

# Introduction

**Pascal PHILIPPOT**

*Géosciences Montpellier, CNRS, Université de Montpellier, Montpellier, France*

Le Précambrien représente près de 90 % de l'histoire de la Terre. Cette période, qui commence avec la formation de la Terre vers 4,56 milliards d'années (Ga) et s'achève avec l'explosion cambrienne du vivant vers 540 millions d'années (Ma), reste mal connue. À part quelques zircons, il n'existe pas d'enregistrement direct des 500 premiers Ma de l'histoire de la Terre (Hadéen) et les événements qui ont eu lieu pendant cette période tels que la différenciation du noyau, la formation d'un océan magmatique, l'apparition de la première atmosphère, des océans et d'une proto-croûte, ne sont connus qu'indirectement par la géochimie, la comparaison avec d'autres planètes telluriques et la modélisation numérique. Cette période très précoce de l'histoire de la Terre fait l'objet d'un ouvrage dédié. La période qui nous intéresse ici est la période entre 4,0 Ga et 540 Ma qui comprend l'Archéen entre 4,0 et 2,5 Ga et le Protérozoïque entre 2,5 et 0,54 Ga. Ces deux périodes, qui représentent près des trois quarts de l'histoire de la Terre, ont été le siège de bouleversements géologiques, biologiques et climatiques majeurs qui ont façonné la planète telle que nous la connaissons aujourd'hui. C'est cette histoire que nous relatons dans ce volume.

L'ouvrage comprend neuf chapitres qui traitent des grandes questions souvent encore non résolues de l'histoire précoce de la Terre. Les quatre premiers chapitres traitent des phénomènes internes de la Terre (évolution thermique, dynamique des enveloppes internes, formation du champ magnétique et magmatisme précambrien), les quatre suivants s'intéressent aux processus externes (température et composition des océans, oxygénation de l'atmosphère, grands cycles biogéochimiques et origine et évolution du vivant). Le dernier chapitre montre comment les conditions de la Terre primitive ont permis la concentration de métaux d'intérêt économique, en particulier l'or, l'uranium et le fer-manganèse.

Le chapitre 1 « [Évolution thermique de la Terre](#) » par Stéphane Labrosse retrace l'histoire de l'étude de la structure thermique de la Terre et de son évolution au cours des temps géologiques. Le problème est très ancien et n'est toujours pas résolu aujourd'hui, car nous n'avons ni les moyens de remonter dans le temps pour évaluer son état initial ni les moyens de faire des mesures dans les parties profondes de la Terre. Nous sommes limités aux observations de surface, principalement les flux de chaleur mesurés sur les surfaces continentales et les fonds océaniques, et aux simulations numériques couplant la dynamique du manteau terrestre à l'évolution des enveloppes liquides. Une question cruciale subsiste malgré toutes les avancées techniques et conceptuelles réalisées au cours des derniers siècles : comment la Terre peut-elle maintenir un flux thermique de surface aussi intense (46 TW) après 4,5 Ga d'évolution ?

Le chapitre 2 « [Dynamique du manteau, de la lithosphère et de la croûte à l'Archéen](#) » par Patrice Rey et Nicolas Coltice aborde de manière critique le très large éventail de points de vue sur la géodynamique de la Terre au Précambrien, en particulier l'obstination de vouloir appliquer les concepts issus de notre compréhension des processus tectoniques actuels à une Terre thermiquement et mécaniquement fort différente de la Terre moderne. Sur une Terre chaude, la croûte continentale est moins résistante au fluage ductile, ce qui empêche la formation de hauts reliefs et l'exhumation de la croûte felsique. La Terre primitive était donc essentiellement plate et marine. La tectonique de l'époque était bimodale avec enfouissement gravitaire des couvertures volcano-sédimentaires denses dans la croûte felsique sous-jacente moins dense et, en bordure des protocontinents, recyclage épisodique et transitoire de la lithosphère dans le manteau convectif. Ce chapitre permet ainsi de démystifier le débat sur l'initiation de la tectonique des plaques, trop souvent confondu avec le débat sur la croissance de la croûte continentale.

Le chapitre 3 « [Champ magnétique précambrien et reconstructions paléogéographiques](#) » par Julie Carlut et Mélina Macouin discute de manière synthétique les derniers développements des connaissances en paléomagnétisme de l'ère précambrienne. Dans une première partie, les données existantes sur l'intensité, la dipolarité et les inversions permettent de mieux cerner la structure et le comportement du champ magnétique de la Terre primitive. Dans une seconde partie, les auteurs montrent comment l'étude des directions paléomagnétiques permet de reconstruire les mouvements des continents et ainsi de mieux comprendre la dynamique du manteau primitif.

