

CAHIERS FRANÇOIS VIETE

Série I – N°9-10

2005

Les sciences des causes passées

GABRIEL GOHAU et STÉPHANE TIRARD - *Les Sciences des causes passées...*
PATRICE BAILHACHE - *Sciences historiques et classification des sciences*
MARIE THÉBAUD-SORGER - *L'historien et les archives. L'histoire : vestiges et pratiques*
GERHARDT STENGER - *Matière et vie chez Diderot et Voltaire*
GABRIEL GOHAU - *La géologie, première science historique ?*
JEAN GAUDANT - *Des jeux de la Nature aux médailles de la Création*
STÉPHANE TIRARD - *L'histoire du commencement de la vie à la fin du XIX^e siècle*
CLAUDE BLANCKAERT - *Pour une paléontologie de l'histoire. L'ethnologie anglaise à l'âge romantique*
GABRIEL GOHAU et STÉPHANE TIRARD - *Intermède : le temps de quelques questions*
MARC LACHIEZE-REY - *Historicité de la cosmologie*
ÉTIENNE KLEIN - *Faut-il distinguer cours du temps et flèche du temps ?*
JACQUES REISSE - *La prise en compte du temps en chimie*
CLAUDE BABIN - *Stratigraphie et biomarqueurs*
CLAIRE SALOMON-BAYET - *Post-face*

Centre François Viète
Épistémologie, histoire des sciences et des techniques
Université de Nantes

SOMMAIRE

• GABRIEL GOHAU et STÉPHANE TIRARD	5
<i>Les Sciences des causes passées...</i>	
• PATRICE BAILHACHE.....	9
<i>Sciences historiques et classification des sciences</i>	
• MARIE THÉBAUD-SORGER.....	33
<i>L'historien et les archives. L'histoire : vestiges et pratiques</i>	
• GERHARDT STENGER.....	53
<i>Matière et vie chez Diderot et Voltaire</i>	
• GABRIEL GOHAU.....	67
<i>La géologie, première science historique ?</i>	
• JEAN GAUDANT	83
<i>Des jeux de la Nature aux médailles de la Création</i>	
• STÉPHANE TIRARD	105
<i>L'histoire du commencement de la vie à la fin du XIX^e siècle</i>	
• CLAUDE BLANCKAERT.....	119
<i>Pour une paléontologie de l'histoire. L'ethnologie anglaise à l'âge romantique</i>	
• GABRIEL GOHAU et STÉPHANE TIRARD	135
<i>Intermède : le temps de quelques questions</i>	
• MARC LACHIEZE-REY	139
<i>Historicité de la cosmologie</i>	
• ÉTIENNE KLEIN.....	151
<i>Faut-il distinguer cours du temps et flèche du temps ?</i>	
• JACQUES REISSE.....	159
<i>La prise en compte du temps en chimie</i>	
• CLAUDE BABIN.....	175
<i>Stratigraphie et biomarqueurs</i>	
• CLAIRE SALOMON-BAYET	189
<i>Post-face</i>	

LES SCIENCES DES CAUSES PASSEES ...

Gabriel GOHAU et Stéphane TIRARD

Est-il vrai qu'il n'y a de science que du général ? Et que les lois qui régissent le réel sont universelles et permanentes, autrement dit qu'elles valent pour tous lieux et tous temps. Ainsi la physique des phénomènes terrestres est celle qui règne sur les étoiles ou des galaxies. Et ces lois ont aussi bien régi la Terre primitive que les plus anciennes galaxies.

Toutefois, à côté des sciences ainsi définies, qualifiées de sciences nomologiques, existent des sciences qui se préoccupent du passé de ces mêmes domaines : elles sont dites historiques. Pourtant l'expression « sciences historiques » correspond à un oxymore, car l'histoire est une suite irréversible d'événements enchaînés. Rien là qui ressemble à l'indéfiniment répétable des lois de la Nature.

Cependant le déterminisme ne postule-t-il pas que la double connaissance des lois et de l'état présent du monde permet d'en reconstituer le passé ? Une célèbre formule de Laplace, qui est dans toutes les mémoires, envisage « l'état présent de l'univers comme l'effet de son état antérieur », accessible à « une intelligence » qui posséderait cette double connaissance. En quoi certaines sciences présentes demeurent-elles loin de cette ambition ? Cela concerne-t-il des sciences particulières ? Soit qu'elles seraient moins rationalisées que la mécanique céleste à laquelle songeait Laplace, soit qu'elles seraient plus axées sur le passé, voire les origines ?

Jacques Monod dit que la biosphère « ne contient pas une classe prévisible d'objets ou de phénomènes, mais constitue un événement particulier, compatible certes avec les premiers principes, mais non déductible de ces principes. Donc essentiellement imprévisibles », ajoutant pour qu'on l'« entende bien (...) [que] la biosphère est à [ses] yeux imprévisible au même titre, ni plus ni moins que la configuration d'atomes qui constitue le caillou qu' [il tient] dans la main. » Pour finalement préciser : « Cet objet n'a pas, selon la théorie, le devoir d'exister mais il en

a le droit. »¹ Mais en tenant un tel propos sur la seule biosphère isole-t-il le monde biologique du reste de l'univers en lui prêtant un déterminisme mou ? Ce que Jean Gayon exprime autrement quand il dit que les lois de la biologie ne sont pas des lois fonctionnelles mais des lois causales, et plus précisément des lois causales faibles².

Pour cet autre biologiste évolutionniste, qu'est Stephen Jay Gould³, la biosphère, que les anciens naturalistes étudiaient comme un objet existant de toute éternité (ou depuis la Création) s'est doté, avec l'évolutionnisme, d'une dimension historique qui a fait prendre en compte son caractère incertain, ce que François Jacob exprime dans un cadre historique en affirmant que « ce qui sépare radicalement de toute pensée antérieure l'évolutionnisme de Darwin et de Wallace, c'est la notion de contingence appliquée aux êtres vivants »⁴.

Mais il en irait de même avec la géologie, autre science naturelle. Cournot écrit dans son *Essai sur les fondements de nos connaissances...* : « Est-il vrai que la science n'ait pour objet que des vérités immuables et des résultats permanents ? En aucune façon. Il y a des sciences comme la géologie et l'embryogénie, qui portent au contraire essentiellement sur une succession d'états variables et de phases transitoires »⁵. Et William Whewell, avant lui, faisait de la géologie une science palétiologique, c'est à dire une science « qui s'intéresse non au passé possible mais au passé réel (actual past). »⁶ Et cela ne concerne pas seulement les sciences naturelles, car il semble que la physique contemporaine, elle même, soit moins certaine, sinon du déterminisme des phénomènes, du moins de la possibilité de parvenir à l'établir : les travaux sur la sensibilité aux conditions initiales ont mis l'accent sur l'impossibilité de remonter loin vers le passé, dans la mesure où des états initiaux extrêmement voisins deviennent vite divergents, appliquant ainsi aux sciences les plus rationalisées les séries divergentes d'un fameux schéma de l'*Origine des espèces*.

¹ Jacques Monod (1970) *Le hasard et la nécessité* (Paris : Le Seuil), p. 55.

² Jean Gayon (1993) « La biologie entre loi et histoire », *Philosophie* (Paris : Editions de Minuit), 38, p. 30-57.

³ Stephen Jay Gould (1991) *La vie est belle* (Paris : Le Seuil).

⁴ François Jacob (1970) *La Logique du vivant* (Paris : Gallimard), p. 170.

⁵ Augustin Cournot (1851) *Essai sur les fondements de nos connaissances et sur la critique philosophique* (Paris : Hachette) (1912), paragraphe 306.

⁶ William Whewell (1847) *History of the Inductive Sciences from the Earliest to the Present Time* (Londres : J.W. Parker) 2^e éd., III, p. 527.

Mais quelles sciences entrent dans ce champ ? L'existence de sciences nomologiques suppose évidemment que nous avons de bonnes raisons de tenir les lois de la nature pour universelles et permanentes. Sans doute le concept d'uniformité de la nature est-il un axiome, comme tel indémontrable. Mais, c'est grâce à lui que la science moderne est née de la réunion en un même espace des deux mondes, sublunaire et supralunaire, du Cosmos antique. Puis de celle des temps anciens et des temps actuels, ou des causes anciennes et des causes actuelles.

Mais si les lois sont constantes tant dans le temps que dans l'espace, les phénomènes auxquels elles s'appliquent n'en sont pas pour autant identiques. Refuser ce point de vue nous ferait tomber dans une conception qu'on peut dire fixiste ou permanentiste de l'univers. En postulant l'existence du big bang les cosmologistes ont rejoint les géologues et les biologistes évolutionnistes qui savaient déjà que le visage de la Terre et de la biosphère s'est modifié avec le temps. L'évolutionnisme, en prenant ce terme dans son acception la plus large, ne s'est-il pas substitué au fixisme en tous domaines de la recherche ? Mais alors les sciences ne sont-elles pas toutes historiques ?

Whewell limitait ses sciences palétiologiques à la cosmologie, la géologie, et l'histoire du langage. Et Cournot envisageait aussi, comme on a dit, l'embryogénie. Il est évident qu'il faut étendre ce champ. Mais comment reconnaître qu'une science est vraiment historique ?

La biologie évolutionniste, par exemple, étudie les mécanismes qui ont contribué à l'histoire du monde vivant depuis ses premières manifestations. Mais ces mécanismes sont, au moins en partie, des données permanentes. Ce qui est historique ce ne sont pas les lois de l'évolution, mais ses produits successifs, tels que les décrit la paléontologie. Celle-ci est une science historique parce qu'elle étudie ces productions, qui sont comme autant d'archives.

En effet, comme l'histoire humaine, que Whewell qualifiait de palétiologie morale, les sciences historiques ont besoin d'archives dans la mesure où le passé, au contraire de la célèbre affirmation de Laplace, n'est pas déductible du présent. Qu'est-ce alors qu'une archive ? Définissons-la provisoirement comme un document qui permet : d'informer sur le déroulement d'un événement et de le dater.

Le colloque a été divisé en deux séances :

- L'une consacrée à l'histoire de ces sciences palétiologiques, a été organisée le 24 septembre 2003 au Muséum d'histoire naturelle de Nantes.

Il s'agissait d'abord de les recenser et de comprendre comment et quand elles sont nées, essentiellement au XIX^e siècle, et quelles archives elles ont utilisées.

- L'autre, qui s'est tenue le 3 octobre 2003 à l'Université Paris 7, envisageait l'état actuel des mêmes sciences. En mettant en évidence la recherche de nouvelles archives, issues des progrès de la recherche contemporaine.

Ces journées ont été organisées, conjointement, par le Centre François Viète d'Histoire des Sciences et des Techniques (EA 1161 - Université de Nantes) et par l'équipe Rehseis – Recherches épistémologiques et historiques sur les sciences exactes et les institutions scientifiques (UMR 7596 – CNRS – Université Paris 7), avec le soutien du Muséum d'histoire naturelle de Nantes.

Centre François Viète - Nantes, Equipe Rehseis - Paris,
ga.gohau@wanadoo.fr, stephane.tirard@univ-nantes.fr

SCIENCES HISTORIQUES ET CLASSIFICATIONS DES SCIENCES

Patrice BAILHACHE*

Résumé

Qu'est qu'une *science historique* ? L'étude des classifications des sciences, non dénuée d'intérêt en elle-même, permet sans doute de répondre avec précision à cette question. Après des ébauches d'organisation du savoir (Aristote principalement), la classification des sciences naît avec Bacon pour être quasi abandonnée au milieu du XX^e siècle comme genre de réflexion épistémologique. Deux grandes figures dominent, Comte et Cournot, et c'est seulement avec ce dernier que le concept de science historique acquiert droit de cité. En conclusion, on examine ici quelles sont les sciences actuelles qui peuvent être réellement considérées comme historiques (la géologie...) et quelles sont celles qui ne le sont sans doute plus guère qu'en apparence (la cosmologie...).

Introduction

Pourquoi classer les sciences ? Après tout, cela peut sembler une entreprise assez vaine, une occupation inutile de philosophe, sinon une entreprise frappée par principe du caractère de l'incompétence, puisque, pour classer les sciences, il faudrait toutes les connaître¹. Mais « il importe au progrès de chaque science, dit Goblot, que ses problèmes soient nettement posés, ses méthodes bien définies, et pour cela il faut se rendre compte de ses relations avec toutes les autres et de ce qu'on peut appeler sa position systématique »². Si ce motif paraît suffisant, il convient de

* Professeur émérite à l'Université de Nantes.

¹ Auguste Comte *Cours de philosophie positive*, 2^e Leçon, p. 59: « Ces classifications ne sont conçues le plus souvent que par des esprits presque entièrement étrangers à la connaissance à classer. »

² Edmond Goblot (1898) *Essai sur la classification des sciences* (Paris : Alcan).

comprendre que le projet de classification est aventureux et que ses résultats sont nécessairement emprunts d'une grande part d'arbitraire : c'est ce que confirme l'étude des principales classifications des sciences ayant réellement vu le jour. Du reste, plus les sciences se diversifient, se spécialisent et croissent en nombre, moins l'entreprise classificatoire devient possible. C'est peut-être la raison pour laquelle la période féconde en classifications des sciences commence au siècle des Lumières pour s'achever au XIX^e siècle.

Je n'en dirai pas plus pour l'instant sur cette question, réservant pour la suite l'examen des principales classifications connues et la place qu'elles ménagent aux sciences historiques. Mais cette expression, « sciences historiques », appelle à présent un nouveau préambule. Tout le monde, je suppose, sait bien ce que les mots « science » et « histoire » veulent dire. Toutefois, étant donné l'objet de cette communication, il convient d'être un peu plus précis que de coutume. On me permettra donc de m'arrêter aux définitions de ces termes.

Voici deux définitions de la science. La première est de Cournot : « La science est la connaissance logiquement organisée. Or, l'organisation ou la systématisation logique se résume sous deux chefs principaux : 1° la division des matières et la classification des objets quelconques sur lesquels porte la connaissance scientifique; 2° l'enchaînement logique des propositions, qui fait que le nombre des axiomes, des hypothèses fondamentales ou des données de l'expérience se trouve réduit autant que possible, et que l'on en tire tout ce qui peut en être tiré par le raisonnement, sauf à contrôler le raisonnement par des expériences confirmatives »³. Je tire la seconde définition du *Vocabulaire de la philosophie* de Lalande : « Ensemble de connaissances et de recherches ayant un degré suffisant d'unité, de généralité, et susceptibles d'amener les hommes qui s'y consacrent à des conclusions concordantes, qui ne résultent ni de conventions arbitraires, ni des goûts ou des intérêts individuels qui leur sont communs, mais de relations objectives qu'on découvre graduellement, et que l'on confirme par des méthodes de vérification définies »⁴. Le rapprochement de ces deux définitions est intéressant, parce qu'il manifeste deux conceptions assez différentes de la science. La première insiste sur l'organisation *logique* des connaissances, exigeant que les données

³ Augustin Cournot (1851) *Essai sur les fondements de nos connaissances et sur les caractères de la critique philosophique*, § 308, pp. 363-364.

⁴ André Lalande (1926) *Vocabulaire technique et critique de la philosophie*, (Paris : Alcan) 10^e édition (1968), p. 654.

initiales – axiomes, postulats ou données expérimentales⁵ – soient le moins nombreuses possible. La seconde prend comme critère de définition la *généralité* des connaissances, ainsi que leur *objectivité*. La définition de Cournot est ainsi nettement plus restrictive que celle de Lalande; on pourrait dire, selon les termes à la mode, qu'elle concerne les « sciences dures », tandis que la seconde reste ouverte à des disciplines plus nombreuses, allant jusqu'à certaines qu'on pourrait qualifier de « littéraires ». Cela est important pour l'objet qui nous occupe, celui de définir maintenant l'histoire et d'examiner sa place dans le système des connaissances, et plus précisément son rapport à la science.

Aristote prend l'histoire comme un simple amas de documents par opposition à un travail d'explication ou de systématisation⁶. Francis Bacon reprend ce sens : l'histoire est la connaissance de l'individuel, qui a pour instrument essentiel la *mémoire* (je reviendrai sur la classification des connaissances selon Bacon). Même chose chez les Encyclopédistes, comme nous le verrons plus loin avec d'Alembert. Mais comme l'histoire, en fait, met en œuvre d'autres facultés que la mémoire, ces définitions ne conviennent pas. À nouveau, la comparaison de multiples définitions nous viendra en aide. Arrêtons-nous à ce que dit Cournot. Étant donné, comme on l'a vu, la spécificité qu'il exige pour la science, on peut s'attendre à ce qu'il rejette l'histoire loin de la science. C'est bien le cas en effet. Opposant « la donnée historique à la donnée théorique », il explique que « quand on peut remonter de l'état final ou de l'état pénultième d'un système à l'état antérieur et de proche en proche à l'état initial, l'histoire n'intervient pas; le système s'est développé pour ainsi dire en dehors du temps. Mais le plus souvent, pour expliquer l'état actuel d'un système (par exemple le système astronomique) il faut faire appel à des faits indépendants de la théorie, qui ne s'expliquent pas par elle, qu'on ne pouvait prévoir, etc. » Et c'est alors que l'histoire intervient⁷.

Selon Cournot, donc, l'histoire n'est pas une science : « [...] cela même n'indique-t-il pas en quoi l'histoire traitée de la sorte diffère

⁵ La distinction que fait Cournot entre ces trois types de données est caractéristique de son époque. Celle qui sépare les axiomes (ou « notions communes ») et les postulats (ou « demandes ») remonte à Aristote. Au XIX^e siècle, avec le développement de la physique mathématique et des sciences expérimentales en général, il faut ajouter les hypothèses expérimentales.

⁶ Lalande, *op. cit.*, p. 414.

⁷ Lalande, *op. cit.*, pp. 414-415.

essentiellement d'une théorie scientifique ? »⁸ Le jugement est plus sévère et entier qu'on ne pourrait le croire : « Aussi, précise Cournot, la composition historique tient-elle plus de l'art que de la science, lors même que l'historien se propose bien moins de plaire et d'émouvoir par l'intérêt de ses récits, que de satisfaire notre intelligence dans le désir qu'elle éprouve de connaître et de comprendre. »⁹ Et si l'on parle de science à propos de l'histoire, ce ne peut être que par pure erreur : « Il arrive souvent aux historiens de nos jours d'usurper pour l'histoire le nom de science, comme il arrive aux philosophes de l'usurper pour la philosophie. C'est un des abus du style moderne, et l'une des conséquences de l'éclat que les sciences ont jeté et de la popularité qu'elles ont acquise. »¹⁰

Pourtant, répétons-le, pour Cournot l'histoire n'est pas une simple collection de faits ou d'événements comme le prétendaient trop rapidement Aristote ou Bacon. L'histoire se tient à mi-chemin entre la pure suite d'événements aléatoires et le rigoureux ordonnancement des propositions ou des faits scientifiques. Un beau texte explique cette conception de manière précise :

« S'il n'y a pas d'histoire proprement dite là où tous les événements dérivent nécessairement et régulièrement les uns des autres, en vertu des lois constantes par lesquelles le système est régi, et sans concours accidentel d'influences étrangères au système que la théorie embrasse, il n'y a pas non plus d'histoire, dans le vrai sens du mot, pour une suite d'événements qui seraient sans aucune liaison entre eux. Ainsi les registres d'une loterie publique pourraient offrir une succession de coups singuliers, quelquefois piquants pour la curiosité, mais ne constitueraient pas une histoire : car les coups se succèdent sans s'enchaîner, sans que les premiers exercent aucune influence sur ceux qui les suivent, à peu près comme dans ces annales où les prêtres de l'antiquité avaient soin de consigner les monstruosité et les prodiges à mesure

⁸ Cournot, *op. cit.*, § 315, p. 371.

⁹ *Ibid.*, § 316, p. 373.

