

Fossiles et évolution : histoire des idées dans les sciences arabes et occidentales.

Jean-Guy Michard¹. Romain Simenel¹. Ahmed Aarab².

1. UMR 208 Paloc – MNHN/IRD- Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, France.

2. Université Abdelmalek Essaâdi, Faculté des Sciences et Techniques, Tanger, Maroc.

Résumé

La nature des fossiles fut source de questionnements depuis l'Antiquité pour les érudits et philosophes de nombreuses civilisations. Les savants occidentaux ont produits les plus anciens écrits sur le sujet, heureusement relayés par les traductions puis les interprétations des scientifiques arabes à partir de la période islamique. Mais quelles que soient les croyances et les intuitions scientifiques dans le pourtour du bassin méditerranéen, la compréhension de l'origine des organismes fossilisés a nécessité l'acceptation de trois notions fondamentales : le temps long dépassant infiniment les successions de générations humaines, les modifications géographiques et topographiques de la surface de la Terre, et les changements graduels ou rapides, de la faune et de la flore. Ce long cheminement de la pensée est le fruit d'une pléiade d'esprits curieux et brillants impliquant le plus souvent l'intégration de savoirs acquis en d'autres temps et d'autres lieux, bien que les hiatus de transmissions restent nombreux. La science paléontologique ne s'est finalement ancrée et développée que très récemment sur les principes de base de la notion d'évolution dont les bribes émergèrent à différentes reprises par le passé.

Mots clés

Fossile – Monde arabe - Occident – Antiquité – Histoire des Sciences – Évolution - Paléontologie

Abstract

The nature of fossils has been a source of questioning since ancient times for scholars and philosophers of many civilizations. Western scientists have produced the oldest writings on the subject, fortunately relayed by the translations and interpretations of Arab scientists from the Islamic period onwards. But whatever the scientific beliefs and intuitions around the Mediterranean basin, understanding the origin of fossilized organisms has required the

Jean-Guy Michard, Romain Simenel, Ahmed Aarab.

acceptance of three fundamental notions: the long time infinitely exceeding the successions of human generations, the geographical and topographical changes of the Earth's surface, and the gradual or rapid changes in the fauna and flora. This long process of thought is the result of a pleiad of curious and brilliant minds, most often involving the integration of knowledge acquired at other times and in other places, although there are still many transmission gaps. Paleontological science has only recently become established and developed on the basic principles of the notion of evolution, from which fragments have emerged on several occasions in the past.

Key words

Fossil - Arab world –the West - Antiquity - History of Science - Evolution - Paleontology

Les auteurs adressent leurs sincères remerciements au professeur Jean-Marc Drouin, membre honoraire du Centre Alexandre Koyré (MNHN, Paris, France), pour ses précieuses remarques et suggestions concernant l'histoire des sciences occidentales de l'Évolution et pour ses encouragements.

Les fossiles, ces formes plurielles inscrites dans la roche ou la terre, ont constitué une énigme qui a traversé le temps et l'espace et ont été questionnés par de nombreuses civilisations, tant en Occident que dans le Monde arabe. Comment l'esprit humain en est-il arrivé à comprendre que ces formes constituaient des reliques de la faune et de la flore ? Comment le fossile est-il devenu un objet scientifique ? Remontant le cours de l'histoire, il est fascinant de constater à quel point les fossiles ont suscité de nombreuses interprétations qui, si elles sont différentes, n'en sont pas moins liées dans une chaîne de transmission de part et d'autre de la Méditerranée qui a permis l'accumulation du savoir jusqu'à la formation de la discipline « paléontologie ». Le caractère étrange des fossiles a ceci d'intéressant pour l'anthropologie, qu'il met à l'épreuve les modes de composition des mondes, propres aux cultures de ceux qui ont produit des discours sur ces spécimens naturels. La paléontologie est ainsi le fruit d'une transmission d'idées et de concepts qui ont traversé les aires culturelles et les modes de composition des mondes pour s'imposer au tournant du XIXe siècle en discipline académique. L'objet de cet article est de retracer l'histoire des principales continuités et ruptures de cette transmission.

Les interprétations anciennes en Europe

La plus ancienne interprétation européenne connue à ce jour concernant les fossiles est celle de Xénophane

de Colophon (570 –env. 475 av. J.-C.)¹. Seuls quelques fragments des textes de ce philosophe grec nous sont parvenus et c'est à travers les œuvres d'Aristote et de Cicéron que sa pensée sur le sujet nous est connue². Le statut et la filiation philosophique de Xénophane semblent poser problème puisque Diogène Laërce³ a bien du mal à le classer du fait notamment de ses critiques acérées à l'égard des poètes et des autres philosophes. Selon Xénophane, le monde était fait de terre et d'eau avec des étapes intermédiaires de boue. Il en veut pour preuve la présence de coquilles pétrifiées et les restes de poissons présents dans les couches géologiques de Sicile, attestant le retrait de l'eau. Comme le fera Hérodote (480 – env. 425 av. J.-C.) après lui à propos des fossiles d'invertébrés marins d'Égypte, il interprète correctement la nature des fossiles comme les restes d'animaux ayant vécu dans des mers qui n'existent plus : « Anaximandre et les pythagoriciens - des contemporains de Xénophane - savaient que les coquilles que l'on trouvait dans les montagnes de Xanthos étaient les mêmes que celles que l'on trouvait dans la mer, qu'elles étaient les vestiges des mêmes animaux »⁴. Si la nature des phénomènes géologiques,

¹- Toutes les dates indiquées sont celles du calendrier grégorien.

²- Édouard Zeller, *La philosophie des Grecs considérée dans son développement historique*, traduit de l'Allemand par E. Boutroux, t. 2 (Paris : Hachette, 1882), 21-42.
<http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k779388/f26.item>, consulté le 26 janvier 2018.

³- Marie-Odile Goilet-Cazé (sous la direction de), *Diogène Laërce, vies et doctrines des philosophes illustres* (Paris : Le livre de poche, 1999).

⁴- Hendrik Cornelis Dirk de Wit, *Histoire du développement de la biologie*, édition française traduite et adaptée par H.C.D. de Wit et A. Baudière, vol. 3 (Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes, 1994), 412.

<https://books.google.fr/books?id=W7-Y466TiiwC&pg>, consulté le 26 janvier 2018.

orogénèse-érosion-sédimentation, leur échappait, leurs théories préfiguraient les cycles de transgression et régression marines aujourd'hui bien documentés.

