Le Beau Livre de la Terre

Patrick de Wever
Avec la collaboration de Jean-François Buoncristiani

DUNOD

MUSÉUM
NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

Patrick De Wever est professeur au Muséum national d'histoire naturelle, après avoir été directeur de recherche au CNRS, ancien président de la Société géologique de France. Il dirige des collections de livres pour chercheurs et étudiants ainsi que pour un plus large public. Passionné par les relations biosphère-géosphère, auteur d'une vingtaine d'ouvrages, il est responsable de l'Inventaire national du patrimoine géologique ainsi que de la commission « Geoheritage » pour l'International Union of Geological Sciences, membre de la commission mondiale des aires protégées et expert auprès de l'UNESCO pour les Géoparcs.

Jean-François Buoncristiani est maître de conférence à l'université de Bourgogne et sédimentologue spécialiste de l'étude des environnements glaciaires et des variations du climat au sein du laboratoire Biogéosciences du CNRS. Ses travaux de recherche le conduisent en mission dans le monde entier. Il a participé à plusieurs documentaires, est régulièrement invité dans les médias pour partager ses expériences, et animer une émission de radio. Passionné par la photographie et la diffusion de la science, il rédige des reportages pour la presse.

Texte de la première édition révisé par Laurent Brasier

Maquette de couverture : Grégory Bricout

Illustration de couverture : © Gabriel Barathieu/Biosphoto

Les images des pages 89, 133, 185, 207, 243, 299, 327, 329, 347 et 351
proviennent des collections du Muséum national d'histoire naturelle de Paris.

Nous avons fait tout ce qui était en notre pouvoir pour obtenir les autorisations
de reproduction nécessaires pour cet ouvrage. Toute omission qui nous sera signalée
se verra rectifiée dans le prochain tirage.

© Dunod, 2015, 2017 pour cette nouvelle édition
11, rue Paul Bert, 92240 Malakoff
www.dunod.com
ISBN 978-2-10-076899-8

Table des matières

Introduction 1

Échelle des temps géologiques 3

Hadéen

~–4,57 milliards d'années La Terre, une planète du système solaire 6

~–4,51 milliards d'années Et la Lune fut 8

~–4,45 milliards d'années Un noyau sous le manteau 10

~–4,44 milliards d'années Un bouclier magnétique protecteur 12

~–4,4 milliards d'années Terre, planète bleue 14

~–4,03 milliards d'années Des roches comme jamais plus 16

Archéen

~–4 milliards d'années Bombardement tardif 20

~–3,8 milliards d'années L'eau, liquide primordial 22

~–3,8 milliards d'années Premières traces de vie 24

~–3,6 milliards d'années Des indices clés à Barberton 26

~–3,5 milliards d'années Le paradoxe du Soleil froid 28

~–3,5 milliards d'années Des tapis de bactéries 30

~–3,5 milliards d'années L'oxygène, quel poison ! 32

Protérozoïque

~–2,5 milliards d'années Des minéraux dus à la vie 36

~–2,5 milliards d'années Un tournant dans la tectonique de la planète 38

~–2,4 milliards d'années Changement d'atmosphère 40

~–2,4 milliards d'années Terre boule de neige 42

~–2,4 milliards d'années Dépôts de fer dans les océans 44

~–2,1 milliards d'années Premiers organismes multicellulaires ? 46

~–2,1 milliards d'années Les cellules se dotent d'un noyau 48

~–2 milliards d'années Les mitochondries s'installent 50

~–1,95 milliard d'années Des réacteurs nucléaires naturels 52

~–1,5 milliard d'années Des cellules eucaryotes domestiquent la lumière 54

~–1,5 milliard d'années Un nouveau mode de reproduction 56

~–1,1 milliard d'années Le supercontinent de la Rodinia 58

~–850 millions d'années Des couvercles thermiques 60

~–750 millions d'années Retour au froid 62

~–700 millions d'années Sauvés par la légèreté de la glace 64

~–650 millions d'années Du chaud sur du froid 66

~–600 millions d'années La couche d'ozone 68

~–600 millions d'années Le sommet du Cervin est africain 70

~–585 millions d'années Édiacara, première faune bien connue 72

~–570 millions d'années Ni algues, ni bactéries, ni embryons 74

Phanérozoïque

De –541 à –252 millions d'années Le Paléozoïque (ère primaire) 78

~–541 millions d'années L'explosion cambrienne 80

~–541 millions d'années Un squelette protecteur 82

~–530 millions d'années L'Ardenne au bord de l'Écosse 84

~–520 millions d'années La faune de Chengjiang 86
~–515 millions d'années Or 88
~–505 millions d'années Burgess, mortelle avalanche 90
~–480 millions d'années Des plantes sur la terre ferme 92
~–445 millions d'années La première grande crise du vivant 94
~–440 millions d'années De la photosynthèse aux combustibles fossiles 96
~–420 millions d'années De nouvelles branches de végétaux 98
~–406 millions d'années À chaque roche sa plante 100
~–400 millions d'années Traces de pattes hors de l'eau 102
~–400 millions d'années Le continent des vieux grès rouges 104
~–390 millions d'années Développement de la graine 106
~–372 millions d'années La deuxième grande crise du vivant 108
~–370 millions d'années Le Sahara sous l'eau 110
~–365 millions d'années Des pattes en milieu aquatique 112
~–320 millions d'années Les Galapagos du Carbonifère 114
~–310 millions d'années L'amnios évite le dessèchement 116
~–315 millions d'années Le charbon que nous brûlons 118
~–295 millions d'années Autunite 120
~–260 millions d'années Les nouveaux grès rouges 122
~–258 millions d'années Supervolcan chinois 124
De –252 à –66 millions d'années Le Mésozoïque (ère secondaire) 126
~–252 millions d'années La troisième et plus grande crise du vivant 128
~–250 millions d'années Les terres se séparent 130
~–250 millions d'années Les ammonites peuplent les mers 132
~–235 millions d'années Des roches pleines d'eau 134
~–230 millions d'années Le règne des dinosaures 136
~–230 millions d'années Une croûte de sel sur l'Europe 138
~–225 millions d'années Les cycles astronomiques de la Terre 140
~–218 millions d'années La forêt pétrifiée de l'Arizona 142
~–210 millions d'années L'eau, facteur d'érosion 144
~–200 millions d'années Danger venu du ciel 146
~–200 millions d'années La quatrième grande crise du vivant 148
~–190 millions d'années Les Navajo sandstones 150
~–182 millions d'années Une « petite » crise 152
~–180 millions d'années L'époque des grandes moussons 154
~–170 millions d'années Les Tsingy de Madagascar 156
~–165 millions d'années Eaux chaudes venues des profondeurs 158
~–160 millions d'années Fond de l'océan à la montagne 160
~–160 millions d'années Des squelettes énergivores 162
~–158 millions d'années Jade 164
~–155 millions d'années L'envol des dinosaures 166
~–150 millions d'années Le calcaire de Solnhofen 168
~–146 millions d'années Des algues aux talents multiples 170
~–130 millions d'années Ouverture de l'Atlantique Sud 172
~–130 millions d'années Enfin des fleurs 174

~–125 millions d'années Un troupeau de dinosaures piégé 176
~–125 millions d'années Le sel et le pétrole de l'Atlantique 178
~–120 millions d'années Les sables bitumineux d'Athabasca 180
~–110 millions d'années L'ocre 182
~–100 millions d'années Diamant 184
~–85 millions d'années Des falaises de lisier 186
~–70 millions d'années Des phosphates biogènes 188
De –66 millions d'années à nos jours Le Cénozoïque (ères tertiaire et quaternaire) 190
~–66 millions d'années Effet mondial d'un immense volcanisme 192
~–66 millions d'années Effet mondial d'une chute de météorite 194
~–66 millions d'années La cinquième grande crise du vivant 196
~–65 millions d'années Dérive de l'Inde 198
~–65 millions d'années Émeraude 200
~–56 millions d'années Maximum de chaleur 202
~–56 millions d'années Ambre 204
~–52 millions d'années Un archivage unique au monde 206
~–50 millions d'années Chaussée des géants 208
~–47 millions d'années Lac empoisonné 210
~–45 millions d'années Paris sous les tropiques 212
~–40,5 millions d'années La Tour du Diable 214
~–40 millions d'années Des montagnes comme des ludions 216
~–40 millions d'années Le rift est-africain s'installe 218
~–38 millions d'années Des baleines dans le désert 220
~–35,7 millions d'années Un cratère de diamants 222
~–35 millions d'années Partie de billard asiatique 224
~–34 millions d'années L'Antarctique s'englace 226
~–25 millions d'années L'Himalaya s'élève 228
~–24 millions d'années Une île émerge : l'Islande 230
~–17 millions d'années Le Yellowstone, plus grand volcan actif 232
~–10 millions d'années Des chronomètres fossiles 234
~–7 millions d'années Toumaï 236
~–6 millions d'années Orrorin 238
~–6 millions d'années La Méditerranée s'assèche 240
~–3,2 millions d'années Lucy 242
~–3 millions d'années Le Gulf Stream 244
~–2,6 millions d'années Le Quaternaire 246
~–2,5 millions d'années La jonction des Amériques 248
~–2,4 millions d'années Le genre *Homo* 250
~–1 million d'années L'utilisation du feu 252
~–1 million d'années La mer Morte 254
250 000 ans av. J.-C. *Homo neanderthalensis* 256
200 000 ans av. J.-C. *Homo sapiens* 258
100 000 ans av. J.-C. L'Homme enterre ses morts 260
50 000 ans av. J.-C. Meteor Crater 262
35 000 ans av. J.-C. L'explosion de l'art 264
25 000 ans av. J.-C. Quand la Manche était un fleuve 266
25 000 ans av. J.-C. Lœss, fils d'Éole 268
10 000 ans av. J.-C. Développement de l'agriculture 270
7 000 ans av. J.-C. L'ouverture du Bosphore 272
6 000 ans av. J.-C. Le Sahara au vert 274
3 500 ans av. J.-C. Les débuts de l'écriture 276
1 600 ans av. J.-C. L'éruption du Santorin 278
500 ans av. J.-C. La Terre est ronde 280
240 ans av. J.-C. Ératosthène mesure la circonférence de la Terre 282