¹⁰ *Ibid.*, § 318, p. 375. Cette séparation de l'histoire et de la science n'est pas universellement admise. Ainsi Whewell (*History of the Inductive Sciences*, part three, p. 402) écrit-il : "It must be recollected that I am now speaking of history as ætiological; — as it investigates causes, and as it does this in a scientific, that is, in a rigorous and systematic, manner".

qu'ils venaient à leur connaissance. Tous ces événements merveilleux, sans liaison les uns avec les autres, ne peuvent former une histoire, dans le vrai sens du mot, quoiqu'ils se succèdent suivant un certain ordre chronologique. »¹¹

Par contraste, cette non-scientificité de l'histoire selon Cournot, lui permet de « durcir » le concept de science :

« Il y a des sciences, comme les sciences abstraites, dont l'objet n'a rien de commun avec l'ordre chronologique des événements, et qui n'ont, par conséquent, aucun emprunt à faire à l'histoire, aucune donnée historique à accepter. Les théorèmes de géométrie, les règles du syllogisme, sont de tous les temps et de tous les lieux [...] Parmi les sciences qui ont pour objet les phénomènes naturels, plusieurs sont encore dispensées, dans leur construction théorique, de l'appui nécessaire d'une base ou d'une donnée historique. Telles sont la chimie et la physique proprement dite, qui traitent de lois que nous considérons comme immuables, et de propriétés que nous supposons avoir toujours été inhérentes à la matière. »¹²

Cela laisse la place à d'autres sciences, qui, elles, feront spécifiquement appel à des données historiques : ce sont précisément les *sciences historiques*.

C'est sans doute chez William Whewell qu'on trouve la meilleure définition de ces dernières. Il qualifie de « étiologiques » (du grec αἰτία, la cause) les sciences qui portent sur les causes¹³. Mais comme toutes les

¹¹ *Ibid.*, § 313, pp. 369-370.

¹² *Ibid.*, pp. 364-365.

¹³ "The sciences which treat of causes have sometimes been termed *aetiological*, from αἰτία, a cause : but this term would not sufficiently describe the speculations of which we now speak; since it might include sciences which treat of Permanent Causality, like Mechanics, as well as inquiries concerning Progressive Causation. The investigations which I now wish to group together, deal, not only with the possible, but with the actual past; and a portion of that science on which we are about to enter, Geology, has properly been termed *Palæontology*, since it treats of beings which formerly existed (1). Hence, combining these two notions (2), *Palætiology* appears to be a term not inappropriate, to describe those speculations which thus refer to actual past events, and attempt to explain them by laws of causation." (*op. cit.*, p. 397). Les notes renvoient aux étymologies :

sciences traitent plus ou moins des causes, encore faut-il préciser. De quelles causes est-il question ? Pas de celles qui sont permanentes comme la gravitation ou n'importe quelle autre cause proprement mécanique ou physique, mais de celles qui font intervenir le passé, c'est-à-dire *les événements passés contingents à titre de cause*. Un des meilleurs exemples de ces sciences est celui de la géologie ou de la paléontologie. Dans ces sciences, la donnée de nombreux faits passés est indispensable. Ce sont pourtant des sciences et non de simples histoires particulières, car l'enchaînement logique (cf. la conception de la science chez Cournot) de nombreux événements passés est rigoureux, obéissant aux lois de la physique, de la chimie et de la biologie. On y trouve donc de nombreux faits contingents qui sont à prendre comme de pures données, mais on y voit aussi de non moins nombreux événements *déduits scientifiquement* de ces faits.

C'est pourquoi, soit dit en passant, les sciences historiques¹⁴ ne sont ni exactement des sciences (au sens de sciences « dures ») ni non plus des histoires. Il existe bien une histoire du ciel, une histoire naturelle de la terre, une histoire naturelle des plantes et des animaux, mais ce ne sont pas à proprement parler des sciences historiques. Ce ne sont que de simples descriptions historiques. Dans les sciences historiques, la déduction, l'explication rationnelle jouent un rôle essentiel comme dans les sciences pures¹⁵.

(1) Πάλαι, ὄντα (2) Πάλαι, αἰτία. Toutes deux contiennent l'adverbe *palai*, depuis longtemps, la première parle des être (*onta*), la seconde des causes (*aitia*).

¹⁴ Whewell préfère l'expression de "sciences palétiologiques" à celle de "sciences historiques" : "These palætiological sciences might properly be called *historical*, if that term were sufficiently precise: for they are all of the nature of history, being concerned with the succession of events; and the part of history which deals with the past causes of events, is, in fact, a moral palætiology. But the phrase *Natural History* has so accustomed us to use of the word *history* in which we have nothing to do with time, that, if we were to employ the word *historical* to describe the palætiological sciences, it would be in constant danger of being misunderstood." (*ibid.*, p. 400-401). Mais l'histoire des sciences, qui souvent simplifie, semble préférer la seconde expression à la première, au moins dans le présent colloque !

¹⁵ Comme on distingue les sciences naturelles et l'histoire naturelle, de même : « [...] à côté de la théorie de la gravitation universelle viendra se placer une histoire naturelle du ciel et des astres; à côté de la physique, de la chimie, de la cristallographie, une histoire naturelle de la terre, des couches, des roches, des filons et des gisements des minéraux; à côté de la physiologie végétale et animale,

Principales classifications des sciences. Place des sciences historiques

Je vais maintenant passer en revue diverses classifications des sciences, en suivant à peu près l'ordre historique et en ne retenant que les plus connues ou celles qui me semblent importantes.

Bref coup d'œil sur l'Antiquité

Le classement des sciences n'est pas chez les Anciens, en particulier chez Aristote, un objet d'étude spécifique¹⁶. Néanmoins, on peut aisément extraire un tel classement du simple fait que ce philosophe distingue trois groupes de connaissances selon que leur but est 1) « théorétique », c'est-à-dire spéculatif, 2) « pratique », c'est-à-dire tourné vers l'action (morale, politique), 3) « poétique », c'est-à-dire concernant la création d'œuvres (poétiques, rhétoriques, esthétiques). Il s'agit de « sciences » au sens étymologique (scio, je sais), c'est-à-dire d'ensembles ou de systèmes de connaissances en général : ni à la morale, ni à la rhétorique, ni à l'esthétique nous n'accorderions aujourd'hui la qualité de science. Cette remarque est importante, car nous allons voir que, même dans des systèmes classificatoires élaborés et beaucoup moins anciens, ce sont les connaissances humaines en général qui sont considérées, pas seulement les sciences *stricto sensu*¹⁷.

Pour rester dans l'Antiquité, on me permettra la mention de saint Augustin, qui distingue quant à lui trois domaines de connaissances :

une histoire naturelle des plantes et des animaux. » (Cournot, *op. cit.*, p. 377). Lalande résume très bien la conception de Cournot. « Dans chaque loi, écrit-il, il faut distinguer la relation mathématique, et les *constantes* qui sont des données de fait [...]. Chaque science théorique, sauf les mathématiques, se double d'une science historique. En partant de cette distinction on comprend que l'importance de la donnée historique aille croissant avec le degré de complication des phénomènes. Dans le domaine de la biologie le point de vue historique devient prédominant et il est presque exclusif dans le domaine humain. » (*op. cit.*, p. 415). Nous allons voir cela plus en détail quand je présenterai la classification des sciences de Cournot.

¹⁶ Dès le début du Moyen Âge, l'enseignement était réparti en deux grands ensembles, l'un « scientifique » : le *quadrivium* (arithmétique, géométrie, musique, astronomie), l'autre « littéraire » : le *trivium* (grammaire, dialectique, rhétorique). Mais on ne peut pas considérer cette répartition pratique comme une classification systématique.

¹⁷ Aristote distingue aussi les connaissances selon d'autres critères, en particulier les couples *séparé—non séparé* et *abstrait—concret*. Les mathématiques, par exemple, constituent une science abstraite séparée.

pluies, tempêtes, tonnerres, aurores boréales, etc. En histoire de la terre et de la mer, ou des montagnes, des fleuves, des rivières, des courants, du flux et reflux, des sables, des terres, des forêts, des îles, des figures, des continents (sic), etc. En histoire des minéraux, en histoire des végétaux, et en histoire des animaux. D'où résulte une histoire des éléments, de la nature apparente, des effets sensibles, des mouvements, etc., du feu, de l'air, de la terre et de l'eau. »²⁰

On notera la ségrégation entre l'histoire, qui ne relève que des « phénomènes purs », et les sciences ressortissant à la raison, cherchant à « expliquer la cause [de ceux-ci] par des systèmes, des hypothèses, etc. »

2) Pour la physique :

« La physique particulière doit suivre la même distribution que l'histoire naturelle. De l'histoire, prise par les sens, des astres, de leurs mouvements, apparences sensibles, etc., la réflexion a passé à la recherche de leur origine, des causes de leurs phénomènes, etc., et a produit la science qu'on appelle astronomie physique, à laquelle il faut rapporter la science de leurs influences, qu'on nomme astrologie; d'où l'astrologie physique, et la chimère de l'astrologie judiciaire. De l'histoire, prise par les sens, des vents, des pluies, grêles, tonnerres, etc., la réflexion a passé à la recherche de leurs origines, causes, effets, etc., et a produit la science qu'on appelle météorologie. »²¹

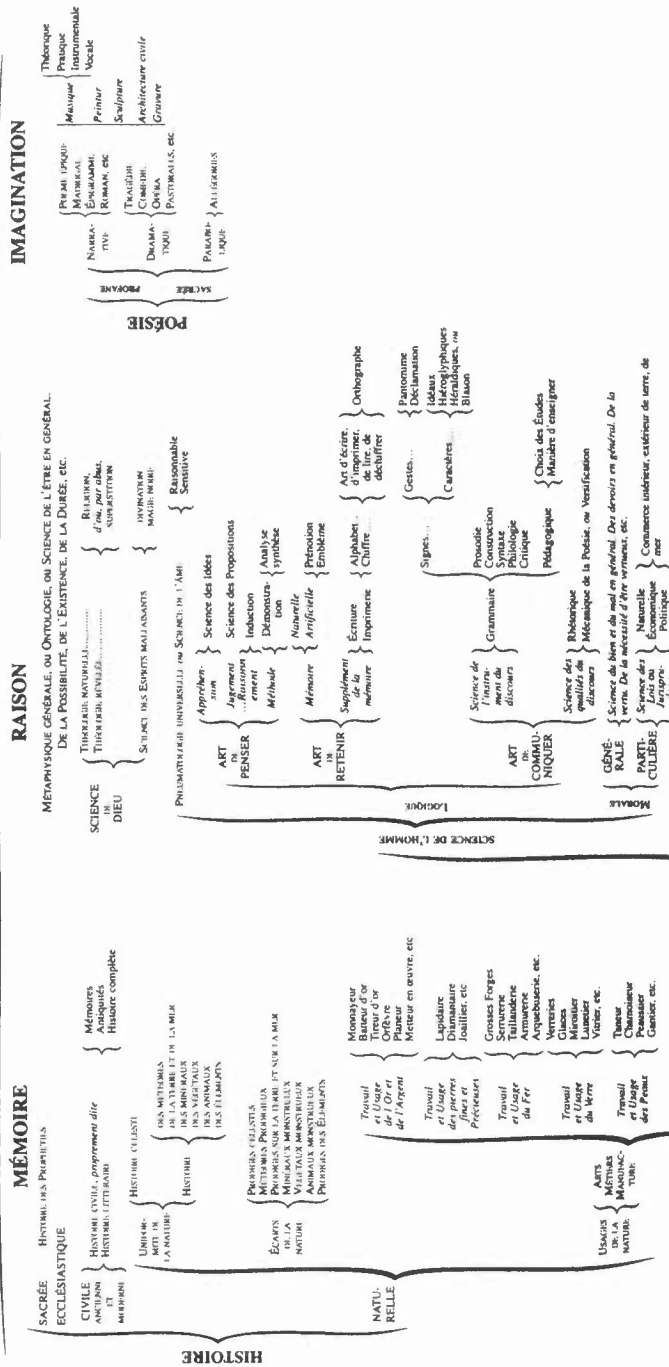
Il y a donc un parallélisme entre les histoires particulières et les domaines physiques particuliers. Mais entre histoire et physique la cloison est parfaitement étanche ; d'Alembert ne laisse pas de place, lui non plus, aux sciences historiques.

²⁰ *Discours préliminaire de l'Encyclopédie* (Paris : Vrin) (2000), p. 165.

²¹ *Ibid.*, p. 171.

SYSTÈME FIGURÉ DES CONNAISSANCES HUMAINES

ENTENDEMENT



Une étape majeure : Auguste Comte

Négligeant d'autres essais classificatoires²², j'en viens tout de suite à la classification probablement la plus connue, au moins en France : celle d'Auguste Comte. Il importe de l'examiner d'un peu près, car, comme pour toutes les choses « trop » connues, elle est souvent réduite à un exposé schématique qui ne tient pas compte de la structure complète de l'organisation du savoir selon Comte.

Ne voulant considérer que les sciences, le philosophe procède à une première division en *sciences théoriques* et *sciences appliquées*. Il partage ensuite l'ensemble des sciences théoriques en deux sous-ensembles : celui des sciences abstraites et celui des sciences concrètes. Ce sont essentiellement les sciences théoriques abstraites qui constituent la partie intéressante et originale de la classification comtienne.

Les sciences théoriques ou *spéculatives* ont pour but la *connaissance* de la nature et de l'homme, uniquement par curiosité intellectuelle, afin d'accroître la conscience que nous pouvons avoir du monde et de nous-mêmes. Les sciences appliquées ont pour objet l'action de l'homme sur la nature, en vue d'accroître sa puissance, son bien-être, sa santé, la durée de sa vie, voire de l'aider à devenir meilleur moralement.

Les principales sciences appliquées sont l'*industrie* (mécanique appliquée, métallurgie, électrotechnique, chimie industrielle...) et la *médecine*.

²² Jeremy Bentham donne en 1823 une classification procédant par dichotomies successives, dont voici ce que dit Cournot : « Bentham surtout pousse jusqu'à un excès fatigant l'abus des ramifications dichotomiques, et la fabrication de mots bizarres, destinés à exprimer la suite des bifurcations. Une première bifurcation lui donne la *métaphysique* (*coenontologie*) d'une part, de l'autre la science des êtres particuliers (*idiontologie*), se bifurquant en science des corps (*somatologie*) et science des esprits (*pneumatologie*) : ce qui n'est que l'application des idées reçues chez les scolastiques du Moyen Âge. La *somatologie* se bifurque en science des quantités (*posologie*, mathématiques) et science des qualités (*poiosomatologie*); tandis que la *pneumatologie* se subdivise en *noologie* (logique, idéologie) et *anoopneumatologie*, comprenant la *pathoscopie* et l'*éthique*. Mais il serait fastidieux de suivre Bentham dans les ramifications subséquentes de son arbre encyclopédique, où l'on trouverait en grand nombre des subdivisions forcées et arbitraires, et qui n'ont pas même le mérite d'une classification artificielle, celui de procurer une vue plus claire de l'ensemble des objets classés. » (*op. cit.*, pp. 404-405)

La différence entre les sciences concrètes et les sciences appliquées est importante. Ces deux classes de sciences ne sont pas situées au même niveau dichotomique. Du reste, les différentes sciences concrètes ne s'identifient pas aux sciences appliquées. Si les sciences abstraites ont pour objet la découverte des lois auxquelles obéissent les phénomènes et ont donc un caractère général, les sciences concrètes sont particulières et descriptives; elles consistent à *appliquer ces lois* « à l'histoire effective des différents êtres existants »²³. Je souligne, car de toute évidence nous approchons ici du concept de science historique.

Mais ce n'est pas là ce qui intéresse le plus Comte, si bien que le concept n'est qu'effleuré. En effet, le plus important de sa classification, ce qui a été retenu comme l'essentiel par la postérité, est la série *linéaire* des six sciences abstraites fondamentales : *mathématiques, astronomie, physique, chimie, biologie, sociologie*. Cet ordre hiérarchique a deux conséquences principales. 1) En allant des mathématiques à la sociologie, on progresse, dans le domaine de l'être, de l'inférieur vers le supérieur (on aurait envie de dire de l'abstrait vers le concret, mais nous sommes déjà dans les sciences purement abstraites). 2) Cet ordre est aussi celui de l'extension décroissante et de la compréhension croissante des objets de ces sciences ; Comte dit qu'on progresse vers des sciences de simplicité et de généralité décroissantes²⁴.

²³ « Il faut distinguer [...] deux genres de sciences naturelles : les unes abstraites, générales, ont pour objet la découverte des lois qui régissent les diverses classes de phénomènes, en considérant tous les cas qu'on peut concevoir; les autres concrètes, particulières, descriptives, et qu'on désigne quelque fois sous le nom de sciences naturelles proprement dites, consistent dans l'application des lois à l'histoire effective des différents êtres existants. », Auguste Comte, *CPP*, 2^e Leçon, p. 70. Cette distinction est du goût de Paul Mouy : « Nous conservons cette division, qui est fort instructive : les sciences abstraites formulent des lois générales, elles étudient une certaine partie de la nature en s'attachant aux *ressemblances* qui apparaissent entre les êtres qui la constituent. Les sciences concrètes s'attachent aux *différences*. Elles sont donc classificatrices et narratives. De nos jours, elles sont beaucoup plus narratives que classificatrices, la classification naturelle ayant, sous l'influence du transformisme, beaucoup perdu de son importance. » (*Logique et philosophie des sciences*, cours de philosophie, Classiques Hachette, 1944, p. 56)

²⁴ Beaucoup de classifications s'inspirent de celle de Comte. Exemple, celle du physicien suisse Charles-Eugène Guye (1866-1942), où l'on voit que l'objet des sciences devient de plus en plus complexe dans la série linéaire : arithmétique (nombre), géométrie (nombre et espace), cinématique (nombre, espace et temps),

Il faut encore noter que la succession des sciences, des mathématiques à la sociologie, s'accompagne, lors de l'accession à une nouvelle science, de son *irréductibilité* aux précédentes. Par exemple, la physique n'est pas réductible aux mathématiques. *Réductionnisme et matérialisme sont donc exclus par Auguste Comte*. Par ailleurs, la hiérarchie comtienne des sciences ne se limite pas, selon son auteur, à ces caractères théoriques. Elle est aussi, prétend-il, l'ordre selon lequel l'enseignement doit progresser : c'est dans la nature des choses d'accéder à des savoirs de plus en plus complexes. Et elle est encore l'ordre dans lequel les différentes sciences ont débuté, leur ordre historique d'apparition.

Cette classification peut se schématiser par les deux tableaux qui suivent.

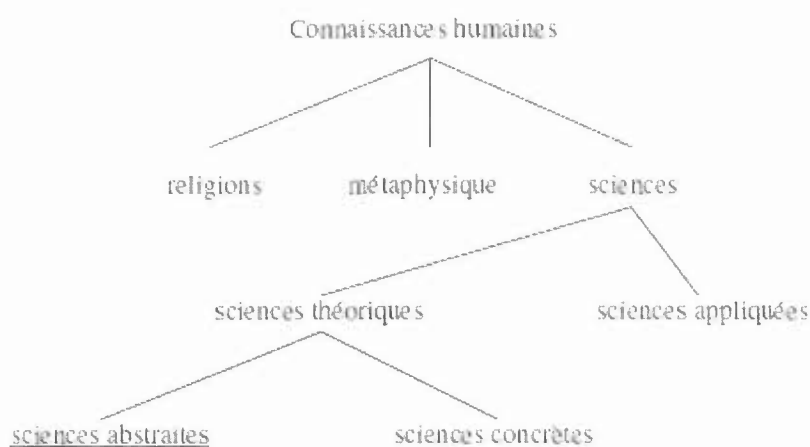


Figure 2. Classification de Comte : place des sciences abstraites dans l'ensemble des connaissances.

physique (nombre, espace, temps et matière), biologie (comme pour la physique plus la vie), psychologie (comme pour la biologie plus la pensée). Cf. Piaget, « Classification des sciences et principaux courants épistémologiques contemporains », in *Encyclopédie de la Pléiade, Logique et connaissance scientifique*, sous la direction de Jean Piaget, Gallimard, 1967, p. 1170. Piaget présente Guye comme « l'auteur de la première vérification expérimentale de la théorie de la relativité ».



Figure 3. Classification de Comte : l'ordre linéaire des sciences abstraites.

Plusieurs défauts ont été relevés dans cette classification.

- 1) La part de la chimie est pour ainsi dire trop belle. Plusieurs classificateurs ont noté que la chimie n'est, après tout, qu'une physique particulière. Aujourd'hui surtout, cette critique peut être faite, car on sait que la chimie n'est que la partie de la physique qui concerne les échanges entre les couches électroniques superficielles des atomes. Les échanges nucléaires sont rangés dans la physique (la physique nucléaire justement), mais on aurait pu en faire une super (ou infra) chimie. Ce défaut me semble mineur.
- 2) Il n'y a pas de place « officielle » pour la psychologie. Mais en fait, Comte l'admet partiellement, comme science participant à la fois de la biologie et de la sociologie.
- 3) Plus grave et plus intéressant, la *logique* manque apparemment dans la classification de Comte. Il est vrai que celui-ci exclut la logique philosophique. Mais « il invoque fréquemment une autre logique, qu'il appelle la « logique naturelle ». Seulement, note Piaget, il ne la situe pas dans son tableau général, tout en s'y référant. »²⁵ Et Piaget continue en remarquant que cette logique naturelle, source des mathématiques, doit sans doute être ancrée dans la biologie (par le système nerveux) et/ou dans la sociologie (par les interactions entre les individus) : aussitôt, cela supprime l'hypothèse purement linéaire, puisque les sciences finales viennent d'une certaine manière fonder la première. Piaget s'applique à ce genre de critique, principalement parce qu'il veut prouver que la vraie classification des sciences doit être circulaire, ainsi que nous le verrons plus loin²⁶.