Contrairement à une idée répandue par de nombreux auteurs et quoi qu'en dise Bugler⁵, Aristote (384 – 322 av. J.-C.) n'a que peu disserté sur la notion de fossiles⁶. Il serait d'ailleurs plus exact de parler de végétaux ou d'animaux pétrifiés, car le terme fossiles⁷ désignait à l'époque – et pour longtemps encore – toutes les substances extraites du sol et du sous-sol. Il peut donc s'agir de minerais, de roches, de gemmes, de restes d'animaux et de végétaux, de météorites, d'outils de silex, etc. Pour Aristote, la Terre elle-même produit deux types de corps du fait de ses deux formes d'exhalaisons. La vaporeuse produit les métaux, la fumeuse donne naissance aux minéraux ne pouvant être fondus, dont la forme et la nature sont le résultat des interactions entre la chaleur et le froid⁸. Selon ce principe, les coquilles pétrifiées seraient donc le résultat d'une génération spontanée soumises aux jeux de la nature, et constitueraient une sorte de chaînon entre le monde minéral et le monde vivant⁹. Une telle interprétation alimentera des siècles

⁵- Georges Bugler, Précisions pour une histoire des origines de la paléontologie, *Revue d'histoire des sciences et de leurs applications*, II/3 (1949), 270-274.

http://www.persee.fr/doc/rhs_0048-7996_1949_num_2_3_2710, consulté le 7 septembre 2017

⁶- Nous nous sommes basés sur les traités suivants : *Météorologiques, De la génération et de la corruption, Histoire des animaux, La génération des animaux*.

⁷- Du latin fossilis, de fossum, supin de fodere : fouir (dictionnaire Littré).

⁸- Aristote, *Œuvres complètes*, sous la direction de P. Pellegrin (Paris : Flammarion, 2014), 378a.

⁹- Geneviève Bouillet, De la génération équivoque des pierres et des fossiles d'après les textes anciens (grecs, latins et chinois), *Travaux du Comité français d'Histoire de la Géologie*, sér. 2, t. 4, (Comité français d'Histoire de la Géologie, 1986), 33-46.

de légendes et de superstitions. Son disciple, Théophraste d'Erèse (371 – 288 av. J.-C.) propose une explication quelque peu voisine quoique plus originale, qui persistera jusqu'au XVIIIe siècle : celle de la *vis plastica*, sorte de force capable de former au sein des roches des objets semblables à ceux de la nature actuelle¹⁰, par une sorte de processus de mimétisme minéral.

Dans le monde romain, peu de philosophes semblent s'être réellement penchés sur la nature des fossiles. L'ouvrage qui fait référence est bien entendu le *Naturalis Historia*¹¹ de Pline l'Ancien (23 – 79). D'après certains historiens des sciences, « ... cet ouvrage est une compilation d'auteurs grecs, de récits de voyageurs et de racontars reproduits sans esprit critique »¹². Si cette description quelque peu sévère paraît en partie vérifiée par les propos mêmes de l'auteur, elle n'en apporte pas moins un précieux témoignage sur de nombreux textes grecs perdus depuis, notamment en ce qui concerne les écrits de Théophraste ; les livres XXXVI et XXXVII donnent un panorama très complet des croyances de l'époque concernant les objets tirés de la terre.

Pline reprend la notion chère à Aristote d'un lien entre le monde minéral et le monde vivant. La terre

¹⁰ - Claude Babin et Mireille Gayet, *Histoire pittoresque de la paléontologie* (Paris : Ed. Ellipses, 2009).

¹¹ - Pline l'Ancien, *Histoire naturelle*, traduction par E. Littré (Paris : Les Belles Lettres, 2016).

¹² - André Cailleux, Sénèque et l'esprit scientifique, *Les études classiques*, 39/4 (Namur, 1971), 475-483, cité par E. Saaidi E, *Savants musulmans, promoteurs des sciences modernes* (Rabat : Smer, 1988), 265.

engendre les pierres, parfois sexuées, dont certaines en enfantent d'autres en leur sein. La chaleur et l'humidité sont toujours les moteurs de ces créations, en épaississant et solidifiant les « humeurs » secrétées par les différents types de sol. Rostres de bélemnites et ammonites sont reconnaissables dans les descriptions qu'il donne des dactyles de l'Ida et des cornes d'Ammon (*Hammonis Cornu*). En revanche, la foudre joue aussi un rôle important pour l'interprétation de plusieurs « fossiles » ; la brontée, ressemblant à une tête de tortue, tombe avec le tonnerre. La céraunie, dont la description fait penser à des haches polie préhistoriques, serait engendrée par l'impact de la foudre. Toujours dans le *Naturalis Historiæ*, Pline explique que « la glossopètre, semblable à la langue de l'homme, ne s'engendre point, dit-on, dans la terre mais tombe du ciel pendant les éclipses de lune »¹³. Il faudra attendre 1558 pour que Conrad Gesner (1516 – 1565) fasse le rapprochement entre les glossopètres et les dents de requins dans son ouvrage *Historiæ Animalium (Liber III, qui est de Piscium et aquitalium Animantium)* à la suite de ses nombreux travaux sur les fossiles¹⁴. Fabio Colonna (1567 – 1640) confirmera cette interprétation dans son traité *De glossopetris dissertatio* publié en 1616. Plus étonnant chez Pline est le passage consacré à la pierre spéculaire¹⁵ qui pourrait être du mica ou du gypse, puisqu'il utilise à son sujet le terme « fossile » dans son acception actuelle. Mais le plus souvent la pierre spéculaire est fossile (*Sed majori parte fossili natura*) ... cette pierre est le résultat d'une pétrification, [...] quand des animaux tombent dans les puits d'extraction, la moelle de leurs os se transforme en pierre spéculaire au bout d'un

¹³ - Pline l'Ancien, *op. cit.* in n. 11, XXXVII, 59.

¹⁴ - Martin J. S. Rudwick, *The Meaning of Fossils: Episodes in the History of Palaeontology* (Chicago: The University of Chicago Press, 1985).

¹⁵ - Pline l'Ancien, *op. cit.* inn. 11, XXXVI, 45.

hiver ». Sans autre commentaire de sa part à ce sujet, Pline l'ancien, ou la pléiade de savants grecs et latins qui se cachent derrière lui, nous laisse dans l'impossibilité d'interpréter la portée d'une telle explication visionnaire du processus de fossilisation.