100 ans av. J.-C. Des vasques naturelles à Pamukkale 284
0 = 1 Le casse-tête de l'origine du temps 286
79 L'éruption du Vésuve 288
1492 Christophe Colomb aux Amériques 290
1508 Léonard de Vinci et la nature des fossiles 292
1519 Le grand voyage autour du monde de Magellan 294
1565 Le petit âge glaciaire 296
1588 Le jaspe 298
1609 Les saisons de Kepler 300
1610 La lunette astronomique de Galilée 302
1654 Ussher et la Terre jeune 304
1669 Lire dans les strates terrestres 306
1687 Newton et la gravitation universelle 308
1740 Mesurer la Terre 310
1746 Première carte géologique 312
1749 Buffon et la Terre vieille 314
1758 La nomenclature binominale de Linné 316
1766 Le voyage autour du monde de Bougainville 318
1783 La fissure du Laki 320
1784 L'Anthropocène 322
1799 Le voyage de von Humboldt et Bonpland 324
1801 Sur la philosophie de la minéralogie 326
1812 Cuvier reconstitue les animaux du passé 328
1817 Lois de la cristallisation des minéraux 330
1831 Julia, l'île capricieuse 332
1831 Le voyage de Charles Darwin 334
1842 L'échelle stratigraphique 336
1851 Le pendule de Foucault 338
1858 Snider Pellegrini, précurseur de la dérive des continents 340
1859 Naissance de l'industrie pétrolière 342
1869 Mondialisation des espèces 344
1890 La Nature n'est pas inépuisable 346
1895 Un moteur inexploité 348
1896 La découverte de la radioactivité 350
1902 L'éruption de la montagne Pelée 352
1905 Dater les roches 354
1912 La dérive des continents 356
1923 Des proliférations épisodiques de plancton 358
1927 L'univers a une histoire 360
1942 L'Homme domestique une nouvelle énergie 362
1965 Comprendre les climats du passé 364
1971 La porte de l'enfer brûle 366
1972 La Terre vue de l'espace 368
1975 Des stocks de méthane 370
1977 Fumeurs noirs 372
1978 Terra incognita 374
1985 Plancton et climat 376
1988 La création du GIEC 378
1992 La biodiversité devient l'objet de conventions internationales 380
1992 Des ressources limitées 382
1995 Le GPS 384
1997 Un septième continent ? 386
2007 Une population citadine 388
2011 Les risques naturels 390
2011 Terres rares 392
2014 Ressources en eau 394
2040 10 milliards d'êtres humains 396
Dans ~50 000 ans Une nouvelle glaciation 398
Dans ~50 millions d'années La Méditerranée devenue une chaîne de montagnes 400
Dans ~5 milliards d'années Le Soleil devenu une géante rouge 402
Bibliographie 404
Index 410
Crédits photographiques 414

Introduction

La nature est un tout, en termes d'espace, de temps et d'interactions, à toutes les échelles…

L'histoire de la Terre n'est pas celle d'un long fleuve tranquille régulièrement ponctuée de phénomènes. Au contraire, « l'histoire géologique est comme la vie d'un soldat : de longues périodes d'ennui et de courtes périodes de terreur », a bien résumé le géologue britannique Derek V. Ager (1980). Dans l'enregistrement géologique, l'action continue des forces de la nature ne laisse, ni plus ni moins, de vestiges identifiables que ne l'a fait la vie courante des Hommes dans les couches archéologiques. Beaucoup de traces (pistes ou squelettes) n'ont été fossilisées qu'à la suite d'événements violents et subits. Sans ruptures, sans catastrophes, il n'y aurait pas de chronologie et le passé resterait indéchiffrable. C'est parce qu'il y eut l'éruption du Vésuve et le drame de Pompéi-Herculanum que la vie des Romains nous est si bien connue. Heureusement pour la science, la nature n'a jamais manqué de barbares !

L'histoire de la Terre est celle d'un temps passé, qu'il nous faut donc recomposer à partir des éléments conservés ; fossiles, indicateurs chimiques, structures. L'accumulation des indices que nous livrent les roches, dont l'interprétation peut varier au cours du temps en fonction des connaissances et des outils disponibles, permet de reconstituer des environnements passés en des lieux précis. Leur juxtaposition spatiale offre un paysage plus général d'une région, d'un continent. Leur succession temporelle offre une histoire, une évolution des paysages, des climats, des mondes marin et terrestre, des organismes vivants.

Pour se retrouver dans ce temps immense, inhumain avec ses centaines de millions d'années, les géologues ont utilisé des couches de références, avec leur contenu en fossiles repères. Ces niveaux ont servi d'étalons pour établir une succession, une échelle des temps géologiques que la communauté internationale a adoptée afin de disposer d'un langage commun.

Ils se sont d'abord intéressés à l'empilement des couches et à leurs relations (recoupements, etc.) et à leur contenu. Ils ont ainsi établi une échelle relative : avant/après. On savait déterminer une succession de phénomènes mais on ne savait toujours pas quelles étaient les durées impliquées. Il restait difficile, voire impossible, de comprendre les processus en jeu. Ce n'est qu'au XXe siècle, après la découverte de la radioactivité, qu'est mise au point une méthode qui donne accès à des âges chiffrés. Dès lors, la dynamique des phénomènes devient accessible. Et des calculs sont possibles : à la démarche historique s'ajoute celle de la physique. C'est toutefois la compréhension du principe de la dérive des continents par Wegener, puis de la tectonique des plaques, qui va véritablement permettre de comprendre comment la planète fonctionne : le mouvement des continents lié aux changements climatiques, aux révolutions que connaît le monde vivant, à la hauteur du niveau marin… L'histoire de la Terre est aussi celle de la vie. La publication de *De l'origine des espèces au moyen de la sélection naturelle* de Charles Darwin a ainsi offert un nouveau paradigme, complété et affiné par la génétique et les développements de la biologie moléculaire. Tous ces éléments ont permis à l'Homme de se repositionner : il n'est plus désormais l'accomplissement ultime de la nature, mais un élément parmi d'autres dans le concert de la vie. Si l'histoire de la Terre était une journée de 24 h, celle de la lignée humaine ne concernerait que les toutes dernières minutes…

Parce que la nature est un système interagissant, l'histoire événementielle de la Terre se présente donc comme le soufflet d'un accordéon, avec des éléments très resserrés et d'autres distendus. Un phénomène volcanique majeur a des répercussions sur le climat, sur la topographie, le niveau marin, la biodiversité, etc. Les dates retenues dans ce livre ne sont donc pas celles d'une partition de musique marquée d'une ponctuation régulière. Comme en histoire, le passé récent est plus riche d'informations, d'autant plus qu'à l'histoire de la Terre s'ajoute celle des découvertes par les Hommes.

S'intéresser à l'histoire de la Terre relève de la même démarche que l'enquête policière. Le policier relève des indices, suit des pistes, reconstitue un scénario logique en prenant en compte tous les éléments, et, parfois, un nouvel élément l'oblige à réviser complètement son hypothèse. Ainsi va la science.