²⁵ *Ibid.*, p. 1157.

²⁶ Sur la question de la logique, Piaget estime Cournot « en progrès sur Comte », puisqu'il réserve une position explicite à cette science. Seulement, il la « choisit dans les sciences noologiques, donc entre les domaines psychobiologiques et sociaux : mais, comme il est hors de doute qu'elle se situe par ailleurs au point de départ des mathématiques, nous retrouvons ici la structure

Comme nous l'avons relevé, la classification de Comte prépare la place aux sciences historiques par la notion de sciences abstraites. Mais la dignité pleine et entière de science, pourrait-on dire, ne leur est pas encore octroyée. Les sciences concrètes, en effet, n'inventent rien, puisqu'elles ne font qu'appliquer à l'histoire des choses naturelles les lois découvertes par les sciences abstraites. Elles ne doivent leur caractère scientifique que par emprunt à ces dernières. C'est seulement une vingtaine d'années plus tard, avec Cournot, que nous voyons enfin les sciences historiques avoir pignon sur rue.

La classification bi-dimensionnelle d'Antoine-Augustin Cournot

La classification de Cournot n'est plus linéaire, mais sous forme de tableau, donc plus à une dimension, mais à deux dimensions. Parallèlement, ou plutôt *perpendiculairement*, à l'ordre dégagé par Comte dans les sciences abstraites, Cournot introduit un classement en trois *séries* : 1) la série théorique, 2) la série cosmologique et historique, 3) la série technique ou pratique. Par intersection de ces deux principes de classement, il y a donc maintenant place à part entière pour les sciences historiques, dans la deuxième série évidemment. Piaget dit à ce sujet :

« C'est le grand mérite de Cournot d'avoir le premier, dans sa classification des sciences, non pas sans doute explicité de façon générale la question des structures et des genèses, mais distingué en toute lucidité la considération des lois de structure et celle de l'histoire sous toutes ses formes. En effet, il n'a pas présenté cette distinction comme le résultat d'une simple répartition des contenus des sciences ou des « facultés » du sujet (à la manière de Bacon dissociant les sciences historiques à titre de sciences, fondées sur la mémoire) : il l'a fondée, comme il convenait, sur une dualité de points de vue complétant la série linéaire de Comte, le point de vue historique étant nul en mathématiques mais prenant une ampleur croissante de la physique à la biologie et de celle-ci aux sciences de l'homme. »²⁷

circulaire [...] que l'organisation d'une table à double entrée ne suffit pas à écarter. » (*ibid.*, p. 1162) Piaget poursuit en citant deux classifications (celles de Naville et d'Arnold Reymond) qui sont censées résoudre ce « problème crucial ».

²⁷ *Encyclopédie de la Pléiade*, p. 1160.

On trouvera plus bas le tableau complet de la classification de Cournot. On constatera que, en effet, la case des sciences mathématiques dans la série historique est vide, comme elle doit l'être. Pour ce qui nous intéresse, nous voyons cette fois notre auteur réserver une place officielle aux sciences historiques, marquant bien leur différence avec les autres sciences :

« Il y a des sciences dont le propre est de relier en système des vérités éternelles ou des lois permanentes de la nature, qui tiennent à l'essence des choses ou aux qualités dont il a plu à la puissance créatrice de douer les objets de la création. D'un autre côté, il y a des sciences qui portent sur un enchaînement de faits qui se sont produits successivement les uns les autres, et qu'on explique les uns par les autres, en remontant ainsi jusqu'à des faits originels qu'il faut admettre sans explication, faute de connaître les faits antérieurs qui les expliqueraient. »²⁸

On doit du reste ajouter que cette présentation est encore très schématique. La remontée aux « faits originels » est en effet un peu utopique. Non seulement plusieurs « causes » peuvent intervenir (et même interviennent le plus souvent) pour un même effet, mais les faits originels peuvent apparaître à divers endroits des chaînes causales, de sorte qu'il faut s'entendre sur leur caractère originel : ils sont originels quant à la relation de cause à effet, mais ils ne le sont pas si l'on veut comprendre par origine quelque chose de commun à tout ce qui s'ensuit. Certains faits auront telle origine factuelle, d'autres iront chercher leurs sources causales dans d'autres faits originels. Bref, la *topologie causale* n'a aucune raison d'être linéaire, ni même arborescente.

Paul Mouy, déjà cité, résume bien le point de vue de Cournot sur les sciences historiques :

« [...] Cournot fait la même distinction qu'Auguste Comte, en l'approfondissant et la marquant davantage : il oppose, en effet, le point de vue *théorique* et le point de vue *historique*. Pour lui, non seulement les sciences historiques sont distinctes des sciences théoriques, mais elles n'en dérivent pas, comme paraît le penser Auguste Comte. Elles constituent un groupe

²⁸ Augustin Cournot (1851) *Essai sur les fondements de nos connaissances et sur les caractères de la critique philosophique* (Paris : Vrin) (1975), pp. 408-409.

III. SCIENCES BIOLOGIQUES ET HISTOIRE NATURELLE PROPREMENT DITE.	Anatomie Embryogénie Tératologie Physiologie — végétales. Anatomie Embryogénie Tératologie Physiologie — animales. Anatomie Embryogénie Tératologie Physiologie — humaines. Phénologie. Physiognomonie. Psychologie empirique.	Botanique. Classification et distribution des végétaux. Palaéontologie botanique. Zoologie. Classification et distribution des animaux. Palaéontologie zoologique. Anthropologie. Classification et distribution des races humaines. Ethnologie. Linguistique.	Phytotechnie. Sciences agronomiques. Zootechnie. Élevage des animaux. — Art vétérinaire, etc. Hygiène. Sciences Gymnas- tique. — Pathologie. Chirurgie. Éducation cales. — Pharmaceu- tique, etc. Pédagogique.
IV. SCIENCES NOLOGIQUES ET SYMBOLIQUES.	Ideologie. Logique Esthétique. Théologie naturelle. Éthique.	Hieroglyphie. — Paléographie. Philologie. Mythologie et symbolique religieuse. Traditions sacrées. Théologie dogmatique. Ethnographie.	Mnémonique. Grammaire et Prosodie. Rhetorique et Poétique. Musique. Arts plastiques. Monuments religieux. Rites religieux. Casuistique. Droit naturel, ou du for intérieur.
V. SCIENCES POLITIQUES ET HISTOIRE PROPREMENT DITE.	Théorie des institutions — religieuses. — politiques. — administratives. — juridiques. — militaires. Économie sociale. Statistique. Chronologie ou Théorie des richesses.	Iconographie. — Numismatique. Chronologie historique. Géographie politique. Histoire — ecclésiastique. — politique. — militaire, etc. Histoire de la civilisation, du commerce, des arts et des sciences. Bibliographie.	Législation et Jurisprudence. international. ecclésiastique. politique. administratif. civil. commercial. Droit Arts militaires. Commerce. — Finances. Manufactures. — Arts et métiers.

Figure 4. Le tableau des sciences selon Antoine-Augustin Cournot.

Aperçu sur la classification de Jean Piaget

En 1929 et dans les vingt années qui suivent³⁰, Piaget imagine une classification des sciences *cyclique*. C'est en grande partie à cause de l'importance qu'il accorde à la psychologie – on n'en sera pas surpris – qu'il se voit contraint de donner une structure circulaire à la classification.

Piaget commence par distinguer quatre grands ensembles de sciences :

- I. les sciences logico-mathématiques,
- II. les sciences physiques,
- III. les sciences biologiques,
- IV. les sciences psycho-sociologiques (« y compris, précise-t-il, la linguistique, l'économie, etc. »).

« [...] l'ordre serait ainsi $I \rightarrow II \rightarrow III \rightarrow IV \rightarrow I$, avec possibilité d'interactions internes ($IV \leftrightarrow II$ et $I \leftrightarrow III$). »³¹

Piaget poursuit en définissant quatre *domaines* différents pour chaque science, ce qui multiplie par quatre le nombre des grands ensembles (et donc conduit à seize sous-ensembles). Ce sont :

- A. le domaine matériel,
- B. le domaine conceptuel,
- C. le domaine épistémologique interne,
- D. le domaine épistémologique dérivé.

Les sous-ensembles sont notés IA, IIA..., IB..., IVD. Ces domaines se définissent de la manière suivante :

- *Domaine matériel* d'une science : c'est l'ensemble des objets sur lesquels elle porte (en mathématiques nombres, fonctions..., en physique et biologie corps, énergies, organes..., en psycho-sociologie actions ou opérations mentales).
- *Domaine conceptuel* d'une science : c'est « l'ensemble des théories ou connaissances systématisées élaborées par cette science sur son ou ses objets ».

³⁰ « Nous avons donc proposé, depuis une trentaine d'année (en 1929 et en 1949-1950), de reconnaître que le système des sciences présente une structure d'ordre nécessairement cyclique, et irréductible à toute forme linéaire. » (« Classification des sciences et principaux courants épistémologiques contemporains », in *Encyclopédie de la Pléiade, Logique et connaissance scientifique*, sous la direction de Jean Piaget, Gallimard, 1967, p. 1172).

³¹ *Ibid.*

– *Domaine épistémologique interne* : il se définit comme l'ensemble des théories ayant pour objet la recherche des fondements ou la critique des théories du « domaine conceptuel ».

– *Domaine épistémologique dérivé* : ce domaine « dégage la portée épistémologique plus générale [que celle du troisième domaine] des résultats obtenus par la science considérée, en les comparant à ceux des autres sciences : les problèmes ainsi posés sont alors celui des relations entre le sujet et l'objet dans la science considérée et, plus généralement, celui d'établir comment sa constitution a été rendue possible. »³²

Piaget parvient alors à distinguer les relations de liaison entre les sciences, selon les domaines envisagés. Par exemple, IA peut être relié de manière naturelle à IVA, « puisque les empiristes logiques veulent réduire les structures logico-mathématiques à celles d'un langage (fait sociologique) et que nous cherchons pour notre part à les faire dériver des coordinations générales de l'action (faits bio-psycho-sociologiques) »³³. En revanche, IB ne peut pas être rattaché à IVB, « car il est bien clair que pour construire la théorie des nombres transfinis [...] le mathématicien ou le logicien ne commencent pas par consulter les psychologues ni même par faire de l'introspection »³⁴.

Piaget parvient ainsi au tableau général suivant des liaisons entre les sciences eu égard à leurs domaines³⁵ :

mais seulement de même "probablement" et à nouveau	IA → IIA → IIIA → IVA → IA	ordre cyclique
	IB → IIB → IIIB → IVB	ordre linéaire
	IC → IIC → IIIC → IVC	ordre linéaire
	ID → IID → IIID → IVD → ID	ordre cyclique

À mon avis, cette classification n'apporte pas grand-chose de nouveau quant au sujet qui nous préoccupe, c'est-à-dire la place des sciences historiques dans l'ensemble des sciences. En effet, l'épistémologue genevois ne fait que reprendre la classification de Comte, mais en ajoutant la logique aux mathématiques, ce dont je ne le blâmerai pas. Comme le bon sens exige de rencontrer aussi la logique à l'autre bout de l'échelle des sciences abstraites, en psychologie, il faut inventer une solution à cette

³² *Ibid.*, p. 1176.

³³ *Ibid.*, pp. 1173-1174.

³⁴ *Ibid.*

³⁵ Il envisage aussi des possibilités d'interactions internes :

IV ↔ II et I ↔ III.

double situation. Piaget prétend la trouver en transformant l'ordre purement linéaire des sciences en un ordre cyclique, qui conduit à raccorder la science la moins générale (la logique en psychologie) à la science la plus générale (la logique pré-mathématique). Cette solution paraît plutôt *ad hoc*³⁶. Quoi qu'il en soit, l'introduction des *domaines* est sans rapport avec le classement des sciences historiques : à cet égard, c'est bien Cournot qui présente le système le plus intéressant et le plus perfectionné.

En guise de conclusion : les sciences historiques aujourd'hui

Les considérations qui précèdent nous ont permis de préciser au mieux la définition de *science historique*. Comme les termes l'indiquent, ces sciences doivent d'une part jouir d'un caractère authentiquement scientifique, c'est-à-dire, si l'on retient ce qui a été dit, qu'elles doivent être à la fois *objectives* dans leur champ d'investigation et *rigoureuses* dans leurs arguments. D'autre part, elles doivent être *historiques*, ce qui veut dire qu'elles portent sur des données par essence contingentes et en grand nombre. La géologie, la paléontologie, la théorie synthétique de l'évolution correspondent sans ambiguïté à cette définition.

Pour d'autres domaines de connaissances, la question est maintenant de savoir quelle part de sciences ou quelle part d'histoire on peut leur attribuer. Si l'on suit Cournot, l'histoire, bien qu'elle utilise aussi bien des méthodes scientifiques, n'est pas une science. Son champ d'étude, en effet, n'est pas assez objectif (la relation des événements passés dépend souvent d'interprétations subjectives) et ses méthodes pas suffisamment rigoureuses (il y a même une part de poésie dans l'histoire, prétend Cournot). D'une manière générale, on pourrait dire, si l'on suivait toujours Cournot, que toutes les fois que la volonté humaine en tant que telle intervient dans la constitution de l'objet, on n'a plus affaire à une science à proprement parler. Cette exigence relèguerait alors des domaines du savoir comme la paléographie ou l'archéologie à la frontière des sciences historiques. Je n'en déciderai pas ici.

Inversement, ce peut être par *manque d'histoire véritable* qu'une science habituellement considérée comme historique ne l'est pas vraiment. Tel est le cas, me semble-t-il, de la cosmologie. Jusqu'au XIX^e siècle, ce domaine du savoir appartenait sans conteste à celui des sciences

³⁶ Elle est d'ailleurs dictée par une conception logiciste des mathématiques que Piaget doit à Bertrand Russell. Or, comme on le sait, la suite des travaux sur les fondements des mathématiques a montré que cette conception n'est pas tenable.

historiques : les données d'observation souffraient d'une contingence apparemment irréductible. Il fallait prendre, par exemple, le système solaire pour ce qu'il était et si l'on prétendait expliquer son origine par une « nébuleuse primitive », celle-ci constituait alors une nouvelle donnée contingente. Mais avec l'apparition de la relativité et de la physique quantique, la donne a radicalement changé. Ainsi, pour prendre un exemple hautement emblématique, le *rayonnement cosmologique*, lorsqu'on l'a découvert, aurait pu être pris pour une donnée contingente. Mais l'*explication scientifique* de ce rayonnement a rapidement été trouvée et par voie de conséquence sa nécessité (dans l'ensemble de l'évolution de l'Univers) en a résulté. Qualifier ce rayonnement de *fossile*, comme on se plaît souvent à le faire, ne semble pas justifié. La comparaison avec ce qu'on appelle ordinairement un fossile est éclairante. Un mollusque du passé, un os de dinosaure sont des fossiles. La biologie les « explique » en grande partie, mais jamais complètement. La meilleure preuve en est que, sans les avoir découverts, on n'aurait jamais pu les « inventer ». Il n'en va pas de même du rayonnement cosmologique. « Les yeux fermés », à partir des lois de la physique (et peut-être de la donnée contingente de l'expansion³⁷), on aurait pu en prédire l'existence.

Dans ces conditions, la cosmologie, qui ne considère pas les astres dans leurs détails et est donc beaucoup moins tributaire de l'histoire que l'astronomie descriptive, se trouve elle aussi à la frontière des sciences historiques.

Université de Nantes, patrice.bailhache@univ-nantes.fr

³⁷ Pendant plusieurs décennies, la connaissance de la nature de l'Univers dépendait fondamentalement de la celle de la répartition moyenne de la masse-énergie dans l'espace. Demain (sinon déjà aujourd'hui), il est probable que la théorie permettra d'expliquer l'Univers en se passant de cette donnée fondamentale.

L'HISTORIEN ET LES ARCHIVES
L'HISTOIRE : VESTIGES ET PRATIQUES DES TEMPS
MODERNES AU TEMPS PRESENT

Marie THÉBAUD-SORGER*

Résumé

Dans le cadre d'une réflexion générale sur la naissance des sciences historiques, cet article de synthèse souhaitait partir de la question de la scientificité des sciences sociales en réfléchissant aux statuts des archives qui pour l'historien fondent le travail de « preuve ». Revenant sur la naissance à la fin du XVIII^e siècle de la discipline historique, la « futurologie » des ruines chez Hubert Robert comme échos aux uchronies de Louis-Sébastien Mercier, a constitué l'un des points d'entrée pour penser la manière dont le rapport qu'entretiennent les agents avec leur propre temps définit leur pratique et leur regard sur le passé. Cette dimension réflexive nous conduit autant à nous interroger sur les conditions de transformation des « traces » en « sources », qu'à la pertinence du type d'archives retenues pour mener le travail historique.

L'émergence de l'Histoire comme celle des « sciences historiques » correspond au vaste mouvement des savoirs qui à la fin de l'époque moderne produit des champs disciplinaires nouveaux, et accompagne les professionnalisations savantes et les formes de transmissions différentes. Des basculements épistémologiques majeurs au cours du XVIII^e siècle procèdent au réajustement de la place de l'homme dans le monde qui, se détachant d'une vision théologique, fonde les cadres critiques à partir duquel il appréhende, puis ordonne, la connaissance des choses. L'histoire naît de la critique des légendes, dans ce même mouvement qui tend à inscrire dans le champ préscientifique les disciplines en séparant la fiction

* Docteur en histoire, Centre François Viète d'histoire des sciences et des techniques, Université de Nantes.

de la réalité¹. La philosophie de l'histoire constitue l'armature d'un système général, pourvu de lois, et permet, dans un premier temps, de créer une approche synthétique afin de détacher l'histoire des « res factae », des histoires particulières et des chroniques. En effet l'histoire est un genre littéraire ancien, grande pourvoyeuse de leçons et d'exemples². L'analyse critique des faits passés est à l'œuvre dès l'antiquité, mais, comme l'a souligné Reinhart Koselleck, qui étudie la formation du concept d'histoire y compris dans ses rapports avec l'histoire naturelle³, la naissance de cette notion d'histoire/*Geschichte*, de « collectif singulier », est un fait notable du XVIII^e siècle. L'histoire comme discipline participe du même essor que celui qui touche l'ensemble des sciences car la temporalisation transforme tous les domaines et notamment les phénomènes naturels : une histoire des civilisations agence le temps humain dans le temps de la terre. Ce même processus avait été souligné dans les années 1950 par Georges Gusdorf. Essayant alors de fonder une histoire générale des sciences humaines, dans son *Introduction aux sciences humaines : essai critique sur leurs origines et leur développement*, il faisait sa place à l'histoire en comparant son activité à celle du scientifique : « les faits historiques consignés dans les documents s'offrent à nous de la même manière que les phénomènes matériels se présentent à l'investigation du chimiste ou du physicien : ils sont seulement un peu plus compliqués, ce qui demande au chercheur une plus grande sagacité mais ne modifie nullement les conditions du travail épistémologique »⁴ écrit-il dans la préface à la réédition de 1974. Il tend à mettre en équivalence les phénomènes matériels qui fondent les sciences fondamentales, avec ce qui échoit à l'historien, « les documents », qui sont les éléments à partir de quoi fonder le travail de la preuve historique. Il faut donc interroger la façon dont l'histoire peut être une science. Gusdorf

¹ Krzysztof Pomian (1999) *Sur l'histoire* (Paris : Gallimard), chapitre « Histoire et fiction ».

² Bernard Guenée (1980) *Histoire et culture historique dans l'occident médiéval* (Paris : Aubier).

³ Reinhardt Koselleck (1990) *Le futur passé. Contribution à la sémantique des temps historiques* (Paris : EHESS) et (1997) *L'expérience de l'histoire* (Paris : Gallimard – Le Seuil), chapitre I « Le concept d'histoire, de l'*historia naturae* à l'histoire naturelle », pp. 53-57.

