudie le groupe de travail sur l'Anthropocène. « *Nous avons accumulé les preuves que l'Anthropocène n'était pas seulement différent des milliers d'années précédentes de l'Holocène⁴⁸, mais qu'il s'en distinguait de façon très nette et très identifiable* », résume Jan Zalasiewicz [...].

⁴⁵ Vents réguliers des régions intertropicales.

⁴⁶ Chercheur en sédimentologie, discipline scientifique qui étudie les roches sédimentaires (résultat de la consolidation de sédiments généralement déposés sous formes de couches superposées).

⁴⁷ Produit par l'être humain.

⁴⁸ Époque géologique précédant l'Anthropocène, débutée il y a 12'000 ans avec la fin de la dernière grande glaciation.

3. Adieu le Dodo, vive le poulet

Les animaux laisseront aussi une trace géologique qui reflète notre influence sur la planète. Ceux qui disparaissent des strates⁴⁹, comme le dodo, ceux qui deviennent abondants et omniprésents, comme le poulet. Mais aussi ceux qui ont changé pour survivre à notre prédation⁵⁰ : éléphants nés sans défense ou poissons adultes devenus plus petits pour passer entre les mailles du filet. Les futurs paléontologues découvriront parmi les fossiles⁵¹ de brusques évolutions.

Il était une fois un oiseau de grande taille, au bec courbé, cousin géant du pigeon, qui vivait dans les forêts d'une île de l'océan Indien. Trop lourd pour voler, il fit la joie des premiers explorateurs européens de cette île, marins en quête d'aliments frais pour échapper au scorbut⁵². De leurs navires ont aussi débarqués cochons, chats ou singes, amateurs d'œufs ou d'oisillons. Avant que les naturalistes n'aient eu le temps d'étudier ce fascinant volatile, il avait disparu. Il fallut moins d'un siècle après sa première rencontre avec les voyageurs pour que le dodo, ou dronte de l'île Maurice, disparaisse, à la fin du 17^{ème} siècle. Aujourd'hui, les rares squelettes fossilisés de dodo présentés dans les musées sont les porte-drapeaux des espèces éteintes ou menacées d'extinction par notre faute.



A gauche, le dodo, désormais éteint, à droite le coq doré, ancêtre sauvage du poulet moderne

Images : McGill Library (à gauche) / Domaine public (à droite).

Une fois informé de notre part de responsabilité dans la disparition rapide du dodo [...], le visiteur contrit ira peut-être déguster un poulet rôti ou avaler des nuggets en sortant du musée. En se disant que cet animal-là, au moins, n'est pas menacé.

⁴⁹ Couches de roches homogènes disposées les unes sur les autres (avant parfois de subir des déformations), aussi appelées « couches géologiques ».

⁵⁰ Animal qui se nourrit ou se développe au détriment d'un autre.

⁵¹ Transformation d'un organisme vivant (animal, plante, champignon, etc.) en fossile, c'est-à-dire en traces minérales conservées dans la roche par enfouissement, pétrification, carbonisation, etc.

⁵² Maladie due à l'insuffisance de vitamine C dans l'alimentation et caractérisée par des hémorragies et l'amaigrissement.

Cependant, l'histoire du coq doré asiatique devenu le prolifique poulet domestique *Gallus gallus domesticus* est tout aussi emblématique de l'action des humains sur la biodiversité de la planète. Prédation, domestication⁵³, homogénéisation, invasions se combinent pour donner à la faune de l'Anthropocène des caractéristiques qui la distingueront, une fois fossilisée, des strates précédentes.

Le dodo est emblématique de la « super-prédation » exercée par les humains sur la faune sauvage. Le chercheur canadien Chris Darimont, de l'Université de Victoria (Canada), a documenté cette forte pression exercée par la chasse et la pêche, qui non seulement réduit les populations sauvages existantes, au risque de les voir disparaître, mais accélère aussi leur évolution, en fragilisant leur maintien. « *Les organismes ciblés par la chasse sont ceux qui changent le plus vite dans le monde sauvage, probablement parce que nous prélevons de grandes proportions de leurs populations et de préférence les plus gros, alors que les prédateurs sauvages chassent plutôt les plus petits individus* », précise Chris Darimont dans ses publications. Taille adulte plus petite, âge de reproduction plus précoce : ces caractéristiques changent 300% plus vite sous la pression de la prédation humaine. Une espèce victime de surpêche comme le cabillaud de l'Atlantique en porte les stigmates : la taille moyenne des adultes a diminué de 20% en 30 ans. Les adultes les plus petits échappent aux mailles des filets, se reproduisent davantage, et les individus à croissance lente deviennent donc plus nombreux.

Sur la terre ferme, les futurs paléontologues qui étudieront les fossiles des éléphants africains observeront une évolution brutale dans les ossements mis au jour. Rares, les squelettes d'éléphants dépourvus de leurs fameuses défenses d'ivoire deviennent soudain nombreux, voire majoritaires. En Afrique du Sud, dans le parc Addo où la chasse fut intense au 19^{ème} siècle, plus de 95% des femelles actuelles n'ont pas de défenses. Dans le parc de Gorongosa, au Mozambique, quinze ans de guerre civile ont eu la peau de 90% des éléphants, dont l'ivoire a financé l'achat des armes. Aujourd'hui près d'une jeune femelle sur trois, nées depuis la fin de la guerre en 1992, n'a pas de défenses. La proportion n'est que de 3% dans le parc national Kruger au Kenya, où la chasse est interdite. Dans cette société matriarcale⁵⁴, de longues défenses assurent aux éléphantesses une position dominante dans la horde et des chances accrues de se reproduire. Mais sous l'effet de l'énorme et brutale pression de sélection qu'est la chasse pour l'ivoire, l'avantage est devenu danger, et les chances de survie et de reproduction ont augmenté pour les éléphants sans défense.

L'alerte sur une sixième extinction en cours est lancée. Les cinq précédentes ont eu lieu au cours des 570 millions d'années écoulées et servent à marquer de grandes étapes dans l'histoire de la Terre. Ainsi 76% des espèces ont disparu il y a 65 millions d'années, à la fin du Crétacé⁵⁵, qui n'a pas vu s'éteindre que les dinosaures. « *Ce qui est fantastique avec la géologie, c'est que vous pouvez, grâce au registre fossile, examiner les grandes étapes de l'évolution de la vie sur Terre* », s'enthousiasme Mark Williams, de l'Université de Leicester, membre du groupe de travail sur l'Anthropocène, créé au sein de la Commission internationale de stratigraphie.

« *On peut observer des événements très positifs, comme l'explosion de la diversité au Cambrien⁵⁶ il y a environ 550 millions d'années, ou des catastrophes, comme avec la quasi-disparition du vivant il y a 252 millions d'années* ». Dans ce cas, les animaux ou les végétaux fossilisés disparaissent des strates et de nouveaux spécimens apparaissent quelques strates plus tard. Géologue du « temps profond » (*deep time*), habitué à travailler sur des roches vieilles de 400 à 500 millions d'années, Mark

⁵³ Apprivoiser et maîtriser une autre espèce vivante dans le but de l'utiliser.

⁵⁴ Société dans laquelle les femmes ont un rôle décisionnel prépondérant.

⁵⁵ Période géologique débutée il y a 145 millions d'années et terminée il y a 66 millions d'années.

⁵⁶ Période géologique débutée il y a 550 millions d'années et terminée il y a 485 millions d'années.

Williams a recentré son travail sur la période récente. « *Connaître ce qui est advenu dans le passé nous aide à mesurer ce qui se passe aujourd'hui. Ce que j'ai rapidement réalisé, c'est que le degré de changement de la biosphère en cours est à ranger dans la catégorie des calamités* ». Cette fois-ci, ni météorite ni cataclysme volcanique. La cause de la crise biologique s'appelle *Homo sapiens*.

Dans les couloirs du département de géologie de l'Université de Leicester, près de la machine à café, la haute silhouette de Mark Williams se penche avec animation vers celle, plus menue, de Jan Zalasiewicz. Il lui relate le récent exposé de l'archéologue Richard Thomas sur l'histoire du poulet domestique, qui l'a tout à la fois électrisé et atterré, tant il en dit long sur notre rapport au vivant. De cafés en discussions, Williams convainc ses collègues de publier une étude. « *Nous vivons sur la planète des poulets* », résumant ces chercheurs. Près de 23 milliards de poulets vivent sur la planète⁵⁷, élevés pour notre consommation. Leur masse est trois fois supérieure à celle de tous les oiseaux sauvages. En une année, ce sont plus de 65 milliards de carcasses qui sont jetées.

« *Ce que la sélection et l'élevage ont fait du poulet est à la fois éloquent et terrifiant* », relate Mark Williams. Domesticqué il y a au moins 8'000 ans en Asie à partir du coq doré, le gallinacé⁵⁸ a ensuite suivi les populations humaines dans leur migration. En comparant les squelettes et fossiles de poulet à travers les âges, les chercheurs ont pu constater que la morphologie de l'oiseau domestiqué a peu changé jusqu'au début du 20^{ème} siècle. Mais à partir des années 1950 le changement accélère, jusqu'à aboutir au poulet actuel : un volatile qui grossit trois fois plus vite que son ancêtre sauvage et qui est jusqu'à cinq fois plus gros qu'en 1950. Son squelette est plus grand, sa composition osseuse reflète un régime alimentaire homogénéisé, puisque l'oiseau omnivore a été transformé en mangeur de céréales. Ce poulet à croissance accélérée vit 5 à 6 semaines, généralement dans de vastes hangars vivement éclairés par des néons, avant d'être abattu. Quatre ou cinq semaines de plus et il risque de mourir de détresse respiratoire ou cardiaque, son cœur ne supportant plus sa masse. À cause de cette croissance rapide, les os sont moins denses et souvent déformés.

Voilà ce qui a consterné Mark Williams, mais qui l'a convaincu aussi de l'intérêt du poulet domestique comme marqueur biostratigraphique de l'Anthropocène. Abondants, omniprésents, les os de poulets seront enregistrés dans les sédiments, explique le géologue. « *Les conditions idéales de fossilisation dont rêve tout géologue, c'est qu'une carcasse soit nettoyée dans la partie calme d'un plan d'eau et qu'elle soit rapidement recouverte de sédiments. Étant donné le nombre de poulets mangés sur Terre, cela a bien dû se produire. Cependant, la plupart des carcasses de poulets terminent enfouies ou entassées dans des décharges. Donc c'est plus probablement là, notamment dans les sites d'enfouissements des ordures ménagères, qu'on retrouvera les os de poulets* ». Dans les sédiments, les os de poulets de l'Anthropocène seraient reconnaissables par leur distribution sur la planète, leur composition, leur densité plus faible, la fréquence importante de problèmes osseux, résume Mark Williams.