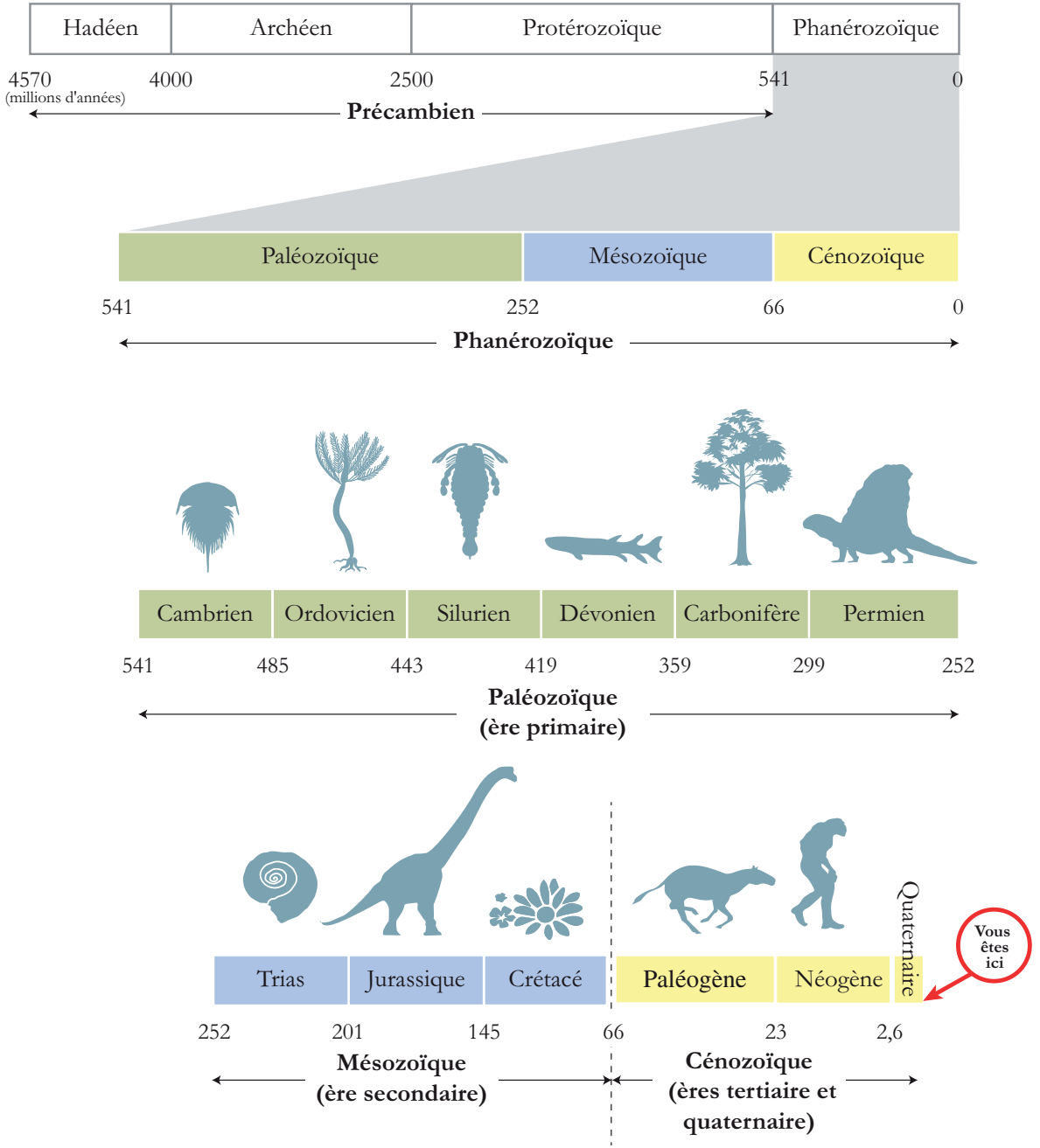
Le choix éditorial de la collection étant celui de la flèche du temps, on s'inscrit dans un temps historique. Et comme en histoire les dates sont, au moins en partie, conventionnelles, nous avions souvent un éventail de possibilités. En effet, quand on évoque un phénomène, plusieurs âges de présentation sont possibles. Dans le cas d'une lave utilisée par l'Homme par exemple, nous pouvions choisir de présenter l'événement soit en lien avec l'âge de la roche transpercée par le volcanisme, soit en lien avec celui de l'éruption, ou encore en lien avec l'utilisation de la roche comme pierre de construction. Selon les circonstances, nous avons choisi l'un ou l'autre. En outre, les dates retenues sont celles que la science retient à ce jour, et la science n'est pas une connaissance figée. Puisque la science n'est pas une connaissance figée, nous avons profité de cette nouvelle édition pour y introduire des éléments dont les médias se sont fait l'écho, que ce soit pour l'apparition de la vie, pour l'influence de celle-ci sur la diversité minéralogique, sur le courant du Gulf Stream, mais aussi pour de nouvelles sources d'énergie (à partir de l'hydrogène), sans oublier les nombreux titres qui évoquent l'Anthropocène.

Remerciements

Il me faut témoigner ici de ma gratitude envers mes collègues, mes maîtres, mes amis qui ont éveillé en moi une soif, une curiosité. Elle occupe, elle rend vivant, elle rend heureux.

Je suis redevable à des collègues, des amis, des connaissances, pour les conseils, les photos, les relectures ingrates sur des parties de manuscrit. Je ne peux les remercier tous, mais je tiens quand même à signaler quelques noms (par ordre alphabétique) : François Baudin, Karim Benzerrara, Vanessa Beunèche, Alain Blieck, Valérie Bosse, Sylvain Charbonnier, Annie Cornée, Bruno David, Jean-François Deconninck, Francis Duranthon, François Farges, Qinglai Feng, Muriel Gargaud, Emmanuel Geerbrandt, Érik Gonthier, Brigitte Gonzalez, Michel Guiraud, Nour-Eddine Jalil, Philippe Janvier, Michel Marthaler, Hervé Martin, Georges Mascle, Stéphane Peigné, Jean-Yves Reynaud, Monica Rotaru, Jean-Marie Rouchy, Brigitte Senut, Anne Roussel Versini, Jean Vannier, Frances Westall et enfin Jean-François Buoncristiani pour les séances de travail sur l'iconographie et Anne Bourguignon, qui m'a fait souffrir pour arriver à un livre qui partage l'exigence de l'éditeur et la sensibilité de l'auteur.

Échelle des temps géologiques



Hadéen

De – 4,57 à – 4 milliards d'années

C'est la division la plus ancienne des temps géologiques, qui forme la première partie du Précambrien. Elle s'étend de la fin de l'accrétion de la planète, voici 4,57 milliards d'années, jusqu'à – 4 milliards d'années, selon la Commission internationale de Stratigraphie, moment où l'on rencontre les premières roches sédimentaires.

Ce premier âge de la Terre tire son nom de Hadès, considéré comme le « maître des Enfers » dans la mythologie grecque. Un nom censé refléter les conditions qui régnaient alors sur notre planète en formation, qui n'était encore qu'une sorte de magma en fusion : les chocs répétés des impacts de météorites dégageaient une telle énergie que la température globale devait dépasser le millier de degrés.

Cette période a longtemps été qualifiée d'azoïque, c'est-à-dire sans vie. Pour autant, le peu que l'on reconstitue de cette « petite enfance » de la Terre, qui n'a laissé que peu de témoins, n'interdit pas de penser qu'une activité biologique a pu exister dès cette période : l'analyse de certains minéraux indique que de l'eau existait et on sait aussi qu'une atmosphère était présente. Cette éventuelle première trace de vie aurait ensuite été effacée par le bombardement violent qu'a connu la planète vers – 4 milliards d'années.

Pour mieux connaître cette période reculée, il faudrait disposer d'échantillons de roches datant de plus de 4 milliards d'années, or très peu ont subsisté et les indices sont bien maigres : des grains de zircon datés de 4,36 milliards d'années, trouvés en Australie, et de très rares roches terrestres, dont les plus vieilles ont été découvertes en 2008 dans le nord du Québec, le long de la côte Est de la baie d'Hudson au Canada. Au Canada toujours, certains gneiss d'Acasta sont eux âgés de 4,03 milliards d'années.

« La Terre est bleue comme une orange » a dit Paul Éluard. Cela était peut-être vrai aux premiers âges de la Terre. Cette représentation d'artiste illustre ce que devait être la Terre dans sa prime jeunesse : une boule de magma incandescent sans le halo bleu de son atmosphère oxygénée.

~–4,57 milliards d'années

La Terre, une planète du système solaire

La Terre s'est formée il y a 4,567 milliards d'années par l'agrégation de grains de poussière parsemant le disque protoplanétaire ceinturant le jeune Soleil.

Il fallut attendre les travaux de Copernic, au XVIe siècle, puis ceux de Galilée, au XVIIe siècle, pour que triomphe l'héliocentrisme, théorie selon laquelle la Terre tourne autour du Soleil au lieu d'être le centre immobile de l'univers. Au début du XXe siècle, la théorie du Big Bang puis l'observation de l'expansion de l'univers ont assis l'idée selon laquelle les corps célestes — étoiles et planètes —, tout comme les êtres vivants, naissent, évoluent et partagent une histoire commune.

Cette histoire commence avec la formation de notre étoile, le Soleil, à la suite de l'effondrement gravitationnel d'une petite partie d'un nuage moléculaire géant. Autour de l'étoile naissante se forme un disque aminci fait de gaz et de grains de poussière.

Ces grains s'agglomèrent peu à peu, jusqu'à former des planétésimaux de quelques kilomètres de diamètre sous l'effet de la gravité. Les plus massifs de ces planétésimaux finissent par constituer des embryons de planètes, nettoyant ainsi le disque de ses poussières initiales.