⁴ Georges Gusdorf (1974) *Introduction aux sciences humaines : essai critique sur leurs origines et leur développement* (Paris : Ophrys).

pourtant critiquait dans le même temps l'héritage de l'histoire méthodiste⁵ qui prétendait que les faits parlaient d'eux-mêmes et « l'historien horrifié qui disparaît derrière sa matière, date, événement ». L'impartialité et l'objectivité restent en partie une illusion car l'historien est toujours tributaire de ses représentations : « l'historien », poursuit-il, « devrait être lui-même le premier à savoir que les évidences elles-mêmes sont historiques ». Il mettait ainsi en évidence le double écueil auquel l'historien se trouve confronté. Son propos avait également pour objectif de réaffirmer ici la scientificité possible des sciences humaines devant les prémices du « linguistic turn »⁶. S'il critiquait l'illusion de l'objectivité il mettait en garde dans le même temps contre une logique logocentrique affirmant le statut relatif de vérité reconstruite par l'historien.

En effet, le travail de l'historien se définit par l'établissement des faits passés grâce à la confrontation des sources et leur interprétation. Dans le souci de construire une scientificité de l'histoire, ce dernier doit qualifier des éléments de preuves et justifier leur articulation. Or la reproduction d'expérience est inaccessible à l'historien qui ne construit qu'à partir des cas particuliers et irréductibles à eux-mêmes. Au cœur de ces questionnements, c'est à la fois le statut de l'histoire comme science et celui de ses méthodologies qui sont discutés, mais aussi le statut de la « matière » sur laquelle se fonde le travail qui est en cause. Comment le traitement des archives (identification, sélection, articulation), et les processus d'expositions permettent-ils de conforter et de construire le travail historique comme scientifique ? Ces problématiques qui ont fait l'objet de nombreuses réflexions ces vingt dernières années⁷ seront ici évoquées sous forme de synthèse, et nous nous interrogerons plus précisément sur la manière dont les processus qui isolent, reconnaissent et nomment les archives sont indissociables du rapport que l'historien

⁵ Guy Bourdé et Hervé Martin reviennent à ce sujet sur les assimilations hâtives entre les positivistes et les méthodistes in Guy Bourdé et Hervé Martin (1983, rééd. 1987) *Les écoles historiques* (Paris : Seuil), chapitre : « l'école méthodique », p. 208.

⁶ En fait Gusdorf introduit une critique par rapport aux approches structuralistes en faisant ici implicitement référence à Michel Foucault.

⁷ Jean Boutier et Dominique Julia (1995) « ouverture », *Passés recomposés. Champs et chantiers de l'histoire* (Paris : Autrement), 150-151, pp. 13-53.

entretient avec son propre temps historique⁸. Cette réflexion prend racine dans la pensée du dernier quart du XVIII^e siècle, et nous esquisserons la question du rapport que l'historien entretient avec les « vestiges » et le temps à travers le filtre des écrits du mémorialiste Louis Sébastien Mercier dans le *Tableau de Paris*⁹.

I De l'archive au traitement d'une source

Qu'est-ce qu'une archive ?

Les archives sont multiformes, elles se définissent d'ailleurs au pluriel. Ce sont des traces du passé, éparpillées. À mieux étudier les définitions données à ce mot, l'impression de stabilité est grande du XVII^e siècle à nos jours. Ainsi le dictionnaire de Furetière dans son édition de 1690 définit les archives comme « trésor, chambre où l'on garde les titres et papiers d'une maison, d'une communauté... il faut avoir recours aux archives d'une telle abbaye pour avoir les titres d'une telle fondation »¹⁰. En 1856, le Bescherelle donne la définition suivante : « Anciens titres ou chartes renfermant les droits, les prétentions, les privilèges, les concessions, prérogatives d'une maison, d'une famille d'une communauté, d'une ville d'un pays. Lieu où les titres sont gardés... archives au figuré, Buffon a dit Les archives du monde, pour les débris fossiles et tous les restes géologiques qui attestent les révolutions du globe. Rivarol a dit dans le même sens : les archives du temps. Les bibliothèques sont les archives de la science et du génie de l'homme »¹¹. Les archives n'ont pas pour première vocation de faire l'histoire mais d'être une attestation, ce qui justifie leur conservation. La fonction qui leur est attribuée est d'asseoir le bien-fondé d'une situation présente. La définition du dictionnaire Larousse de la fin du XX^e est somme toute assez proche : « Anciens titres, chartes, manuscrits et

⁸ Modestement nos analyses rejoignent ici le travail paru au moment de cet exposé, de François Hartog (2003) *Régimes d'historicités. Présentisme et expérience du temps* (Paris : Le Seuil).

⁹ Louis-Sébastien Mercier (1782- 1788), *Tableau de Paris*, (Paris, Amsterdam : sn), 12 vol, (réédition par le Mercure de France, Jean-Claude Bonnet éd., 1994).

¹⁰ Antoine Furetière (1690) *Dictionnaire universel contenant généralement tous les mots françois tant vieux que modernes et les termes de toutes les sciences et des arts* (La Haye : A. et R. Leers).

¹¹ Louis Nicolas Bescherelle (1856) *Dictionnaire national ou dictionnaire universel de langue française* (Paris : Garnier frères), premier volume.

autres papiers importants concernant l'histoire d'un état, d'une ville, d'une famille, [...] lieu où on les garde »¹², mais elle renvoie aussi explicitement à la fonction de conservation. La désignation par le même mot de l'objet conservé et du lieu de collecte entraîne une superposition, « les archives » deviennent un lieu, le lieu possible de l'élaboration de la discipline : il s'agit avant tout de documents conservés précieusement, et qui ont pour effet d'être une preuve.

Les archives sont assimilées ici exclusivement aux documents manuscrits. Conservées, collectées et classées, ce sont des documents généralement uniques, qui confèrent une préciosité à ces pages qui ont capturé la trace d'un instant irréductible, celui du geste de l'écriture ou du dessin. Elles ont donc une indéniable matérialité, un « goût » qui a été si bien décrit par Arlette Farge¹³.

Cependant à ce sens premier, dès la fin XVIII^e siècle un deuxième sens s'ajoute, celui de l'archive au sens figuré. Toutes les traces qui subsistent permettent de fonder la connaissance sur un phénomène passé. Cette définition transforme les fossiles en documents de l'histoire naturelle, à l'instar des papiers pour l'histoire intellectuelle et sociale. De même, l'historien aujourd'hui incorpore dans son travail d'archives des éléments bien plus larges que le sens restreint des manuscrits. Tout champ d'investigation historique en fait constitue ses propres archives. L'histoire des techniques¹⁴ par exemple fait entrer dans son champ d'étude les instruments mathématiques, les échantillons de tissus et de matière, s'intéresse aussi aux techniques agraires et entame des dialogues féconds avec l'archéologie qui permettent de comprendre l'organisation du travail, les transferts de savoir, d'identifier des types de fabrication (par l'analyse des résidus par exemple)¹⁵. Ainsi la recherche historique inclut les résultats de la géologie, comme elle recense des objets divers, monnaies, bâtiments,

¹² *Nouveau dictionnaire encyclopédique Larousse sélection* (1980) (Paris : Librairie Larousse).

¹³ Arlette Farge (1989), *Le goût de l'archive*, (Paris : Seuil), chapitre : « des traces par mille », pp. 7-10.

¹⁴ *Des matériaux pour l'histoire. Archives et collections scientifiques et techniques du XVIII^e siècle à nos jours*, (2000) textes réunis par Patrice Bret, Christiane Demeulenaere-Douyère et Liliane Hilaire-Pérez (Paris : Société française d'histoire des sciences et des techniques, ENS).

¹⁵ Voir par exemple Ludwig Eschenlohr « les circulations techniques au Moyen-Age : l'éclairage de l'archéologie dans le domaine de la sidérurgie jurassienne, XI^e et XV^e », in *Circulations techniques*, Michel Cotte (ed) 55-71 PUFranche Comté, UTBM, 2004.

instruments, autant de supports diversifiés ouvrant des hypothèses sur les pratiques, les économies, les représentations. Des perspectives vertigineuses s'ouvrent, risquant par là de dissoudre l'histoire dans d'autres savoirs en effaçant les frontières disciplinaires. On pourrait toutefois opérer une distinction commode en définissant les archives en histoire comme des restes de civilisation, c'est-à-dire la trace d'une activité humaine qu'elle soit intellectuelle, artistique, administrative, agricole, artisanale et qui diffère en ce sens de la carotte glaciaire, du pollen fossile ou de l'os de dinosaure. Mais ces éléments n'en sont pas moins polysémiques, ils véhiculent du sens tant par leur contenu que par leur matérialité qui est le résultat d'une production spécifique, car le support est également susceptible d'histoire. Ainsi toute archive peut donner lieu à des lectures différentes. Les sources numismatiques, par exemple, renseignent par l'analyse de leur contenu sur les représentations du pouvoir (image des pièces), par le lieu de leur identification et leur quantité sur l'économie (limites des royaumes antiques et l'état des échanges, les dévaluations), et les pratiques (commerce, sur pratiques d'enfouissement de thésaurisation) mais aussi par leur fabrication, sur les techniques et matériaux (route de l'étain).

Nous pourrions alors distinguer les archives « traditionnelles », conservées, et l'ensemble des vestiges, produits de civilisation et représentations humaines, identifiés par l'investigation successive des historiens, parfois grâce à de nouvelles technologies. Par exemple, les apports de la photographie aérienne permettant, depuis les années 1930, le déchiffrement du terrain comme un palimpseste, ont été remplacés aujourd'hui par d'autres outils de lecture des terrains et des sols. L'historien possède les moyens de mener un travail qui commence par l'authentification, la datation, en alliant la critique externe, par la comparaison et par des moyens technologiques qui sont de plus en plus sophistiqués et la critique interne du document¹⁶.

Pourtant les traces seules ne définissent pas l'histoire mais bien le travail de l'historien qui découpe dans ces archives son « corpus », afin de construire les limites pertinentes de son investigation. C'est donc plus le filtre de ses questions qui importe pour construire une argumentation, que l'accumulation des traces elles-mêmes, jamais exhaustives. L'historien, en effet, est d'emblée condamné aux fragments. Est-il pour autant un « chiffonnier », comme le dépeignait Seignobos posant les bases de l'école

¹⁶ Règles établies par Mabillon, in Guy Bourdè, Hervé Martin, *op. cit.*, pp. 133-135.

méthodiste du XIX^e siècle¹⁷, et qui espérait que par la collecte et l'analyse critique on parviendrait à une objectivité du fait pur ? L'aléatoire de la collecte et le fragment renvoient l'historien aux limites de sa pratique interprétative, mais elles le renvoient aussi à son « métier ». C'est précisément en assumant les critères de sa collecte qu'il peut espérer construire une objectivité.

Sources et reconstruction

Les archives rassemblées sont déjà la résultante d'un processus institutionnel et politique et définissent alors « une source » potentielle. Le travail sur les archives permet de découper un champ d'analyse basé sur un traitement identique de sources homogènes qu'il définit : un corpus. Il le soumet ensuite à une analyse rigoureuse et systématique, il y teste des hypothèses, qui peuvent ou non fonctionner. C'est donc avant tout un problème de méthode, de collecte, de lecture¹⁸. La prise en compte de nouvelles sources, a ouvert de nouveaux champs d'investigation. L'histoire a ainsi créé de nouveaux objets d'étude.

Les exemples abondent de ces renouvellements historiographiques. Prenons par exemple l'histoire du livre sur lequel un nouveau regard a été porté. De nombreux travaux ont mis en évidence comment les pratiques de la lecture ont remodelé l'histoire intellectuelle et culturelle, permettant une meilleure compréhension de la culture. Au XVI^e siècle, la formation de recueils de « lieux communs » est liée aux systèmes des roues à livres qui permettaient un certain type d'annotations érudites¹⁹, ou encore la diffusion des petits formats et la multiplication des accès aux livres ont permis l'acculturation d'un public populaire et urbain au cours du XVIII^e siècle, stimulant d'autres filières éditoriales et touchant de nouveaux publics²⁰.

¹⁷ *Ibid*, chapitre 8 : « l'école méthodique », pp. 181-214.

¹⁸ Les procédures pouvant aller jusqu'à la reconstitution : le travail connu de Davis Hanson, historien de la guerre, a permis de renouveler l'approche de la guerre hoplitique, in Victor Davis Hanson (1984) *The western way of war, infantry battle in Classical Greece* (Berkeley : University of California Press), en mesurant réellement le poids de l'armure, la réalité des gestes etc. une histoire de l'alimentation menée par Jean-Louis Flandrin a également entrepris des expériences. Ce sont des voies d'investigation sérieuses.

¹⁹ Anne Blair (1992) "Humanist methods in Natural Philosophy: the commonplace Book", *Journal of the History of ideas*, vol.53, n°54, pp. 541-551.

²⁰ Roger Chartier et Daniel Roche (1990), « Les pratiques urbaines de l'imprimé », in Roger Chartier et Henri-Jean Martin *Histoire de l'édition française*, t.II (Paris : Fayard/Promodis), pp. 521-558.

Les manières d'appréhender matériellement la lecture ont donc eu des effets stricts sur la connaissance et la constitution du savoir. Il en est de même pour les sources de police du XVIII^e siècle qui étaient travaillées comme des traces du contrôle social et politique puis qui ont été interrogées pour leur grande richesse à faire surgir une parole orale et populaire caractérisant la rue parisienne. Arlette Farge retrace dans *Le goût de l'archive* les options et les choix techniques qui s'offrent précisément à l'historien pour s'approprier les immenses fonds judiciaires de l'Ancien Régime²¹. La question est donc celle des critères qui orientent la collecte. Ces choix se justifient et sont encadrés par un appareil critique qui permet la vérification par le renvoi aux sources premières,²² les archives sont alors la clef de voûte qui sert l'argumentation. Or selon Koselleck, si certaines ne sont pas utilisées, c'est aussi parce qu'elles ne sont pas vues ; ainsi l'historien transforme les vestiges en sources par ses propres questions et de ce fait renvoie toujours à une histoire qui est quelque chose d'autre que le vestige en tant que tel. Les archives resteraient donc à l'état de latence, sorte de *Belle au bois dormant* attendant que par son travail l'historien les exhume et leur assigne le statut de « sources ». L'historien est donc renvoyé à ces choix méthodologiques car la collecte dépend de ses questions²³, donc des outils – outillage technique comme « outillage mental » pour reprendre la notion proposée par Lucien Febvre²⁴ – dont il dispose. Or en rejoignant ici Koselleck on peut affirmer qu'il n'y a pas d'histoire possible, sans théorie qui rende possible la pratique de l'histoire.

L'ensemble de ces éléments collectés, leur identification, sont l'objet de pratiques rigoureuses et vérifiables. Ces traces peuvent valoir par leur unité ou par leur accumulation constituant alors des « séries »²⁵. L'École des Annales avait fait de ces méthodes statistiques sur la longue durée les fondations qui devaient asseoir la scientificité de la discipline comme

²¹ Arlette Farge, *op. cit.*, chapitre : « La parole captée », pp. 33-60.

²² La distinction entre les sources primaires, qui correspondent aux archives et les sources secondaires qui correspond à l'accumulation de travail déjà effectué sur la question

²³ Arlette Farge explique les procédures de choix « les gestes de la collecte » in *op. cit.*, pp.69-96.

²⁴ Roger Chartier (1983) « Histoire intellectuelle et histoire des mentalités. Trajectoires et questions », *Revue de synthèse*, CIV, pp. 277-307.

Eric Brian (1996) « Calepin. Repérage en vue d'une histoire réflexive de l'objectivation », *Enquête. Anthropologie, Histoire, Sociologie*, 2, pp. 193-222.

²⁵ Arlette Farge, *op. cit.* p. 80

science sociale. Les apports de l'anthropologie historique et d'autres interrogations ont alimenté la communauté des historiens dans les années 1970-1980, stimulée notamment par un retour d'intérêt pour l'événementiel et l'histoire politique, qui infléchissent l'approche quantitative. Les apports méthodologiques de la « micro storia » italienne ont enfin été aussi extrêmement féconds, en produisant une inversion d'échelle radicale, partant du cas particulier, individuel, pour reconstruire une réalité historique. Les historiens s'interrogent désormais sur les échelles de temps qu'ils ont à leur disposition pour traiter des faits identiques et qui produisent des résultats incommensurables. Entre le « macro » et le « micro », la question du traitement des archives est centrale, et les approches tentent non pas de concilier mais de construire des modèles intermédiaires²⁶.

Les renouvellements historiographiques sont autant portés par le traitement différent des mêmes archives existantes que par l'augmentation effective du corpus. Cependant comment garder le statut de la scientificité objective d'une discipline qui peut être relative méthodologiquement, sans la remettre en cause ? L'historien est écartelé entre sa volonté de construire un modèle régulier et le fait singulier²⁷, entre chaque cas particulier et un système général. La remise en cause de résultats existants peut venir soit de l'absence de document, soit de documents nouveaux permettant de remettre en cause une historiographie. Un seul document peut-il toutefois contredire toute une tradition ? L'ouverture des archives de l'ex-bloc communiste constitue un exemple impatientement attendu, mais a-t-il pour autant bouleversé les histoires établies ? De nouveaux documents ont plutôt permis d'approfondir et de nuancer des problématiques. En outre l'apport s'avère riche pour d'autres périodes que l'histoire du XX^e siècle car des cartons d'archives du XVIII^e siècle, par exemple, ont été retrouvés en Pologne où ils avaient transité, permettant d'enrichir les études de sources jusqu'alors inconnues²⁸. Mais comme l'écrit Étienne François, il s'agit

²⁶ Bernard Lepetit, « De l'échelle en histoire » in Jacques Revel (Ed.) (1996) *Jeux d'échelle. La micro analyse à l'expérience* (Paris : EHESS), pp. 71-94.

²⁷ Jean-Claude Perrot, « Introduction » in Bernard Lepetit (2003) *Carnet de croquis*, (Paris : Albin Michel).

²⁸ L'historien de la Franc-maçonnerie au XVIII^e siècle, Pierre-Yves Beaurepaire a pu faire usage de ses apports nouveaux. Pierre-Yves Beaurepaire (2003) *L'espace des francs-maçons : une sociabilités comparée au XVIII^e siècle* (Rennes : Presses Universitaires de Rennes).

plutôt d'un « mirage » d'archives²⁹ dont il faut relativiser l'apport. L'archéologie, elle aussi, vient de temps à autre remettre en question par ses résultats les fictions plausibles établies³⁰. Interpellé par le statut d'absolue vérité qu'il assigne au document, l'historien se retrouve parfois pris à son propre piège précisément sur le traitement des archives.³¹ Les écarts qui résultent des procédures que l'historien applique aux sources sont toujours susceptibles de discussions et de contestations.

La critique des sources est donc l'aspect fondamental du métier d'historien. Sélection et traitement des archives sont le fait d'investigations justifiées et la source ne permet pas d'avancer des propositions au-delà de ce qu'elle porte. Si elle fait défaut, l'historien a alors recours à des hypothèses. Que vaut alors l'assertion qui remplace une lacune ? La frontière avec la fiction reste fragile et la vérité nue inconnaissable. L'irréductibilité de l'expérience historique et du discours qui en rend compte est patente, comme l'a souligné avec pertinence Roger Chartier³², car le récit qui conduit la mise en intrigue d'une histoire n'est jamais identique à la source qui en témoigne. Il s'agit d'un scénario³³. Le fait historique, saisi par des points de vue divers échappe à une approche objective. Pourtant, si l'historien reconstruit des réalités, la relativité méthodologique de la discipline ne remet pas en cause la réalité du fait car les appareils critiques et la pratique de l'établissement des faits s'effectuent par des méthodologies vérifiables, selon des protocoles contrôlés : les

²⁹ Etienne François, « Les trésors de la Stasi ou le mirage des archives » in Jean Boutier et Dominique Julia, (1999) *Passés recomposés, Champs et chantiers de l'histoire* (Paris : Autrement), pp. 145-151.

³⁰ Ainsi on peut citer le cas de l'emplacement de Paris gaulois après la découverte récente d'agglomérations gauloises importantes à Nanterre.

³¹ Or la force des révisionnismes est précisément d'user des mêmes méthodologies pour accuser les historiens de falsification, en retournant les procédures de l'expertise pour les subvertir à leur propre dessein. Ce processus à l'oeuvre trouve encore une expression avec l'affaire « Black Athéna ».

François Bédarida « Les responsabilités de l'historien "expert" » in Jean Boutier et Dominique Julia, *Passés recomposés, op.cit.* pp. 136-144.