Le succès du poulet fait aussi de lui l'animal domestique le plus transporté à travers le monde. Il ne voyage jamais seul : les porte-conteneurs⁵⁹ embarquent involontairement d'autres passagers. 10'000 espèces ont ainsi été transportées autour du globe dans les ballasts des navires, ces réservoirs d'eau de mer remplis ou vidangés selon les besoins de la navigation. Déplacées de leur région d'origine vers un autre lieu, certaines espèces y prolifèrent, au détriment des indigènes. Avec la

⁵⁷ Soit quatre fois plus que d'êtres humains.

⁵⁸ Ordre d'oiseaux comprenant entre autres les dindes, les poules, les pintades, les cailles et les faisans.

⁵⁹ Navires qui transportent plusieurs milliers de conteneurs, caissons métalliques destinés au transport de marchandises.

domestication, et la prédation, les espèces invasives représentent l'autre grand mécanisme par lequel nos activités réduisent la biodiversité.

La baie de San Francisco est emblématique de ce phénomène et c'est un site où pourrait se planter le « clou d'or » de l'Anthropocène. C'est l'un des candidats actuellement étudiés par le groupe de travail de Jan Zalasiewicz et Colin Waters – ce dernier a succédé à son collègue à la tête du groupe en 2019 pour superviser les recherches stratigraphiques. « *Cette baie est l'un des écosystèmes⁶⁰ aquatiques les plus envahis de la planète* », explique Colin Waters. San Francisco abrite le plus grand port sur le Pacifique de la toute la côte ouest américaine et c'est l'un des premiers qui s'est développé, dès le début du 19^{ème} siècle. « *234 espèces invasives ont été recensées dans cet estuaire⁶¹ et elles représentent 99% de la biomasse⁶² de la baie* ». Près de la moitié de ces espèces invasives – poissons, crustacés, mollusques ou végétaux – est arrivée depuis les années 1960.

Tombé dans la « marmite » de l'Anthropocène à l'université de Leicester en suivant un séminaire de Jan Zalasiewicz, Stephen Himson boucle sa thèse de géologie sur de minuscules « envahisseurs » de l'estuaire californien. Les foraminifères, organismes microscopiques, colonisent les eaux salées du globe depuis 500 millions d'années, sous tous les climats et toutes les latitudes. Ils sont à la base de la chaîne alimentaire océanique, nourrissant des crevettes qui engraisent à leur tour des poissons. Les foraminifères entourent leur cellule d'une coquille riche en calcite⁶³ qui facilite la fossilisation et en font l'allié des géologues. « *Leur abondance est aussi un atout*, explique le doctorant, *il y en a des milliers au mètre carré et ils sont donc largement présents dans les sédiments, alors que de gros animaux comme les poissons sont plus clairsemés dans le registre fossile* ». Stephen Himson a réalisé ses propres carottages⁶⁴ dans la baie de San Francisco en 2019. « *On dispose des sédiments des époques précédentes, sur les 2,5 millions d'années du Quaternaire⁶⁵, et on peut donc retracer l'évolution avant l'influence humaine* ». Le foraminifère *Trochammina hadai*, originaire du Japon, est arrivé dans la baie californienne en 1983. Aujourd'hui cette espèce représente plus de 77% de tous les foraminifères présents dans les sédiments. Son arrivée a mis fin à la domination d'une espèce indigène (*Elphidium excavatum*) qui durait depuis... 125'000 ans. Elle ne pèse plus que 19% des spécimens de foraminifères. Un virage brutal. « *Peu d'espèces sont capables de s'adapter partout, à des climats ou des milieux différents. Donc celles qui y parviennent sont les plus opportunistes, les plus adaptables ; elles peuvent devenir invasives dans plein d'endroits différents* ». Au détriment de la diversité du vivant.

⁶⁰ Ensemble formé par une communauté d'êtres vivants (animaux, plantes, champignons, bactéries) en interaction avec son environnement non vivant.

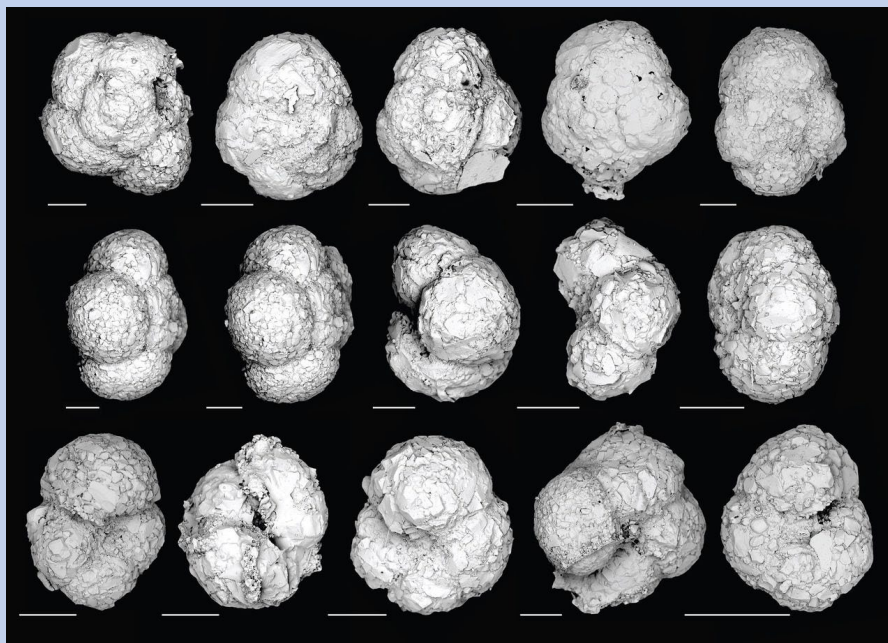
⁶¹ Partie terminale d'un fleuve avant qu'il ne se jette dans la mer, souvent en forme d'embouchure allant en s'élargissant.

⁶² Quantité totale d'organismes vivants (animaux, plantes, champignons et bactéries) qui peuplent un écosystème.

⁶³ Minéral composé de carbonate de calcium CaCO₃.

⁶⁴ Utilisation d'un appareil muni d'un tube servant à prélever des carottes (échantillons cylindriques retirés de glaces ou du sol).

⁶⁵ Période géologique débutée il y a 2.58 millions d'années et se poursuivant jusqu'à aujourd'hui.



Des foraminifères (ici, *Trochammina hadai*) vus au microscope électronique

Image : Stephen Himson, Université de Leicester.

Ces espèces invasives pourraient fournir un signal global de l'Anthropocène, estime Stephen Himson. « *Ce signal est déjà présent dans toute l'Amérique du Nord, et un travail est en cours pour montrer que c'est global* ». La baie de Beppu au sud du Japon est également examinée comme candidat potentiel au « clou d'or ».

Notre impact sur la biosphère⁶⁶ a une telle ampleur qu'il pourrait, d'ici quelques siècles, amener les géologues à modifier encore plus profondément le calendrier des temps géologiques, soulignent Jan Zalasiewicz et Colin Waters. Aujourd'hui, il est envisagé de faire succéder l'Anthropocène à l'Holocène⁶⁷, époques qui resteraient au sein de la période du Quaternaire. Mais si la sixième extinction suit les prévisions actuelles, soit 75% d'espèces rayées de la Terre dans quelques siècles, il faudrait remettre en question cette hiérarchie, estiment ces chercheurs. De grandes tranches de l'histoire de la Terre, comme le Silurien, le Carbonifère ou le Jurassique⁶⁸, ont justement été définies sur la base d'extinctions massives. Prendre la mesure de l'Anthropocène est aussi une question de temps.

⁶⁶ Ensemble des tous les écosystèmes, de tous les êtres vivants et des lieux avec lesquelles ils interagissent.

⁶⁷ Époque géologique précédant l'Anthropocène, débutée il y a 12'000 ans avec la fin de la dernière grande glaciation.

⁶⁸ Période géologique débutée il y a 201 millions d'années et terminée il y a 145 millions d'années.

Alors, ce fameux « clou d'or » du début de l'anthropocène, on le met où ? Quand l'homme a-t-il vraiment commencé à transformer la planète d'un point de vue géologique ? Des résultats suggèrent un démarrage bien antérieur à la Révolution industrielle⁶⁹.

Sur la route qui le ramène vers son laboratoire, entre le lac d'Annecy, où il vient de prélever des sédiments, et celui du Bourget⁷⁰, le géologue Jean-Philippe Jenny jette un œil aux voiles des kitesurfs qui colorent la surface de l'eau. Le jeune chercheur songe à sa prochaine sortie sur l'eau. Il se félicite de vivre dans une région où les lacs baignent les reliefs montagneux, et où l'urbanisation semble vite céder le pas à la nature. Pourtant, il sait que ces chemins, ces forêts, ces rives, font partie d'un monde profondément transformé par les activités humaines. Et depuis longtemps. Il le lit dans les carottes⁷¹ prélevées au fond des lacs.

