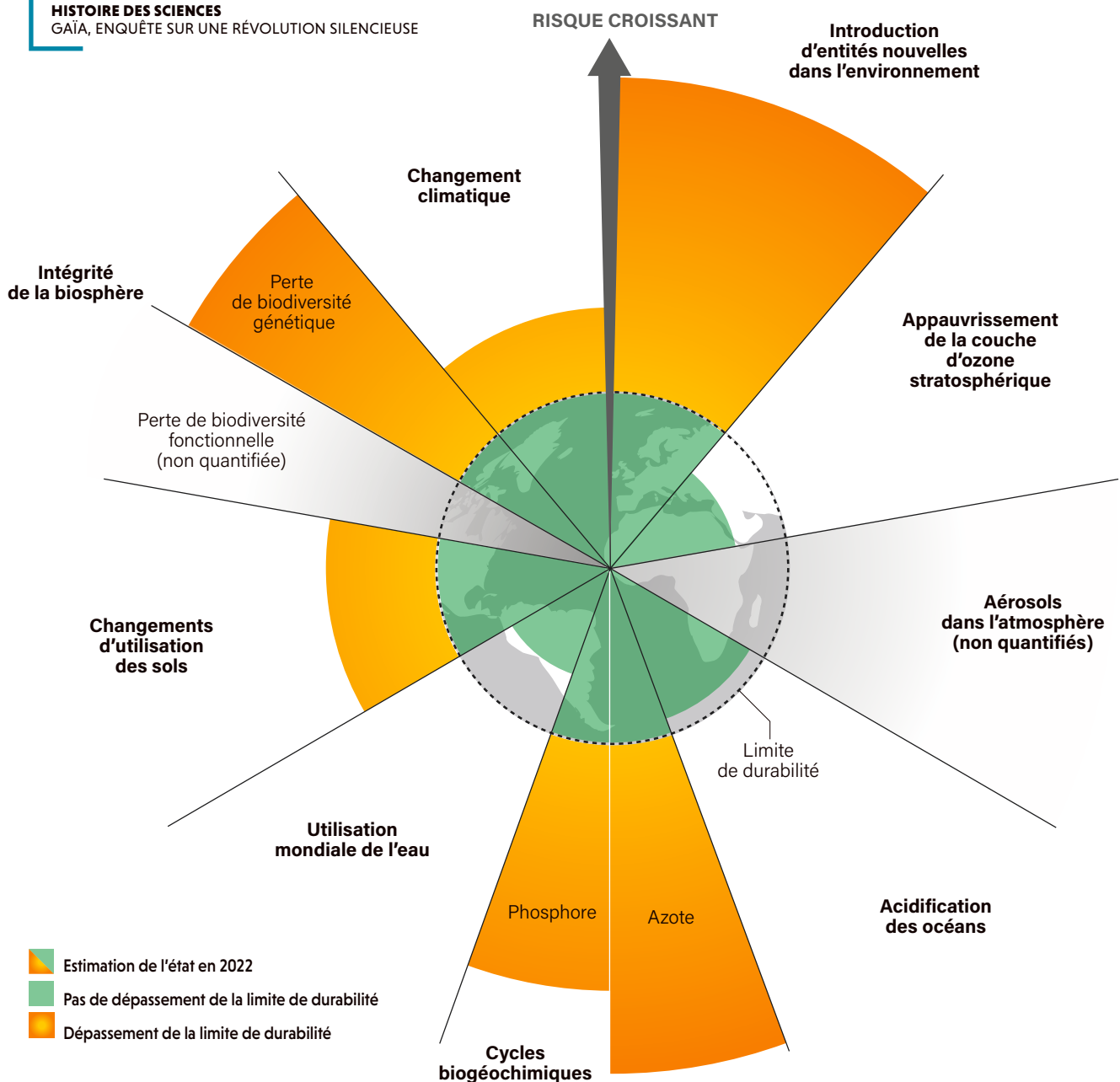




qu'il pouvait abandonner n'importe lequel en cas de doute déontologique.