La passation des savoirs

D'après les textes en notre possession, il semble ne s'être rien écrit de significatif dans la première moitié du Moyen Âge en Europe quant à l'interprétation des fossiles. En revanche, les sciences arabes vont prendre le relais par le grand mouvement de traduction des textes indiens, persans et surtout grecs, principalement du VIII^e au X^e siècle, marquant le début de la longue dynastie des Abbassides¹⁶¹⁷. Sans entrer dans les détails de cette vaste entreprise, notons que les historiens des sciences s'accordent sur le fait que la création de la Maison de la Sagesse à Bagdad sous l'impulsion du calife Al-Ma'mûn en 832¹⁸, marque le point de départ de l'acquisition de ces savoirs par les érudits arabes. Ces traductions, dont certaines sont passées par le biais du syriaque, concernent des domaines aussi variés que l'astronomie, la physique, la médecine, la philosophie, les mathématiques,

¹⁶ - Dimitri Gutas, *Pensée grecque, culture arabe. Le mouvement de traduction gréco-arabe à Bagdad et la société abbasside primitive (IIe-IVe/VIIIe-Xe siècles)*, Traduit de l'anglais par Abdesselam Cheddadi (Paris : Aubier/Flammarion, 2005).

¹⁷ - Foued Laroussi F. et Ibrahim Al balawi, La traduction de l'arabe et vers l'arabe, à l'heure de la mondialisation, *Hermès, la Revue*, n. 56 (2010/1), 137-144.

<https://www.cairn.info/revue-hermes-la-revue-2010-1-page-137.htm>, consulté le 16 avril 2018.

¹⁸ - On se reportera aussi à la thèse de Myriam Salama-Carr, *La traduction à l'époque abbasside : l'école de Hunayn Ibn Ishāq et son importance pour la traduction*, Coll. Traductologie, n°6 (Paris : Didier Érudition, 1990), sans ignorer la critique sévère qu'en donne Gérard Troupeau dans le *Bulletin Critique des Annales Islamiques* n°9(1992), p.9.

l'agronomie, l'art de la guerre et, bien entendu, les sciences naturelles et l'alchimie. Ishāq ibn Hunayn, né à Bagdad vers 830, est un médecin et traducteur du syriaque vers l'arabe, acteur important de l'assimilation de la science grecque par le monde arabo-musulman.

Les penseurs et philosophes arabo-persans ne se contentent pas de collationner les écrits de l'Antiquité ; ils vont aussi tenter d'interpréter les fossiles en faisant preuve de grande clairvoyance. Ils le font spécifiquement pour les espèces aquatiques trouvées dans des régions terrestres comme preuve d'une présence antérieure de la mer dans ces milieux.

Très tôt, vers 815, les Ikhwân As-Safâ (Frères de la Pureté) avaient noté ces changements d'un milieu aquatique vers un milieu terrestre et vice-versa, mais sans utiliser l'argument des fossiles : « Et sache, ô mon frère, que ces endroits changent et se transforment à travers les époques ; les régions de montagnes devenant des champs et des déserts ; les champs devenant des mers, des étangs et des rivières ; les mers devenant des montagnes, des collines, des marais, des maquis et des sables ».¹⁹ Bien plus tard, Quazwini (1203-1283), dans son « *Ajâyib al makhluqât* » (Merveilles de la Création), évoque aussi la présence de coquillages fossiles dans certaines montagnes qui indique une ancienne présence de la mer dans ces régions. Par leurs propres observations et déductions, ces auteurs arabo-persans prolongent ainsi

¹⁹ -Ikhwân al-Safâ', *Rasâ'il* (Epîtres des Frères de la Pureté, Xe siècle), trad.fr. Ahmed Djebbar, t. II/1(Téhéran, 1985), 92-94, cité par François Ellenberger, Un remarquable texte arabe médiéval sur le cycle érosion-sédimentation, dans une traduction nouvelle. *Travaux du Comité français d'Histoire de la Géologie*, sér. 3, t. 2, (Comité français d'Histoire de la Géologie, 1988), 75-80.
<http://www.anales.org/archives/cofrhigeo/texte-arabe.html>, consulté le 16 décembre 2017.

la pensée des précurseurs occidentaux. Certains vont même plus loin en tentant d'émettre des hypothèses non seulement sur les causes de la fossilisation mais aussi sur le processus lui-même. Dans son œuvre « *Kitâb Tahdid Al-Amakin* » (Livre des délimitations), Al Biruni (973-1050) écrit : « Le désert d'Arabie fut pendant un temps couvert par une mer, puis elle s'est retirée. On peut le constater lorsqu'on y creuse des puits et des bassins, où on trouve des couches d'argile, de sable et de petits galets, on y rencontre aussi de la céramique, du verre et des os, dont il est difficilement soutenable qu'ils aient été enfouis là volontairement. Bien plus, on y trouve des pierres contenant divers coquillages (bivalves et porcelaines), ainsi ce que l'on appelle des « oreilles de poissons ». Ces coquillages sont soit conservés, soit décomposés laissant une empreinte à leur emplacement initial ». De même, Avicenne (980-1037), dans son livre *As Shifa* (la Guérison) utilise l'argument des fossiles de coquillages pour prouver l'existence ancienne de la mer dans ces endroits. Pour cet auteur, il s'agirait d'un phénomène qui s'opère lentement et sur « de longues périodes ». La notion de temps long est ici primordiale²⁰. Ces deux derniers auteurs font preuve d'une grande clairvoyance en dévoilant deux notions clefs du processus de fossilisation telles qu'elles seront discutées durant les siècles suivants, à savoir la notion d'empreinte et celle de la longue durée.

Il serait faux de croire que tout le Moyen Âge fut une période d'obscurantisme en Occident pour les sciences de la Terre et de la Vie, et il serait tout aussi déplacé d'affirmer que dans ce domaine comme dans bien d'autres, les érudits européens ne se soient pas

²⁰ - Cette question sera encore au cœur de la querelle entre Cuvier et Lamarck au XIXe siècle à propos des momies d'Ibis rapportées par l'expédition d'Égypte et de la notion de transformation des espèces.