François-Xavier Fauvelle-Aymar (2001), « L'affaire Black Athéna (1987-2001) » *Bulletin de la SFHSH*, n°22, pp. 15-21.

³² Roger Chartier (1998) *Au bord de la falaise* (Paris : Albin Michel), chapitre 3 : « l'histoire entre récit et connaissance », pp. 87-107.

³³ Reinhardt Koselleck, *op.cit.*, chapitre « Point de vue, perspective et temporalité », pp. 161-187.

résultats s'accumulent, perdurant au-delà de l'historien qui les formule. Ils peuvent être infléchis, mais non démentis. Or, la scientificité de l'interrogation historique vient de ce que paradoxalement l'interrogation de l'historien prend racine dans la conscience qu'il a de partir des présupposés qui lui sont propres, et de tenter d'objectiver son approche des faits passés. C'est principalement sur sa marge d'erreur potentielle et réelle, sur son travail personnel que l'historien doit travailler autant que sur les impossibles reconstructions. Cette tension est à l'œuvre dans l'histoire des sciences humaines et des concepts qui la fondent, et, pour reprendre Koselleck, si l'histoire naît dans le champ préscientifique, c'est précisément grâce au « retour réflexif de l'histoire sur ses propres conditions de pratiques épistémologiques »³⁴ : il y a histoire car il y a détermination d'un point de vue, et celui-ci est le résultat d'une histoire.

Passé, présent, futur

Ruptures et destructions

L'ancrage dans le temps de la perspective historique est la condition même de son élaboration. L'histoire est toujours une production du présent qui la fabrique, et des représentations dont sont animés ses acteurs, elle est l'ombre portée du présent sur le passé, ombre dont les historiens se défient par peur du spectre de l'anachronisme. L'historien est lui-même le produit d'une éducation, d'une sensibilité, d'une culture donnée. Ces éléments informent son regard. À la fin de la période moderne la perception d'un temps évolutif et progressiste, comme l'idée d'un progrès généralisé à tous les aspects de l'activité humaine, ont déterminé les conditions d'émergence de la discipline et de sa pratique. La naissance de la discipline au XVIII^e siècle, toujours selon Koselleck, pose un cadre théorique indépassable. Se détachant ensuite de la philosophie de l'histoire, c'est précisément par les pratiques que l'historien fonde une discipline, sans toutefois échapper au véritable *dilemme épistémologique* fondateur entre sa subjectivité et l'objectivité à laquelle il prétend par sa méthodologie scientifique.

La perception du temps se serait métamorphosée, et avec elle, la vision de l'histoire qui allie le goût pour le passé à la perspective de comprendre l'avenir. La césure révolutionnaire aurait également fondé un cadre épistémologique de l'expérience, de la rupture et de l'évolution³⁵. Parallèlement la re-découverte des villes antiques et l'essor de

³⁴ Reinhardt Koselleck, *op.cit.*, p.165.

³⁵ *Ibid.*, chapitre : « Représentation événement, structure », pp. 133-144.

l'archéologie, teintée de romantisme, contrebalancent le positivisme dans une sorte de nostalgie du passé, détaillant les temps anciens d'une manière propre au XIX^e siècle (la Florence du XV^e siècle ou le sombre temps des cathédrales, des anecdotes et les images d'Epinal...). Le goût de la conservation des vestiges du passé s'accroît dans la période post révolutionnaire et favorise donc ce développement de l'histoire. La tension qui s'instaure entre l'expérience et l'horizon d'attente permet d'élaborer la critique des faits passés. Ce double mouvement qui a été récemment analysé par François Hartog, inscrit le sens de la pratique historique dans le rapport au temps entretenu par ses agents. La conscience de la destruction, intrinsèquement liée à une perception du temps qui s'accroît, a d'une certaine façon donné aux archives leur part de responsabilité dans la construction d'une histoire possible les temps futurs.

Le présent produit les traces du futur passé. Dans cette perspective la conscience de l'évolution se mesure à l'aune des vestiges passés et trouve une expression dans la contemplation de ruines antiques³⁶. Elles proposent là un champ d'expérimentation entre l'observation des traces rescapées de l'histoire des civilisations, tout ce qui fait la société humaine et qui se perd dans la destruction, et l'expérience de l'homme moderne appréhendant révolutions, changements et ruptures. La production littéraire de Louis Sebastien Mercier, chroniqueur et écrivain de la fin XVIII^e siècle, en est un exemple. Mercier fut l'un des promoteurs de « l'uchronie », cette utopie qui se passe dans le futur, et si caractéristique des bouleversements que nous pointons, notamment dans l'ouvrage intitulé *L'an 2440* : On y visite notamment les ruines du palais de Versailles³⁷. Mercier, publie entre 1782 et 1788 son célèbre *Tableau de Paris*, qui est une « source » bien connue des historiens modernistes, et dans lequel, en 12 tomes, il décrit dans de courts chapitres les us et coutumes des habitants de la capitale : les métiers, les habitudes, les lieux, les médias, les comportements et sentiments, les pratiques du contrôle, les transformations urbaines y prennent place sous sa plume acérée. Comme une sorte d'ethnologue, il produit une véritable histoire de sa propre société, saisissant ce qui relève de l'oralité, du

³⁶ Alain Schnapp (2002) « Histoire de l'archéologie et archéologie de l'histoire », in F. Géligny, A. Lehoërff, A. Schnapp (2002) *Guide des méthodes de l'archéologie* (Paris : La découverte).

Roland Mortier (1974) *La poétique des ruines en France. Histoire des idées et critique littéraire* (Genève : Droz), vol 144.

³⁷ Roland Mortier, *op.cit.* pp.134-135,

comportemental et des mentalités. Au livre IV du *Tableau de Paris*, il place ce curieux texte, caractéristique de ces jeux entre présent, passé et futur : « Que deviendra Paris ? » où il imagine alors la ville dans des centaines d'années, devenue une ruine que les hommes du futur tâcheront d'appréhender : « Thèbes, Tyr, Persépolis, Carthage, Palmyre ne sont plus ! [...] Hélas ! les grandes villes modernes éprouveront un jour la même révolution [...] Les ruines des édifices boucheront les rues alignées au cordeau ; et dans ces places où un peuple nombreux s'agite, les animaux venimeux, enfants de la putréfaction, ramperont autour des colonnes renversées et à moitié ensevelies. Est-ce la guerre, est-ce la peste, est-ce la famine, est-ce un tremblement de terre, est-ce une inondation, est-ce un incendie, est-ce une révolution politique qui anéantira cette superbe ville ? Ou plutôt plusieurs causes réunies opèreront cette vaste destruction ? Elle est inévitable sous la main lente et terrible des siècles qui minent les empires les mieux affermis, effacent les villes et royaume et appellent des peuples nouveaux sur la poussière éteinte de peuples anciens... »³⁸ Son ton incantatoire, prophétique, imagine les restes de la capitale dans le détail d'une peinture de genre assez similaire à celles des peintures de ruines. Le registre ici est proche des peintures d'Hubert Robert, qui excellait dans les ruines italiennes et dans le détail des catastrophes de la nature, comme les orages laissant place aux arbres déracinés et à une nature tourmentée. Alors que ce dernier est garde des collections du Louvre, il dessine une vue perspective de la nouvelle galerie destinée à accueillir les peintures, et en fait un pendant (selon le même angle de vue et le même format), imaginant la perspective de la galerie à l'état de ruine³⁹. La réalisation la plus moderne est représentée dans la perspective de sa destruction future. Le temps détruit et la splendeur est une ruine à venir. L'histoire ici est encore pensée comme cyclique, l'exaltation de la ruine renvoie aussi à la pérennité du bel antique ; Hubert Robert imagine de quelles investigations ces ruines pourraient être l'objet et somme toute les assimile à des vestiges antiques : un artiste semblable à lui jadis au milieu des ruines romaines peint les restes de la galerie. Le Louvre laissera donc une trace aussi puissante que celles de l'empire gréco romain. Face au même processus construction/destruction/oubli, Mercier semble plus perplexe. Si l'homme

³⁸ Louis-Sébastien Mercier (1994) *Tableau de Paris*, (Paris : Mercure de France) Tome IV chap. CCCLV. « Que deviendra Paris », p.980.

³⁹ *Vue imaginaire de la Grande Galerie du Louvre en ruines* est conservé au Musée du Louvre, cf. Marie-Catherine Sahut, Nicole Garnier Pelle (1979) *Le Louvre d'Hubert Robert* (Paris : Edition de la réunion des musées nationaux).

du futur peut effectivement recueillir les traces éparses et hétérogènes qu'offrent aux regards les vestiges du Paris du XVIII^e, à l'image de Pompéi pour l'homme du XVIII^e, le temps apparaît avant tout comme un corrompateur de sens : « Ah quand le sol couvrira insensiblement ses débris, que le blé croîtra au lieu où j'écris, qu'il ne restera plus qu'une mémoire confuse du royaume et de la capitale ; l'instrument du cultivateur, enfantant la terre, viendra heurter peut-être la tête de la statue équestre de Louis XV, les antiquaires rassemblés feront des raisonnements à l'infini comme nous en faisons aujourd'hui sur les débris de Palmyre »⁴⁰. Le scepticisme de Mercier porte sur la conservation effective du système des valeurs qui permettrait à l'homme de demain de comprendre les traces qu'il découvrira de façon aléatoire. La tête de la statue du roi qui devait célébrer son règne et son éternité n'est qu'un obstacle à la charrue : les systèmes de valeurs sont incompréhensibles voire inversés. La statue n'est alors que l'objet d'hypothèses sans réponses, car la vérité s'est perdue. L'aléatoire seul reste pour fonder la reconstruction d'une époque : « Tel dictionnaire peut-être que nous méprisons aujourd'hui sera accueilli avec transport et une de nos compilations que nous jugeons fastidieuses deviendra plus précieuse sans doute à la postérité que les vers de Corneille, de Racine, Boileau et Voltaire »⁴¹. Son récit fait le constat de l'écart des valeurs et de la non coïncidence irréductible des représentations. Mercier se trouve donc à la croisée des deux influences qui fondent l'histoire comme discipline au XIX^e siècle, car précisément il inscrit dans une épistémologie générale le relevé des petites choses. En faisant le constat des lacunes, il s'émerveille des traces de la culture matérielle : « Une foule d'événements nous échappent, Herculaneum et Pompéi, leurs peintures, leurs sculptures, leurs arts, les ustensiles de leur foyers ». Loin ici d'un Diderot qui n'avait que mépris pour la culture des antiquaires⁴² intéressés juste par « des cuillères », il ne sépare pas l'objet des systèmes de représentation qui permettent de le comprendre et tente d'évaluer ainsi les conditions de possibilités pour l'homme moderne d'appréhender les critères du passé à travers ses objets de l'art, mais aussi du quotidien. C'est dans ce cadre qu'il pense la production même de son histoire du présent parisien, en inversant le point de vue puisqu'il essaie précisément de recenser ce qui resterait des

⁴⁰ Louis Sébastien Mercier, *Tableau de Paris*, op.cit.

⁴¹ *Ibid.*

⁴² Krzysztof Pomian (1987) *Collectionneur, amateurs et curieux, Paris Venise, XVIe-XVIIIe*, (Paris : Gallimard), chapitre « les philosophes et les amateurs », p.158.

pratiques, des gestes de la rue parisienne. Lorsqu'il envisage la survie de son ouvrage il oscille entre le désir de témoignage et la possibilité qu'il soit justement pris pour une fiction : « et si mon livre survit à la destruction ils prendront peut-être pour un roman fantastique les vérités qui y sont déposées ; tant de mœurs et leurs idées seront différentes des nôtres. »⁴³ Le temps opère la fusion des fictions et des vérités, l'interprétation pourrait en être erronée car l'écart des représentations serait tel que les hommes du futur n'auraient plus les moyens d'accéder au sens ni à la réalité des représentations décrites. Il y a chez Mercier la conscience de fixer un présent pour la construction d'une future histoire, celle du quotidien et du petit, du comportemental, des mots de la ville, des allées et venues et de l'épaisseur sociale de la réalité urbaine.

Le propre du regard historien sur le passé est de travailler sans cesse avec cet écart de sens. Le regard a changé à mesure que la conscience du temps historique s'est aussi transformée. Dans le dernier tiers du XVIII^e siècle, la « révolution » envahit le vocabulaire des essais et des productions intellectuelles. L'impact des progrès scientifiques et l'irruption de découvertes merveilleuses stimulent ce besoin de mise en histoire : les débuts de l'aéronautique en 1783 font, par exemple, immédiatement l'objet de publications sur la genèse de l'invention. Des recherches érudites d'antécédents au vol sont produites dans le débat public, appuyées sur des documents exhumés de bibliothèques, en partie pour contester la priorité des Montgolfier à avoir les premiers élevé des corps contre toute pesanteur dans l'atmosphère, mais parfois les recherches au contraire tendent à confirmer leur découverte. Prenons par exemple l'ouvrage de David Bourgeois dont on ne sait rien hormis qu'il produit une histoire du vol estimée de ses contemporains. Il souhaite précisément se détacher de la pratique de l'érudition, « parmi les érudits, gens la plupart très estimables » certains affirment qu'« autrefois on a tout lu, on a tout dit on a tout fait », et se situe dans une perspective résolument progressiste. Poser l'horizon du perfectionnement de la découverte nécessite en conséquence de la considérer dans l'enchaînement de son histoire : « Les progrès de l'entendement humain sont bien dignes d'être observés », écrit-il dans sa préface, « lent dans sa marche, arrêté quelquefois malgré mille efforts pendant des siècles par des difficultés, des obstacles ; on le jugeait souvent vain et chimérique, lorsque l'instant arrive où un faible rayon en indique la trace » mais « le grand jour succède aussitôt à la nuit la plus sombre. » Pour faire cette histoire de l'art de voler, il relit tous les textes anciens, alors

⁴³ Louis-Sébastien Mercier, *Tableau de Paris*, *op.cit.*

évoqués par les contempteurs de la découverte, « me trouvant au milieu de ce vaste dépôt des connaissances humaines, unique sur la terre par l'immensité de ces richesses littéraires, je conçus le projet de remonter aux sources les plus antiques et de scruter tout ce qui se serait imaginé ou fait sur l'aérostatique, pour dégager la gloire de MM. Montgolfier de ses faux nuages ou la réduire à ses justes bornes, si la vérité l'exigeait. »⁴⁴ Le voilà s'enfermant dans la Bibliothèque Royale, afin de récupérer toutes ces sources primaires. Il les hiérarchise ensuite, les date, les analyse et les commente. Son objet est bien de rassembler, du point de vue des idées, l'ensemble des idées du vol, de leur assigner un statut de fiction contre la réalité première des expériences aérostatiques qui enthousiasment alors la France entière. Il s'agit d'affirmer la priorité des Montgolfier, s'il y a lieu, précise-t-il, car il ne préjuge pas des résultats de l'enquête avant de l'avoir terminée. Sa posture indique clairement qu'en faisant l'histoire du vol il peut baliser des possibilités pour l'avenir.

Obsolescence et patrimonialisation

L'histoire moderne naît de cette tension moderne entre expérience et « horizon d'attente », qui pose le cadre épistémologique de la discipline, tout en incorporant des savoir-faire et des pratiques qui fondent les conditions de son exercice. Aux règles posées par Mabillon, s'ajoutent par exemple celles de la généalogie, essentielles à ce qui était la consolidation d'une société reposant sur le privilège en fonction des origines, et qui nécessitait conservation des titres et leur activation comme preuve. Viennent ensuite des techniques d'authentification liées aux marchés des curiosités et des spécimens et à la constitution des cabinets d'histoire des antiquaires. Krzysztof Pomian a bien mis en évidence la manière dont les antiquaires ont forgé des solutions pour obtenir des renseignements sur le passé des divers objets. Leur contribution a été essentielle. Les inscriptions et médailles ont favorisé une érudition née à la Renaissance et qui se transforme à la fin de l'époque moderne par un goût revivifié de l'archéologie, ne mettant plus l'accent sur la curiosité mais aussi sur l'authenticité d'une pièce, cherchant à les vérifier, à les confronter, ce que le développement du recours à l'épigraphie et à la philologie permet⁴⁵. L'ensemble de ces savoirs vient converger et fonder des règles de traitement des archives qui se consolident au cours du XIX^e siècle. Ce goût

⁴⁴ David Bourgeois (1784) *Recherche sur l'art de voler depuis la plus haute antiquité jusqu'à nos jours* (Paris).

⁴⁵ Krzysztof Pomian, *Sur l'histoire*, op. cit., p.154

pour la collecte, la classification et la précision trouve par ailleurs un prolongement fécond dans les sociétés historiques et archéologiques qui prolifèrent après les années 1830⁴⁶. Ces sociétés, notamment provinciales, seront également essentielles dans la production d'histoires locales. L'école méthodiste a de plus encouragé la production des catalogues et des instruments raisonnés essentiels désormais au métier d'historien, qui se structure alors et se professionnalise.

Ces règles et procédures peuvent se pratiquer dans des lieux stables où s'effectue le travail sur les documents, des lieux où puiser « la source » de chaque histoire : les archives. La structure culturelle, politique, religieuse, dirige l'encadrement institutionnel et la constitution des archives (ecclésiastiques, État royal, chartrier, féodalité, police). Des bibliothèques, bibliothèques capitulaires, épiscopales, universitaires, existent, puis viennent des collections particulières depuis le XIV^e siècle et le développement des « musées ». Les archives se constituent également par la « mise en ordre pour les besoins de la bureaucratie absolutiste »⁴⁷ à la fin du XVIII^e siècle puis se consolident par la création des Archives Nationales en 1794, qui deviennent le lieu par excellence de la recherche historique⁴⁸, la politique des Archives Nationales s'affirmant après la césure de la Révolution et durant le XIX^e siècle en France. Or, tout autant que les pratiques des historiens, les politiques de conservation s'inscrivent dans la vision que les contemporains qui en décident ont du présent en fonction d'une certaine attente.

Mais à la vision du temps progressiste de l'homme moderne, l'homme du XXI^e siècle semble plongé dans « l'immédiat » et se déjoue du progressisme. L'accélération des temps modernes, pointée par Koselleck, s'est muée en présent permanent⁴⁹. En effet la production de masse pour nos sociétés est une réelle difficulté : l'ère du jetable, du falsifiable numérique, de l'abondance, accompagne une volonté de fixer et stabiliser. Les politiques de commémoration conjointe à la « patrimonialisation »

⁴⁶ Guy Bourdé et Hervé Martin (*op.cit.* 127-157) rapportent qu'environ une cinquantaine ont été créées entre 1830 et 1849 dont 23 historiques et archéologiques, 45 entre 1850 et 1870 dont 17 historiques et archéologiques.

⁴⁷ Krzysztof Pomian, *op.cit.* p.45

⁴⁸ Krzysztof Pomian, *op.cit.* p.153. Sur l'authentification de la source.

⁴⁹ François Hartog attribue à notre époque un régime d'historicité spécifique qu'il qualifie de « présentisme », in *Régimes d'historicité. Présentisme et expérience du temps*, *op.cit.*

répondent à l'accélération et à l'obsolescence des choses⁵⁰. La question des critères de la conservation se pose de façon impérieuse car elle nécessite de prendre en compte la variété des objets concernés. L'autonomie de la discipline historique, notamment universitaire, a évidemment assigné aux archives un rôle central, elles deviennent indissociables de la possibilité pour les historiens de travailler. Ce sont les conditions de faire de l'histoire qui sont interrogées, les moyens de travailler sur notre mémoire qui sont donnés aux historiens contemporains et futurs. Mais le tri et la conservation sont par définition le résultat d'un choix, celui-ci est antérieur aux questions de l'histoire, et donc en perpétuel décalage. Avec quelle pertinence la légitimité d'une telle action se règle-t-elle ? Des dialogues, parfois conflictuels, naissent de ces questions qui consistent à conférer à tel ou tel événement une importance historique. Là encore, lois et administrations produisent par leur encadrement de multiples traces : mais alors quelle peut-être la place des autres archives : la part des fonds familiaux, des lettres, journaux, photos, des mondes autres que l'administration : monde du travail, ou de la créativité artistique ou savante, archives de l'éducation, ou traces des pratiques sociales multiples. Des appels aux ressources familiales peuvent tenter de contrebalancer la surproduction des archives administratives. Mais au problème du recensement et de la collecte, s'ajoute celui de la conservation et de l'accès aux archives.