*« On peut dire que l'Anthropocène a commencé dans la dernière partie du 18^{ème} siècle, époque dont les analyses de l'air emprisonné dans les glaces polaires montrent qu'elle a connu une augmentation des concentrations de dioxyde de carbone et de méthane⁷² à l'échelle du globe », écrit le Prix Nobel Paul Crutzen en 2002, au moment où il lance le concept d'Anthropocène. « Cette période coïncide aussi avec l'invention de la machine à vapeur de James Watt en 1784 », poursuit-il dans son fameux article *Geology of Mankind* publié dans la revue scientifique Nature. Toutes les unités du calendrier géologique – ère, période, époque ou étage – sont définies par leur base, autrement dit leur commencement, et se termine avec la définition de la base de l'unité suivante. Ainsi l'époque de l'Holocène⁷³ commence avec la fin du dernier épisode glaciaire et la remontée des températures. Elle succède – et met fin – au Pléistocène⁷⁴.*

Depuis quand l'humain est-il une force géologique majeure sur la planète ? Pour définir sa base et planter le « clou d'or » de l'Anthropocène, il faut décider d'une date de début. *« L'invention de la machine à vapeur elle-même est une date historique, pas un marqueur géologique », tempère le géologue Colin Waters, qui pilote les recherches stratigraphiques sur l'Anthropocène. Restent les effets de la Révolution industrielle, permise par l'émergence des machines et du moteur, qui a marqué un tournant dans l'exploitation des ressources de la planète et dans nos capacités à la transformer.*

Mais est-ce vraiment le bon point de départ ? Ne faut-il pas remonter plus loin dans le temps ? Jean-Philippe Jenny, comme beaucoup d'autres chercheurs, est confronté à cette question. Équipé d'une blouse et de lunettes de protection, il entreprend de découper à la scie le carottier⁷⁵ de plastique qu'il a calé sur la paillasse du laboratoire CARTEL (INRAE / Université Savoie Mont Blanc). *« Les sédiments, ce n'est pas une boue informe, ce sont des couches successives, insiste Jean-Philippe Jenny. Chaque année il y a une couche qui vient se superposer à la précédente pour former au cours du temps cette accumulation.*

⁶⁹ Passage de sociétés dominées par l'agriculture à une société dominée par la production industrielle à l'aide de combustibles fossiles (charbon, pétrole et gaz naturel).

⁷⁰ Ces deux lacs se situent au pied des Alpes françaises, à moins de 100 km au sud de Genève.

⁷¹ Échantillons cylindriques retirés de glaces ou du sol à l'aide d'un appareil muni d'un tube.

⁷² Le dioxyde de carbone CO₂ et le méthane CH₄ sont les deux principaux gaz à effet de serre (qui entraînent le réchauffement planétaire) liés aux activités humaines.

⁷³ Époque géologique précédant l'Anthropocène, débutée il y a 12'000 ans avec la fin de la dernière grande glaciation.

⁷⁴ Époque géologique précédant l'Holocène, débutée il y a 2,58 millions d'années et terminée il y a 12'000 ans avec la fin de la dernière grande glaciation.

⁷⁵ Appareil muni d'un tube servant à prélever des carottes (échantillons cylindriques retirés de glaces ou du sol).

Quand on va analyser ces strates⁷⁶ on va reconstituer l'histoire du lac et de son bassin versant⁷⁷, autrement dit de tous les espaces traversés par les eaux qui viennent se jeter dans le lac ».



J.-P. Jenny analyse ses carottes de sédiments du lac d'Annecy pour reconstituer son histoire

Photo : Lookatsciences/Universciences.

Une fois le tube transparent coupé dans le sens de la longueur, le chercheur sépare les deux morceaux à l'aide d'une plaque de métal. Tâche délicate. Il ne faut pas brouiller l'agencement des strates. En collaboration avec d'autres chercheurs européens et canadiens, Jean-Philippe Jenny a ainsi reconstitué l'histoire de 632 lacs dans le monde sur 12'000 ans. Pour plus d'un tiers de ces lacs, les taux de sédimentation accélèrent il y a 4'000 ans, ce qui signifie qu'il y a eu plus de matière charriée par les eaux, et donc une érosion accrue des sols. L'analyse des pollens contenus dans les carottes révèle une diminution du pollen des arbres. La déforestation en serait la cause, les habitants installés sur les rives de ces lacs défrichant⁷⁸ la terre pour la cultiver. *« L'impact du développement des sociétés humaines commence à se voir il y a plusieurs milliers d'années, avec la sédentarisation⁷⁹ et l'agriculture, analyse Jean-Philippe Jenny. Ce signal nous le voyons pour l'instant surtout dans les lacs de l'hémisphère nord, en Europe et en Amérique du Nord et il faudrait davantage d'échantillons en Asie ou en Afrique ».*

Ces résultats suggèrent un démarrage de l'Anthropocène bien antérieur à la Révolution industrielle. *« Le signal fort et clair que nous voyons est lié à l'agriculture, et au fur et à mesure que l'agriculture se diffuse, l'impact environnemental est de plus en*

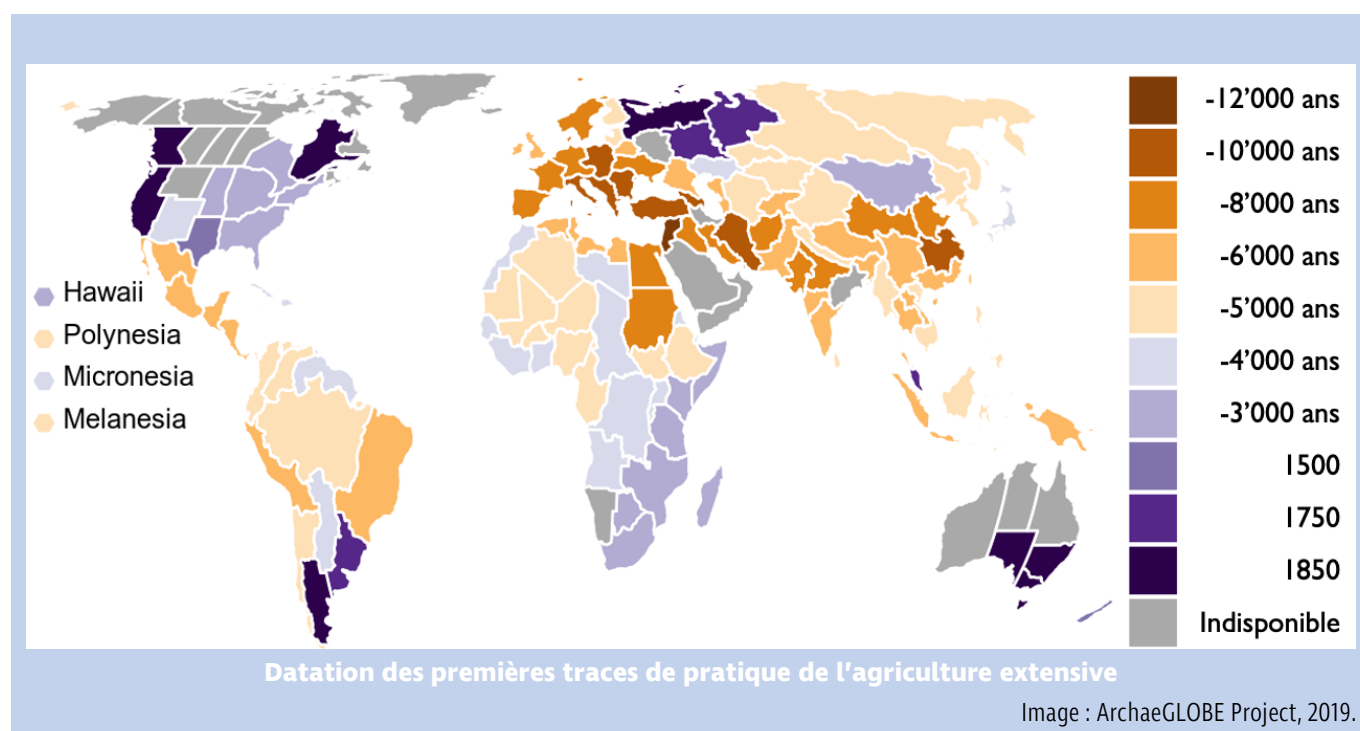
⁷⁶ Couches de roches homogènes disposées les unes sur les autres (avant parfois de subir des déformations), aussi appelées « couches géologiques ».

⁷⁷ Espace d'où proviennent les eaux (pluie, fonte des neiges, etc.) qui se concentrent ensuite dans un cours d'eau, un lac, une mer, etc. Exemples : le bassin versant du Rhône, le bassin versant de la Mer Morte.

⁷⁸ Destruction d'une forêt pour la remplacer par autre chose (cultures, pâturages, infrastructures, etc.).

⁷⁹ Établissement permanent d'une population auparavant nomade dans un lieu fixe.

plus clair : les humains déforestent, remodelent les paysages avec le feu, l'élevage, l'irrigation⁸⁰, et ce processus est très clair dès le milieu de l'Holocène », explique Nicole Boivin, directrice du département d'archéologie de l'Institut Max Planck pour la science de l'histoire humaine (Iéna, Allemagne). Elle coordonne une plateforme collaborative d'un genre nouveau, le projet ArchaeoGLOBE, qui sollicite des centaines d'archéologues à travers le monde pour mettre leurs données en commun, et construire une vision plus globale et plus complète de l'impact des activités humaines dans le passé. C'est ainsi qu'en 2018 ArchaeoGLOBE a publié une évaluation de l'usage des sols depuis le début de l'Holocène jusqu'à 1850, dans 146 régions du monde, sur tous les continents. Cette vaste enquête montrait que l'usage extensif⁸¹ des terres commence à se voir il y a 6'000 ans, s'étend progressivement, puis accélère au cours des deux derniers millénaires.



Le paléoclimatologue⁸² américain William Ruddiman est convaincu que les humains n'ont pas commencé à réchauffer le climat avec la Révolution industrielle, mais bien avec les débuts de l'agriculture. Il appuie son hypothèse sur une anomalie observée dans les carottes de glaces polaires, qui piègent les gaz atmosphériques : les taux de méthane et de CO₂ augmentent dans l'atmosphère il y a 5'000 ans, contrairement aux cycles interglaciaires⁸³ précédents. Pour Ruddiman, cela coïncide avec le développement de l'agriculture et l'expansion de la riziculture⁸⁴ en Asie, dont les parcelles inondées émettent beaucoup de méthane. Des études paléoclimatiques semblent corroborer l'impact de la riziculture sur la quantité de méthane atmosphérique. En revanche la hausse du CO₂ pourrait aussi avoir des causes naturelles. La population humaine était-elle assez importante il y a 5'000 ans pour que ses émissions gaz à effet de serre modifient la trajectoire climatique de la planète ? L'hypothèse est très discutée.

⁸⁰ Apport artificiel d'eau à des cultures, en complément des précipitations ou autres types d'apports préexistants.

⁸¹ Type d'agriculture qui cherche à augmenter la production en agrandissant les surfaces cultivées (généralement au détriment de la forêt).

⁸² Chercheur en paléoclimatologie, discipline scientifique qui cherche à reconstituer les évolutions passées du climat.

