

# Tous les soirs du monde

*Par Pascal Marichalar*

---

**Éruptions volcaniques, météorites, réchauffement climatique, pluies acides et extinctions de masse : la fin du monde a déjà eu lieu, à cinq reprises avant notre apparition. Le journaliste scientifique P. Brannen met ces catastrophes du passé en parallèle avec celle qui s'annonce aujourd'hui.**

---

À propos de Peter Brannen, *The Ends of the World : Volcanic Apocalypses, Lethal Oceans and our Quest to Understand Earth's Past Mass Extinctions*, 2017, New York, Ecco.

En août 2019, alors que les feux de forêt qui touchaient l'Amazonie brésilienne étaient au centre de l'actualité, le journaliste scientifique Peter Brannen publiait dans le magazine *The Atlantic* un article que seule une lecture trop rapide aurait pu trouver rassurant<sup>1</sup>. Selon Brannen, les méga-feux de forêt, qui sont stimulés par le réchauffement climatique, n'ont qu'un effet marginal sur le stock de gaz à effet de serre dans l'atmosphère. S'il en est ainsi, c'est pour une question d'échelle. Tandis que l'incurie humaine fait flamber les forêts du présent, l'industrie humaine est, elle, occupée à brûler ce qui reste de toutes les forêts du passé, dans des proportions autrement plus importantes.

C'est à la suite des extinctions de masse aux âges précédents qu'existe aujourd'hui ce que nous appelons les sources d'énergie « fossile », telles que le pétrole, le gaz naturel et le charbon. Le carbone présent dans ces gisements est celui des êtres vivants – flore et faune – qui ont peuplé la Terre au cours des quelque 500 millions d'années depuis l'explosion de la vie. Comme l'écrit Brannen dans son article, le fait que notre économie dépende autant de ce carbone fossile « illustre à quel point le projet de l'humanité est inhabituel. Nous essayons aujourd'hui de

---

1 <https://www.theatlantic.com/science/archive/2019/08/amazon-fire-earth-has-plenty-oxygen/596923/>

retrouver, de brûler, et de métaboliser toute la vie des forêts et des océans enfouie sous nos pieds.<sup>2</sup> »

## Une histoire des extinctions de masse

Le détail historique des circulations du carbone entre le sol et l'air n'est qu'un des attraits du livre important publié par Brannen en 2017 sous le titre *The Ends of the World*. Basé sur sa maîtrise des développements les plus récents en géologie et en paléontologie (la bibliographie compte près de 200 références d'articles scientifiques), l'ouvrage fait le point sur les cinq extinctions de masse qui ont défrayé la chronique terrestre : cinq moments (il y a 445, 374, 252, 201 et 66 millions d'années environ) au cours desquels plus de la moitié des espèces terrestres, et parfois bien plus, ont disparu dans un laps de temps de moins d'un million d'années, et parfois bien moins. C'est à un travail d'histoire plutôt que d'anticipation que l'on a affaire, fondé sur la description et l'interprétation rigoureuses des traces. Ce faisant, l'auteur s'interroge évidemment sur les parallèles que l'on peut dresser entre chaque moment de crise de la vie terrestre et la situation actuelle.

Écrit dans un style aussi vivant que le permet une focalisation sur la disparition et le temps géologique, l'ouvrage de Peter Brannen nous emmène à la rencontre d'individus qui, à titre professionnel et parfois amateur, consacrent leur temps à rechercher des fossiles d'animaux improbables et à retrouver les conditions environnementales qui ont prévalu à la surface du globe. Les découvertes les plus intéressantes se font le plus souvent dans les hauts lieux de notre civilisation industrielle : construction des fondations d'un immeuble, percement d'une autoroute au travers d'un massif rocheux, ou lorsqu'un nouveau barrage expose des contrées jusque-là immergées.

Comme dans les meilleurs ouvrages d'histoire et de sociologie des sciences, Brannen décrit de beaux exemples de collaboration, mais aussi des compétitions entre scientifiques donnant lieu à des joutes homériques. Il déplore aussi les pans entiers d'« *undone science* » pour des périodes considérées pauvres en espèces intéressantes ou pour des extinctions peu spectaculaires, comme celle du Dévonien (il y a 374 millions d'années), qui attirent peu les étudiant·es.