Plus on s'éloigne du Soleil, plus l'orbite de ces corps est étendue et plus leur masse est grande, car ils trouvent sur leur passage plus de matière à agglomérer. Au-delà d'une certaine distance au Soleil, les embryons de planètes sont si massifs qu'ils parviennent à attirer les gaz du nuage (hydrogène et hélium) et finissent par s'effondrer sur eux-mêmes pour donner naissance à des géantes gazeuses. Ainsi naissent Jupiter et Saturne. Les planètes plus petites, comme Uranus ou Neptune, laissent échapper les gaz et ne conservent que leur cœur de roches et de glace, avec très peu d'hydrogène et d'hélium. Les planètes qui naissent plus près du Soleil sont composées de roches et de métaux — elles sont dites telluriques. Leurs embryons se sont percutés violemment lorsque leurs orbites se croisaient, si bien qu'il n'en subsiste aujourd'hui que quatre, dont la Terre, mais aussi Mars, Vénus et Mercure. La formation de toutes ces planètes, dont la nôtre, aura duré environ 100 millions d'années.

VOIR AUSSI Bombardement tardif (–4 milliards d'années), Danger venus du ciel (–200 millions d'années), Effet mondial d'une chute de météorite (–66 millions d'années), Un cratère de diamants (–35,7 millions d'années), L'univers a une histoire (1927).

Tous les éléments du Système solaire (Soleil, planètes, météores, etc.) sont nés d'une grande explosion.

~–4,51 milliards d'années

Et la Lune fut

La Lune est née d'une gigantesque collision entre la jeune Terre et un autre embryon de planète en déshérence du système solaire.

Selon une hypothèse assez communément admise, l'orbite devenue chaotique d'une planète naissante de la taille de Mars, baptisée Théia, aurait percuté la Terre, il y a 4,526 milliards d'années. Sous la violence du choc, son noyau ferreux aurait plongé au cœur de notre planète, tandis que le reste de la planète, ainsi qu'une partie du manteau terrestre, auraient été éjectés dans l'espace. Ce matériau en orbite autour de la Terre se serait petit à petit éloigné pour finir par donner naissance à notre satellite, la Lune, à quelque 22 500 km (contre près de 400 000 km aujourd'hui).

Ce gros satellite, né d'un accident, a permis à la Terre de stabiliser son axe de rotation, mais a aussi ralenti ce mouvement de rotation par le mécanisme de la friction des marées. La Terre tourne de moins en moins vite, ainsi que s'en aperçut l'astronome Edmond Halley au XVIIe siècle, si bien que la durée du jour augmente (de 0,00164 seconde par siècle). Il y a 4,5 milliards d'années, un jour ne durait qu'un peu plus de 6 heures, tandis qu'une année comprenait 1 434 jours. Il y a 2,5 milliards d'années, un jour durait un peu plus de 12 heures ; une année 714 jours. Et il y a 400 millions d'années, enfin, les jours duraient 22 heures, ce qu'attestent les stries de croissances que l'on peut observer sur les coquillages.

La Lune a un effet déterminant sur les marées océaniques, certes, mais aussi terrestres : le sol se soulève et s'abaisse deux fois par jour ! En France, chaque jour, sous l'effet des marées terrestres, les maisons, en un lieu donné, montent et descendent d'environ un demi-mètre. Ce phénomène n'est pas visible à l'œil nu, car l'ensemble — maisons et terres alentour — bouge en même temps et de façon identique.

La lune ralentit aussi tout doucement et s'éloigne de la Terre de 3,8 cm par an. Située aujourd'hui à 384 000 km, elle était à 360 000 km il y a 500 millions d'années. Les marées induites étaient alors plus fréquentes et bien plus fortes. La mer se retirait très loin et envahissait très fortement les continents.

VOIR AUSSI Bombardement tardif (–4 milliards d'années), Danger venus du ciel (–200 millions d'années), Effet mondial d'une chute de météorite (–66 millions d'années) et Un cratère de diamants (–35,7 millions d'années).

Lever de Terre depuis la Lune. La force gravitationnelle exercée par la Lune, trop petite, n'est pas suffisante pour retenir les éléments de l'atmosphère. Son volcanisme n'est plus actif. (Photographie prise par la mission Apollo 8 le 23 décembre 1968.)

~–4,45 milliards d'années

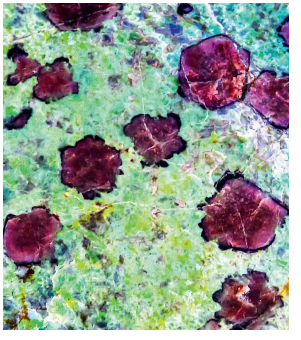
Un noyau sous le manteau

La jeune Terre, très chaude, n'est qu'un vaste océan de magma inhospitalier, dont l'intérieur se différencie en un noyau et un manteau.

La Terre, comme Mercure, Vénus et Mars, est une planète tellurique, dont la surface solide est soumise à des impacts incessants de corps plus petits. Une chaleur énorme se dégage de ces impacts, l'énergie cinétique des objets impactants se transformant en énergie thermique. À cette chaleur induite par les collisions, vient s'ajouter celle produite par les éléments radioactifs (uranium, thorium, potassium), encore très abondants, car peu désintégrés : ils produisent de l'ordre de cinq fois plus de chaleur qu'aujourd'hui.

La Terre primitive est donc très chaude. Faute de pouvoir évacuer cette chaleur, celle-ci s'accumule, au point de faire fondre les roches et de donner naissance à ce que l'on a l'habitude de nommer un océan magmatique. Initialement homogène, physiquement et chimiquement, notre planète commence à se différencier. Sous l'effet de la gravitation, les éléments denses, fer et nickel, coulent au fond de l'océan magmatique et s'accumulent au centre de la protoplanète. Ils forment alors un noyau métallique. Les éléments moins denses, les silicates, restent près de la surface, formant le manteau.

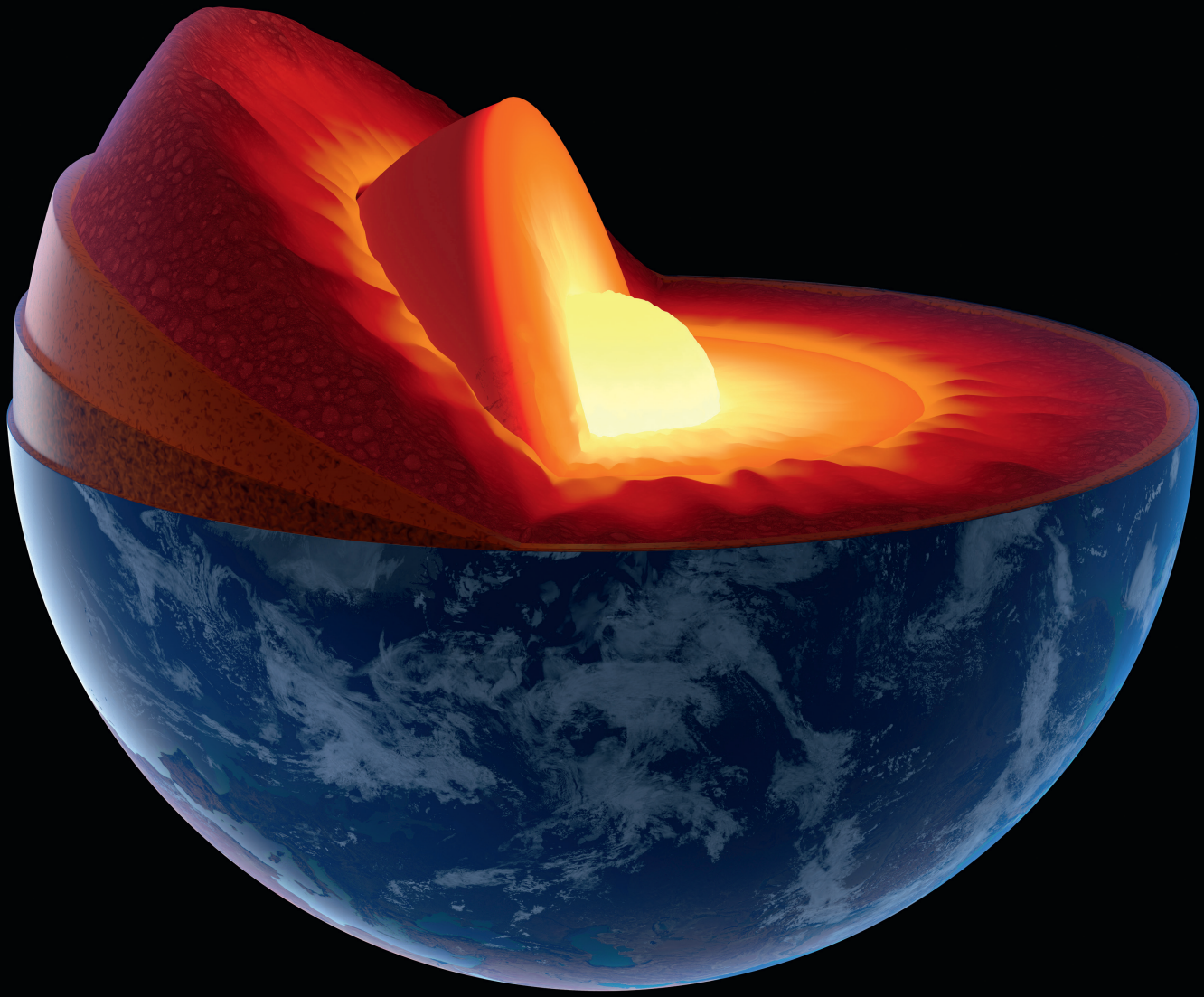
Actuellement, le noyau terrestre est composé de deux parties distinctes : un noyau externe, liquide, qui comprend 80 % de fer, quelques traces de nickel et plusieurs éléments tels que le silicium et le soufre qui abaissent le point de fusion du métal, et un noyau interne, solide — la graine —, composé de fer presque pur. Sans cette différentiation, le sous-sol serait bien plus riche en ressources métalliques. Mais sans ce noyau, la vie telle que nous la connaissons serait impossible. Le champ magnétique qui nous protège des rayons cosmiques — des particules hautement énergétiques en provenance du Soleil et de toute la galaxie — résulte en effet des phénomènes de convection à l'œuvre dans le noyau externe liquide.