⁸³ Période relativement chaude séparant deux glaciations, à l'image que celle que nous vivons depuis quelque 12'000 ans.

⁸⁴ Modèle agricole qui repose principalement sur la culture et la consommation du riz.

Les glaces polaires ont enregistré une autre anomalie qui attire l'attention des chercheurs. Dans les carottes forées en Antarctique, la concentration de CO₂ atmosphérique chute autour de 1610. Sur les deux derniers millénaires, c'est le seul événement qui rompt la ligne globalement monotone de l'évolution du taux CO₂, avant qu'elle prenne un virage ascendant à partir du 19^{ème} siècle. Le climatologue⁸⁵ Mark Maslin et l'écologue⁸⁶ Simon Lewis estiment que les causes de cette chute sont bel et bien anthropiques⁸⁷, liées aux activités humaines. Elles remonteraient à 1492, lorsque Christophe Colomb met le pied dans les Caraïbes et ouvre la voie à la conquête des Amériques. Une « *conquista* » qui s'est faite au prix d'une hécatombe. « *Sur une population mondiale de quelque 500 millions d'humains à la fin du 15^{ème} siècle, on estime qu'il y a entre 50 et 60 millions d'habitants dans le Nouveau Monde*⁸⁸ », détaille Michel Magny, qui a retracé cet épisode dans son livre *Aux racines de l'Anthropocène*. « *En 1650, il ne reste que 6 millions d'habitants en Amérique, à cause des maladies apportées par les Européens, mais aussi des mauvais traitements, de l'esclavage, des guerres, de la famine* ». Soit une perte de près de 10% de la population mondiale. Ce dépeuplement provoque le recul de l'agriculture en Amérique et, avec l'abandon des terres, 50 millions d'hectares de forêt se régénèrent. Elles absorbent de grandes quantités de dioxyde de carbone CO₂ pendant plusieurs décennies, ce qui coïncide avec la chute observée autour de 1610. « *Cela montre que l'Anthropocène n'est pas seulement une agression de l'environnement, mais aussi des sociétés* », observe Michel Magny.

Voilà qui offrirait un « clou d'or » pour un début de l'Anthropocène, estiment les Britanniques Lewis et Maslin. Surtout que la baisse brutale de CO₂ atmosphérique, qui est enregistrée globalement, peut être corrélée à d'autres traces laissées par la conquête du Nouveau Monde. Les premières routes commerciales reliant quatre continents – Asie, Afrique, Europe et Amérique – sont créées. Humains, bêtes et plantes sont transportés d'une rive à l'autre. Le maïs, la pomme de terre ou le manioc quittent l'Amérique pour les autres continents ; le sucre de canne et le blé arrivent du Vieux Monde pour coloniser le Nouveau ; le cheval, le bœuf, le cochon et le mouton s'installent aussi aux Amériques. « L'échange colombien⁸⁹ » réorganise la vie à grande échelle. Les pollens de maïs font ainsi leur première apparition dans les sédiments marins européens en 1600, puis en Asie. Dans l'autre sens, la banane, domestiquée⁹⁰ en Asie, s'implante en Amérique au 16^{ème} siècle. Grâce aux phytolithes, de microscopiques cailloux de silice⁹¹ produits par les plantes, on peut détecter sa présence en fouillant le sol latino-américain.

L'impact de notre présence sur la Terre est ancien. « *En revenant aux origines de tout cela, on comprend que ce n'est pas seulement l'environnement qui s'est transformé sous l'impact des sociétés humaines, mais que les sociétés se sont modifiées en même temps qu'elles modifiaient leur environnement* », analyse Michel Magny. Mais à partir de quel moment peut-on dire que les activités humaines sont une force MAJEURE de changement, qui concurrence les forces naturelles ?

« *Derrière le terme Anthropocène, il y a cette notion cruciale que l'activité humaine est un nouveau forçage géologique*⁹² », insiste l'océanographe Catherine Jeandel (CNRS⁹³), membre du groupe de travail sur l'Anthropocène au sein de la Commission

⁸⁵ Chercheur en climatologie, discipline scientifique qui étudie le fonctionnement du climat.

⁸⁶ Chercheur en écologie, discipline scientifique qui étudie les écosystèmes, c'est-à-dire les interactions entre espèces vivantes et entre ces espèces et leur milieu.

⁸⁷ D'origine humaine.

⁸⁸ Expression d'origine européenne qualifiant les Amériques, cherchant à opposer l'Ancien ou le Vieux Monde connu par les Européens avant les « grandes découvertes » des 15^e et 16^e siècles (Europe, Afrique et Asie).

⁸⁹ Circulation accélérée de plantes et d'animaux utilisés en agriculture suite à la colonisation européenne des Amériques.

⁹⁰ Apprivoiser et maîtriser une autre espèce vivante dans le but de l'utiliser.

⁹¹ Molécule de dioxyde de silicium SiO₂, très répandue sur terre et qui entre dans la composition de nombreux minéraux.

⁹² Changement important dans le fonctionnement de la planète.

⁹³ Le Centre national de recherche scientifique est le plus important organisme public de recherche scientifique français.

de stratigraphie (ICS). Dans les océans qu'elle sillonne pour ses missions océanographiques, Catherine Jeandel liste trois « forçages » anthropiques⁹⁴ à l'œuvre : le réchauffement, l'acidification⁹⁵ (avec une quantité accrue de CO₂ absorbée) et la pollution (plastiques, métaux, fertilisants⁹⁶, etc.). « *On parle d'une force comparable au forçage naturel qu'est par exemple l'évolution des continents, avec la tectonique des plaques, ou l'inclinaison de l'axe de la Terre ou sa distance par rapport au Soleil, ou d'autres systèmes qui ont conditionnés les climats terrestres* ».

Dans son travail sur les lacs, Jean-Philippe Jenny est confronté à différents « Anthropocènes » possibles. Sur la carotte sédimentaire⁹⁷ sortie du lac d'Annecy, désormais coupée en deux, posée sur la paillasse du laboratoire, les stries se succèdent et dessinent cette transition nette, ce passage des sédiments anciens gris souris aux sédiments récents plus foncés, presque noirs. « *À un moment donné, l'oxygène disponible dans la colonne d'eau⁹⁸ s'est mis à diminuer et a provoqué un bouleversement dans le lac qui a permis aux hydroxydes de fer⁹⁹ de donner cette couleur foncée aux sédiments* », explique le géologue. La cause ? « *L'augmentation de la densité de la population¹⁰⁰ humaine sur le bassin versant, puis l'intensification de l'agriculture* ». Les eaux usées des villes riches en phosphates, les rejets agricoles riches en nitrates¹⁰¹, sont autant de fertilisants¹⁰² qui ont dopé la croissance des organismes vivants dans le lac, augmentant leur consommation d'oxygène. Jusqu'à atteindre un point de rupture dans l'écosystème du lac, trop appauvri en oxygène.

« *Nos lacs périalpins¹⁰³ sont naturellement bien oxygénés*, poursuit Jean-Philippe Jenny, *donc si on étudie une carotte plus longue, d'une vingtaine de mètres, on s'aperçoit que pendant tout l'Holocène, sur les dix derniers milliers d'années, les conditions d'oxygénation étaient bonnes. C'est seulement en 1933 pour le lac du Bourget, en 1950 dans le Léman, et 1952 à Annecy, qu'on a un changement majeur, cette rupture liée au manque d'oxygénation. Comme on retrouve ce marqueur sur de nombreux lacs dans le monde, ça pourrait être une piste pour un Anthropocène relativement récent* », ajoute-t-il.

Le milieu du 20^{ème} siècle, marqué par l'expansion économique des Trente Glorieuses¹⁰⁴, serait-il ce point de bascule marquant l'entrée dans une nouvelle période ? Ou bien faut-il privilégier une date plus ancienne, tenant compte de l'histoire humaine sur un temps long ? « *Un concept comme l'Anthropocène nous aide à structurer notre vision du monde et la place de l'Homme dans notre système Terre* », conclut Jean-Philippe Jenny. « *C'est très important de considérer que l'être humain a mis son empreinte et a commencé à changer ce système depuis des milliers d'années. Cependant, si on veut respecter des critères très rigoureux, des critères sédimentologiques¹⁰⁵, cette fois-ci le choix se resserre au profit d'une date de départ plus récente de l'Anthropocène* ». Plus encore que la révolution industrielle, c'est le milieu du vingtième siècle qui semble offrir une date

⁹⁴ D'origine humaine.

⁹⁵ Diminution du pH de l'eau des océans suite à l'absorption de CO₂ atmosphérique.

⁹⁶ Production d'engrais chimiques pour augmenter la production d'une surface agricole.

⁹⁷ Échantillons cylindriques retirés de glaces ou du sol à l'aide d'un appareil muni d'un tube.

⁹⁸ Volume d'eau situé entre le fond et la surface, au-dessus d'un périmètre délimité.

⁹⁹ Résultat de l'oxydation d'atomes de fer, qui peut apparaître sous forme de rouille sur certains métaux.

¹⁰⁰ Nombre d'habitant sur une surface donnée, en général 1 km².

¹⁰¹ Les phosphates (qui contiennent du phosphore) et les nitrates (qui contiennent de l'azote) sont deux molécules qui sont responsables de la pollution des eaux et plus particulièrement de la croissance excessive de plantes et d'algues de surface, au détriment des organismes présents initialement.

¹⁰² Engrais utilisé en agriculture pour augmenter la production sur une surface donnée.

¹⁰³ Ensemble de lacs situés au pied des Alpes, résultat généralement de l'érosion par les glaciers lors de la dernière grande glaciation.

¹⁰⁴ Période de développement économique rapide et de forte augmentation du niveau de vie dans la plupart des pays historiquement industrialisés entre 1945 et 1973.