L'extinction de masse dont l'image s'impose dans tous les esprits est évidemment celle de la fin du Crétacé (aussi appelée la « limite K-T »), du fait de la célébrité de certaines de ces victimes : les dinosaures. L'histoire est désormais bien connue : en 1980, Walter et Luis Alvarez étudient la couche géologique de la limite K-T et se fondent sur la concentration exceptionnelle en iridium, un élément apporté principalement par les objets extra-terrestres, pour postuler la chute d'une météorite. Une dizaine d'années plus tard, la découverte d'un large cratère sous-

---

<sup>2</sup> *Ibid.*, traduction personnelle.

marin, centré sur la ville mexicaine de Chixculub et causé par une météorite de 10 kilomètres de diamètre tombée précisément au moment fatidique, semble mettre un terme à l'enquête.

C'est compter sans l'opiniâtreté de scientifiques hétérodoxes telle Gerta Keller, de l'Université de Princeton. Elle postule un rôle du volcanisme dans l'extinction de la fin du Crétacé, en relevant l'intensité exceptionnelle des éruptions qui ont eu lieu au même moment dans les « Traps<sup>3</sup> du Deccan » de ce qui est aujourd'hui l'Inde. Aujourd'hui, la guerre scientifique de la limite K-T n'est toujours pas résolue, même si l'hypothèse la plus probable semble être la conjonction des deux phénomènes : une éruption catastrophique, sur une longue durée, qui a été sensiblement accélérée suite à la chute elle-même cataclysmique de la météorite et aux séismes liés.

## Acidification des océans et concentration atmosphérique en CO<sub>2</sub>

Observateur ironique des modes scientifiques, Brannen décrit la floraison d'hypothèses de météorite qui ont suivi le papier des Alvarez. Tout à coup, toutes les extinctions semblaient devoir s'expliquer par la chute d'un marteau céleste. Aujourd'hui, on est à peu près certain que les quatre autres extinctions sont toutes des résultats de processus endogènes à notre planète : principalement le volcanisme, mais aussi plus exceptionnellement la prolifération de certaines espèces végétales. Les deux canaux principaux des extinctions sont l'acidification et l'anoxie (absence d'oxygène) des océans, et les variations de la concentration atmosphérique en CO<sub>2</sub>, qui ont conduit à un réchauffement ou (plus rarement) à un refroidissement climatique.

Les pages les plus riches du livre sont celles consacrées à l'extinction la plus massive, celle de la fin du Permien (il y a 252 millions d'années), qui dans les mots de Brannen a failli « stériliser » la Terre une fois pour toutes. Les éruptions volcaniques sous le bassin sédimentaire de Tunguska<sup>4</sup>, dans l'actuelle Sibérie, ont causé une augmentation phénoménale de la concentration atmosphérique en CO<sub>2</sub>. Outre un réchauffement climatique conséquent, ce phénomène a aussi entraîné des pluies acides qui ont détruit les forêts et altéré le pH des océans.

Deux autres phénomènes sont sans doute venus s'ajouter à ce tableau apocalyptique. Tout d'abord, une prolifération liée de bactéries marines opportunistes, seules aptes à vivre dans un océan sans oxygène, a conduit à l'émission massive d'hydrogène sulfuré, un gaz très toxique pour les espèces vivantes. Par ailleurs, les éruptions volcaniques ont sans doute aussi entraîné une disparition de la couche d'ozone, comme le laissent supposer des restes de spores et de

---

3 En géologie, le mot « trap » est utilisé pour désigner certains types de relief en escalier (« trappa » signifie escalier en suédois).

4 Par une ironie de l'histoire, la région de Tunguska est aujourd'hui connue pour avoir été le théâtre de la chute de météorite la plus importante jamais enregistrée, en 1908.

graines de pollens présentant des mutations, comme sous l'effet d'un rayonnement ultraviolet trop intense.