De nos jours, la Terre continue de se refroidir. Son noyau externe cristallise lentement, et sa taille diminue, tandis que celle de la graine augmente.

VOIR AUSSI Un bouclier magnétique protecteur (–4,44 milliards d'années), Des couvercles thermiques (–850 millions d'années), Or (–515 millions d'années), Diamant (–100 millions d'années) et Un moteur inexploité (1895).

À gauche : le manteau terrestre est constitué d'une roche verte dont le minéral majoritaire est proche de l'olivine (verte), ici accompagnée de quelques grenats (éclogite à grenat de Saint-Philibert). À droite : vue d'artiste représentant les différents niveaux de la structure interne actuelle de la Terre. Le noyau interne apparaît en jaune et le manteau en rouge. Aujourd'hui, les scientifiques préfèrent utiliser l'argenté pour le noyau et le vert pour le manteau.



~–4,44 milliards d'années

Un bouclier magnétique protecteur

Le champ magnétique terrestre, immense bouclier qui nous protège du vent solaire, nocif pour la vie, serait apparu très tôt dans l'histoire de notre planète.

C'est grâce à l'individualisation d'un noyau métallique qu'a pu naître un champ magnétique au sein de la jeune Terre. Dans ce noyau, les mouvements fluides induisent des courants électriques qui, comme dans une dynamo, donnent naissance à un champ magnétique. Lequel s'auto-entretient en fournissant lui-même un champ électrique.

Nos connaissances restent imprécises sur le moment exact de la formation de ce champ magnétique. Les minéraux peuvent en effet perdre leur aimantation lorsqu'ils sont chauffés au-delà d'une certaine température, appelée point de Curie (entre 550 et 650 °C), ce qui se produit lors des transformations métamorphiques. Quand la température redescend, ils peuvent à nouveau être magnétisés, mais la « mémoire » de leur aimantation passée est perdue.

Jusqu'à peu, la plus ancienne trace du champ magnétique conservée dans des minéraux était localisée en Afrique du Sud et était âgée de 3,6 milliards d'années. Récemment, les minéraux les plus anciens que l'on connaisse, de minuscules fragments de zircon découverts à Jack Hills, en Australie, ont été datés à 4,374 milliards d'années. Or ils semblent porter la marque d'un champ magnétique contemporain de leur formation…

Le champ magnétique serait donc apparu très tôt dans l'histoire de la Terre. On a d'ailleurs retrouvé les traces d'un champ magnétique dans des terrains âgés de 4,3 milliards d'années sur Mars, dont le processus de formation est semblable à celui de la Terre, ce qui montre que le champ magnétique a pu apparaître très peu de temps après la différenciation du noyau sur les planètes telluriques.

C'est un moment capital pour l'histoire de l'atmosphère et de la vie sur notre planète. En effet, les particules du vent solaire ont tendance à souffler les éléments légers de l'atmosphère (hydrogène, azote, eau, etc.), qui s'échappent ainsi de la Terre. En déviant ces particules, le bouclier magnétique a permis à l'atmosphère de se maintenir. Et de protéger les premières formes de vie des particules ionisées du vent solaire et du rayonnement cosmique, dont l'effet aurait été délétère.

VOIR AUSSI La Terre, une planète du système solaire (–4,57 milliards d'années), Un noyau sous le manteau (–4,45 milliards d'années) et Premières traces de vie (–3,8 milliards d'années).

Les aurores boréales résultent de l'interaction entre les particules du vent solaire et la haute atmosphère ; elles sont très marquées dans les régions proches des pôles magnétiques.

~–4,4 milliards d'années

Terre, planète bleue

L'eau existe partout dans le système solaire, mais la Terre est l'unique planète sur laquelle elle se trouve encore aujourd'hui à l'état liquide en surface.

L'origine de l'eau (H_2O) sur Terre est discutée. Un premier scénario veut que l'intérieur des poussières originelles ayant donné naissance aux planètes ait abrité de l'eau, que les conditions de température et de pression sur Terre auraient fait passer à l'état liquide. Ainsi seraient apparus les océans. Selon un second scénario, les astéroïdes et les comètes venues des régions très lointaines du système solaire auraient apporté une quantité non négligeable d'eau sur la Terre. Ces deux scénarios ont pu coexister.

Alors que la Terre refroidissait lentement, les volcans servaient de soupape et crachaient des gaz et de la vapeur d'eau. Dès que la température de surface le permettait, cette vapeur d'eau se condensait et tombait sous forme de pluie, qui s'accumulait dans les zones basses du relief. Ainsi se sont formés les premiers lacs et océans.

L'eau n'est liquide que dans une gamme de températures et pressions très étroite (entre 0 et 100 °C pour une pression d'une atmosphère), c'est pourquoi, dans le système solaire, seule la Terre l'abrite encore aujourd'hui en telle quantité à l'état liquide en surface. Un simple regard sur nos voisines est édifiant : la température de surface de Vénus, plus proche du Soleil, est de près de 460 °C. Mars, plus éloignée du Soleil, affiche au contraire un désert froid à –63 °C. La Terre, elle, est à la bonne distance du Soleil : ni trop chaude, ni trop froide. C'est le principe de zone habitable : une zone dans laquelle les conditions sont favorables à l'apparition de la vie telle qu'on la connaît sur Terre. Mais la juste distance au Soleil n'est pas suffisante. La taille de notre planète a aussi permis qu'une atmosphère s'y maintienne : plus grosse, la gravité eût tout condensé et il n'y aurait pas d'atmosphère ; plus petite, sa faible gravité n'aurait pas empêché les gaz de s'échapper dans l'espace et il n'y aurait pas non plus d'atmosphère (comme c'est le cas sur la Lune).

Bénéficiant de ces conditions favorables, la Terre n'a ainsi probablement jamais connu dans son histoire ni une aussi forte glaciation que celle de Mars (il n'y a que de la glace dans le sol depuis 3 milliards d'années), ni l'effet de serre de Vénus (l'eau y est entièrement photodissociée dans l'atmosphère).

VOIR AUSSI L'eau, liquide primordial (–3,8 milliards d'années), L'eau, facteur d'érosion (–210 millions d'années) et Ressources en eau (2014).

Le bleu de l'eau donne sa couleur à notre planète. Lorsque le rayonnement solaire percute la surface de l'eau, le spectre lumineux se décompose. Les longueurs d'ondes correspondant aux couleurs rouge et jaune sont les premières à être absorbées par les molécules d'eau. Lorsque la profondeur s'accroît, c'est au tour du vert. Il ne reste alors que le bleu.

Des roches comme jamais plus

Dans la prime jeunesse de la Terre, des roches très différentes de celles d'aujourd'hui se sont formées à des conditions de très haute température.

Les premières masses continentales ont été engendrées il y a environ 4,4 à 4,35 milliards d'années. Le dégagement de chaleur interne était alors de deux à quatre fois plus important que de nos jours, et les mécanismes mis en jeu étaient bien différents de ceux que nous connaissons aujourd'hui.

La croûte océanique recycle les roches dans le manteau en moins de 200 millions d'années par le jeu de la tectonique des plaques, tandis que la croûte continentale, dont la densité est plus faible que celle de la croûte océanique, ne peut pas être recyclée facilement dans le manteau et a donc tendance à flotter plutôt qu'à couler. Les roches actuelles les plus anciennes sont donc des vestiges de la seule croûte continentale, qui s'est accumulée pour former des boucliers stables dans lesquels ont été enregistrés de nombreux épisodes de l'histoire de la Terre.

Parmi les plus âgées, les gneiss d'Acasta au nord-ouest du Canada sont d'anciennes roches magmatiques datées de 4,031 milliards d'années. Ces variétés de granites (les tonalites-trondhjémites-granodiorites ou TTG pour les spécialistes) ne se forment plus aujourd'hui.