Ces questions font l'objet d'un vaste débat dans la communauté des historiens, des archivistes, des bibliothécaires, interpellant les politiques sur la prise en compte de leurs outils de travail, mais dans la perspective du bien commun⁵¹. Les débats autour d'une « cité des archives » exhibent les tensions qui existent autour de ces questions ; d'autant plus que l'ancien est plus aisément gardé, le récent est « digéré », voir par exemple la cannibalisation fréquente dont les instruments scientifiques actuels font l'objet. Les choix ne relèvent pas uniquement du droit de l'historien dont les désirs rencontrent les limites politiques et institutionnelles, les enjeux financiers, voire les attentes de la société civile qui ne correspondent pas forcément à leur projet de recherche. Le rapport est souvent conflictuel et insatisfaisant. Les conflits autour des chantiers archéologiques en sont une

⁵⁰ Daniel Roche (2001) « Introduction. Archives et historiens au XXI^e siècle », in *Table ronde : les historiens et les archives, Revue d'Histoire Moderne et Contemporaine*, 48-4 bis, suppl., pp.5-11.

⁵¹ Cf. également les différents articles consacrés sur le thème « Les archives, quel politique » par la revue *Le débat*, n°115, mai-août 2001.

expression, et le décalage entre ceux qui ont le pouvoir de garder et ceux qui désireraient préserver semble perpétuel.

Les politiques de conservation répondent aussi à des demandes, ainsi le goût pour la généalogie d'un public amateur a favorisé la rationalisation des accès aux registres notariés, et notamment leur microfilmage dans de nombreuses archives municipales facilitant une consultation fréquente. Les questions liées aux transformations de nos sociétés créent également des configurations différentes. Au sortir de la deuxième industrialisation, le regard sur les bâtiments industriels a changé ; devenus porteurs d'un témoignage nécessaire à la compréhension de la transformation de nos paysages urbains et de nos économies, ils se sont patrimonialisés et ont acquis de ce fait une certaine beauté.

Le débat reste donc éminemment politique et culturel car il interroge, à travers la valeur donnée à ces traces, notre rapport au temps et à la mémoire. Ce qui est gardé officiellement passe par le filtre d'un jugement qui est avant tout le produit de nos représentations du présent. À cette sélection, s'ajoutent les aléas de toute sorte, destructions externes ou bien internes, par décomposition des supports eux-mêmes. Une bande magnétique au bout de cinquante ans devient inaudible... Les matériaux réservent de plus des surprises qu'il faut prendre en compte dans les pratiques de la restauration et dont le coût pèse sur les choix de conservation. En outre, de nouvelles gageures sont encore posées par les traces informatiques, documents essentiels pour l'histoire du travail intellectuel et social de notre monde présent.

En guise de brève conclusion, notons que vouloir trier le regard de demain par nos propres sélections semble une action nécessaire et dans une certaine mesure illusoire. Les archives constituent la matière première pour reconstruire le passé mais l'historien doit réfléchir à l'historicité des pratiques et des concepts qu'il utilise pour les identifier et les agencer, opérant des choix dans ces matériaux et produisant avec son présent le travail sur le passé. Seule une opération réflexive et critique peut enraciner la scientificité de la discipline. Sur ce que nous retiendrons du présent, la question posée par les mémorialistes comme Louis Sébastien Mercier reste pertinente. Dans son désir de retenir ce qui ne sera pas préservé *a priori*, il s'attarde précisément aux détails, aux incidents, aux petites choses sans renommées et sans éclats qui justifieraient peu qu'on les garde. Un hiatus se produit entre les échelles de temps et les enjeux immédiats. Mais ce décalage entre les questions que l'historien se pose, et ce qu'il trouve, est

somme toute une condition nécessaire de sa pratique. Quant à la postérité des traces que nous produisons, elle s'effectuera selon des critères matériels et intellectuels que nous n'avons pas les moyens d'imaginer. Ce qui n'est évidemment pas une justification pour ne pas conserver ce qui requiert de l'importance à nos yeux, de manière intime, personnelle ou officielle. Du grenier aux archives nous construisons tous une vision de notre présent produisant une sédimentation de nos activités, affectives, politiques ou intellectuelles, et de manière souvent peu cohérente. Et si l'on ne peut décider des choix opérés par l'historien du futur, on peut être sûr en revanche que la patrimonialisation au XX^e siècle et au XXI^e siècle, conjointe à la phase accélération de la production de traces (avec en corollaire la mise en place de moyens de destruction radicale massifs, mis en œuvre par l'homme au milieu du siècle dernier), semblent voués à devenir d'excellents objets historiques⁵².

Centre François Viète, thebaud.sorger@free.fr

⁵² Elle a déjà ouvert une histoire, produit une discipline universitaire, des formations professionnelles nouvelles. La patrimonialisation en tant que telle fait l'objet du travail de Dominique Poulot qui l'analyse comme un processus spécifiquement français lié à la Révolution française, notamment pour les musées, cf. Dominique Poulot (1997) *Musée, nation, patrimoine, 1789-1815*, (Paris : Gallimard). Il dresse les lignes d'un enseignement de cette histoire comme celui d'un champ disciplinaire nouveau qui se diffuse dans les formations universitaires. François Hartog quant à lui analyse dans plusieurs chapitres convaincants la façon dont ce mouvement du patrimoine dépend de ce rapport au temps, de ce « régime d'historicité » précisément, cf. « Patrimoine et présent », in *Régimes d'historicité*, *op. cit.*, pp. 163-206.

MATIERE ET VIE CHEZ DIDEROT ET VOLTAIRE

Gerhardt STENGER*

Résumé

Face au postulat du matérialisme athée selon lequel la matière se combine, par un processus continu, à des niveaux toujours plus élevés d'organisation, Voltaire exprime sa conviction que les structures, les propriétés et le comportement des êtres vivants ne sont pas dus au hasard mais semblent répondre à un dessein. Si l'on considère un organisme un peu complexe, avec l'évidente finalité de tous ses organes, comment ne pas conclure qu'il a été produit par la volonté d'un Créateur ?

Dans *Le Rêve de d'Alembert* (1769), Diderot résout l'objection de Voltaire en substituant à l'éternel géomètre l'hypothèse de la sensibilité – inerte ou active – de la matière et les générations spontanées. En même temps, Diderot renonce au découpage d'unités élémentaires qui caractérisent le modèle physique de son temps : à la traditionnelle mécanique des solides – les atomes indivisibles de Démocrite, l'univers newtonien de Voltaire – Diderot oppose une mécanique des fluides où il n'y a pas de frontière nette, où tout coule dans tout. Dans l'« immense océan de matière », il n'y a pas d'essences, pas d'êtres particuliers ou individus : la nature progresse par nuances insensibles, du minéral plus ou moins mort à l'animal plus ou moins pensant, de l'animal à l'homme et de l'homme ordinaire à l'homme de génie.

Dans un passage bien connu de *L'Homme-Machine* (1747), La Mettrie présente brièvement les deux principaux courants de la philosophie occidentale, le spiritualisme chrétien et le matérialisme athée, et montre comment la croyance ou la négation d'un Être suprême conditionne l'interprétation de la nature proposée par l'un et l'autre système¹. Il commence par évoquer quelques apologistes du christianisme – avant tout des hommes de science – qui, mettant leur science au service de la foi, ont publié, dès les premières années du XVIII^e siècle, un grand nombre d'ouvrages où ils démontraient l'existence de Dieu et la sagesse de sa

* Maître de conférences en littérature française, Université de Nantes.

¹ Voir La Mettrie (1981) *L'Homme-Machine*, éd. P.-L. Assoun, (Paris : Denoël/Gonthier), p. 126-129.

création en s'appuyant sur les dernières découvertes de la science, et particulièrement sur les découvertes microscopiques. Tous les auteurs cités – Fénelon, Nieuwentyt, Abbadie, Derham, Ray, ainsi que l'abbé Pluche qui se cache derrière un « etc. » – accumulent les preuves de l'existence de Dieu par le « spectacle de la nature »² : les merveilles de la Création révèlent un ordre universel où chaque être et chaque chose ont leur place assignée par une souveraine sagesse. La preuve de l'existence d'un plan divin, poursuit La Mettrie, repose essentiellement sur deux arguments :

1° Derrière l'apparente diversité dans la configuration des organes dont les êtres vivants sont doués, il y a une structure identique qui ne relève pas du hasard :

« [...] dans tout le règne animal, les mêmes vues sont exécutées par une infinité de divers moyens tous cependant exactement *géométriques*. [...] Dans l'oreille nous trouvons partout une diversité frappante, sans que cette diverse fabrique de l'homme, des animaux, des oiseaux, des poissons, produise différents usages. Toutes les oreilles sont si *mathématiquement* faites, qu'elles tendent également au seul et même but, qui est d'entendre. »³

Cette *unité dans la diversité* témoigne du plan savant d'un architecte divin, d'un Dieu qui a bâti l'univers selon les règles de la géométrie. Ce n'est pas le hasard qui aurait été capable d'une telle précision mathématique : « Le hasard, demande le déiste, serait-il donc assez grand géomètre, pour varier ainsi à son gré les ouvrages dont on le suppose auteur, sans que tant de diversité pût l'empêcher d'atteindre la même fin ?⁴ »

2° L'unité derrière la diversité, estime le « déiste », suppose une fin, un but précis : « si ma raison ne me trompe pas, l'homme et tout l'Univers semblent avoir été *destinés* à cette unité de vues »⁵. En vertu de ce préjugé extra-scientifique, les anatomistes s'efforcent de montrer comment la

² C'est le titre même du grand ouvrage de l'abbé Pluche ; paru entre 1732 et 1750 en 9 volumes, ce best-seller des Lumières connut 57 éditions et fut traduit en allemand, anglais, espagnol et italien.

³ La Mettrie, *op. cit.*, p. 126-127. C'est nous qui soulignons.

⁴ *Ibid.*, p. 127.

⁵ *Ibid.* C'est nous qui soulignons.

structure et la situation d'un organe correspond à son usage. Ainsi par exemple, le divin géomètre a d'abord conçu la nécessité de la vue ; en fonction de cette nécessité, il a construit différents yeux. La supposition de l'athéisme selon laquelle la mécanique admirable de l'univers ne procède pas des intentions de Dieu mais soit le produit du hasard est visiblement démentie par l'ordre providentiel des choses : il suffit d'ouvrir les yeux pour apercevoir la finalité de l'univers et les marques de la bienveillance divine (car il va de soi que la finalité est orientée vers le plus grand bien de l'homme)⁶.

En face du spiritualisme chrétien d'inspiration mécaniste et téléologique, il y a la position du matérialisme athée qui remplace l'idée d'un plan divin par la notion de hasard, c'est-à-dire de « cause aveugle et nécessaire ». Après le déiste, La Mettrie donne la parole à l'athée :

« Nous ne connaissons point la Nature : des causes cachées dans son sein pourraient avoir tout produit. [...] il est des causes physiques pour lesquelles tout a été fait, et auxquelles toute la chaîne de ce vaste Univers est si nécessairement liée et assujettie, que rien de ce qui arrive, ne pouvait pas ne pas arriver ; des causes dont l'ignorance absolument invincible nous a fait recourir à un Dieu [...] »⁷

Rejetant le providentialisme chrétien, l'athéisme matérialiste postule qu'il y a des causes qui agissent dans la nature, qui produisent certains effets sans qu'on puisse leur assigner une fin précise. Le soleil n'a pas été *fait pour* échauffer la terre et ses habitants, ni la pluie pour faire pousser les grains. L'eau pure, pas plus que les objets polis, n'ont été faits pour servir de miroir, et pourtant on s'en sert aussi à cet effet. L'œil, enfin, n'a pas été fait pour voir, pas plus que l'eau pour servir de miroir ; s'il a la

⁶ Voir par exemple Fénelon, *Démonstration de l'existence de Dieu* (I, I, 4) : « Mais enfin toute la nature montre l'art infini de son auteur. Quand je parle d'un art, je veux dire un assemblage de moyens choisis tout exprès pour parvenir à une fin précise. C'est un ordre, un arrangement, une industrie, un dessein suivi. Le hasard est tout au contraire une cause aveugle et nécessaire, qui ne prépare, qui n'arrange, qui ne choisit rien, et qui n'a ni volonté ni intelligence. Or je soutiens que l'univers porte le caractère d'une cause infiniment puissante et industrieuse. Je soutiens que le hasard, c'est-à-dire le concours aveugle et fortuit des causes nécessaires et privées de raison, ne peut avoir formé ce tout » (dans (1997) *Œuvres*, éd. J. Le Brun, t. II (Paris : Gallimard), p. 510).

⁷ *Op. cit.*, p. 128.

faculté de voir, c'est « parce qu'il se trouve organisé et placé comme il est »⁸, autrement dit parce que son organisation interne est ainsi faite qu'au cours de l'évolution aveugle, la vision en est résulté nécessairement.

Dans sa présentation du matérialisme, La Mettrie cite un ouvrage du « médecin Diderot » qui, prétend-il malicieusement, « ne convaincra pas un athée »⁹. Il s'agit des *Pensées philosophiques* parues un an plus tôt en 1746, une sorte de dialogue à trois voix où Diderot oppose les opinions d'un athée, d'un déiste et d'un sceptique. Dans la Pensée XXI, on entend d'abord la voix du déiste qui couvre de ridicule le matérialisme athée : « Athées, je vous accorde que le mouvement est essentiel à la matière ; qu'en concluez-vous ?... que le monde résulte du jet fortuit des atomes ? J'aimerais autant que vous me dissiez que l'Iliade d'Homère, ou la Henriade de Voltaire est un résultat de jets fortuits de caractères »¹⁰. L'argument apparemment imparable du déiste porte contre l'idée que l'ordre actuel de l'univers résulte d'un désordre initial : si Dieu n'existe pas, si aucune intelligence supérieure n'a présidé à la création de l'univers, il faut que le monde résulte de la combinaison fortuite d'atomes qui se sont rencontrés par hasard. Mais Diderot continue : « Je me garderai bien de faire ce raisonnement à un athée. Cette comparaison lui donnerait beau jeu. Selon les lois de l'analyse des sorts, me dirait-il, je ne dois point être surpris qu'une chose arrive, lorsqu'elle est possible, et que la difficulté de l'événement est compensée par la quantité des jets »¹¹. Autrement dit, la probabilité de tomber sur les six bons chiffres du Loto est quasiment nulle si on ne joue qu'une fois par an (et généralement une vie entière n'y suffit pas), mais si l'on joue pendant une éternité, on finira par gagner le gros lot : « je vais supposer [...] que la possibilité d'engendrer fortuitement l'univers est très petite, mais que la quantité des jets est infinie, c'est-à-dire, que la difficulté de l'événement est plus que suffisamment compensée par la multitude des jets. [...] Donc l'esprit doit être plus étonné de la durée hypothétique du chaos, que de la naissance réelle de l'univers »¹².

Le « spectacle de la nature », l'ordre admirable de l'univers qui suppose un architecte suprême ne prouve donc rien. La chance que l'ordre

⁸ *Ibid.*, p. 129.

⁹ *Ibid.*, p. 128.

¹⁰ Diderot (1975) *Œuvres complètes*, éd. Dieckmann-Proust-Varloot, (Paris : Hermann), t. II, p. 28. L'argument remonte à Cicéron (*De natura deorum*, II, xxxvii, 93) et a été repris par Fénelon (voir *op. cit.*, 510-511).

¹¹ *Ibid.* Diderot invoque le calcul des probabilités.

¹² *Ibid.*, p. 29-30.

naissance du désordre est infiniment petite, mais si « le temps n'est rien pour la nature »¹³, une combinaison heureuse d'atomes engendra l'univers. Mais – il y a un grand *mais* – passer de la matière, d'une combinaison d'atomes crochus à la vie, à la sensation, à la pensée, c'est un pas qu'on ne peut pas franchir à la légère. Voltaire l'a bien compris en écrivant en marge de la *Pensée XXI* :

« Paralogisme. Vous supposez l'existence de ces dés – il est clair que rafle de six doit arriver ; mais la question est, s'il y aura des dés : point de dés, point d'arrangement, point d'ordre, sans intelligence. Remuez du sable pendant une éternité, il n'y aura jamais que du sable. Certainement ce sable ne produira pas des perroquets des hommes des singes. Tout ouvrage prouve un ouvrier. »¹⁴

Donc le calcul des probabilités ne prouve rien : on a beau faire un monde avec de la matière et du mouvement, cela ne produit pas encore la vie. Le grand problème du matérialisme, c'est la naissance de la vie.

Trois ans après la publication des *Pensées philosophiques*, Diderot revient à la charge. Dans la *Lettre sur les aveugles* (1749), il réitère sa conviction que l'ordre actuel est né du chaos, puis relativise les notions même d'ordre et de désordre. « Qu'est-ce que ce monde, monsieur Holmes ? Un composé sujet à des révolutions qui toutes indiquent une tendance continuelle à la destruction ; une succession rapide d'êtres qui s'entre-suivent, se poussent et disparaissent ; une symétrie passagère ; un ordre momentané »¹⁵. Supposer le monde qui nous entoure ordonné, et en conclure à l'ordre de l'univers, relève du même sophisme que celui dénoncé par Diderot dans une lettre à Voltaire : « On remplit un vaste terrain de décombres jetés au hasard, mais entre lesquelles le ver et la fourmi trouvent des habitations fort commodes. Que diriez-vous de ces insectes, si [...] ils s'extasiaient sur la beauté de cette architecture souterraine, et sur l'intelligence supérieure du jardinier qui a disposé les choses pour eux ? »¹⁶ Du point de vue du ver et de la fourmi, les décombres qu'ils habitent sont aussi ordonnés que le monde l'est pour

¹³ *Le Rêve de d'Alembert*, dans *Œuvres complètes*, t. XVII, p. 98.

¹⁴ Cité dans Diderot, *Pensées philosophiques*, éd. citée, p. 57, n. 37.

¹⁵ Dans *Œuvres complètes*, t. IV, p. 52.

¹⁶ (1955-70) *Correspondance*, éd. G. Roth et J. Varloot, (Paris : Editions de Minuit), t. I, p. 77-78.

l'homme, qui ne voit pas plus loin. Tous deux, l'homme et les animaux de l'apologue, sont confortablement installés dans cet « ordre » qui suffit à leurs besoins et semble intelligible. Le champ de leur expérience étant trop limité dans l'espace et dans le temps, ils ont la même réaction que les roses de Fontenelle qui voient toujours le même jardinier¹⁷.

Voltaire réplique par les *Dialogues entre Lucrèce et Posidonius* (1756) qui ressemblent fort à un entretien imaginaire entre Diderot et lui-même. A l'hypothèse matérialiste que la matière se combine, par un processus continu, à des niveaux toujours plus élevés d'organisation, Voltaire oppose à nouveau l'argument tiré de l'expérience quotidienne : « Vous aurez beau remuer dans un tonneau, pendant toute votre vie, tous les matériaux de la terre mêlés ensemble, vous n'en tirerez pas seulement une figure régulière, vous ne produirez rien. [...] Il faudrait avoir vu naître des hommes et des animaux du sein de la terre, et des blés sans germe, etc., etc., pour oser affirmer que la matière toute seule se donne de telles formes ; personne, que je sache, n'a vu cette opération : personne ne doit donc y croire »¹⁸. Selon Voltaire, les structures, les propriétés et le comportement des êtres vivants ne sont pas dus au hasard mais semblent répondre à un dessein. Si l'on considère un organisme un peu complexe, avec l'évidente finalité de tous ses organes, comment ne pas conclure qu'il a été produit par la volonté d'un Créateur ?

Au milieu du siècle, la position de Voltaire semble inattaquable. Il est d'ailleurs tout à fait prêt à concéder aux matérialistes que la matière est éternelle, voire qu'elle est douée de la faculté de sentir et de penser. Mais cette faculté, et l'évidente finalité des différentes parties du corps humain et animal, ne sont pas le fait d'une évolution aveugle : contrairement à ce que prétendent les matérialistes, Voltaire tient qu'elles proviennent de Dieu¹⁹. La solution apportée par Diderot sera présentée dans *Le Rêve de d'Alembert* (1769) : la sensibilité de la matière et les générations spontanées.

Dans le premier dialogue de cette trilogie, Diderot rejette avec force la distinction dualiste entre deux substances radicalement distinctes, la matière et l'esprit. Quand il s'agit de choisir entre l'alternative

¹⁷ Voir Fontenelle (1998) *Entretien sur la pluralité des mondes*, éd. C. Martin, (Paris : Garnier-Flammarion), p. 155.