Son ouvrage *La Revanche de Gaïa*, paru en 2006, a fait réagir les milieux de l'écologie politique. James Lovelock y défend un programme articulant géo-ingénierie, prolifération du nucléaire, abandon des énergies renouvelables et suspension des droits de l'homme et de la démocratie pour faire face à la menace climatique. Nombreux sont ceux qui se sont étonnés que ce programme soit mis en avant par une figure habituellement considérée comme fondatrice de l'écologie politique ; moins nombreux sont ceux qui ont remarqué que ces propositions politiques étaient dès le début associées à l'élaboration de Gaïa.

Au-delà de l'ozone dans les années 1970 et 1980, James Lovelock s'est positionné et est intervenu sur de nombreux sujets – changement climatique, pluie acide, etc. –, et a dédouané systématiquement les industries chimiques pour accuser le même coupable : l'agriculture et

la surpopulation qui la sous-tend. Ainsi, décortiquer les controverses scientifiques sur Gaïa permet de saisir que ce sont d'abord et avant tout ses positions politiques – qui ne sont pas très éloignées des « marchands de doute » de l'époque – et leur articulation à Gaïa qui posent problème, bien plus que des embarras théoriques internes à la biologie de l'évolution. C'est pourquoi, au début des années 1980, de nombreux scientifiques de la Terre ont pris leurs distances avec James Lovelock et Gaïa (comme le météorologiste suédois Bert Bolin, qui a pris la tête du Giec à sa création, en 1988, et qui avait pourtant accueilli la première publication sur Gaïa dans sa revue *Tellus* en 1974). Et on comprend aisément leurs raisons : quelles contradictions, quelles tensions, quel cadeau empoisonné ! James Lovelock a bel et bien fourni une conception de la Terre, un cadre conceptuel et programmatique qui allaient sous-tendre les recherches sur les changements globaux contemporains... en même temps qu'il a souvent

Les limites planétaires définies par les sciences du système Terre, neuf variables à maintenir en dessous d'un certain seuil pour conserver une Terre habitable.



Gaïa a reconfiguré nos conceptions modernes de la nature, de la Terre et de la vie

dénié l'importance de ces changements et camouflé l'identité des responsables.

Certains chercheurs ont expliqué ultérieurement leur prise de distance, comme Paul Crutzen qui, au début des années 2000, a confié qu'il n'avait pas pardonné à James Lovelock ses positions sur les CFC. Les scientifiques à l'origine des sciences du système Terre ne pouvant se prévaloir de James Lovelock, ils semblent par ailleurs s'être cherché un fondateur acceptable, en la personne de Vladimir Vernadsky. C'est en effet aussi durant les années 1980 – soit la période de constitution des sciences du système Terre – que les travaux de ce géochimiste russe au début du ^{xx}^e siècle, et notamment son concept de biosphère, ont été « redécouverts ». Sans doute pas un hasard...

UNE PHILOSOPHIE DE LA NATURE

L'énigme est donc résolue. Malgré cette situation compliquée, Gaïa a non seulement transformé les pratiques et les objets des sciences de la Terre, mais aussi, plus largement, reconfiguré nos conceptions modernes de la nature, de la Terre et de la vie. Dans la situation des années 1970 et 1980, où émergeaient les institutions et idéologies des mouvements environnementalistes, une série de discours émanant de contextes extrêmement variés se sont appuyés sur la figure de Gaïa pour remettre en question des piliers importants de la modernité. Le nom de Gaïa, divinité primordiale et figure de la Terre dans la mythologie grecque, a aidé à la cristallisation de différents arguments.