## Leçons pour l'Anthropocène

Comme le dit le paléontologue Peter Ward, de l'Université de Washington, trop peu de gens encore se penchent sur le « passé profond » pour comprendre le présent et l'avenir. Pourtant, les points de bascule comme celui de la fin du Permien montrent que le réchauffement climatique sous l'effet de la concentration atmosphérique en CO<sub>2</sub> n'est pas simplement le résultat d'une modélisation informatique spéculative, par laquelle nous tentons de prédire l'évolution actuelle et future de notre planète. C'est un phénomène qui a déjà eu lieu plusieurs fois dans l'histoire, et que nous pouvons documenter, armés de l'inventaire des fossiles et d'un spectromètre de masse, servant à estimer les concentrations des éléments chimiques dans les roches du passé.

Pendant les derniers trois millions d'années – une peccadille à l'échelle géologique, au cours de laquelle s'est développée l'espèce humaine – la concentration de l'atmosphère en CO<sub>2</sub> a varié entre 200 et 280 ppm (parties par millions). La dynamique de l'effet de serre (dont on peut rappeler qu'elle a été théorisée puis démontrée dès le XIX<sup>e</sup> siècle par Joseph Fourier, John Tyndall et Svante Arrhenius) a lié les concentrations les plus basses à des ères glaciaires, et les plus hautes à des moments de relatif réchauffement, nommées ères interglaciaires.

Avec l'activité industrielle humaine, tout ceci a changé d'échelle. Depuis les années 1950, un laboratoire situé sur une montagne hawaïenne sert de point de mesure global pour la concentration en temps réel du CO<sub>2</sub> atmosphérique : en 2012, la courbe a dépassé les 400 ppm, causant l'effroi des observateurs avertis, et elle continue de grimper inexorablement.

Sommes-nous à la veille d'une extinction de masse de type fin-Permien ? Les scientifiques consultés par Brannen expliquent qu'aujourd'hui, l'espèce humaine envoie chaque année environ 40 gigatonnes de carbone dans l'atmosphère. Si l'on brûle toutes les réserves fossiles qui nous restent, ce seront 5000 gigatonnes de carbone qui auront été envoyées dans l'atmosphère depuis le début de l'ère industrielle. Cela peut sembler peu au regard des 8000 gigatonnes, voire plus, qui auraient, selon les estimations, entraîné l'extinction de la fin du Permien.

Cependant, la question du rythme d'émission doit également être prise en compte. L'espèce humaine se distingue par la rapidité avec laquelle elle transforme le carbone du sous-sol en carbone atmosphérique, ce qui ne laisse pas le temps aux mécanismes naturels de régulation – tel le cycle carbonate-silicate<sup>5</sup>, par lequel le carbone atmosphérique est précipité au

---

<sup>5</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Carbonate%E2%80%93silicate\\_cycle](https://en.wikipedia.org/wiki/Carbonate%E2%80%93silicate_cycle)

fond des océans – de jouer leur rôle. En d'autres termes, laissée à elle-même, la nature ne parviendra pas à endiguer le réchauffement climatique.

Si l'histoire peut servir de guide, ce dernier entraînera une hausse conséquente du niveau des océans (cette hausse fut de 60 mètres à la fin du Permien). Sur la terre ferme, de nombreuses régions atteindront périodiquement des températures impropres à la vie, ce que Steven Sherwood et Matthew Huber appellent une limite d'adaptabilité au changement climatique due au stress de la chaleur (*heat stress*)<sup>6</sup>. Ceci entraînera la mort de nombreux animaux et, à moindre raison, des plantes qui y habitent (les plantes étant plus résistantes).

La hausse des températures affecte aussi les océans, même si nous n'atteindrons sans doute pas les 40°C de température moyenne estimée à la fin du Permien. Cependant, plus encore que le réchauffement, les deux principales menaces pour la vie marine sont l'acidification et l'anoxie. La première est la résultante de la dilution d'une partie du CO<sub>2</sub> atmosphérique, qui augmente la concentration en ions hydrogène H<sup>+</sup>, réduisant ainsi le pH des océans. L'acidification des océans est déjà bien entamée, comme le montrent les coquilles trouées de certains mollusques (l'acidification empêche le phénomène de calcification) ou le blanchiment des coraux qui, s'il est prolongé ou récurrent, peut entraîner leur mort. La disparition des uns et des autres aurait des conséquences immenses sur le reste des écosystèmes marins.