¹⁸ (1961) *Mélanges* éd. J. van den Heuvel, (Paris : Gallimard), p. 319.

¹⁹ Voir notre étude sur « Le matérialisme de Voltaire », dans (1999) *Etre matérialiste à l'âge des Lumières. Hommage offert à Roland Desné*. Textes réunis et publiés par B. Fink et G. Stenger, (Paris : PUF), p. 275-285.

matérialiste et spiritualiste, on doit préférer celle qui présente le moins de difficultés, qui est la plus simple, et qui explique le plus de choses.

Cette cause ou plutôt cette « supposition simple qui explique tout »²⁰, c'est la *sensibilité*, « une qualité générale et essentielle de la matière »²¹. L'objection de d'Alembert contre la sensibilité de la matière – « il faut que la pierre sente » – est parée par Diderot par l'analogie avec le couple force vive/force morte : « Serait-ce par hasard que vous reconnaîtriez une sensibilité active et une sensibilité inerte, comme il y a une force vive et une force morte ? Une force vive qui se manifeste par la translation, une force morte qui se manifeste par la pression »²². Par analogie au mouvement inhérent à la matière, Diderot explique que la sensibilité se présente, elle aussi, sous deux formes : « une sensibilité active qui se caractérise par certaines actions remarquables dans l'animal et peut-être dans la plante ; et une sensibilité inerte dont on serait assuré par le passage à l'état de sensibilité active ». Le passage de la sensibilité inerte ou latente à la sensibilité active, à la sensation, s'effectue par exemple lorsqu'on mange : en assimilant un aliment, l'homme « animalise » la matière inanimée, la sensibilité inerte devient active. Mais l'opération doit être poursuivie jusqu'à la pierre (puisque la pierre sent selon la boutade de Diderot), et Diderot montre comment le marbre peut être rendu comestible en l'assimilant à l'humus²³. Il n'y a donc pas de différence *substantielle* entre la statue et la chair, seulement des différences *qualitatives* : « la statue n'a qu'une sensibilité inerte ; et l'homme, l'animal, la plante même peut-être sont doués d'une sensibilité active. »²⁴

Ayant résolu le problème du passage de l'inanimé à l'animé, il faut expliquer la formation de la *pensée* : « Avec tout cela, objecte d'Alembert, l'être sensible n'est pas encore l'être pensant »²⁵. Diderot prend alors comme exemple son propre interlocuteur, « un des plus grand géomètres de l'Europe », et montre les différents stades de développement – de la copulation à la mort – de cet homme de génie. L'exemple est bien choisi : d'Alembert est devenu grand de corps *et* d'esprit... « en mangeant, et par d'autres opérations purement mécaniques »²⁶. L'homme est une machine

²⁰ *Le Rêve de d'Alembert*, éd. citée, p. 105.

²¹ *Le Rêve de d'Alembert*, éd. citée, p. 90.

²² *Ibid.*

²³ *Ibid.*, p. 91.

²⁴ *Ibid.*, p. 92.

²⁵ *Ibid.*, p. 95.

²⁶ *Ibid.*, p. 96.

dans le sens où il n'y a aucun élément immatériel qui contribue à sa formation, soit physique, soit intellectuelle. Son origine est la même que celle des animaux, il est fait de la même étoffe matérielle qu'eux, avec la différence que la « machine » homme devient un être pensant et même un génie, alors que les animaux ne dépassent pas le stade de l'instinct.

Après s'être couché, d'Alembert rêve, comme Diderot le lui a prédit, sur son oreiller à l'entretien précédent. L'hypothèse de la sensibilité de la matière est désormais acquise (du moins en rêve) ; il s'agit à nouveau de savoir comment on passe de la matière sensible à l'être vivant et à son unité. En termes physiologiques, c'est le passage de la molécule sensible à la fibre, ou plus précisément comment des molécules contiguës, posées les unes à côté des autres, deviennent une fibre continue : « un point vivant... A ce point vivant, il s'en applique un autre, encore un autre ; et par ces applications successives il résulte un être un [...] Mais comment cette unité s'est-elle faite ? »²⁷ Comment passer de la contiguïté à la continuité ? Démocrite avait résolu le problème en supposant que les atomes étaient crochus ; Diderot, lui, est obligé de trouver autre chose. De nouveau, il a recours au raisonnement par analogie : « Comme une goutte de mercure se fond dans une autre goutte de mercure, une molécule sensible et vivante se fond dans une molécule sensible et vivante... D'abord il y avait deux gouttes, après le contact il n'y en a plus qu'une... Avant l'assimilation il y avait deux molécules, après l'assimilation il n'y en a plus qu'une... La sensibilité devient commune à la masse commune »²⁸. La fusion de plusieurs molécules sensibles donne la fibre²⁹, sorte d'unité constitutive de l'être vivant (comme l'est aujourd'hui la cellule), que Diderot considère comme un animal dans les *Éléments de physiologie* : c'est « un faisceau de fibrilles mille fois plus déliées que le cheveu le plus fin [...] formant un tout continu, à peu près homogène, vivant. Je la regarde comme un animal, un ver »³⁰.

Je ferai deux remarques avant de continuer :

1° Diderot n'apporte aucune preuve proprement scientifique pour ce qu'il avance ; le raisonnement se fait par analogie, mais cela est suffisant dans la mesure où il essaie de montrer qu'on peut se passer de l'horloger divin pour expliquer l'univers. L'explication surnaturelle est encore moins

²⁷ *Ibid.*, p. 117.

²⁸ *Ibid.*, p. 118. Cette idée de fusion entre molécules est empruntée à la chimie. Diderot n'a pas songé à la possibilité d'une division.

²⁹ Ou fils, filets, filaments, brins...

³⁰ *Ibid.*, p. 339-340.

« scientifique » que celle proposée par Diderot. Il s'agit, en dernier lieu, de laisser choisir le lecteur entre deux explications, dont une est présentée comme plus plausible que l'autre.

2° L'image employée par Diderot pour illustrer son idée de la fusion des molécules – les gouttes de mercure – indique que le modèle d'explication auquel il a recours est un modèle fluide. C'est là une des clés du matérialisme de Diderot : à la traditionnelle mécanique des solides – les atomes indivisibles de Démocrite, l'univers horloge de Newton – Diderot oppose une mécanique des fluides où il n'y a pas de frontière nette, où tout coule dans tout, où le contact entre des corps solides est remplacée par la circulation entre des réseaux, des tissus : « Un réseau homogène, entre les molécules duquel d'autres s'interposent et forment peut-être un autre réseau homogène ; un tissu de matière sensible ; un contact qui assimile ; de la sensibilité active ici, inerte là, qui se communique comme le mouvement »³¹.

Avant de reprendre le problème de l'unité du moi, qui est comme le fil directeur du *Rêve*, Diderot revient en arrière pour expliquer l'origine de la vie.

« Ensuite il s'est mis à marmotter je ne sais quoi de graines, de lambeaux de chair mis en macération dans de l'eau, de différentes races d'animaux successifs qu'il voyait naître et passer ». On reconnaît ici la vision de Saunderson selon laquelle la « matière en fermentation » a combiné « des amas de matière » d'où sont sortis les êtres vivants dont certains ont subsisté, d'autres pas³². Dans le *Rêve de d'Alembert*, Diderot veut dépasser le stade de la vision en appelant à son secours une expérience scientifique que d'Alembert va imiter dans son rêve :

« Il avait imité avec sa main droite le tube d'un microscope et avec sa gauche, je crois, l'orifice d'un vase ; il regardait dans le vase par ce tube et il disait : Voltaire en plaisantera tant qu'il voudra, mais l'Anguillard a raison »³³. L'Anguillard (selon l'expression dédaigneuse de Voltaire), c'est le prêtre catholique anglais Needham qui, muni d'un microscope, avait vu naître des « anguilles » (c'est-à-dire des bacilles) dans des préparations qu'il croyait avoir stérilisées correctement. Cette expérience, qui avait cependant été invalidée en 1765 par Spallanzani³⁴, a fourni des

³¹ *Ibid.*, p. 119.

³² Voir la *Lettre sur les aveugles*, éd. citée, p. 50-51.

³³ *Le Rêve de d'Alembert*, éd. citée, p. 129.

³⁴ Needham confondait moisissures et bactéries et employait des bouchons poreux.

arguments à l'athéisme car elle prouvait que la vie pouvait apparaître sans intervention divine. On se rappelle, dans ce contexte, l'observation de Voltaire au sujet du calcul des probabilités : on ne peut concevoir qu'en remuant pendant une éternité du sable, on en fasse naître des êtres vivants. Diderot objecte à cette critique l'expérience de Needham qui semble prouver l'existence, dans la matière, d'une activité chimique spontanée. L'occasion est vraiment trop belle, et c'est pourquoi Diderot ne peut pas tenir compte de l'avis contradictoire de Spallanzani. Devant l'incertitude des recherches, il fait une profession de foi en la réalité des générations spontanées :

« J'en crois mes yeux ; je les vois, combien il y en a ! comme ils vont ! comme ils viennent ! comme ils frétillement ! » Si d'Alembert, dans son rêve, refait avec succès l'expérience de Needham, il ne faut pas en conclure que Diderot prend son rêve pour la réalité. La vision de d'Alembert reste une vision qui demande à être vérifiée de manière irréfutable. Ailleurs il écrit (au sujet d'une autre hypothèse défendue dans le *Rêve*) : « la sensibilité générale des molécules de la matière n'est qu'une supposition, qui tire toute sa force des difficultés dont elle débarrasse, ce qui ne suffit pas en bonne philosophie »³⁵. Diderot fait un beau rêve qui doit débarrasser la philosophie d'un certain nombre de difficultés liées au dualisme corps/âme et à la croyance en l'existence d'un Être suprême, mais il sait pertinemment qu'il n'a pas les moyens de prouver scientifiquement ce qu'il avance. Autrement dit, il veut montrer que le matérialisme est plus vraisemblable que le spiritualisme : « Soyez logicien, et ne substituez pas à une cause qui est et qui explique tout, une autre cause qui ne se conçoit pas, dont la liaison avec l'effet se conçoit encore moins, qui engendre une multitude infinie de difficultés et qui n'en résout aucune »³⁶.

Revenons à l'expérience de Needham. « Le vase où il apercevait tant de générations momentanées, il le comparait à l'univers ; il voyait dans une goutte d'eau l'histoire du monde. Cette idée lui paraissait grande, il la trouvait tout à fait conforme à la bonne philosophie qui étudie les grands corps dans les petits »³⁷ : après l'expérience imaginaire, Diderot a de nouveau recours au raisonnement par analogie. La « bonne philosophie » ne peut pas se contenter de suppositions mais elle conclut hardiment des générations spontanées à la fermentation générale de l'univers. La matière

³⁵ *Réfutation d'Helvétius*, dans *Œuvres complètes*, t. XXIV, p. 525.

³⁶ *Le Rêve de d'Alembert*, éd. citée, p. 107.

³⁷ *Ibid.*, p. 128.

en fermentation contient les diverses possibilités qui finissent par se réaliser :

« Suite indéfinie d'animalcules dans l'atome qui fermente, même suite indéfinie d'animalcules dans l'autre atome qu'on appelle la Terre »³⁸ : cette phrase n'est pas sans rappeler la thèse de *Micromégas* selon laquelle toutes les grandeurs sont relatives. La Terre est plus grande qu'un atome mais la Terre n'est qu'un atome (« notre petite fourmilière ») relativement à l'univers sans bords fixes. Même chose pour les êtres vivants : entre les anguilles observées par Needham et les animaux qui peuplent la Terre, la différence s'estompe. Dans l'univers illimité, il n'y a que des atomes (ici synonymes de molécules) et des animalcules qui naissent et passent en suivant le cours d'une évolution aveugle. On comprend qu'il s'agit, comme dans la vision de Saunderson, d'exclure toute finalité, toute intelligence ordonnatrice.

« Tous les êtres circulent les uns dans les autres, par conséquent toutes les espèces... tout est en un flux perpétuel... Tout animal et plus ou moins homme ; tout minéral est plus ou moins plante ; toute plante est plus ou moins animal. Il n'y a rien de précis en nature »³⁹ : Diderot précise ici, en la poussant à ses ultimes conséquences, l'idée de flux formulée dans les *Pensées sur l'interprétation de la nature* : tout coule, tout s'écoule sans trêve ni repos, l'immense océan de matière est un fleuve qui ne cesse jamais. Dans l'océan du grand tout, rien n'est isolable, rien n'est fixe ou déterminé (« précis »), la nature continue relie sans interruption les productions les plus rudimentaires de la vie aux animaux supérieurs et à l'homme. Le botaniste Linné avait passé sa vie à la classification, que Diderot déprécie. Toutes les tentatives de classification sont des constructions de l'esprit, des béquilles qui peuvent servir dans la pratique, mais qui n'ont aucune réalité dans la nature. Classifier, c'est juxtaposer des éléments solides, séparés par du vide ou des barrières (comme celles qui existent entre les espèces et les règnes), alors qu'il y a toujours des formes intermédiaires qui permettent la circulation entre les êtres : « il est impossible qu'il y ait un vide dans la chaîne »⁴⁰.

« Toute chose est plus ou moins une chose quelconque, plus ou moins terre, plus ou moins eau, plus ou moins air, plus ou moins feu ; plus ou moins d'un règne ou d'un autre »⁴¹ : c'est une véritable apologie de

³⁸ *Ibid.*

³⁹ *Ibid.*, p. 138.

⁴⁰ *Ibid.*

⁴¹ *Ibid.*

l'indétermination que d'Alembert prononce ici, lorsqu'il introduit la circularité dans les trois règnes – qui sont le symbole même de toute classification – et les quatre éléments, archétypes de la représentation de la matière (selon Empédocle, toute la nature est formée de ces quatre éléments, capables de se transformer les uns dans les autres). Cette phrase résume l'idée de circulation entre les êtres et les choses, mais la répétition insistante de « plus ou moins » insiste en même temps sur la conséquence de cette idée qui sera développée dans la suite : si « toute chose est plus ou moins une chose quelconque », la notion d'essence, d'être particulier n'a plus de sens, il n'y a que des *nuances* ; ce qui fait qu'une chose est plutôt une chose et pas une autre, c'est une question de prépondérance d'une ou plusieurs qualités, ce n'est pas son essence :

« Donc rien n'est de l'essence d'un être particulier... Non, sans doute, puisqu'il n'y a aucune qualité dont aucun être ne soit participant... Et que c'est le rapport plus ou moins grand de cette qualité qui nous la fait attribuer à un être exclusivement à un autre »⁴² : Dans l'« immense océan de matière », dans la « masse générale », il n'y a pas d'essences, donc pas d'êtres particuliers ou individus : la nature progresse par nuances insensibles, du minéral plus ou moins mort à l'animal plus ou moins pensant, de l'animal à l'homme et de l'homme ordinaire à l'homme de génie. Les mêmes qualités se trouvent partout : de l'inanimé à la vie, de la vie au sentiment, du sentiment à la pensée, il y a passage graduel, sans solution de continuité. C'est la raison pour laquelle Diderot avait souligné – dès l'article *Encyclopédie* de l'*Encyclopédie* ! – l'arbitraire, voire l'impossibilité de toute division ou classification des sciences :

« L'univers ne nous offre que des êtres particuliers, infinis en nombre, et sans presque aucune division fixe et déterminée ; il n'y en a aucun qu'on puisse appeler ou le premier ou le dernier ; tout s'y enchaîne et s'y succède par des nuances insensibles ; et à travers cette uniforme immensité d'objets, s'il en paraît quelques-uns qui, comme des pointes de rochers, semblent percer la surface et la dominer, ils ne doivent cette prérogative qu'à des systèmes particuliers, qu'à des conventions vagues, qu'à certains événements étrangers, et

⁴² *Ibid.*

non à l'arrangement physique des êtres et à l'intention de la nature. »⁴³

Les choses que nous appelons improprement objets ou êtres particuliers ne sont en réalité pas moins liées entre elles que des récifs coralliens dont on ne perçoit que les pointes qui émergent de l'eau. La nature est continue et résiste à toute classification, à toute systématisation (« exclusivement ») : il n'y a pas d'essences, il n'y a que des qualités en proportions (« rapports ») plus ou moins importantes dans les individus. L'individu, cet être prétendument indivisible, n'est en réalité qu'une forme transitoire au contour fragile et en perpétuelle transformation. Seul le tout peut être appelé individu, non pas parce qu'il ressemble à un grand animal ou que Diderot postule l'existence d'une « âme du monde », mais parce que le tout est indivisible, c'est-à-dire irréductible aux parties qui le constituent.

« Dans ce tout, comme dans une machine, dans un animal quelconque, il y a une partie que vous appellerez telle ou telle : mais quand vous donnerez le nom d'individu à cette partie du tout, c'est par un concept aussi faux que si, dans un oiseau, vous donniez le nom d'individu à l'aile, à une plume de l'aile »⁴⁴. Si Diderot compare ici le tout à un animal ou à une machine, il ne les identifie pas. Une aile d'oiseau n'a pas d'existence individuelle, elle n'est aile que dans l'ensemble du corps ; sans le corps, elle n'est proprement rien, et l'oiseau n'est plus le même. L'aile fait intrinsèquement partie du corps de l'oiseau, comme une pièce détachée est nécessaire à l'ensemble d'une machine. Diderot dénonce la méthode cartésienne qui consiste à décomposer un ensemble en unités et de le recomposer ensuite selon une hiérarchie qui va du plus simple au plus complexe. Le tout est un ensemble holistique, c'est-à-dire qu'il est irréductible à l'ensemble des parties. Chaque partie est tellement liée à toutes les autres qu'il est impossible de les séparer. Le tout est « individu », c'est-à-dire indivisible, irréductible à d'autres parties indivisibles, c'est-à-dire à des essences.

Nous sommes à mille lieues de l'univers horloge, où chaque élément reste à sa place et remplit la fonction qui lui a été assignée par le Créateur. L'univers n'est pas une machine, car une machine est finie et douée de stabilité, elle a été créée dans un but précis et s'achemine vers une fin prévisible. Une machine, enfin, est solide alors que l'univers selon Diderot est un système fluctuant qui intègre le changement perpétuel : « pas

⁴³ Dans *Œuvres complètes*, éd. citée, t. VII, p. 210-211.

⁴⁴ *Le Rêve de d'Alembert*, éd. citée, p. 139.

une molécule qui ressemble à une molécule, pas une molécule qui se ressemble à elle-même un instant »⁴⁵. Ce n'est pas sans raison que Diderot préfère d'ordinaire le terme de molécule à celui d'atome. L'atome, concept physique, est indivisible, donc solide et immuable. La molécule, en revanche, concept chimique, est une entité provisoire, donc sujette à une dissolution et une recomposition perpétuelles. Avec l'atome se construit une mécanique des solides, tandis que la mécanique des fluides est basée sur les molécules vivantes et leurs formes changeantes.

Il est temps de conclure. *Le Rêve de d'Alembert* dévoile un univers incommensurable dans l'espace et dans le temps, un « ordre » changeant dans lequel les phénomènes ont perdu leur individualité propre. En considérant l'univers comme un tout infini, continu et relationnel, Diderot renonce au découpage d'unités élémentaires qui caractérisent le modèle physique de son temps. L'architecture de l'univers, tout comme l'être vivant, n'est pas ordonné de façon simple ; les relations entre ses unités constitutives apparaissent, non de juxtaposition ou de superposition, mais d'interactions et d'interférences. Rejetant le modèle mécaniste de l'âge classique, Diderot propose un modèle liquide et relationnel de la nature : l'immense océan de matière est un fleuve qui ne cesse jamais, où tout est lié et constamment en relation avec tout, où il n'y a ni objets ni individus, mais seulement des relations et des relations de relations. Nous sommes, sans aucun doute, en présence d'une pensée originale complexe qui peut encore intéresser les savants d'aujourd'hui.

Université de Nantes, gerhardt.stenger@wanadoo.fr

⁴⁵ *Ibid.*, p. 128.

LA GEOLOGIE, PREMIERE SCIENCE HISTORIQUE ?

Gabriel GOHAU*

Résumé

Si Robert Hooke, dès 1667, préconise le premier la recherche d'archives dans la Nature, c'est son contemporain Nicolas Sténon qui en fait usage afin de reconstituer l'histoire géologique de la Toscane. Il se sert pour cela des strates, qu'il ordonne selon les principes stratigraphiques et tectoniques qu'il énonce le premier. Il faut attendre un siècle pour que l'usage des couches (lithostratigraphie) puis celui des fossiles (biostratigraphie), se développent pour former un double système d'archivage, l'un à portée universelle, l'autre régional, grâce auquel la contingence historique est prise en compte.