C'est d'abord la conception même de la nature et de la Terre, et ce dont elles sont faites, qui a été interrogée. Durant les ^{xvi}^e et ^{xvii}^e siècles, la conception « mécanique » de la Terre comme un assemblage de parties passives inanimées a remplacé une vision organique du cosmos qui courait de l'Antiquité à la Renaissance, comme l'a brillamment montré la philosophe et historienne des sciences américaine Carolyn Merchant. Depuis, l'opposition au mécanisme a persisté dans diverses

traditions (comme les philosophies romantiques du ^{xix}^e siècle). Gaïa est venue restaurer cette conception féminine, organique et active du cosmos. Ce faisant, elle permettait de remettre en question un ensemble de dualismes modernes, comme la dichotomie entre nature et culture, l'industrie humaine étant mise sur le même plan que les métabolismes bactériens. On a par ailleurs souvent mobilisé Gaïa pour relativiser l'anthropocentrisme de la modernité en rappelant le rôle central des bactéries dans la longue histoire de la Terre. Les humains n'étaient plus extérieurs à la nature, mais pris dans Gaïa, une entité collective au sein de laquelle l'ensemble des organismes vivants sont interconnectés. Les relations de ces derniers n'étaient plus conçues sur le mode d'une exploitation de la nature par l'humanité, mais comme étant faites de dépendance mutuelle.

Gaïa propose donc une vision « unitaire » de la Terre, mais le moins que l'on puisse dire, c'est que la galaxie de communautés qui s'en est saisie n'est, elle, pas unitaire. La même conception de la Terre est à la fois mobilisée lors de rites de sorcellerie néopaiens et embrassée par la théologie chrétienne; défendue par le fondateur du parti vert en Grande-Bretagne et financée et soutenue par Margaret Thatcher; valorisée et publicisée par la contreculture environnementale américaine plutôt libérale en même temps qu'elle est discutée positivement par l'écologie politique britannique la plus réactionnaire; célébrée comme philosophie de la nature en contrepoint de celle de la modernité, tandis que, dans le même temps, James Lovelock est mobilisé comme soutien par les lobbys du nucléaire.

Outre cette diversité, symptôme du caractère malléable de la figure de Gaïa, on peut également s'interroger sur le rapport entre cette philosophie de la nature et les propositions concrètes qui lui sont associées. L'élément qui me frappe le plus est la manière dont certains « gaïens » ont, ces dernières années, apporté leur soutien aux techniques de géo-ingénierie. On pensait ces techniques de modification artificielle du climat (injection de soufre dans la stratosphère, mélange artificiel des océans à l'aide de gigantesques tuyaux en béton, etc.) constituer le paroxysme d'une vision moderne et prométhéenne de la nature. Nous voilà dans une étrange situation: ce qui semblait le plus important, le plus profond, le plus fondamental – ce dont est fait le monde, la manière dont nous le connaissons et dont nous souhaitons nous y relier – ne semble ici pas faire la moindre différence quant aux solutions et actions déployées. Gaïens et prométhéens s'unissent depuis des chemins opposés pour soutenir les mêmes techniques. Le signe que la philosophie de la nature ne change au fond pas grand-chose... ou que gaïens et prométhéens ne sont peut-être pas si différents? ■

BIBLIOGRAPHIE

T. Lenton *et al.*, **Life on Earth is hard to spot**, *The Anthropocene Review*, 2020.

S. Dutreuil, **Is the decisive issue in geoengineering debates really one of representation of nature ? Gaïa against (or with ?) Prometheus ?**, *Carbon and Climate Law Review*, 2019.

S. Dutreuil, **James Lovelock, Gaïa et la pollution : un scientifique entrepreneur à l'origine d'une nouvelle science et d'une philosophie politique de la nature**, *Zilsel*, 2017.

B. Latour, **Face à Gaïa huit conférences sur le nouveau régime climatique**, *La Découverte*, 2015.

S. C. Aykut et A. Dahan, **Gouverner le climat ? Vingt ans de négociations internationales**, *Presses de Sciences Po*, 2015.

R

ENDEZ-VOUS

P.80 Logique & calcul

P.86 Art & science

P.88 Idées de physique

P.92 Chroniques de l'évolution

P.96 Science & gastronomie

P.98 À picorer

L'UNIVERS FABULEUX DE 2^n

En multipliant 2 par lui-même un grand nombre de fois on produit des suites de chiffres aux structures inattendues.