Quant à l'anoxie, un précédent majeur est l'extinction du Dévonien (il y a 374 millions d'années), causée partiellement par le développement considérable des forêts, dont les racines ont libéré les nutriments présents dans le sol. Lorsque ces nutriments se sont retrouvés dans les océans, ils ont conduit à une explosion du phytoplancton, qui a dilapidé toutes les ressources en oxygène, amenant les autres espèces marines à leur perte.

De nos jours, c'est l'agriculture industrielle qui remplit le rôle jadis joué par les premiers arbres. Au début du XX<sup>e</sup> siècle, l'invention du procédé Haber-Bosch de fixation de l'azote a permis la production massive d'engrais artificiel. Dans de nombreuses régions, l'écoulement de ces engrais azotés dans les océans conduit déjà à la prolifération d'organismes indésirables (type algues vertes en Bretagne) qui réduisent la concentration marine en oxygène, produisant des zones mortes (*dead zones*) où aucune vie n'est possible. Combinées, l'acidification et l'anoxie peuvent résulter dans un futur proche (d'ici la fin du siècle) à l'effondrement des écosystèmes marins et à la prolifération d'espèces opportunistes, telles les méduses ou les bactéries productrices d'hydrogène sulfuré.

---

<sup>6</sup> Steven C. Sherwood, Matthew Huber, « An adaptability limit to climate change due to heat stress », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107.21, 2010, p. 9552-9555.

## De quelques raisons d'espérer, et surtout, d'agir

Loin de l'idée d'une science froidement rigoureuse, toute réflexion scientifique sur les extinctions de masse et l'avenir de la Terre est nécessairement chargée en émotions. Certains des chercheurs rencontrés par Brannen ont traversé des drames intimes qui, estiment-elles et ils, ont un lien avec l'évolution de leurs thèmes de recherche. Ainsi, après la mort accidentelle de son collègue lors d'une expédition commune de plongée en Nouvelle-Calédonie, consacrée à l'étude de l'espèce de mollusque *Nautilus*, Peter Ward se détourne du vivant moderne pour se consacrer aux traces du passé. Gerta Keller a échappé plusieurs fois à la mort violente avant de devenir une universitaire spécialiste du volcanisme à la fin du Crétacé. Une grande partie des scientifiques interrogés ont une jovialité spontanée qui contraste avec le pessimisme logique de leurs propos. Peter Brannen lui-même explique que le décès de sa mère pendant qu'il écrivait le livre a certainement coloré son écriture.

L'un des résultats de ce travail de synthèse est de montrer que les extinctions de masse sont toujours le résultat de ce qu'on nomme en anglais « *a perfect storm* » : une coïncidence exceptionnelle de facteurs négatifs, à l'instar de la conjonction volcanisme-météorite qui tua les dinosaures. La situation actuelle y ressemble fort : surpêche, surchasse, plastification des océans, artificialisation des sols, déboisement, déversement de nitrates dans les océans, et augmentation de la concentration en CO<sub>2</sub> atmosphérique. Par ailleurs, il n'est pas dit que l'on n'atteigne pas un jour un point de bascule (*tipping point*) après lequel des tendances linéaires deviendraient exponentielles : libération massive de méthane du permafrost ou de poches sous-marines, éruption de volcans libérés des calottes glaciaires qui les contenaient sont certains des scénarios possibles.

Cependant, la science s'accorde à dire que nous ne vivons pas encore une extinction de masse. De nombreuses espèces ont disparu depuis que l'espèce humaine règne sans partage à la surface de la Terre, mais on est encore très loin d'un effet systémique, « domino », où la disparition de certains maillons entraîne l'effondrement total d'une chaîne alimentaire. Dans les océans, nous avons la chance de partir d'un état où l'oxygène est relativement abondant, au regard des périodes antérieures. En ce qui concerne la composition de l'atmosphère, il existe le précédent du protocole de Montréal, entré en vigueur en 1989, qui a permis la réduction à presque zéro de l'émission de gaz ayant un effet destructeur sur la couche d'ozone. Le remplacement des énergies fossiles et de l'agriculture industrielle par des alternatives non nuisibles est un défi autrement plus grand, mais après tout, la présence de vie sur Terre après cinq extinctions est déjà un fait statistiquement improbable : le désespoir paralysant n'est donc pas de mise.