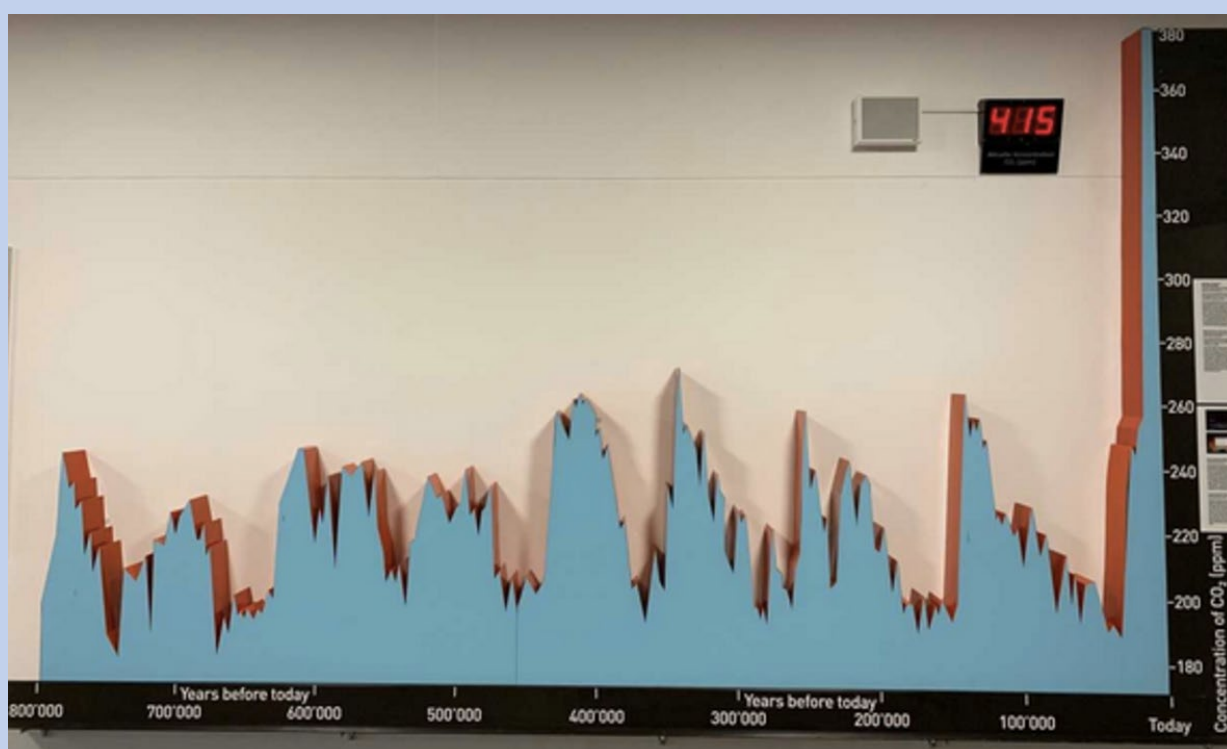
¹⁰⁵ Liés à l'accumulation et à la consolidation de sédiments le plus souvent déposés en couches superposées.

possible pour faire démarrer l'Anthropocène géologique. Il faut cependant oublier la « gloire » des années de croissance au profit d'un autre concept : la « Grande accélération ».

5. La « Grande accélération », c'est où ?

L'augmentation du taux de CO₂¹⁰⁶ dans l'atmosphère est notable dès le 19^{ème} siècle, mais décolle vraiment dans les années 1950, « à tel point qu'il faut remonter plusieurs millions d'années pour trouver la même composition atmosphérique ». La date du début de l'Anthropocène se précise donc. Encore faut-il placer son « clou d'or », l'incarnation stratigraphique¹⁰⁷ de cette époque. La mer Baltique¹⁰⁸ et ses microplastiques¹⁰⁹ font partie des favoris.

Une étrange ligne de crête surlignée de rouge se dessine dans le hall de la Faculté des Sciences de Berne. Des montagnes bleues aux arêtes abruptes, hérissées de sommets pointus, se déploient le long d'un mur, sur plusieurs mètres. 800'000 ans de variations du taux de CO₂ dans l'atmosphère terrestre sont représentées en un graphique géant, en relief. Soudain, la ligne rouge n'oscille plus mais se met à grimper presque droit, traçant comme la paroi infranchissable d'une montagne dont on ne voit pas le sommet, écrasant tout le reste. Le tracé devrait crever le plafond du couloir pour atteindre le niveau actuel de CO₂ dans l'atmosphère : 415 ppm (parties par million¹¹⁰). Pendant près de 800'000 ans aucun pic n'avait dépassé les 300 ppm.



Évolution des concentrations atmosphériques de CO₂ (le niveau de 2021 est affiché en rouge)

Photo : Physique du climat et de l'environnement, Institut de Physique, Université de Berne.

De nombreuses courbes se superposent à celle du taux de CO₂ au 20^{ème} siècle avec le même profil : émissions de méthane, température de surface, acidification des océans¹¹¹, ou encore croissance de la population, consommation d'énergie, d'eau,

¹⁰⁶ Le dioxyde de carbone CO₂ et, avec le méthane CH₄, l'un des deux principaux gaz à effet de serre (qui entraînent le réchauffement planétaire) liés aux activités humaines.

¹⁰⁷ Inscription dans les couches de roches sédimentaires.

¹⁰⁸ Mer du Nord de l'Europe reliée à l'océan Atlantique et située entre la Scandinavie, la Pologne et les pays baltes (Lettonie, Lituanie et Estonie).

¹⁰⁹ Particules de plastique de diamètre inférieur à 5 mm. Issus de la décomposition de morceaux de plastiques plus grands ou directement fabriqué sous cette forme par l'industrie (par exemple cosmétique).

¹¹⁰ Unité de mesure correspondant à un millionième (10⁻⁶) d'une masse (par exemple 1 mg/kg).

¹¹¹ Diminution du pH de l'eau des océans suite à l'absorption de CO₂ atmosphérique

construction de grands barrages, utilisation de fertilisants¹¹² en agriculture, tonnes de poissons pêchés... Toujours ce tracé brutalement ascendant à partir du milieu du 20^{ème} siècle, à partir des années 1950-1960. Les chiffres de la démographie sont éloquentes : nous étions 1,6 milliard d'humains sur Terre en 1900, trois milliards en 1960, le double en 2000, presque huit milliards aujourd'hui.

« *Quand nous avons commencé à travailler sur l'Anthropocène, on ne pouvait pas écarter l'hypothèse qu'il s'agisse simplement d'une douce gradation depuis le tout début de l'influence des activités humaines jusqu'à aujourd'hui* », se souvient Jan Zalasiewicz, sans jamais se départir de son calme.

Ce géologue britannique a créé en 2009 le groupe de travail qui réfléchit actuellement à la définition de l'Anthropocène comme unité de temps géologique, au sein de la Commission internationale de stratigraphie (ICS). « *Au cours de ces recherches, je crois que ce qui nous a le plus surpris c'est de voir qu'il y avait une distinction nette, tranchée, un peu moins d'un siècle auparavant. C'est aux alentours de 1950 que l'on voit le plus nettement la différence entre l'Holocène¹¹³, une époque relativement stable sur des milliers d'années, et une époque beaucoup plus variable et produisant une géologie substantiellement différente* ».

L'augmentation du taux de CO₂ dans l'atmosphère, par exemple, est notable dès le 19^{ème} siècle, mais décolle vraiment à partir des années 1950, « *à tel point qu'il faut remonter plusieurs millions d'années en arrière pour trouver la même composition atmosphérique¹¹⁴ qu'aujourd'hui* » poursuit le géologue. « *Donc forcément cela aboutira à des changements climatiques sur une autre échelle que celle de l'Holocène* ». Qu'il s'agisse du climat ou des changements biologiques, tous ces éléments ont des racines dans l'histoire ancienne, « *mais tout converge dans ce que l'on a appelé la « Grande accélération » du milieu du 20^{ème} siècle. Cela, nous ne l'avons vraiment réalisé qu'au bout de 5 à 6 ans de travail* ».

Le groupe de travail rassemblé autour de Jan Zalasiewicz et Colin Waters a donc décidé que la « Grande accélération » marquerait le début de l'Anthropocène comme unité de temps géologique. Un choix validé par un vote au sein du groupe en mai 2019, avec 29 voix pour sur 33. Même si les humains ont commencé à modifier les sols et les paysages il y a plusieurs milliers d'années avec l'agriculture et la domestication¹¹⁵, c'était un processus graduel, qui a mis des milliers d'années à se diffuser sur tous les continents. Même la révolution industrielle n'a pas touché les deux hémisphères en même temps. A partir des années 50, agriculture extensive¹¹⁶, industrialisation, croissance démographique, mobilisation des ressources, tout devient global, et à vitesse accélérée. Pour autant, ce vote a fait des déçus, notamment chez les archéologues.

« *Le débat sur le démarrage de l'Anthropocène peut exister dans d'autres disciplines, mais pas en géologie* », tranche Alejandro Cearreta (Université du Pays basque, Bilbao), qui fait partie des votants. « *En histoire ou en archéologie, il est possible d'avoir des sociétés qui coexistent avec des niveaux de développement différents. En géologie, c'est impossible, on ne peut pas avoir*

¹¹² Production d'engrais chimiques pour augmenter la production d'une surface agricole.

¹¹³ Époque géologique précédant l'Anthropocène, débutée il y a 12'000 ans avec la fin de la dernière grande glaciation.

¹¹⁴ Composition chimique de l'atmosphère, enveloppe gazeuse de 700 km d'épaisseur qui entoure la Terre.

¹¹⁵ Apprivoiser et maîtriser une autre espèce vivante dans le but de l'utiliser.

¹¹⁶ Par opposition à l'agriculture intensive qui cherche à augmenter la production sur une surface donnée, l'agriculture extensive cherche à augmenter la surface cultivée ou pâturée dans le but d'augmenter la production agricole.

une partie de la planète au Crétacé¹¹⁷ et une autre au Jurassique¹¹⁸ ou au Cambrien¹¹⁹. Le début d'une unité de temps géologique est forcément global et synchrone¹²⁰ à l'échelle de la planète ».

Une fois le démarrage choisi, il faut se concentrer sur ce qui est conservé dans les archives terrestres pour trouver le marqueur primaire ; celui qui permettra d'établir le point de référence mondial, le « stratotype », notre fameux « clou d'or » de l'Anthropocène. Ce ne sont pas les preuves et les marques de notre empreinte sur la planète qui manquent : « *Nous sommes comme des gamins dans une boutique de bonbons* », ironise Jan Zalasiewicz. Cependant un « clou d'or » doit répondre à un cahier des charges précis et exigeant :

- Primo, il faut d'abord choisir un marqueur présent partout sur le globe et de façon synchrone, comme la couche d'iridium¹²¹ laissée dans les roches par la météorite tenue responsable de la fin des dinosaures.
- Secundo, de même qu'une frise chronologique¹²² doit être complète, ce marqueur doit se trouver dans une succession de couches déposées année après année sans interruption, de manière continue. Pas question d'avoir un enregistrement « à trous », ou des « pages » manquantes dans les archives.
- Tertio, il doit être pérenne¹²³ et accessible, afin de pouvoir être réétudié, y compris par de futures et lointaines générations de stratigraphes.