inspirés du savoir accumulé par les scientifiques du monde musulman. Au Moyen Âge central, on assiste en effet à un mouvement inverse de traduction des ouvrages scientifiques du monde musulman. C'est ainsi qu'Alfred de Sareshel, philosophe anglais du XIIe siècle, traduit vers 1200 l'ouvrage d'Avicenne intitulé en latin *De congelatione et conglutinatione lapidum*. Le dominicain allemand Albrecht von Bollstädt, plus connu sous le nom d'Albert le Grand (env. 1200 – 1280) et saint-patron des scientifiques et des savants, s'intéresse particulièrement aux sciences naturelles en plus de ses remarquables connaissances en philosophie, en théologie et même en physique. Grand voyageur, il réintroduit dans plusieurs universités européennes la pensée de l'école d'Aristote grâce aux traductions ainsi qu'aux idées nouvelles des savants arabes. La somme colossale de ses écrits s'organise presque exactement sur le modèle des traités d'Aristote dont il est un grand admirateur. Pour son *De mineralibus*, il semble qu'Albert le Grand n'ait pas eu connaissance du traité de Théophraste sur les pierres. Il utilisera donc beaucoup les écrits d'Avicenne, tout en jugeant insuffisant son travail sur le sujet. L'existence des *fossiles* y est observée et reçoit deux explications différentes. L'une, très proche de la nôtre, considère que les animaux et les plantes peuvent être pétrifiés, sous l'action d'un pouvoir minéralisateur. L'autre admet curieusement qu'au moment de la formation de la pierre, l'action d'une vapeur ne pouvant s'échapper et tournant en circuit fermé peut créer des formes semblables à des coquillages qui ne sont plus qu'en attente d'un *esprit vital* pour prendre vie. Il s'agirait donc dans ce cas d'un phénomène préparatoire à une génération spontanée²¹.

²¹ - Michel Angel, Structure et composition des pierres et des

Un autre savant étonnamment visionnaire de cette époque est le français Jean Buridan (env. 1295 – 1358) qui ose enseigner à la faculté de Paris des notions de géologie proches de celles qui permettront de construire plus tard la théorie de la dérive des continents. Pour lui, la présence de coquilles fossilisées atteste que ces animaux marins vivaient dans des lieux autrefois occupés par la mer, argument qui lui permet d'affirmer que « la montagne n'est pas là de toute éternité, même si sa hauteur peut le faire croire »²², contrairement aux idées de son temps. En revanche, malgré ces esprits novateurs, la fin du Moyen Âge est marquée par un retour généralisé aux croyances anciennes qui interprètent les fossiles comme des témoins du déluge ou de phénomènes de génération spontanée. Il faudra attendre le tout début de la Renaissance pour que s'affirment les prémices d'une interprétation plus correcte des organismes fossilisés grâce à la démarche intellectuelle indépendante de deux esprits remarquables.

La reconnaissance : Léonard de Vinci et Bernard Palissy

Dès la création de la paléontologie en tant que discipline scientifique, Léonard de Vinci (1452- 1519) en était considéré par beaucoup comme l'inspirateur.

métaux d'après le *De Mineralibus* d'Albert le Grand. *Travaux du Comité français d'Histoire de la Géologie*, sér. 3, t. 3, (Comité français d'Histoire de la Géologie, 1989), 37-48.

²² - Claude Thomasset et Danièle James-Raoul, *La montagne dans le texte médiéval : entre mythe et réalité*, Cultures et civilisations médiévales XIX (Paris : Presses de l'Université de Paris-Sorbonne, 2000).

Il en va ainsi d'Adolphe d'Archiac (1802-1868), académicien et professeur de la chaire de paléontologie au Muséum d'Histoire naturelle de Paris, qui le voit même comme son fondateur²³. Au début du XXe siècle, c'est Freud lui-même qui affirme que Léonard de Vinci a percé « l'histoire des sédimentations et des fossilisations de la vallée de l'Arno »²⁴.

Avec deux petits textes, l'un consacré aux invertébrés, l'autre aux vertébrés, accompagnés de quelques croquis, Léonard de Vinci ouvre en effet les portes de la paléontologie en introduisant le fossile comme un objet scientifique. Ce qui l'intéresse n'est pas tant le fossile et ce qu'il signifie que le processus de fossilisation qui, pour lui, est avant tout un processus mécanique. Il décrit le fossile comme une empreinte du corps animal produite par la pétrification de la vase et sa transformation en pierre. On peut lire ainsi qu'« avec le temps, à mesure que les lits des fleuves s'abaissaient, ces animaux incrustés et prisonniers de la vase – leur chair et leurs organes incrustés et consumés et les os seuls subsistant, lesquels même avaient perdu leur agencement naturel, - sont tombés au fond du moule formé par leur empreinte ; la vase s'écoule à mesure qu'elle s'élève au-dessus du niveau du fleuve, de sorte qu'elle se dessèche et forme tout ce qu'elle contenait, remplissant de soi tous les creux ; et ayant trouvé la concavité de l'empreinte de ces animaux, elle pénètre graduellement à travers les

²³ - Adolphe d'Archiac, *Introduction à l'étude de la paléontologie stratigraphique*. Cours professés au Muséum d'Histoire Naturelle, t. 1 (Paris : F. Savy, 1864).

²⁴ - Sigmund Freud, Un souvenir d'enfance de Léonard de Vinci - *Eine Kindheitserinnerung des Leonardo da Vinci* (1910), Traduit de l'allemand par Dominique Tassel, présentation et notes par Clotilde Leguil (Paris : Seuil, 2011), 60.

menues fissures de la terre... »²⁵. Les déductions de Léonard sont d'autant plus un exploit qu'à son époque les réactions chimiques permettant la fossilisation, notamment la précipitation de la silice et de la pyrite, n'étaient pas totalement connues. Néanmoins, de Vinci a réussi à comprendre comment évoluait dans le temps long la matière « molle » d'un organisme vivant après sa mort (putréfaction et oxydation) ainsi que la matière « dure » (os, dents, coquilles). Il avait toutefois l'intuition de la lenteur du processus comme le prouve son emploi de deux métaphores. L'expression « dépourvue de pesanteur », au sujet de « la pâte devenue pierre en séchant », signifie ainsi bien plus la lenteur d'un processus (de précipitation minérale) que son absence d'attraction terrestre. Quant à « séchant », le terme renvoie à sa conception à lui selon laquelle une « vase » ne deviendrait « pierre » que par un vieillissement passif dans le temps long, qu'il ne peut encore interpréter comme une transformation physico-chimique²⁶. Cherchant à percer les secrets du mécanisme de la fossilisation sans pouvoir en comprendre la dimension chimique, Léonard de Vinci s'aventure dans les mouvements de l'air provoqué par l'humeur et n'arrive pas à dépasser les paradigmes de son temps sur ce point²⁷.

Concernant les conditions écologiques de la fossilisation, à la différence de ses contemporains, Léonard ne semble pas être du tout emprisonné par la théorie du déluge. Il imagine au contraire la nature

²⁵ - Léonard de Vinci, *Les carnets de Léonard de Vinci*, Sous la direction de Edward Mac Curdy, traduction Louise Servicen (Paris : Gallimard, 2012 [1942]), 329, F79v.

²⁶ - R. Bosch, *C'est en sciant Léonard que la paléontologie devint ainsi*. Texte non publié (2018).