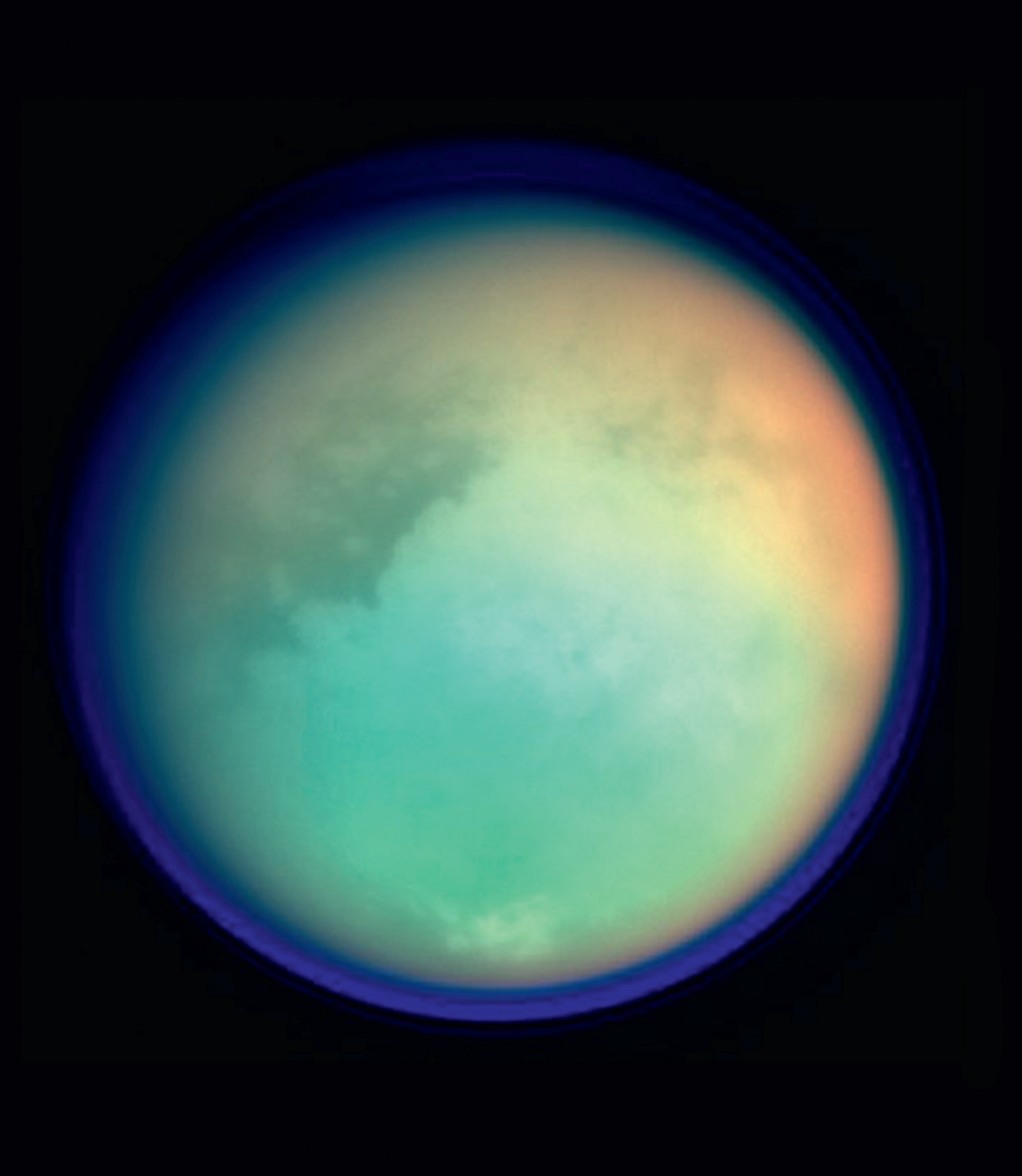
Coincées entre ces noyaux granitiques existent des roches plus sombres, les komatiites, dont le nom provient de la rivière Komati, en Afrique du Sud. La température de fusion de ces roches était de l'ordre de 1 600 °C (contre 1 250 à 1 350 °C pour les basaltes actuels). Ces roches ont donc connu une forte variation de température qui leur confère une structure particulière (appelée spinifex) que l'on ne retrouve plus dans les roches plus récentes, datant de moins de 2,5 milliards d'années. En outre, comme la température était plus élevée, la proportion de matière en fusion dans le manteau était plus importante : de 50 à 60 % (alors qu'elle n'est qu'entre 20 à 30 % aujourd'hui).

Ces roches particulières attestent du refroidissement progressif de la planète.

VOIR AUSSI Des indices clés à Barberton (–3,6 milliards d'années), Des minéraux dus à la vie (–2,5 milliards d'années), La découverte de la radioactivité (1896) et Dater les roches (1905).

À gauche : les gneiss d'Acasta sont parmi les plus anciennes roches connues sur Terre (baie d'Hudson, Canada). Ils se sont formés dans des conditions de température très particulières et qui témoignent du passé lointain de la planète. À droite : Carte géologique de l'Amérique du Nord qui localise les roches très anciennes de la baie d'Hudson (teintes rouges).

Hawaiian Islands



Archéen

De – 4 à – 2,5 milliards d'années

L'Archéen, du grec *archos*, qui signifie « ancien », débute officiellement à –4 milliards d'années, selon la Commission internationale de stratigraphie, mais on place aussi volontiers son origine à –3,8 milliards d'années, car cet éon est traditionnellement associé à l'apparition certaine de la vie sur Terre. Il suit l'Hadéen et précède le Protérozoïque — ces trois subdivisions, longtemps regroupées sous le nom de Précambrien, représentant à elles seules près de 85 % de l'histoire de la Terre.

Au début de l'Archéen, l'énergie fournie par le Soleil était 25 à 30 % moindre qu'aujourd'hui, mais la faiblesse de cet apport était compensée par une atmosphère beaucoup plus riche en gaz à effets de serre. En effet, la teneur en CO_2 était plusieurs dizaines de fois plus élevée qu'actuellement, si bien que la température moyenne à la surface de la Terre était bien plus importante (environ 60 °C).

L'atmosphère contenait en revanche peu ou pas de dioxygène. Mais une vie discrète a tout de même pu se développer dans ce milieu anaérobie. Il s'agissait d'organismes unicellulaires procaryotes (dont la structure cellulaire ne comporte pas de noyau), qui nous ont laissé des témoignages très clairs de leur présence sous forme de constructions rocheuses laminées, appelées stromatolithes, il y a 3,4 milliards d'années.

Des constructions de cet âge sont connues sur des « boucliers anciens » (au Canada, au Groenland, en Australie et en Afrique), des roches qui n'ont plus changé depuis cette époque.

Titan, le plus grand satellite de Saturne, sert de modèle aux chercheurs pour comprendre l'atmosphère archéenne sur Terre.

~–4 milliards d'années

Bombardement tardif

Un brusque redoublement des impacts météoriques a laissé ses marques profondes sur les planètes telluriques — et rendu momentanément la Terre inhabitable.

On l'appelle le Grand Bombardement tardif (ou *Late Heavy Bombardment* : LHB en anglais). Il s'agit d'une période durant laquelle les impacts météoriques ou cométaires sur les planètes telluriques auraient augmenté de façon notable. Cette période de notre histoire se serait étendue approximativement de –4 à –3,9 milliards d'années.

Ce bombardement météorique intense est attribué, selon le modèle de Nice, communément admis, à une réorganisation tardive de l'orbite des planètes géantes (Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune). Celle-ci aurait déstabilisé l'orbite de certains planétésimaux du système solaire externe et précipité certains vers l'intérieur où ils seraient venus percuter les planètes telluriques.

La Lune, Mars et Mercure, ainsi que la Terre, dans une mesure moindre, portent les traces de cet épisode violent : leur surface est grêlée de cratères d'impacts. La surface lunaire en présente environ 1 700, ce qui permet d'estimer que la Terre a été percutée par 22 000 météorites géantes.

Ces violentes collisions n'ont pas été sans conséquence. On admet en effet qu'entre 40 et 200 astéroïdes venus percuter la planète avaient un diamètre supérieur à la taille de la France (1 000 km). De quoi libérer une énergie suffisante pour vaporiser une partie des océans qui couvraient alors presque toute la surface de la Terre ! Alors qu'entre –4,4 et –4 milliards d'années, les impacts météoritiques étaient à peine plus nombreux qu'aujourd'hui et qu'un équilibre semblait avoir été atteint, permettant peut-être à la vie de s'installer sur Terre, ce regain d'intensité du bombardement a pu annihiler les premières tentatives du vivant — le processus aurait alors recommencé ultérieurement, sous une forme différente. À moins que, bien à l'abri dans quelque anfractuosité ou au fond de l'océan, elle ait pu survivre à cet épisode ; avant de se redéployer une fois celui-ci terminé.

VOIR AUSSI Et la Lune fut (–4,51 milliards d'années), Premières traces de vie (–3,8 milliards d'années), Danger venus du ciel (–200 millions d'années), Effet mondial d'une chute de météorite (–66 millions d'années) et Un cratère de diamants (–35,7 millions d'années).

Vue d'artiste d'un météore pénétrant dans l'atmosphère terrestre. Le choc de l'air et les frottements le rendent incandescent. Beaucoup de ses fragments ne toucheront jamais le sol, ils seront consumés avant.

~–3,8 milliards d'années

L'eau, liquide primordial

La présence d'eau liquide est une des conditions de l'apparition du vivant sur notre planète.