« *Vous devez réunir tous ces critères pour sélectionner le meilleur site candidat pour devenir le « clou d'or* », résume Colin Waters, philosophe. *C'est un processus long et coûteux qui prend souvent plusieurs années de recherches* ». Alors pourquoi ne pas se contenter du succès rencontré par le terme Anthropocène ? Pourquoi ne pas se satisfaire de l'usage d'un terme puissant déjà très répandu ?

« *Aujourd'hui il y a des milliers de publications avec le mot clef « Anthropocène* », mais quand on lit on réalise que, selon la discipline ou les auteurs, ce n'est pas la même définition, relève Alejandro Cearreta. *Pour nous il est important de le définir comme concept géologique [...]* ».

Le paléoclimatologue¹²⁴ Michel Magny, qui préfère se focaliser sur le concept que sur sa formalisation géologique, admet que ce travail donne néanmoins un aspect officiel qui permet de poser le problème de façon plus formelle face aux décideurs politiques ou économiques. « *Ce travail stratigraphique est nécessaire pour que les recherches pionnières et audacieuses que nous avons menées ces dernières années prennent tout leur sens* », conclut Jan Zalasiewicz.

Bref, le jeu en vaut la chandelle. Même s'il peut dérouter. Quand il a été sollicité par Colin Waters pour contribuer à cette quête singulière, Jérôme Kaiser a été un peu surpris. Néanmoins, ce géologue et sédimentologue¹²⁵ marin a été séduit par la perspective de sensibiliser le public à l'impact de l'être humain sur l'environnement. Les résultats de ces recherches seront en effet diffusés auprès du grand public par la Maison des Cultures du Monde (HKW) de Berlin, qui organise des événements

¹¹⁷ Période géologique débutée il y a 145 millions d'années et terminée il y a 66 millions d'années.

¹¹⁸ Période géologique débutée il y a 201 millions d'années et terminée il y a 145 millions d'années.

¹¹⁹ Période géologique débutée il y a 550 millions d'années et terminée il y a 485 millions d'années.

¹²⁰ Qui apparaît ou se déroule au même moment.

¹²¹ Élément chimique métallique.

¹²² Système de classement chronologique utilisé, notamment en géologie, pour dater les événements survenus dans le passé.

¹²³ Permanent, qui dure dans le temps.

¹²⁴ Chercheur en paléoclimatologie, discipline scientifique qui cherche à reconstituer les évolutions passées du climat.

¹²⁵ Chercheur en sédimentologie, discipline scientifique qui étudie les roches sédimentaires (résultat de la consolidation de sédiments généralement déposés sous formes de couches superposées).

depuis une dizaine d'années avec le groupe de Zalasiewicz. A tel point que c'est cette institution culturelle allemande, et non une organisation scientifique, qui a trouvé le financement nécessaire à cette quête du « clou d'or » – une première pour tout le monde.

Et si Jérôme Kaiser s'est trouvé embarqué dans cette aventure, ce n'est pas seulement parce qu'il est d'un naturel enthousiaste, mais parce qu'il étudie des sédiments aux qualités particulières. Il a quitté les rives du Léman pour celles de la Baltique, dont il aperçoit l'étendue depuis son bureau de l'Institut Leibniz d'études de la mer Baltique (IOW) installé à Warnemünde, la station balnéaire de Rostock au nord de l'Allemagne. « *C'est une mer presque fermée, peu profonde, relativement petite par rapport à son bassin versant¹²⁶ qui héberge 85 millions d'habitants, détaille Jérôme Kaiser ; par conséquent, elle est très sensible à son environnement* ».

Pas moins de neuf pays bordent la Baltique – dont la Suède, le Danemark, la Finlande, ou l'Allemagne – et 200 rivières y amènent eau douce et sédiments, chariant¹²⁷ tout ce que l'occupation humaine peut produire. « *La pression anthropique¹²⁸ y est très forte* ». Avantage majeur pour un spécialiste des sédiments marins : « *on a des taux de sédimentation¹²⁹ qui sont relativement élevés, si on compare à une mer ouverte comme la partie la plus profonde de la Méditerranée ou même l'océan Atlantique, où il se dépose quelques millimètres en mille an. Ici nous avons des taux de l'ordre d'un demi-centimètre par année* ». Un luxe permis par des apports massifs de sédiments, une production importante de phytoplancton¹³⁰ dans les eaux et des conditions atypiques : en dessous de 80 mètres, dans les bassins les plus profonds de la Baltique, les eaux sont anoxiques, privées d'oxygène. Il n'y a donc pas de vie, pas d'organismes qui viennent perturber le dépôt des sédiments. Des conditions idéales pour la formation des strates¹³¹. « *Ensuite on peut échantillonner les carottes¹³² avec une résolution¹³³ temporelle élevée et c'est un atout quand on travaille justement sur les périodes récentes, comme les 50 ou 100 dernières années* », conclut le chercheur suisse.

Sur cette période récente, la mer Baltique a enregistré les effets de la « Grande accélération ». Les carottes prélevées dans les bassins profonds révèlent cette transition du gris vers le noir (comme dans le lac d'Annecy). Spécialiste de l'analyse des lipides¹³⁴ issus des micro-algues, Jérôme Kaiser voit leur concentration augmenter à partir des années 1950-1960, lorsque l'usage des engrais devient intensif dans l'agriculture. La quantité de fertilisants azotés¹³⁵ déversés dans les champs a augmenté de 800% entre 1960 et 2000 au niveau mondial. Drainés dans les rivières puis les lacs ou les mers, ces nutriments dopent notamment la production des algues. C'est l'un des marqueurs de l'Anthropocène visibles dans les sédiments de la Baltique, mais beaucoup d'autres sont analysés : les radionucléides¹³⁶, les cendres volantes issues de la combustion du pétrole ou du charbon, les métaux

¹²⁶ Espace d'où proviennent les eaux (pluie, fonte des neiges, etc.) qui se concentrent ensuite dans un cours d'eau, un lac, une mer, etc. Exemples : le bassin versant du Rhône, le bassin versant de la Mer Morte.

¹²⁷ Transporter, déplacer.

¹²⁸ D'origine humaine.

¹²⁹ Quantité de sédiments qui se dépose durant une période de temps donnée, par exemple une année.

¹³⁰ Organismes végétaux qui, avec le zooplancton animal, forment le plancton, c'est-à-dire l'ensemble des organismes vivants de petite taille qui flotte à la surface de l'eau.

¹³¹ Couches de roches homogènes disposées les unes sur les autres (avant parfois de subir des déformations), aussi appelées « couches géologiques ».

¹³² Échantillons cylindriques retirés de glaces ou du sol à l'aide d'un appareil muni d'un tube.

¹³³ Niveau de détail.

¹³⁴ Molécules qui forment la matière grasse des êtres vivants.

¹³⁵ Engrais utilisé pour augmenter la production de cultures végétales au m².

¹³⁶ Variant instable d'un atome pouvant émettre un rayonnement radioactif en se décomposant.

lourds¹³⁷ comme le plomb, les polluants organiques persistants¹³⁸, etc. « *Nous avons l'habitude de mener ces analyses, mais rarement toutes à la fois sur une même carotte* », détaille Jérôme Kaiser.



Carottage en mer Baltique et analyse de microplastiques à l'Institut IOW

Photos : IOW / S. Kube.

En revanche, il est un élément emblématique de l'Anthropocène et de la « Grande accélération » qui a jusqu'à présent rarement été étudié dans les sédiments, ce sont les plastiques, ou plutôt les microplastiques. A l'IOW, cette tâche nouvelle incombe à Juliana Ivar do Sul. « *Pendant plus de dix ans j'ai travaillé sur les microplastiques avec un regard environnemental, pour quantifier les microplastiques présents dans le sable des plages ou dans l'eau... mais jamais avec un point de vue géologique, en les utilisant comme marqueurs* », relate l'océanographe¹³⁹ brésilienne. « *Les plastiques ont été conçus pour être solides et durables et pour cette raison, lorsqu'ils finissent par se déposer dans les couches sédimentaires, ils ont le potentiel d'être conservés dans les archives géologiques. Nous rejetons délibérément des marqueurs* », conclut-elle, amère.

Depuis ses débuts, à la fin du 19^{ème} siècle, jusqu'au milieu du 20^{ème}, la production de plastiques a stagné, atteignant moins de deux millions de tonnes par an en 1950. 70 ans plus tard, nous produisons 400 millions de tonnes par an, dont 36% à usage unique pour l'emballage, sans que cette croissance exponentielle ne s'infléchisse. Les microplastiques, inférieurs à 5 millimètres, sont issus de la dégradation des plastiques rejetés dans l'environnement, du lavage des textiles synthétiques qui libèrent des fibres, ou de l'usage des cosmétiques. Ils sont omniprésents. « *Je me considère comme une source de contamination potentielle de mes propres échantillons parce que je porte du plastique !* s'exclame Juliana Ivar do Sul en pointant son gilet en matière polaire. *Heureusement j'ai un T-shirt en coton en dessous pour travailler au labo. Et ces masques jetables qu'on doit porter à cause du Covid-19... Je surveille tout en laboratoire, car je pourrais apporter une quantité de plastiques plus importante que ce qu'il y a dans les sédiments* ».

¹³⁷ Catégorie de métaux toxiques pour les écosystèmes et l'être humain, en particulier s'ils se concentrent au fur et à mesure de leur progression dans la chaîne alimentaire.

¹³⁸ Molécules toxiques résistantes aux dégradations biologiques qui peuvent se concentrer au fur et à mesure de leur progression dans la chaîne alimentaire.

¹³⁹ Chercheuse en océanographie, discipline scientifique qui étudie les mers et les océans, le milieu marin et les organismes qui y vivent.