²⁷ - Les processus d'oxydation et en particulier lorsqu'ils sont anaérobies ne seront compris qu'avec les travaux de Lavoisier, à la fin du XVIIIème siècle.

marine des fossiles des montagnes par l'abaissement du niveau de la mer²⁸. D'Archiac relate la découverte d'un gisement de fossiles lors de la construction de la citadelle de Saint-Félix à Vérone en 1517, deux ans avant la mort de Léonard : « Fracastoro démontra qu'elles ne pouvaient être attribuées au déluge de Moïse[sic], et qu'il était absurde de recourir à l'action des forces plastiques de la nature pour expliquer leur existence en cet endroit. Il en conclut au contraire qu'elles provenaient de véritables animaux qui vécurent et se multiplièrent là où se trouvent aujourd'hui leurs dépouilles. Les montagnes ont été ainsi formées par la mer, qui, en se retirant, les a laissées derrière elle »²⁹. Fracastoro avait-il lu Léonard de Vinci ? Ou s'agit-il d'une convergence de point de vue témoin de l'émergence de la conscience de la nature des fossiles ? Cependant, malgré son refus des textes religieux et de l'épisode du déluge, à l'instar de ses prédécesseurs du monde musulman, Léonard de Vinci n'est pas encore en mesure d'imaginer que la majorité de ces fossiles sont ceux d'espèces disparues³⁰. Ce qui n'enlève en rien au génie innovateur du Toscan en matière d'étude des fossiles !

Céramiste et « philosophe naturel », Bernard Palissy (1510 ?-1595) est un personnage au caractère romanesque passionné par l'observation des roches, des sous-sols et de tout ce qu'il contient. Lui aussi est considéré comme un précurseur de la paléontologie, car tout comme Léonard et en des termes similaires, il réussit à décrire et comprendre dans ses grandes lignes le processus de fossilisation. A l'instar de son illustre prédécesseur, il rencontra le même genre d'obstacles idéologiques en y répondant différemment. Palissy est

²⁸ - de Vinci, *op. ci. inn.* 25, 328-329 F79r.

²⁹ - d'Archiac, *op. cit. in n.* 23, 15.

³⁰ -Il faudra attendre l'affirmation de Buffon qui pensait déjà, à l'encontre de l'opinion dominante, que les fossiles pouvaient appartenir à des espèces disparues.

certainement l'un des tout premiers avant Buffon à avoir émis l'hypothèse d'espèces disparues à propos des fossiles³¹, ce que n'avait pas pu imaginer Léonard. Mais cette intuition géniale contraste avec son obstination à ne pas intégrer le déplacement des mers comme facteur expliquant la présence de fossiles marins en montagne, pourtant commune pour les Anciens et pour Léonard, du fait de son obéissance aux Saintes Écritures. Néanmoins, comme l'explique Plaziat, « son véritable mérite, en revanche, est d'avoir réfuté par des arguments de terrain (taphonomie) et par ses observations du mode de vie des mollusques littoraux (éthologie) l'explication de cette localisation par l'action miraculeuse du Déluge biblique »³². Bernard de Palissy en vient à développer une conception continentale de la fossilisation d'espèces marines en invoquant la disparition de fleuves, lacs et autres surfaces d'eau. Léonard de Vinci et Bernard Palissy ne se sont pas rencontrés, le second était trop jeune ; l'un avait compris le rôle de l'abaissement du niveau de la mer dans la répartition des fossiles, l'autre, que ces fossiles étaient des espèces disparues, deux facteurs clés de compréhension du processus d'évolution des espèces.

Nous pourrions continuer à citer de nombreux auteurs qui précisèrent au fil des décennies la nature exacte des fossiles. Mais laissons la parole au Vicomte d'Archiac pour conclure cette partie de notre analyse :

³¹ - Jean-Claude Plaziat, Les fossiles du Tertiaire parisien dans l'œuvre de Bernard Palissy (1510 ?-1590), en commémoration du quatrième centenaire de sa mort, *Travaux du Comité français d'Histoire de la Géologie*, sér. 3, t. 4 (Comité français d'Histoire de la Géologie, 1989), 79-84.

³² - Jean-Claude Plaziat, Bernard Palissy (1510-1590), près de trois siècles de malentendus de la part des géologues, qu'il convient de dissiper à l'occasion de son 500e anniversaire, *Travaux du Comité français d'Histoire de la Géologie*, sér. 3, t. 24 (Comité français d'Histoire de la Géologie, 2010), 131.

« À partir de cette époque et jusqu'au commencement du XIX^e siècle, les recherches sur les corps organisés fossiles ont constamment occupé les naturalistes, et nous pourrions citer plus de 80 noms d'auteurs qui ont traité ce sujet sous divers points de vue ; mais nous nous bornerons à rappeler ceux auxquels la science est le plus redevable, et qui, à des faits bien observés, ont su ajouter souvent des idées justes »³³. Reste à savoir si parmi ces auteurs, sans oublier Agricola, Gesner, Stenon, Hooke, Leibnitz, Buffon et les autres, certains avaient consulté les ouvrages des savants musulmans.

Des fossiles vers la notion d'évolution

Il faudra attendre 1802 pour que le terme *fossiles* prenne son acception actuelle (restes d'êtres vivants ou trace de leur activité) sous la plume de Jean-Baptiste de Lamarck: « Je donne le nom de fossile(s) aux dépouilles des corps vivants altérés par leur long séjour dans la terre ou sous les eaux, mais dont la forme et l'organisme sont encore reconnaissables »³⁴.

Mais si certains animaux et végétaux fossilisés offrent de grandes ressemblances avec les organismes vivants actuels, d'autres adoptaient des formes aujourd'hui disparues comme l'avait proposé Buffon. En Europe, le premier à s'intéresser à ces mondes anciens fut l'excellent anatomiste Georges Cuvier (1769-1832) aujourd'hui considéré comme le fondateur de la paléontologie. Fervent protestant, il reste fidèle à l'idée de création divine et explique les changements de faune par le catastrophisme, des extinctions locales

³³ - d'Archiac, *op. cit.* in n. 23, 14.