Le chapitre 4 « [Le magmatisme de l'Archéen](#) » par Jean-François Moyen présente les spécificités du magmatisme à l'Archéen, en particulier la présence de komatiites (laves ultrabasiques) et de granitoïdes sodiques de la série « TTG » (tonalites, trondhjémites et granodiorites), qui n'ont pas d'analogues modernes. Ces particularités traduisent des différences de conditions de formation et de mise en place des magmas entre l'Archéen et l'actuel. Après avoir présenté un panorama de la composition des roches magmatiques archéennes et des différents processus qui ont conduit à leur formation, l'auteur

discute de manière critique la nature de la géodynamique archéenne, en particulier l'apparition de la tectonique des plaques.

Le chapitre 5 « [La température et la composition chimique des océans au Précambrien](#) » par Johanna Marin-Carbone et Christophe Thomazo explore les caractéristiques physiques (température) et chimiques (composition) des océans anciens qui ont joué un rôle central tant dans l'apparition et l'évolution de la vie que dans les bouleversements climatiques qui ont jalonné l'histoire de la Terre. Après avoir retracé l'origine des océans et de l'eau sur Terre et décrit les méthodes permettant de reconstituer la température des océans au fil du temps ainsi que les implications de ces données pour la compréhension de la température à la surface terrestre, ils présentent une synthèse des connaissances actuelles sur l'évolution de la composition chimique des océans au cours du temps.

Le chapitre 6 « [Oxygénation de l'atmosphère](#) » par Pascal Philippot et Pierre Sans-Jofre montre comment l'oxygénation de la surface de la Terre est intrinsèquement liée au vivant, en particulier à l'apparition de la photosynthèse oxygénique, mais également à la géodynamique interne de la Terre, en particulier l'émersion et l'altération de la croûte continentale différenciée et enrichie en éléments bio-essentiels comme le phosphore, un composé essentiel du vivant. Passer d'une planète globalement réductrice à une planète dotée d'une atmosphère et de vastes domaines océaniques oxygénés ne s'est pas fait sans mal cependant, par itération et touches successives sur plus de 3 milliards d'années, en lien avec des phases d'innovation biologique majeures et de cataclysmes climatiques globaux (« Terre boule de neige » ou *Snow Ball Earth*).

Le chapitre 7 « [Les grands cycles biogéochimiques](#) » par Magali Ader, Vincent Busigny et Christophe Thomazo montre comment tous les cycles élémentaires sont de près ou de loin apparentés à des cycles biogéochimiques, c'est-à-dire qui impliquent le vivant. Le corollaire de cette observation est que la vie est, et a été, partie intégrante du fonctionnement et de l'évolution des océans et de l'atmosphère, et que l'on ne peut pas contraindre les facteurs de contrôle de l'environnement terrestre sans faire le lien avec le vivant. À l'aide des cycles du carbone, du soufre et du fer, les auteurs décrivent ce lien intime entre la vie et l'évolution des enveloppes externes, en particulier l'oxygénation des surfaces terrestres.

Comment se sont produits les débuts du vivant ? Dans quelles conditions la vie a-t-elle commencé à exister sur Terre ? Avons-nous des traces des premières formes de vie de la Terre ? Comment les signatures de la vie sont-elles préservées dans les roches ? Autant de questions abordées et discutées dans le chapitre 8 « [Débuts du vivant et enregistrement fossile](#) » par Sylvain Bernard. Une chose semble sûre cependant ; les millions d'espèces vivantes répertoriées et les milliards d'espèces éteintes estimées dérivent toutes d'une forme de vie ancestrale unique. Des traces de cette vie primitive pourraient exister dans les roches datant du tout début de l'Archéen, mais il nous reste à apprendre à déchiffrer cet enregistrement.

Le chapitre 9 « **Gisements minéralisés : Au, U, Fe-Mn** » par Michel Lopez décrit comment les conditions de la Terre primitive ont permis la concentration de substances d'intérêt économique. Ces concentrations exceptionnelles de métaux impliquent la conjonction à un instant donné de l'histoire de la Terre de processus physiques, chimiques et biologiques, à l'interface entre les enveloppes internes (croûte, manteau) et externes (océans, atmosphère). Ils sont donc le reflet de conditions environnementales de surface et de processus géodynamiques internes de la Terre. C'est cette relation entre environnements de surface et dynamique interne qui est relatée ici par le biais de l'étude de trois éléments ou couple d'éléments : l'or, l'uranium et le fer-manganèse.