Installée sous une hotte aspirante, elle analyse les échantillons de la carotte qu'elle a patiemment découpée avec Jérôme Kaiser. Premier objectif : identifier les microplastiques dans les sédiments en les séparant du reste de la matière organique. Ensuite les quantifier, et enfin, si possible, déterminer quels types de plastiques ont été déposés tout au long de la carotte de sédiments, à quelle période. Une analyse inédite, qui pourrait permettre d'identifier précisément les strates de l'Anthropocène. « *Une fois confrontée à ce concept, j'ai fondamentalement changé toutes mes recherches, parce que j'ai pensé que ce serait vraiment quelque chose d'important, et en tant que scientifique on veut faire des choses significatives pour notre communauté ou pour la société* », confie Juliana Ivar do Sul.

Pouvoir faire des microplastiques des marqueurs géologiques, c'est aussi révéler que nos efforts actuels pour recycler et réduire l'usage des plastiques sont très loin d'être suffisants. « *La géologie s'occupe du passé, pas du futur, mais là nous regardons le passé, le présent et le futur*, poursuit la chercheuse. *Les plastiques sont potentiellement un bon marqueur pour l'Anthropocène, mais nous devons réduire leur usage, pour l'avenir* ». Elle imagine – rêve ? – d'une strate future post-Anthropocène débarrassée des plastiques.

Le marqueur choisi pour définir le début d'une unité de temps géologique doit exister au même moment sur toute la planète. Or il est plus facile de trouver un tel événement quand on regarde loin en arrière. Mais une grotte italienne pourrait bien aider notre groupe de travail sur l'Anthropocène pour placer son « clou d'or ».

[...] Le géologue Jan Zalasiewicz est l'auteur d'un livre dans lequel il imagine qu'une espèce intelligente découvre la preuve irréfutable de notre existence sur Terre, longtemps après la disparition de l'humanité. Pour ce point de départ imaginaire [...], Zalasiewicz se projette dans 100 millions d'années – échelle classique en géologie. Un confortable recul dont ne dispose pas le groupe de travail sur l'Anthropocène qui cherche à définir cette nouvelle époque géologique dont l'humain est la force principale de transformation. Sous la houlette de Colin Waters et Jan Zalasiewicz, les chercheurs travaillent sur une échelle de temps très courte. Pas même un siècle les sépare du début de cette nouvelle époque dont ils veulent définir le « clou d'or », le point de référence enregistré dans les strates¹⁴⁰ de la planète.

« Les enregistrements géologiques sont très très lents, en particulier dans les océans où il ne se dépose que quelques millimètres de sédiments en mille ans, rappelle l'océanographe¹⁴¹ Catherine Jeandel (CNRS¹⁴²), membre de ce groupe de travail. Alors évidemment, parler d'une nouvelle époque qui a commencé il y a 70 ans, avec la « Grande accélération », c'est provocateur et certains disent qu'il faut attendre ».

Une partie des géologues est effectivement critique voire sceptique, questionnant la validité d'un travail stratigraphique pour une période si proche. Peut-on faire de la géologie au présent ?

« Je crois que c'est là que se place le débat aujourd'hui dans la communauté des géosciences¹⁴³ », analyse Hélène Tissoux, du Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM, France). « Pour établir les cartes géologiques, je suis amenée à cartographier¹⁴⁴ des dépôts anthropiques¹⁴⁵, comme des sous-sols urbains ou des terrains pouvant être modifiés par l'être humain sur plusieurs mètres ou dizaines de mètres d'épaisseur. Plusieurs disciplines, comme la géochimie, explorent les dépôts récents, la pollution des sols par exemple. Cependant en stratigraphie c'est différent, on étudie la succession des strates, ou couches géologiques. A-t-on le recul suffisant pour parler de dépôts géologiques de l'Anthropocène ? Peut-on déjà affirmer que dans des millions d'années les dépôts liés à l'époque actuelle existeront toujours ? ».

C'est bien la démonstration que veulent apporter les membres du groupe de travail sur l'Anthropocène, en menant des analyses rigoureuses dans une douzaine de sites dans le monde, en quête de l'empilement de strates idéal, ou presque, pour abriter le marqueur de l'Anthropocène, le signe visible partout autour du globe d'un changement de nature dans les couches géologiques.

Ces analyses sont menées dans les sédiments de la mer Baltique¹⁴⁶ ou de la baie de San Francisco, mais aussi dans une carotte¹⁴⁷ de glace en Antarctique, dans des lacs au Canada ou en Chine, des dépôts de tourbe¹⁴⁸ en Pologne, des récifs coralliens

¹⁴⁰ Couches de roches homogènes disposées les unes sur les autres (avant parfois de subir des déformations), aussi appelées « couches géologiques ».

¹⁴¹ Chercheuse en océanographie, discipline scientifique qui étudie les mers et les océans, le milieu marin et les organismes qui y vivent.

¹⁴² Le Centre national de recherche scientifique est le plus important organisme public de recherche scientifique français.

¹⁴³ Ensemble des disciplines scientifiques qui contribuent à la connaissance de la Terre.

¹⁴⁴ Représenter des données sous forme de cartes.

¹⁴⁵ D'origine humaine.

¹⁴⁶ Mer du Nord de l'Europe reliée à l'océan Atlantique et située entre la Scandinavie, la Pologne et les pays baltes (Lettonie, Lituanie et Estonie).

¹⁴⁷ Échantillons cylindriques retirés de glaces ou du sol à l'aide d'un appareil muni d'un tube.

¹⁴⁸ Matière constituée par l'accumulation dans un milieu humide et sur le temps long de matière organique morte.

- c'est la première fois que des organismes vivants sont étudiés dans le cadre d'une recherche stratigraphique - ou dans une grotte en Italie. Des sites adaptés à cette géologie récente.

Quand il est descendu pour la première fois dans la grotte Ernesto, après une heure de route depuis Trente, dans le nord de l'Italie, Andrea Borsato ne pensait pas du tout à l'Anthropocène. « *Découverte accidentellement lors de travaux routiers en 1983, cette grotte offrait des concrétions calcaires¹⁴⁹ intactes, ce qui est rarissime* », souligne-t-il. Son objectif est alors d'utiliser ces stalagmites comme archives climatiques. Rapidement, il réalise que la grotte est très sensible à son environnement et donc aux modifications provoquées par les activités humaines.



Grotte Ernesto (Trentin, nord de l'Italie), dont les stalagmites sont de véritables archives

Photo : Andrea Borsato

« *La déforestation au début du 20ème siècle, pour alimenter les industries en énergie, expose le sol au-dessus de la grotte, laissant les éléments extérieurs entrer plus rapidement avec l'eau. Nous observons ainsi dans les stalagmites une augmentation de zinc, de plomb ou de cuivre¹⁵⁰ entre 1905 et 1920, car ils ne sont plus filtrés par le sol* », relate le chercheur italien, aujourd'hui

¹⁴⁹ Accumulation de calcite (CaCO_3) générant des formes rocheuses typiques des grottes calcaires (stalactites, stalagmites, etc.).

¹⁵⁰ Métaux dont l'ingestion en concentration élevée peut s'avérer toxique.

en poste à l'Université de Newcastle, en Australie. Un pic de soufre¹⁵¹ dans les années 1970, lié à l'industrialisation, ou encore les radionucléides¹⁵² des essais nucléaires, s'impriment également dans cette mémoire karstique¹⁵³.

« Au départ, ces interactions humaines étaient une complication dans l'analyse de nos résultats. Nous pouvons reconstruire 8'000 ans de climat, mais sur les deux derniers siècles, impossible d'extraire un signal climatique clair, à cause des interactions humaines ». Aujourd'hui, ces résultats sont un atout pour étudier la géologie de l'Anthropocène, grâce à leur haute résolution¹⁵⁴. La croissance des stalagmites est lente, de l'ordre d'un dixième de millimètre par an dans la grotte Ernesto, mais il est possible de compter les couches année par année, de discerner l'alternance des hivers et des étés. Deux ou trois micromètres¹⁵⁵ de matière organique révèlent un automne très pluvieux qui a entraîné plus de matière jusque dans la grotte, explique Andrea Borsato. Même si l'Anthropocène représente moins d'un centimètre sur cette stalagmite, sa chronologie est ultra précise.



Fine section d'une stalagmite de la grotte Ernesto couvrant les 800 dernières années

Image : Andrea Borsato.

Une qualité indispensable, car le marqueur choisi pour définir le début d'une unité de temps géologique doit être présent au même moment sur toute la planète. Or il est plus facile de trouver un événement synchrone¹⁵⁶ quand on regarde loin en arrière, comme l'explique la chercheuse Julie Dabkowski (CNRS, Laboratoire de Géographie Physique), qui étudie les traces laissées dans les roches par les variations climatiques des intervalles interglaciaires¹⁵⁷. « Quand on étudie les périodes très anciennes, les marges d'erreur des datations sont en plusieurs centaines de milliers, voire en millions d'années ». Vu de très loin, une transition de plusieurs dizaines de milliers d'années semble donc instantanée.

« Quand je travaille sur une période interglaciaire datant d'il y a 125'000 ans, la marge d'erreur est encore de plusieurs milliers d'années. Mais quand je travaille sur l'Holocène¹⁵⁸, qui couvre les 11'700 dernières années, les marges d'erreur des datations

¹⁵¹ Élément chimique largement utilisé dans l'agriculture industrielle et à l'origine de la pollution de l'air lors de la combustion de certains charbons, pétroles et gaz naturels.

¹⁵² Variant instable d'un atome pouvant émettre un rayonnement radioactif en se décomposant.

¹⁵³ Traces visibles dans la roche calcaire formée par l'accumulation de sédiments riches en calcite (CaCO_3).

¹⁵⁴ Niveau de détail.

¹⁵⁵ Millionième (10^{-6}) de mètre.

¹⁵⁶ Qui apparaît ou se déroule au même moment.

¹⁵⁷ Période relativement douce séparant les grandes glaciations qui se sont produites au cours du Pléistocène, époque géologique précédant l'Holocène, débutée il y a 2,58 millions d'années et terminée il y a 12'000 ans avec la fin de la dernière grande glaciation. L'Holocène est d'ailleurs considérée par les géologues comme un intervalle interglaciaire.

¹⁵⁸ Époque géologique précédant l'Anthropocène, débutée avec la fin de la dernière grande glaciation.

au carbone 14¹⁵⁹ ne sont que de quelques dizaines d'années ». De meilleures résolutions signifient aussi que c'est plus compliqué de trouver des événements synchrones sur tous les continents.