³⁴ - Goulven Laurent, Le rôle des fossiles "analogues" dans la naissance de la théorie de l'Evolution, *Travaux du Comité français d'Histoire de la Géologie*, sér. 3, t. 10 (Comité français d'Histoire de la Géologie, 1996), 129-148. <hal-00933458>

provoquées par des séismes, des déluges ou autres inondations, suivies par de nouvelles créations d'espèces³⁵. Cuvier restera jusqu'à sa mort un fervent opposant aux théories transformistes exposées par Lamarck dès 1809 qui constituent le ferment de l'idée d'évolution, ce dernier terme n'étant pas encore utilisé. Cette notion sera reprise en 1859 par Darwin avec d'autres mécanismes de descendance des espèces avec modification. Or, les théories transformistes de Lamarck partagent certains traits communs avec les interprétations des savants arabes. Mais jusqu'à quel point les savants arabes ont-ils recouru aux interprétations transformistes et pourquoi n'en ont-ils pas tiré une théorie générale évolutionniste ? La réponse à cette question réside en partie dans un constat qui peut paraître paradoxal du point de vue de la science moderne : les savants arabes ont développé des théories sur la transformation tout en ignorant la possibilité d'espèces disparues.

La motivation des érudits arabes à sonder les origines de la vie en explorant la Terre est soutenue culturellement par quelques passages du Coran (le texte sacré de l'islam mis par écrit à partir de 632) et des traditions du prophète (*hadith*). Un verset du Coran invite à parcourir la Terre dans l'objectif de voir comment Dieu a commencé la création. Ce qui suggère que la Terre contient les éléments susceptibles de révéler l'histoire de la création et encourage les hommes en quête de savoir à une vraie démarche scientifique de terrain : « Parcourez la Terre et voyez comment Il a commencé la création³⁶ ». Par ailleurs, il est intéressant de noter que le Coran met en avant

³⁵ - Georges Cuvier, *Discours sur les révolutions de la surface du globe et sur les changements qu'elles ont produits dans le règne animal*, sixième édition (Paris : Edmond d'Ocagne, 1830 [1825]).

³⁶ - Sourate 29, *al ankabout* (L'araignée), verset 20.

l'importance du rôle de l'eau comme origine de tout animal « Et Allah a créé d'eau tout animal. Il y en a qui marche sur le ventre, d'autres marchent sur deux pattes, et d'autres encore marchent sur quatre³⁷ ». Un autre verset généralise ce phénomène à tous les êtres vivants : « Nous avons fait de l'eau toute chose vivante³⁸ ».

Les Frères de la Pureté dans leur *Épître*, s'intéressent à l'évolution des mondes minéraux et organiques dans un continuum de strates articulées entre elles et allant en se complexifiant depuis la vapeur jusqu'à l'homme. Le passage du haut d'une strate au bas de la suivante s'effectue sous l'action des quatre éléments fondamentaux de la pensée antique (l'eau, la terre, l'air et le feu) et de quatre facteurs chers à Aristote : le chaud, le froid, le sec et l'humide. La notion d'évolution globale depuis le minéral jusqu'à l'animal sera aussi prônée par le philosophe iranien Ibn Miskawayh (932-1030). D'une manière générale, les scientifiques arabes sont obsédés par la continuité pour donner sens à la création. Il y a une idée d'évolutionnisme mais qui ne tient pas compte de la possibilité de disparition d'espèces, comme si la création ne pouvait être que parfaite, sans échec possible, grâce à sa formidable adaptabilité. C'est ainsi qu'ils ne se réfèrent pas au texte du déluge, ce qui pourtant pourrait justement servir d'argument à la disparition d'espèces.

Si l'idée de disparition et donc d'échec (relatif) de la vie n'est pas développée par les auteurs arabes, plusieurs d'entre eux ont soutenu le fait que des espèces se sont transformées en d'autres. Deux auteurs se démarquent de l'ensemble sur ce point, Gâhiz et

³⁷ - Sourate 24, *Annour*, (La lumière) verset 45.

³⁸ - Sourate 21, *Al Anbiyâ* (Les prophètes), verset 30.

Ibn Khaldun. Le *Kitâb al-hayawân* de Gâhiz³⁹ (776-867) comporte plusieurs passages ayant trait à la transformation des espèces animales et sur les liens de parenté entre elles. L'auteur ne manque pas d'évoquer ci et là l'effet de l'environnement sur ces transformations, mais aussi l'apparition de nouvelles espèces issues des croisements interspécifiques. Le passage suivant illustre bien ce genre de transformation entre serpents et anguilles :

« Les espèces aquatiques vivant avec les poissons et ressemblant aux serpents telles que les anguilles, proviennent toutes de l'un de ces deux cas : le premier cas étant que ces espèces sont issues de serpents et ont subi des transformations suite aux effets de la nature du pays et de l'eau ; le deuxième cas est que ces espèces sont issues d'un croisement entre serpents et poissons. (...) Toutes ces espèces étaient à l'origine des serpents⁴⁰ ».

Dans un autre passage Gâhiz précise et souligne l'existence d'une parenté entre des espèces animales aquatiques et terrestre. Il nous dit que certains animaux comme les tortues et les grenouilles sont dans l'obligation de quitter le milieu aquatique, pour respirer, se nourrir et pondre. Il l'explique par l'existence d'une parenté entre ces espèces et l'Uromastix : « ces espèces aquatiques proviennent de leurs équivalents terrestres comme c'est le cas du chien de mer qui provient du chien »⁴¹. Pour illustrer l'apparition de nouvelles espèces par croisement interspécifique, Gâhiz écrit que des chasseurs prétendent que diverses espèces d'oiseaux s'accouplent entre elles lors de rassemblements autour

³⁹ - Surnom de 'Abu 'Uthmân 'Amrû ibn Baḥr Mahbûb, aussi transcrit sous la forme al-Jâhiz.

⁴⁰ - Gâhiz, *Kitâb al-hayawân*, vol. IV, 129-130

⁴¹ - *Ibid.* vol. IV, 144

des points d'eau, ce qui donne naissance à des espèces nouvelles jamais vues auparavant⁴². Cependant, Gâhiz ne comprend pas pourquoi certains croisements entre espèces proches réussissent et d'autres non. Il s'étonne de ce que les croisements entre espèces de camélidés ou entre les équidés donnent des descendants viables, alors que ce n'est pas le cas entre les ovins et les caprins⁴³. Il faut d'ailleurs noter que la classification du monde animal par Gâhiz s'inspire d'une classification antéislamique basée sur la métonymie, et étonnamment proche de nos anciennes phylogénies⁴⁴. Enfin, Gâhiz esquisse une comparaison entre le genre humain et le singe et montre les ressemblances entre ces deux catégories ainsi que leur proximité (l'ordre des primates dans notre classification actuelle), pour conclure que les limites entre elles peuvent s'effacer pour certains de leurs caractères, tels le mouvement des paupières, la forme de la main, voire la capacité de rire. Sur le plan de l'éthologie, il souligne la propension à imiter les gestes, l'utilisation des doigts pour se nourrir ou pour casser la coque d'une noix et surtout son aptitude à apprendre par l'entraînement. « Par ce degré de proximité, peut s'en faut que le singe dépasse quelques-unes des limites propres aux singes pour atteindre celles des hommes⁴⁵ ». Gâhiz ose donc ce rapprochement de la lignée humaine avec le reste du monde animal ouvrant la porte au comparatisme éthologique.