L'eau liquide a existé à la surface de Mars aux débuts de son Histoire. Mais elle a commencé à disparaître à la suite du Grand Bombardement tardif (–4 à –3,9 milliards d'années). Contrairement à la Terre, l'eau à l'état liquide ne pourrait aujourd'hui plus exister longtemps, ce qui contribue à en faire une Terre avortée. Mais pourquoi l'eau liquide est-elle si importante ?

Un organisme vivant est extrêmement paradoxal. Il possède une structure très ordonnée alors que l'un des principes fondamentaux de la thermodynamique indique que le désordre augmente avec le temps. La clé de ce paradoxe est la capacité des êtres vivants à consommer de l'énergie. Le premier besoin de la vie est donc l'énergie — la plus disponible à la surface de la Terre étant l'énergie solaire ; les premières formes de vie l'ont probablement utilisée. L'autre élément indispensable à la vie est l'eau.

Seule l'eau, en effet, offre un milieu propice pour que des molécules organiques simples réagissent chimiquement ensemble et se transforment en un agencement ordonné de molécules incroyablement complexes : un être vivant.

Si l'eau se trouve en abondance à l'état liquide sur notre planète et peut donc encourager les réactions chimiques nécessaires à la vie, c'est grâce aux propriétés bien spéciales de la molécule d'eau (une molécule simple : un atome d'oxygène et deux atomes d'hydrogène — H_2O) comparées à celles d'autres composés chimiques. Si l'eau se comportait selon les propriétés des atomes qui la constituent, elle deviendrait solide à –100 °C et gazeuse dès –70 °C. La vie n'existerait pas sur Terre. Si elle ne le fait pas, c'est grâce à la « liaison hydrogène », une force intermoléculaire qui permet aux molécules d'eau de s'associer les unes aux autres en paquets qui se font et se défont continuellement.

Les températures de congélation et d'ébullition ne sont pas les seules particularités de cette molécule d'eau. Beaucoup de corps ont en effet une grande solubilité dans l'eau. La solubilité est aussi liée à la présence de cette liaison hydrogène. Ces propriétés ont des répercussions fondamentales pour le fonctionnement des cellules vivantes.

VOIR AUSSI Terre, planète bleue (–4,4 milliards d'années), Bombardement tardif (–4 milliards d'années), Premières traces de vie (–3,8 milliards d'années) et Ressources en eau (2014).

Vallées et ravines à la surface de Mars creusées par l'eau quand elle était liquide. Cette image a pu être recomposée grâce aux informations communiquées par la sonde américaine Mars Global Surveyors *(2000).*

~–3,8 milliards d'années

Premières traces de vie

La vie est une notion familière et pourtant particulièrement difficile à définir. Le moment précis de son apparition l'est tout autant.

On a longtemps opposé le monde organique (vivant) et le monde minéral (inerte). Depuis le XIXe siècle, cette dualité est de moins en moins évidente. Définir ce qu'est la vie est un exercice complexe et il n'y a pas de consensus parfait. Toutefois, certains critères sont unanimement acceptés comme le métabolisme (prélèvement de nutriments de l'environnement et leur transformation, excrétion des déchets) et la capacité à se reproduire.

Les scientifiques estiment que la vie a dû apparaître, au plus tôt, il y a environ 4,3 milliards d'années, période où les conditions physicochimiques sont devenues compatibles avec son émergence, et au plus tard il y a 2,8 milliards d'années, âge des plus anciennes traces de vie fossile non ambiguës.

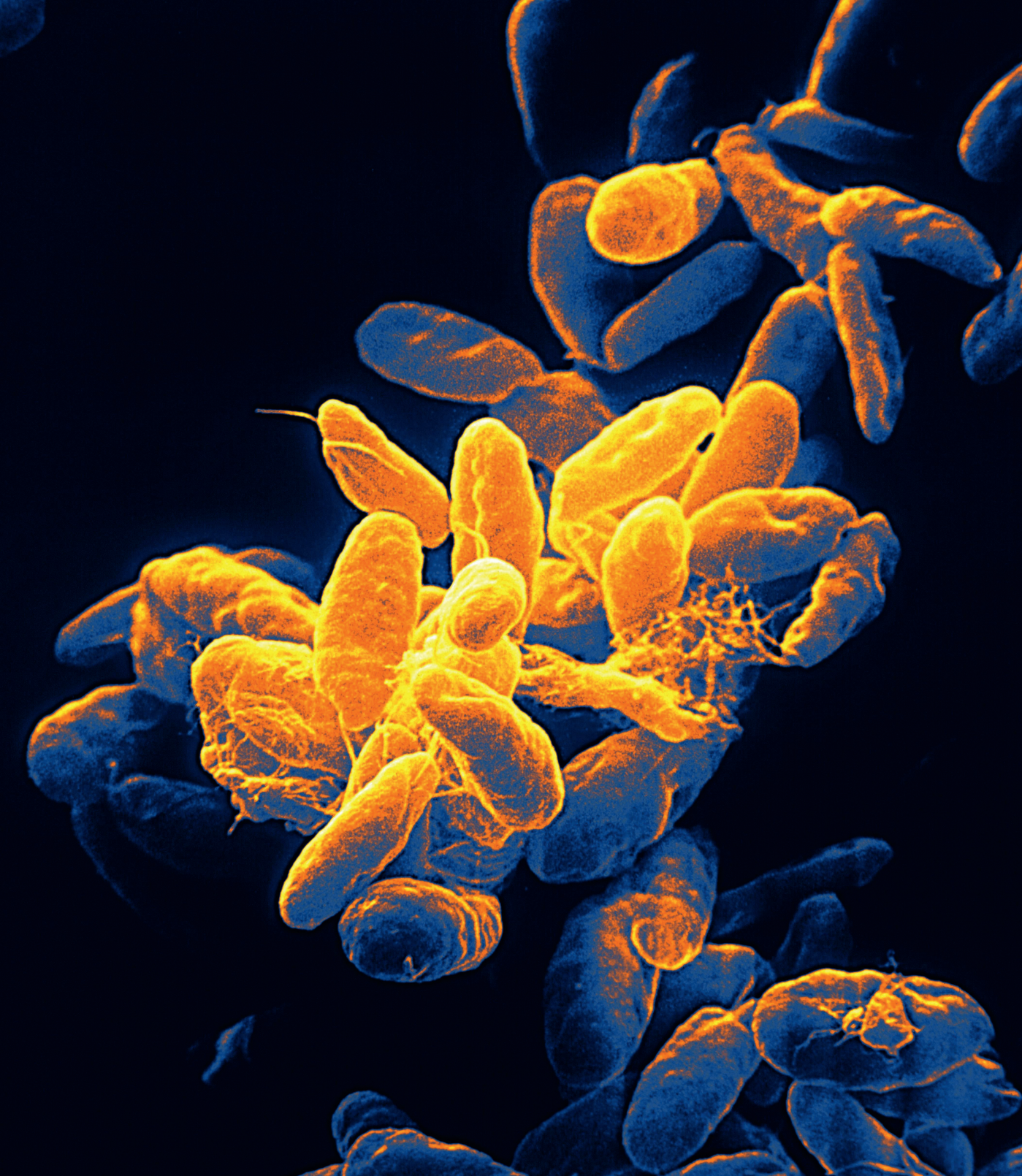
Dans cet intervalle, le dernier bombardement météoritique qui a eu lieu entre –4 et –3,9 milliards d'années fut tellement intense qu'il a dû affecter toute trace d'une vie plus ancienne, si tant est qu'elle ait existé. On admet donc comme plus vraisemblable une apparition entre –3,8 milliards d'années et –3,5 milliards d'années. Cette hypothèse semble confirmée en 2017 par les tubes ferrugineux découverts au Québec dans des roches d'origine hydrothermale.

La composition de certaines roches sédimentaires au sud-ouest du Groenland suggère l'existence d'une activité biologique photosynthétique à cette période, donc d'une vie ancestrale. À –3,5 milliards d'années, on observe les premières traces directes, des structures interprétées comme des stromatolithes, c'est-à-dire des constructions fossiles de carbonates formées en général par des cyanobactéries (« algues bleues »), dans l'Ouest australien (dans le craton de Pilbara, l'un des plus vieux du monde).

Il est donc clairement établi que la vie existait a minima à –2,8 milliards d'années. Et que pendant près d'un milliard d'années, elle s'est résumée aux archées et aux eubactéries, seules habitantes de notre globe.

VOIR AUSSI Bombardement tardif (–4 milliards d'années), Des indices clés à Barberton (–3,6 milliards d'années), Des tapis de bactéries (–3,5 milliards d'années), Des minéraux dus à la vie (–2,5 milliards d'années), Terre boule de neige (–2,4 milliards d'années).

Les archées (anciennement archéobactéries) se distinguent des bactéries vraies (ou eubactéries) par la composition de la paroi cellulaire, et des eucaryotes par l'absence de noyau.



~–3,6 milliards d'années

Des indices clés à Barberton

Certaines roches exceptionnellement bien conservées sont des jalons capitaux pour comprendre l'histoire lointaine de notre planète.