Ce fut déjà complexe de trouver le « clou d'or » de l'Holocène, époque actuelle du calendrier géologique. Le début de l'Holocène correspond à la fin de la dernière glaciation et donc à l'entrée dans un nouvel intervalle interglaciaire, au climat radouci. Il coïncide avec l'expansion des civilisations humaines. Le terme est utilisé depuis le début du 20^{ème} siècle sans faire débat, mais ce n'est qu'en 2008 que son « point stratotypique mondial¹⁶⁰ » a été ratifié¹⁶¹. Les géologues ont cherché le point marquant cette transition vers un climat plus chaud.

« Le problème c'est qu'on ne passe pas subitement d'un climat à un autre, explique Colin Waters. Ce changement s'opère sur plusieurs milliers d'années, avec des phases de hausses puis de baisses soudaines des températures, et des décalages entre le nord et le sud... ». Bref, rien de facile à repérer. *« Les techniques traditionnelles consistant à regarder les fossiles¹⁶² ne fonctionnait pas, donc il a fallu pour la première fois aller chercher un « clou d'or » dans une matière non géologique, la glace »*. Les bulles d'air prisonnières de la glace des pôles enregistrent les changements de température. *« Pour trouver un repère commun à toute la planète au même moment, c'est finalement une baisse brutale de la température, sur seulement quelques années, il y a 11'700 ans, visible dans les deux hémisphères, qui sert de marqueur primaire »*, détaille Colin Waters, pour qui la stratigraphie n'a pas de secret. Le « clou d'or » de l'Holocène est donc défini grâce à une carotte prélevée au Groenland.

Déjà ardu sur les 12'000 dernières années, trouver un événement synchrone dans les strates des 70 dernières années, à quelques années près, semble donc a priori une tâche insurmontable. Ainsi les microplastiques¹⁶³, malgré leur abondance, ont l'inconvénient de s'être disséminés avec plusieurs décennies de décalage entre l'hémisphère nord et l'hémisphère sud. Une paille à l'échelle géologique classique, mais une poutre pour l'Anthropocène.

Cependant le « génie humain » a donné un coup de pouce aux géologues en créant au début des années 50 un événement soudain aux retombées planétaires. *« L'événement clé a eu lieu en novembre 1952 avec le premier essai de la bombe à hydrogène¹⁶⁴, ou thermonucléaire, dont les retombées ont atteint la stratosphère¹⁶⁵, alors qu'auparavant, avec les bombes A, ces retombées se trouvaient dans les niveaux beaucoup plus bas de l'atmosphère »*, explique Colin Waters. *« Une fois dans la stratosphère, ces radionucléides ont été transportés autour de la planète en un an environ, et si vous regardez la plupart des sédiments marins ou lacustres¹⁶⁶, vous verrez qu'il y a un signal de plutonium¹⁶⁷ apparent qui commence vers 1952-1953 et culmine en 1963-1964, et qui est présent partout sur la planète. C'est donc un marqueur très utile pour identifier le début de*

¹⁵⁹ Méthode de datation de vestiges organiques par mesure de l'activité de l'isotope radioactif 14 du carbone, couramment utilisée en archéologie et en paléontologie depuis le milieu du 20^e siècle.

¹⁶⁰ Identification d'une trace claire et distincte dans les sédiments permettant de délimiter deux époques géologiques (synonyme de « clou d'or »).

¹⁶¹ Reconnaître formellement.

¹⁶² Transformation d'un organisme vivant (animal, plante, champignon, etc.) en fossile, c'est-à-dire en traces minérales conservées dans la roche par enfouissement, pétrification, carbonisation, etc.

¹⁶³ Particules de plastique de diamètre inférieur à 5 mm. Issus de la décomposition de morceaux de plastiques plus grands ou directement fabriqués sous cette forme par l'industrie (par exemple cosmétique).

¹⁶⁴ Bombe nucléaire de deuxième génération dégageant de l'énergie par fusion de noyaux atomiques (bombe H), par opposition aux bombes à fission nucléaire (bombes A utilisées durant la Seconde Guerre mondiale à Hiroshima et Nagasaki).

¹⁶⁵ Couche de l'atmosphère située entre 10 et 50 km d'altitude, qui abrite la couche d'ozone.

¹⁶⁶ Dépôts qui s'accumulent sous forme de couches au fond des lacs, des mers et des océans.

¹⁶⁷ Métal radioactif toxique utilisé dans l'armement et l'énergie nucléaires.

l'Anthropocène ». 543 tests atmosphériques¹⁶⁸ ont rejeté des radionucléides qui sont rares ou inexistants à l'état naturel, comme le plutonium-239 ou le césium-137¹⁶⁹.

La longévité du plutonium-239, qui sera encore détectable dans 100'000 ans, en fait un bon candidat. Certains géologues estiment cependant qu'un marqueur doit être plus durable encore. Une objection que repousse Alejandro Cearreta. « *La charte des temps géologiques est une construction humaine âgée d'à peine 200 ans, est-ce qu'elle va rester la même sans être modifiée pour les 100'000 prochaines années ? Notre espèce sera-t-elle encore là ?* » s'interroge le géologue espagnol. « *Nous sommes habitués à des roches de 100 millions, de 1'000 millions d'années et, en comparaison, 100'000 années paraissent peu ; mais projetées dans le futur, c'est bien suffisant pour une preuve* ».

Si des radionucléides semblent à ce jour de solides candidats au titre de marqueur primaire de l'Anthropocène, rien n'est encore arrêté. Dans cette quête du « clou d'or », la stratégie est d'analyser un grand nombre de marqueurs sur la douzaine de sites étudiés, afin de décider, une fois les résultats publiés, quel serait le marqueur primaire et les marqueurs secondaires – polluants persistants, métaux lourds¹⁷⁰, cendres volantes, nitrates¹⁷¹, microplastiques, etc. [...].

Le groupe doit choisir en 2022 le site candidat au « clou d'or », puis soumettre en 2023 une proposition formelle pour un premier vote au sein de la sous-commission du Quaternaire¹⁷² de la Commission Internationale de Stratigraphie (ICS). Première étape d'un long processus de ratification. Il y aura des oppositions et des réticences, comme celle de l'Américain Stanley Finney, ancien président de l'ICS. Pour lui – et d'autres avec lui – la définition de l'Anthropocène est plus politique que scientifique et n'a pas à être tranchée par la Commission.

Même si elle emprunte les mêmes chemins et répond aux mêmes exigences scientifiques, la ratification d'un « clou d'or » pour l'Anthropocène ne ressemble à aucune autre. Car pour la première fois la force géologique, c'est nous. Et cela ne peut laisser indemne la communauté scientifique.

« *On nous accuse parfois de faire de la politique, mais toutes les grandes révolutions scientifiques ont eu des répercussions sociologiques et philosophiques* », proteste l'historien des sciences Jacques Grinevald, membre du groupe de travail. « *L'Anthropocène nous met face à nos contradictions sur notre façon d'habiter le monde* », estime le paléoclimatologue¹⁷³ Michel Magny, qui insiste sur les implications sociétales de ce concept. Implications qui rebutent une partie des géologues, impliqués de par leur travail dans ces transformations profondes de la planète, notamment via la prospection et l'extraction de ressources¹⁷⁴. Mais la géologie évolue, analyse Hélène Tissoux, « *elle est de plus en plus sensible aux problématiques sociétales, elle répond aussi aux questions de la société, comme évaluer les risques sismiques¹⁷⁵ ou les risques de submersion¹⁷⁶* ». Peut-

¹⁶⁸ Essais de bombes nucléaires effectués à l'air libre (par opposition à des explosions volontaires effectués sous terre ou sous l'eau).

¹⁶⁹ Isotopes radioactifs du plutonium et du césium.

¹⁷⁰ Catégorie de métaux toxiques pour les écosystèmes et l'être humain, en particulier s'ils se concentrent au fur et à mesure de leur progression dans la chaîne alimentaire.

¹⁷¹ Molécules couramment utilisées comme engrais agricoles qui sont responsables de la pollution des eaux et plus particulièrement de la croissance excessive de plantes et d'algues de surface, au détriment des organismes présents initialement.

¹⁷² Période géologique débutée il y a 2.58 millions d'années et se poursuivant jusqu'à aujourd'hui.

¹⁷³ Chercheur en paléoclimatologie, discipline scientifique qui cherche à reconstituer les évolutions passées du climat.

¹⁷⁴ Étapes de l'exploitation de ressources minérales lors desquels on recherche un gisement, puis on met en place les infrastructures nécessaires pour prélever le minerai (roche contenant les minéraux recherchés) et éventuellement effectuer le tri sur place.

¹⁷⁵ Probabilité qu'un tremblement de terre ait des impacts sur des infrastructures ou des populations humaines plus ou moins vulnérables.

¹⁷⁶ Probabilité que des infrastructures ou des populations humaines soient recouvertes d'eau de manière exceptionnelle ou chronique.

on faire de la science de la même façon quand l'humain est aujourd'hui la force majeure de changement, dans une phase d'accélération inédite ?

Sans être convaincue de la nécessité de faire de l'Anthropocène une nouvelle époque, Julie Dabkowski ne renie pas la « forte valeur politique » du terme face à l'urgence de l'enjeu environnemental. « *Même s'il y a environ 400'000 ans vivaient des hippopotames et des singes macaques dans la vallée de la Seine, ce climat chaud et humide est apparu puis a disparu sur plusieurs milliers d'années, alors que la période actuelle est marquée par la vitesse, la rapidité des changements. Avec le réchauffement climatique anthropique on ne sait pas si l'Holocène, l'intervalle interglaciaire dans lequel nous sommes, va laisser ou non la place à une nouvelle période glaciaire, comme cela s'est produit au cours des deux derniers millions d'années* ».

Pour le géologue trentenaire qu'est Jean-Philippe Jenny, il est important que les géosciences définissent officiellement l'Anthropocène et son démarrage, et qu'elle puisse figurer dans les manuels scolaires. « *Il est vraiment pertinent d'enseigner aux jeunes générations qu'on entre dans une nouvelle ère géologique, où les humains deviennent une force géologique¹⁷⁷ ; cela donne un nouvel angle pour aborder les questions de l'histoire de l'humanité* ».

¹⁷⁷ Entité ayant un pouvoir de création ou de destruction comparable aux phénomènes géologiques tels que le volcanisme ou la création d'une chaîne de montagne.