Si l'usage fréquent d'homologies entre espèces marines et terrestres trahie la logique analogiste de Gâhiz, par l'importance accordée à l'influence de

⁴² - *Ibid.* vol. I, 144

⁴³ - *Ibid.* vol. I, 142-146

⁴⁴ - Ahmed Aarab et Philippe Lherminier, *Le livre des animaux d'Al Jahiz*, (Paris : l'Harmattan, 2015).

⁴⁵ - Gâhiz, *op. cit.* in n. 39, vol. I, 215

l'environnement dans la transformation des espèces vivantes et de leurs comportements, il s'impose comme l'un des précurseurs à la fois des théories de Lamarck et de celles de Konrad Lorenz, un millénaire auparavant.

Curieusement c'est dans un traité de médecine qui deviendra vers 980 le *Kitab al-Maliki* (Livre royal) du fait de son importance, que Ali Ibn Abbas al-Majusi (930 ?-994), médecin persan, explique l'origine des espèces par ce que nous appellerions de nos jours une sorte de sélection naturelle et présage clairement d'une partie de la pensée darwinienne. Deux siècles et demi plus tard, cette sélection des espèces présentant les caractères les mieux adaptés à leur milieu sera reprise et développée par l'érudit Nasir ad-Din al-Tusi (1201-1274) dans son *Akhlag Nasiri* (L'éthique de Nasir) écrit en 1235. Farid Alakbarli⁴⁶ y décèle pourtant un processus de cheminement scientifique différent de celui de Darwin. Ce dernier utilise un raisonnement déductif pour passer des observations de la nature à une théorisation, tandis que al-Tusi s'appuyait sur processus inductif, partant d'une théorie pour aboutir à des faits. Cette démarche semble plus caractéristique de la philosophie.

Pour ce qui est d'un autre auteur important, Ibn Khaldun (1332-1406), économiste et historien-géographe, des passages extraits de ses *Prolégomènes* ont retenu l'attention des chercheurs. Ibn Khaldun y parle du passage graduel d'une espèce vers une autre en respectant l'échelle naturelle relative aux trois règnes, renforçant la notion de transformations progressives déjà chère à certains de ses prédécesseurs. Ces transformations sont dues à une prédisposition naturelle chez les espèces qui se

⁴⁶ - Farid Alakbarli, A 13th-Century Darwin ? Tusi's Views on Evolution, *Azerbaijan International Magazine*, 9.2 (2001), 47-49.

transforment. Ibn Khaldun va même plus loin en parlant de la transformation des singes en humains, chose impensable en occident jusqu'au milieu du XXe siècle : « Nous y avons montré que tous les êtres [*wujûd*], dans les mondes simples comme dans les mondes composés, sont rangés selon un ordre naturel [*tartib*] aussi bien vers le haut que vers le bas, et qu'ils sont en continuité [*ittisâl*] les uns avec les autres de façon ininterrompue [*la yankharimu*]. Les essences qui sont situées à la fin de chaque niveau sont prêtes à se transformer [*tanqalibu*] en celles qui les avoisinent vers le bas ou vers le haut. Il en est ainsi des éléments corporels simples. Et c'est également le cas du palmier et de la vigne, qui sont à la fin du niveau des plantes, par rapport aux limaçons et aux coquillages, qui appartiennent au niveau des animaux. Il en va de même des singes, qui réunissent intelligence et perception, par rapport à l'homme doué de la pensée et de la réflexion. Cet état de prédispositions naturelles [*isti'dâd*] que l'on trouve aux deux versants de chaque niveau des différents mondes est ce qu'on entend par « continuité » [*ittisâl*] entre les mondes »⁴⁷. La transformation est ici comprise d'un point de vue analogique et non naturaliste, en ce sens qu'elle tisse une continuité entre des mondes distincts (mondes simples/mondes composés) selon un schéma géométrique bien précis et immuable ; elle est donc indissociable de son sens cosmologique. La continuité n'est donc pas intrinsèque aux êtres mais propre au schéma cosmologique qui les englobe. L'idée de continuité et de transformation est ainsi indissociable de la notion de création telle que développée en Islam, à savoir parfaite et sans erreur possible.

⁴⁷ - Abderrahman Ibn Khaldun, *La Muquaddimah*, (Beyrouth : Edition Dar El Jîl, date non mentionnée), 657.

Pour une filiation des savoirs

Ainsi retracée, l'histoire de la construction du savoir sur les fossiles par-delà les frontières culturelles, nous apprend qu'elle est le fruit d'un dialogue informel qui s'est tissé à travers le temps entre les civilisations du pourtour méditerranéen. Si les grecs et les latins ont les premiers émis l'hypothèse du retrait des mers, les arabes l'ont développé et ont aussi produit les premières notions clefs de la compréhension du processus de fossilisation. Bien malheureusement, la lecture de la transmission entre le savoir des savants arabes et celui des savants de la Renaissance au sujet des fossiles est rendu quasiment impossible par la démarche adoptée par ces derniers de ne pas les citer. Curieusement, cette attitude est exactement l'inverse de celle des savants arabes à l'égard des savants grecs qui consistait justement à traduire et commenter leurs œuvres.

L'exemple de la définition donnée au mot *fossile* illustre à merveille le fait que pour construire un concept, « on ne procède pas seulement par additions successives mais aussi par rejet de certains aspects d'une théorie et par des remaniements » (Jean-Marc Drouin, communication personnelle, 2019). La transmission du savoir sur les fossiles entre civilisations successives s'est donc vue tout logiquement accompagnée d'un processus de filtrage selon lequel seuls les savoirs jugés pertinents s'accumulent. Or, ce filtrage obéit à des critères directement déterminés par une vision du monde qui s'impose par rapport à une autre. Avicenne a repris la théorie d'Aristote sur les interactions entre la chaleur et le froid car cela concordait avec la vision analogique du monde de son temps, mais Léonard ne

l'a pas retenu car il avait déjà un pied dans le naturalisme. Cuvier et Lamarck ont retenu l'idée de transformation développée par leurs prédécesseurs européens ou arabes mais ils y ont ajouté celle de disparition et d'échec, le premier sans avoir pu échapper à l'interprétation cosmologique, le second s'en délestant totalement. L'histoire de l'élaboration du savoir sur les fossiles continue son chemin et c'est aujourd'hui un autre type de dialogue interculturel qui l'anime, celui entre l'épistémè occidentale et les savoirs et pratiques des artisans faussaires chinois ou marocains.