Le passé ne nous est connu que par les témoins qu'il nous a laissés. Mais les roches les plus anciennes sont généralement des témoins peu loquaces. Exceptionnellement, certains sites se montrent beaucoup plus généreux. Tel est le cas de Barberton, au nord-est de l'Afrique du Sud et à l'ouest du Swaziland.

Il s'agit d'un bloc de roches exceptionnellement peu transformées qui s'est structuré à l'Archéen, entre –3,6 et –3,1 milliards d'années, ce qui en fait l'un des trois plus anciens terrains du monde, avec le sud-ouest du Groenland (un peu plus ancien, jusqu'à –3,8 milliards d'années) et le craton de Pilbara dans le Nord-Ouest Australien (qui est aussi vieux).

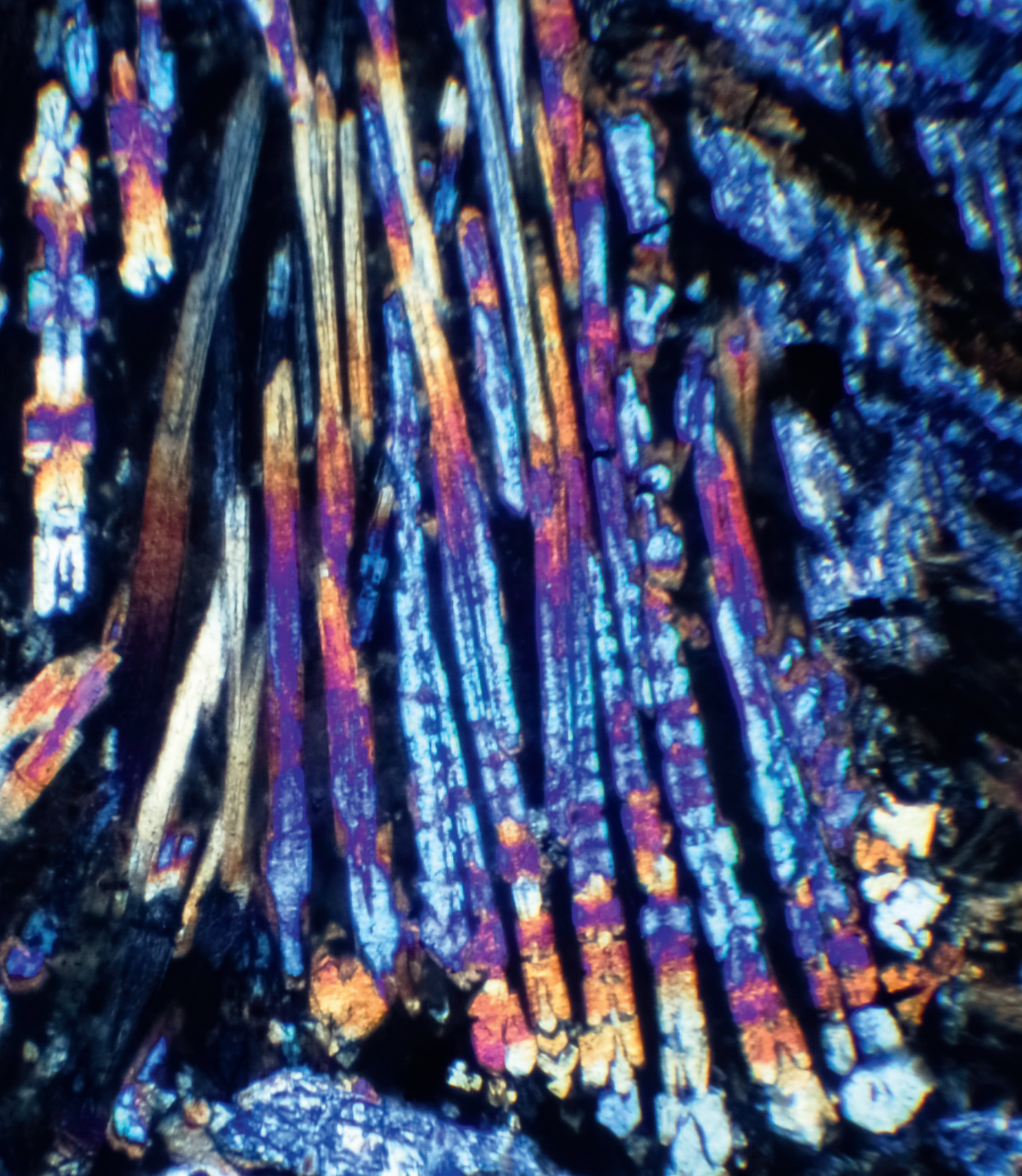
Les couches qui affleurent dans ces montagnes nous racontent une histoire courant sur 350 millions d'années, débutée voici 3,6 milliards d'années, et nous apportent des informations de types très différents : sur la vie, sur les marées, sur l'activité volcanique et sur la composition de la croûte terrestre à cette époque. On ne trouve nulle part ailleurs une telle gamme d'indices en un seul lieu.

À la base de cette formation, près de la rivière Komati, se trouvent les plus anciennes laves connues (datant de 3,6 à 3,3 milliards d'années), les komatiites, qui sont typiques de cette période de l'histoire de la Terre, car elles s'épanchaient à des températures bien supérieures à celles d'aujourd'hui. Sur ces laves et sédiments siliceux reposent d'autres laves associées à des grès et à des dépôts où alternent des bandes de fer et de silice, notamment à Fig Tree (–3,3 à –3,25 milliards d'années). Surmontant les niveaux précédents viennent enfin des grès qui portent encore les traces des marées de l'époque, avec des figures typiques de vagues telles que l'on en voit sur nos plages de sable ! C'est dans des dépôts hydrothermaux provenant de la précipitation de silice dissoute, dépôts connus sous le nom de « cherts », qu'ont aussi été identifiés les stromatolithes parmi les plus vieux au monde.

Sachant que l'on trouve également dans la région de Barberton la trace d'un des plus anciens cratères d'impact conservé, que l'Homme y a trouvé de l'or, que nos ancêtres y ont peint de grottes… On comprend que ce site soit désormais classé au patrimoine mondial de l'UNESCO.

VOIR AUSSI Des roches comme jamais plus (–4,03 milliards d'années), Premières traces de vie (–3,8 milliards d'années).

Le refroidissement très rapide des roches qui se formaient alors conférait une structure caractéristique appelée spinifex (structure spinifex de komatiites).



~–3,5 milliards d'années

Le paradoxe du Soleil froid

À une époque où le Soleil brillait moins qu'aujourd'hui, la Terre doit aux gaz à effet de serre de ne pas avoir été couverte de glace et donc d'avoir pu accueillir la vie.

C'est une énigme majeure des sciences du climat. Durant les deux premiers milliards d'années du système solaire, l'intensité du rayonnement émis par le Soleil était 20 à 30 % plus faible qu'aujourd'hui. Si l'atmosphère de la Terre avait eu la même composition qu'actuellement, notre planète aurait gelé complètement en quelques siècles — la vie n'aurait pu que difficilement se maintenir, encore moins se développer ! Or des preuves indéniables attestent que ce n'était pas le cas : que de l'eau liquide existait en abondance sur Terre, et que la vie est apparue et s'est diversifiée dans les océans.

Plusieurs hypothèses ont été proposées pour résoudre ce « paradoxe du Soleil froid ». Les modèles climatiques les plus récents, capables de simuler les climats possibles de la Terre primitive, parviennent aujourd'hui à l'expliquer par l'abondance des gaz à effets de serre dans l'atmosphère de cette époque.

Si le soleil était plus froid, la vie était aussi moins développée. Les organismes vivants n'avaient pas encore dégagé beaucoup d'oxygène ni utilisé le CO_2 pour le précipiter sous forme de carbonate. La végétation n'existait pas sur les terres émergées, les racines n'altéraient donc pas encore les roches silicatées en pompant le CO_2. L'atmosphère était 10 à 100 fois plus riche en CO_2 qu'aujourd'hui ! L'absence d'oxygène dans l'atmosphère permettait au méthane (CH_4) de subsister longtemps sous cette forme sans être transformé en CO_2 (aujourd'hui, le méthane est oxydé en CO_2 en une dizaine d'années). Il était ainsi considérablement plus présent dans l'atmosphère qu'aujourd'hui.

Avec cette quantité importante de gaz à effet de serre, la Terre primitive aurait pu connaître un climat tempéré proche du climat actuel et compatible avec la présence d'eau liquide sur l'ensemble du globe. Tout ceci malgré un soleil « froid ». Aujourd'hui, la présence de gaz à effet de serre reste utile pour maintenir une température moyenne terrestre de +15 °C. Sans ces gaz, elle serait de –19 °C.

VOIR AUSSI Hadéen (–4,57 à – 4 milliards d'années), L'oxygène, quel poison ! (–3,5 milliards d'années), Le Soleil devenu une géante rouge (Dans 5 milliards d'années).

Les levers et couchers de Soleil semblent rythmer la vie de cet astre. De fait, ce ne sont que des rythmes terrestres. Le Soleil a son existence propre. Il eut sa jeunesse et est aujourd'hui à la moitié de sa vie.