L'AUTEUR



JEAN-PAUL DELAHAYE
professeur émérite
à l'université de Lille
et chercheur au
laboratoire Cristal
(Centre de recherche
en informatique, signal
et automatique de Lille)

La suite des puissances de 2 écrites en base 10 est bien connue, du moins pour ses premiers termes: 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1 024, 2 048, ... Elle est utilisée en informatique, où elle fixe par exemple les unités pour mesurer les quantités de mémoire: un kilooctet (Ko) représente $2^{10}=1024$ octets (groupes de 8 bits), un mégaoctet (Mo) représente $2^{20}=1048576$ octets, un gigaoctet (Go) représente $2^{30}=1073741824$ octets. Viennent ensuite les téraoctets, pétaoctets, exaoctets, zettaoctets, yottaoctets pour 2^{40} , 2^{50} , 2^{60} , 2^{70} , 2^{80} octets.

L'esprit a des difficultés à saisir ce qu'est la croissance exponentielle des puissances de 2. C'est la base du classique problème des nénuphars: «Un étang est recouvert en 30 jours par un nénuphar qui double la surface occupée chaque jour. Combien faut-il de jours à deux nénuphars pour recouvrir l'étang?» La réponse n'est pas 15 (voir des commentaires dans l'encadré 1).

La fascination pour les puissances de 2 et notre incapacité de saisir la vitesse de croissance sont anciennes. Elles sont au cœur de l'histoire du remplissage de l'échiquier. On trouve des traces de ce récit en Inde dès le XIII^e siècle. Le créateur du jeu d'échecs aurait demandé à son souverain comme récompense pour son invention que l'on dépose un grain de blé sur la première case de l'échiquier, deux sur la deuxième case, quatre sur la troisième, etc. Le souverain aurait ri de ce qu'il lui semblait un bien maigre prix pour la brillante invention. Après de pénibles calculs, le trésorier lui aurait appris que le

nombre de grains de blé demandés dépassait la production du royaume. Les versions diffèrent pour la fin de l'histoire: l'inventeur serait devenu un conseiller de haut rang ou aurait été exécuté. Pour mener le calcul, on utilise la formule facile à démontrer que:

$$1+2+2^2+\dots+2^n=2^{n+1}-1,$$

soit $1+2+2^2+\dots+2^{63}=2^{64}-1$
 $=18446744073709551615$ grains de blé au total:
 plus de 1000 fois la production mondiale
 annuelle de blé!

Notre difficulté à appréhender ce que représente 2^n apparaît dans une multitude de situations mathématiques (voir l'encadré 3). D'autre part, les chiffres qu'on voit apparaître quand on écrit explicitement 2^n intriguent. Ces chiffres suivent-ils des règles?

LES CHIFFRES À DROITE DE 2^n

La réponse est plus complexe qu'on ne l'imagine. Concentrons-nous sur le chiffre le plus à droite, ou chiffre des unités. Ce chiffre est nécessairement pair, bien évidemment. Quelques calculs montrent qu'il suit une règle périodique: la séquence 2, 4, 8, 6 se répète indéfiniment: 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024, 2048... La démonstration est facile:

$$2 \times (10k+2) = 20k+4 = (2k) \times 10 + 4$$

donc le double d'un nombre se terminant par 2 se termine par 4. De $2 \times (10k+4) = 10 \times (2k) + 8$ on tire que le double d'un nombre se terminant par 4 se termine par 8. Le reste vient avec:

$$2 \times (10k+8) = 10 \times (2k+1) + 6$$

et $2 \times (10k+6) = 10 \times (2k+1) + 2.$



Jean-Paul Delahaye a notamment publié: **Les Mathématiciens se plient au jeu**, une sélection de ses chroniques parues dans *Pour la Science* (Belin, 2017).