BIBLIOGRAPHIE

Aarab, A et Lherminier, P. Le livre des animaux d'Al Jahiz. Editions l'Harmattan, collection "Acteur de la science", Paris, 2015, 161p.

Angel, M. Structure et composition des pierres et des métaux d'après le *De Mineralibus* d'Albert le Grand. Travaux du Comité français d'Histoire de la Géologie, Comité français d'Histoire de la Géologie, 1989, 3ème série, tome 3, pp.37-48.

Archiac, A. d'. Introduction à l'étude de la paléontologie stratigraphique. Cours professés au Muséum d'Histoire Naturelle, Ed .F. Savy, Paris, 1864, tome 1, 486p.

Babin, C. et Gayet, M. Histoire pittoresque de la paléontologie. Ed. Ellipses, Paris, 2009, 439p.

Bosch, R. C'est en sciant Léonard que la paléontologie devint ainsi. Texte non publié (2018).

Bouillet, G. De la génération équivoque des pierres et des fossiles d'après les textes anciens (grecs, latins et chinois). Travaux du Comité français d'Histoire de la Géologie, Comité français d'Histoire de la Géologie, 1986, 2ème série, tome 4, pp.33-46.

Bugler, G. Précisions pour une histoire des origines de la paléontologie. Revue d'Histoire des Sciences et de leurs applications, 1949, tome 2, n°3, pp. 270-274.
http://www.persee.fr/doc/rhs_0048-7996_1949_num_2_3_2710, consulté le 7 septembre 2017.

Cailleux, A. Sénèque et l'esprit scientifique. Les études classiques, Namur, 1971, tome 39, n° 4, pp.475-483.

Cuvier, G. Discours sur les révolutions de la surface du globe et sur les changements qu'elles ont produits dans le règne animal. Edmond D'Ocagne, Paris, 1830 [1825], sixième édition, 423p.

<https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k110696n>, consulté le 24 avril 2018.

De Vinci, L. Les Carnets de Léonard de Vinci. sous la direction de Mac Curdy, E., traduction Louise Servicen, Ed. Gallimard, collection « Tel », Paris, 2012 [1942], 2 tomes, 667p et 592p.

Goilet-Cazé, M.-O. (sous la direction de). Diogène Laërce, vies et doctrines des philosophes illustres. Le livre de poche, 1999, 1398p.

Ellenberger, F. Un remarquable texte arabe médiéval sur le cycle érosion-sédimentation, dans une traduction nouvelle. Travaux du Comité français d'Histoire de la Géologie, Comité français d'Histoire de la Géologie, 1988, 3ème série, tome 2.
<http://www.annales.org/archives/cofrhigeo/texte-arabe.html>, consulté le 16 décembre 2017.

Freud, S. Un souvenir d'enfance de Léonard de Vinci-*Eine Kindheitserinnerung des Leonardo da Vinci (1910)*. Traduit de l'allemand par Dominique Tassel ;

présentation et notes par Clotilde Leguil, coll. Points-Essais, Ed du Seuil, Paris, 2011, 176 p.

Gutas, D. Pensée grecque, culture arabe. Le mouvement de traduction gréco-arabe à Bagdad et la société abbasside primitive (IIe-IVe/VIIIe-Xe siècles). Traduit de l'anglais par Abdesselam Cheddadi. Ed. Aubier (Flammarion), Paris, 2005, 340p.

Lamarck, J.-B. Monet de. Philosophie zoologique. Éd. Dentu, Paris, 1809, 2 tomes.

Laroussi F. et Albalawi I. La traduction de l'arabe et vers l'arabe, à l'heure de la mondialisation. Hermès, la Revue, 2010/1 (n° 56), pp. 137-144.

<https://www.cairn.info/revue-hermes-la-revue-2010-1-page-137.htm> Consulté le 16 avril 2018.

Laurent, G. Le rôle des fossiles "analogues" dans la naissance de la théorie de l'Evolution.

Travaux du Comité français d'Histoire de la Géologie, Comité français d'Histoire de la Géologie, 1996, 3ème série, tome 10, pp.129-148. <hal-00933458>

Pellegrin, P. (sous la direction de). Aristote. Œuvres complètes. Ed. Flammarion, Paris, 2014, 2925p.

Plaziat, J.-C. Les fossiles du Tertiaire parisien dans l'œuvre de Bernard Palissy (1510 ?-1590), en commémoration du quatrième centenaire de sa mort. Travaux du comité français d'histoire de la géologie, Comité français d'Histoire de la Géologie, 1990, 3è série, tome 4, n°8, pp.79-84.

Plaziat, J.-C. Bernard Palissy (1510-1590), près de trois siècles de malentendus de la part des géologues, qu'il convient de dissiper à l'occasion de son 500e anniversaire. Travaux du Comité français d'Histoire de la Géologie, Comité français d'Histoire de la Géologie, 2010, 3ème série, tome 24, pp.131-151.

Jean-Guy Michard, Romain Simenel, Ahmed Aarab.

Plinie L'Ancien. Histoire naturelle, traduction par Émile Littré. Les Belles Lettres, collection « Classiques favoris », réédition 2016, 2150 p.

Rudwick M. J. S. The Meaning of Fossils : Episodes in the History of Palaeontology. The University of Chicago Press, 2d ed., 1985, 287p.

Saaidi, E. Savants musulmans, promoteurs des sciences modernes. Editions SMER, Rabat, 1988, 301p.

Salama-Carr, M. La traduction à l'époque abbasside : l'école de Hunayn Ibn Ishāq et son importance pour la traduction. Didier Érudition (Coll. Traductologie, n°6), Paris, 1990, 122p.

Thomasset, C. et James-Raoul, D. La montagne dans le texte médiéval : entre mythe et réalité. Cultures et civilisations médiévales, XIX, presses de l'Université de Paris-Sorbonne, 2000, 348p.

Wit (de), H.C.D. Histoire du développement de la biologie, vol. 3, édition française traduite et adaptée par H.C.D. de Wit et A. Baudière, Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 1994, 612p.

<https://books.google.fr/books?id=W7-Y466TiiwC&pg>, consulté le 26 janvier 2018.

Zeller, E. La philosophie des Grecs considérée dans son développement historique. Traduit de l'Allemand par E. Boutroux, Hachette, Paris, 1882, tome 2, 556p (pp. 21-42).

<http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k779388/f26.item>, consulté le 26 janvier 2018.