La géologie est incontestablement une science historique. William Whewell la cite parmi les sciences palétiologiques à côté de l'histoire proprement dite (palétiologie morale), de la cosmologie et de l'origine des langues¹. Tandis que Cournot note son souci de connaître le particulier, qu'elle partage avec l'embryogénie (voir introduction). Est-elle pour autant la première science historique ? Le point d'interrogation du présent titre est destiné à laisser au lecteur le soin de conclure si la démonstration l'a convaincu. Celle-ci commencera au niveau du vocabulaire.

Le vocabulaire : des médailles aux archives de la nature.

Robert Hooke (1635-1703), physicien et naturaliste anglais (on lui doit la première observation des cellules végétales dans le liège), curator de la Royal Society of London, est le premier à parler d'archives, de médailles et de monuments. Dans ses *Lectures and Discourses of Earthquakes and*

* Président du Comité français d'histoire de la géologie

¹ William Whewell (1847, 2^{me} éd.) *History of Inductive Sciences* (1^{re} éd. 1837).

subterraneous eruptions, il dit, dès 1667-68, que les corps pétrifiés et les coquilles sont comme des monuments et des archives (as Monuments and Records) laissés par la Nature pour nous instruire sur le passé, et qui sont plus lisibles que les hiéroglyphes ou les pyramides et obélisques des Egyptiens². Dans un discours postérieur, non daté, il donne une formulation souvent répétée : « Les coquilles ou autres corps sont les Médailles, les Urnes ou les Monuments de la Nature... Ils sont les plus grands et les plus durables monuments de l'Antiquité (...these Shells and other Bodies are the Medals, Urnes, or Monuments of Nature... These are the greatest and more lasting Monuments of Antiquity) ».

Les trois mots essentiels, qui feront des fossiles les documents de l'historien de la Terre, « médailles », « monuments » et « archives » sont lancés. Cecil Schneer, historien américain de la géologie, donne cette œuvre comme une première ébauche de géologie historique, qui accompagne les débuts de l'archéologie³.

En France, le terme de médaille sera vulgarisé par Fontenelle, Secrétaire de l'Académie des sciences, qui s'écrit en 1710 : « Voilà de nouvelles espèces de Médailles dont les dates sont & sans comparaison plus anciennes, & plus sûres que toutes les Médailles Grecques et Romaines ». Mais c'est celui de monument qui sera le plus employé, et le demeurera jusqu'à la fin des années 1770, où l'expression d'archives de la nature, ou son équivalent, explose littéralement. D'abord avec P. S. Pallas (1741-1811), au retour de ses voyages dans « l'Empire de Russie et en Asie septentrionale » qui nous explique, en 1777, que les montagnes recèlent « la chronique de notre globe la plus ancienne, la moins sujette aux falsifications... ; ce sont les archives de la nature, antérieures aux lettres & aux traditions les plus reculées »⁴. Buffon (1707-1788) résume assez bien le changement de vocabulaire quand, dans une même phrase de ses *Epoques de la Nature*, il parle d'archives et de monuments. « Comme dans l'histoire

² Robert Hooke (1705) *Lectures and discourses of Earthquakes and Subterraneous Eruptions*, in *The posthumous works of Robert. Hooke containing his cutlerain lectures, and other discourses, read at the meetings of the illustrious Royal society*.... (London : R. Waller, Smith and Woalford), p. 321.

³ Cecil J. Schneer (1954) « The Rise of Historical Geology in the Seventeenth Century », *Isis*, XLV, pp. 256-268.

⁴ Peter Simon Pallas (1779) *Observations sur la formation des montagnes & sur les changemens arrivés au globe*..., Méquignon l'aîné, (Paris : Acad. Imp. Scient. Saint-Petersbourg) (1777), p. 53.

civile, on consulte les titres [...], dans l'Histoire Naturelle, il faut fouiller les archives du monde, tirer des entrailles de la terre, les vieux monumens »⁵.

Peu après Faujas de Saint-Fond (1741-1819) reprend la même expression « Que d'exceptions, que d'écarts dans la série des événements : qu'il reste d'après cela de recherches, de travaux compliqués à faire pour fouiller, avec un peu de méthode dans les archives de la nature »⁶.

Soulavie (1752-1813), pour sa part, évoque les « *Annales du monde physique* »⁷. Et Deluc (1727-1817) dit un peu plus tard que « l'on peut lire dans les faces escarpées de nos terres l'Histoire de la Mer comme on lit celle de l'Homme dans les archives des Nations »⁸.

Ces deux moments recensés, fin des années 1660, et fin des années 1770, sont deux charnières de l'essor de la géologie historique⁹. Cependant, l'emploi d'un terme évoquant les archives de l'historien ne signifie pas nécessairement qu'on en fait un réel usage. Hooke, au vocabulaire si riche, ne crée pas les véritables outils de la géologie historique. Mais, sans doute parce que l'idée est dans l'air, c'est un exact contemporain qui fait faire le pas décisif.

Sténon, fondateur des principes de la géologie (1669).

Une archive doit contenir un double renseignement : elle doit informer, à la fois, sur un événement et sur sa date. Nicolas Sténon (1638-1686), savant d'origine danoise, installé en Italie, auprès du duc de Toscane, dans la seconde moitié des années 1660, après avoir séjourné en France, rédige en 1669 un petit ouvrage sur *Le solide contenu à l'intérieur d'un solide*, destiné à servir de prodrome à une dissertation qui ne verra jamais le jour (converti au catholicisme, il passera les dernières années de

⁵ Buffon (1954), « Des Epoques de la nature », in *Œuvres philosophiques* (Paris : PUF), p. 117.

⁶ Benjamin Faujas de Saint-Fond (1781) *Histoire naturelle de la province du Dauphiné* (Grenoble : Veuve Giroud), p. 381.

⁷ Jean-Louis Soulavie (1780-84) *Histoire naturelle de la France méridionale, etc.*, 6 t. en 7 vol. (Nîmes : imp. de Belle), I, p. 11.

⁸ Jean-André Deluc (1798) *Lettres sur l'histoire physique de la Terre, adressées à M. le professeur Blumenbach, renfermant de nouvelles preuves géologiques et historiques de la mission divine de Moys*, (Paris : Nyon Aîné), p. 60.

⁹ Gabriel Gohau (2003) *Naissance de la géologie historique, la Terre des « théories » à l'histoire* (Paris : Vuibert – Adapt).

sa courte vie à prêcher auprès de ses anciens coreligionnaires protestants. Il y gagnera la béatification, mais nous y perdrons le développement de ses géniales vues géologiques).

Les couches de terrains, qu'il nomme le premier des strates (*strata*), d'un terme d'origine chimique, étant déposées par les eaux, il en infère quelques conclusions qu'il énonce comme suit.

« Relativement à la matière des couches on peut dire : [...]

3° Si dans une certaine couche on observe des traces de sel marin, des dépouilles d'animaux marins, des planches de navire, une composition semblable à celle du fond de la mer, il est certain que la mer a existé en ce point à une certaine époque, quelle que soit la manière dont elle y est parvenue, soit par une véritable inondation, soit par le soulèvement des montagnes.

4° Si dans une certaine couche on trouve une grande abondance de joncs, de graminées, de troncs et de branches d'arbres et d'autres objets semblables, on est en droit de soupçonner que ces matières y ont été apportées soit par le débordement d'un fleuve, soit par l'incursion d'un torrent.[...]

Quant à la position des couches on peut regarder comme certaines les propositions suivantes : [...]

4° A l'époque où une couche quelconque se formait, la matière surincombante était tout entière fluide, et, par conséquent, lorsque la couche la plus inférieure se formait, aucune des couches supérieures n'existait encore.

Pour ce qui regarde la figure, il est certain qu'à l'époque où une couche quelconque se formait, sa surface inférieure et ses surfaces latérales correspondaient à celles des corps inférieurs et des corps latéraux ; mais que sa surface supérieure était d'une manière générale parallèle à l'horizon ; et que, par conséquent, toutes les couches, excepté la plus basse, sont contenues entre deux plans parallèles à l'horizon. De là il résulte que les couches qui sont ou perpendiculaires ou

inclinées à l'horizon, lui ont été parallèles à une autre époque »¹⁰.

Les deux premières propositions renseignent sur la nature du milieu de sédimentation : mer ou cours d'eau ; ils indiquent ce que nous appelons depuis 1838 (Amanz Gressly) des faciès. La suivante précise l'ordre de dépôt, du bas vers le haut, selon ce qu'on nomme le principe de superposition, et l'inclinaison des couches marque un mouvement des terrains avec déformation : c'est un principe tectonique.

Poussant encore sa pénétration de vue, Sténon applique ses principes à l'histoire de la Toscane. La figure suivante, composée de six coupes schématiques résume deux invasions marines, suivies de deux exondations et de deux mouvements tectoniques. Notées 20 à 25, ces coupes doivent être lues à l'envers si l'on désire reconstituer l'histoire dans son sens direct, du plus ancien au plus récent. La figure 25 montre une submersion avec dépôt de couches dites pierreuses ; la figure 24 correspond au départ des eaux. Puis, en 23, les couches s'inclinent, non comme nous pourrions l'attendre, en fonction de notre schéma de formation des reliefs par soulèvement et plissement ; mais au contraire par affaissement. C'est le principal archaïsme de la figure. Mais n'en soyons pas surpris : faute de disposer de forces soulevantes, qui ne viendront qu'à la fin du siècle suivant, avec le plutonisme de James Hutton (1726-1797), il ne pouvait en être autrement. Toutefois, Sténon est embarrassé pour expliquer cet affaissement, qu'il attribue au déblaiement des couches inférieures par l'action, soit des eaux, soit du feu, et sur laquelle on sent qu'il reste flou.

¹⁰ Nicolas Sténon N (1669) *De Solido intra solidum naturaliter contento dissertationis prodromus* (Florence) d'après Elie de Beaumont L, « Fragments géologiques tirés de Sténon, de Kazwani, de Strabon et du Boun-Dehesch », *Annales de Sciences naturelles*, XXV, 1832, p. 345-349.

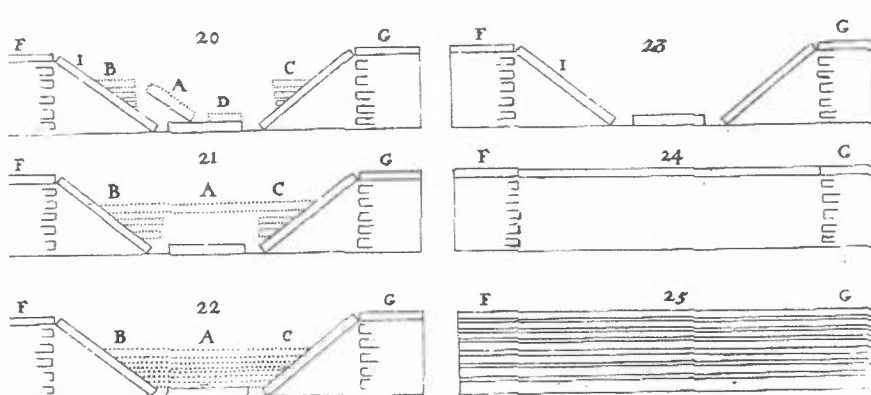


Figure 1 : « Changements divers arrivés en Toscane » (d'après Sténon)

Les figures 22 à 20 montrent une autre submersion (22), avec dépôts de couches sableuses (arénacées) représentées par des pointillés, suivie également d'une émergence (21) et d'un effondrement (20, état actuel).

Mais curieusement, en examinant de plus près cette figure 20, on voit que Sténon fait un usage qu'on pourrait dire approximatif de ses principes. Les couches pierreuses et les couches arénacées se déposent au même niveau. En termes modernes, on pourrait dire qu'elles forment deux cycles sédimentaires emboîtés, et nous savons que le principe de superposition ne s'applique qu'à l'intérieur de chacun des cycles. La succession ne provient donc pas de l'application de ce principe. Par ailleurs, si l'on regarde la zone située sous la lettre A, on voit que la couche pierreuse inférieure est horizontale, et que seule la couche sableuse est inclinée, alors que nous nous attendrions, dans notre conception moderne, à trouver les couches anciennes, doublement bousculées par les orogénèses, fortement dérangées, et en tout cas plus que les couches postérieures. Cela résulte du choix de Sténon, qui produit ses mouvements tectoniques par affaissement.

Faut-il lui faire reproche de cette application incertaine de règles si bien posées ? Tout au contraire : le génie de Sténon est d'avoir eu l'intuition de deux cycles sédimentaires et de deux orogénèses avec des principes qui ne pouvaient s'appliquer que de façon approchée aux archives dont il disposait. Et qui laissent soupçonner, puisque son schéma est exact, au regard de notre savoir, qu'il disposait de connaissances qu'il réservait pour sa dissertation. Faute de celle-ci, les principes sténoniens étaient trop en

avance pour que les contemporains du génial Danois les suivent. En sorte que la lecture des archives de la Terre ne se fera pas immédiatement.

Ce qui manque, et qui explique pourquoi Sténon doit suppléer par son intuition à la stricte application de principes stratigraphiques, c'est la découverte d'archives universelles.

A la recherche de dateurs universels.

Le principe de superposition ne s'applique que localement : il date seulement les couches en contact, de la plus ancienne à la plus récente, selon une relation d'ordre. Mais l'on sait qu'une couche donnée ne peut se suivre sur de grandes distances. Soit qu'elle s'enfonce en profondeur, soit qu'elle est interrompue par l'érosion, elle disparaît de la surface. Quand on retrouve à des dizaines ou des centaines de kilomètres des terrains analogues, qui peut garantir que ce sont les mêmes, et qu'ils ont notamment le même âge ? Les corrélations à distance supposent qu'au principe de superposition s'ajoute un principe de continuité, d'application incertaine.

On nomme aujourd'hui lithostratigraphie la science qui procède à l'identification des terrains d'un même âge, en utilisant leur nature pétrographique et minéralogique, leur disposition ou tel ou tel autre indice qui paraîtra caractéristique. Munis de ce seul savoir, le premier qui s'impose à la vue, les voyageurs de la seconde moitié du XVIII^e siècle, de Pallas (Oural) à Ramond de Carbonnières (Pyrénées), exploreront les montagnes d'Europe pour y déterminer l'ordre des couches afin de vérifier qu'elle est partout la même. Ils établiront un ordre : granite, gneiss, micaschistes, calcaires, sables et autres roches sédimentaires. En 1799, Alexandre de Humboldt franchira l'Atlantique pour s'efforcer de ramener les terrains d'Amérique du sud au même schéma.

Mais, dans le même temps, les fossiles, dont nous savons qu'ils sont plus fiables, commenceront à se substituer aux couches. D'abord simples auxiliaires, ils permettront d'écrire ce que Jean-André De Luc (ou Deluc), voyageur et savant genevois, établi en Grande-Bretagne, nommera deux histoires parallèles. « Les monuments dont j'ai tiré les détails ci-dessus, dit-il après avoir esquissé une histoire de la Terre, sont bien plus à portée des hommes qui désirent s'instruire, que ne le sont ceux dont on déduit l'histoire des anciens peuples ; car les premiers sont répandus partout. Ces monumens concernent deux histoires collatérales, celles de nos couches et des êtres organisés »¹¹.

¹¹ Jean-André Deluc (1798), *loc. cit.*, p. 382.

Mais je ne poursuivrai pas plus avant cette étude de l'utilisation des fossiles puisque c'est le sujet de la communication suivante, de Jean Gaudant, qui montrera comment les pierres figurées des auteurs anciens sont devenues des fossiles stratigraphiques. C'est aussi le sujet que traitera Claude Babin, à propos des méthodes modernes de ce qu'on nomme la biostratigraphie.

Pour mon compte, afin de préciser ce qu'est un marqueur du temps, je prendrai l'exemple de deux méthodes de datation qui n'ont pas abouti, parce qu'elles étaient fausses, mais qui possédaient a priori les caractéristiques nécessaires pour servir d'archives. Les couches de la lithostratigraphie ont l'avantage de reposer, au départ, sur le principe de superposition et de ne s'en éloigner, en recherchant la continuité des strates, que très progressivement. Les fossiles qu'elles renferment sont aussi datés à l'origine par la position relative des couches qui les contiennent. Ils bénéficient ainsi du même principe de superposition. On procède donc de proche en proche, à partir de l'observation à l'échelle de la carrière, dans la recherche d'archives de plus en plus fiables. Mais on a pu songer à l'abandon de ce secours du contact des couches pour prendre en compte une autre donnée, d'ordre géométrique, issue d'un principe qu'on nommera principe de direction. Nous en verrons deux usages, à deux cents ans d'intervalle. Le premier chez Hooke déjà cité, le second chez Léonce Elie de Beaumont (1798-1874), fondateur de la tectonique, autour de 1830, et qui, dans un domaine que nous n'aborderons pas, est aussi (surtout diront certains historiens) l'auteur de la première carte géologique de France (1841), avec Armand Petit-Dufrénoy.

Si Hooke achoppe à mettre en application ses idées sur la présence de fossiles dans les terrains, ainsi qu'on a dit, il fait, dans ses mêmes *Lectures and Discourses*... une observation qui aurait pu le conduire à une méthode originale de datation, si elle avait été applicable. Persuadé, après bien d'autres, que l'axe des pôles change avec le temps, il imagine un moyen de le vérifier. Il lit des textes de voyageurs sur les pyramides dans l'espoir d'y trouver des détails sur leur direction. Déçu que les auteurs ne s'y soient pas intéressés, il envisage d'observer, plus près de lui, la direction des axes de la nef et du transept de quelques cathédrales gothiques, dont on sait qu'elle suit les points cardinaux. Il évoque l'abbaye de Westminster ou les cathédrales de Salisbury et d'York. Mais il semble n'avoir pas mis son projet à exécution.

Commentons. On sait d'abord qu'il n'aurait rien observé. Certes, l'axe des pôles a varié avec le temps, comme le montrent les données du paléomagnétisme. En ce sens sa méthode pourrait apparaître comme une

anticipation de la science contemporaine. Mais c'est à une tout autre échelle. Ne soyons cependant pas trop sévères. Pas plus que les planches de navire que cherche Sténon dans les couches marines, les variations polaires séculaires ne sont une absurdité au XVII^e siècle, au temps, comme le dit l'historienne de la géologie Rhoda Rappaport, où les géologues étaient historiens¹².

Mais il faut ajouter que Hooke ne cherche pas d'archives, et qu'il ne désire pas dater les cathédrales gothiques... puisqu'il en sait pertinemment la date de construction. Si je donne cet exemple c'est seulement à titre d'archive potentielle. Supposé qu'il fût parvenu à ses fins, et que l'axe eût varié sensiblement depuis le Moyen Age, l'angle de l'axe ancien et de l'axe actuel pouvait être étalonné en fonction du temps : il aurait permis, dès lors, de dater d'autres monuments, de date inconnue. Simple fiction, bien sûr. Sans doute Hooke n'y a-t-il pas songé, mais sur son hypothèse on pouvait asseoir une méthode de datation. Il me semble que l'exemple permet de préciser ce qu'est une archive, d'autant qu'à l'échelle du temps géologique le paléomagnétisme en fait usage aujourd'hui.

Le second exemple est peut-être tout aussi extravagant. Toutefois l'auteur, Elie de Beaumont, s'il ne le présente pas de manière précise le suggère cependant assez fortement pour qu'on imagine qu'il aurait aimé substituer sa méthode géométrique à celle des paléontologues. Pourtant, il ne peut ignorer le rôle des fossiles, en plein essor, avec les travaux d'Alexandre Brongniart et ceux d'Alcide d'Orbigny. Ceux-là, concède-t-il, peuvent servir à déterminer l'âge des couches : en effet, « des formes analogues se sont succédé dans les différentes parties de la terre dans le même ordre ; car on les trouve constamment superposées suivant la même loi [...] Cependant on doit avouer que par ce moyen on fait le rapprochement dont il s'agit [c'est à dire la corrélation des couches de même âge] avec moins de certitude et de précision que si, la mer étant à sec, on pouvait suivre la continuité des couches d'une contrée dans une autre. » De telle sorte que les caractères paléontologiques sont destinés « à suppléer aux caractères stratigraphiques lorsqu'on veut opérer vite et lorsqu'il y a quelque obstacle à l'application des derniers »¹³.

¹² Rhoda Rappaport (1997) *When geologists were historians, 1665-1750* (Ithaca, London : Cornell University Press).

¹³ Léonce Elie de Beaumont (1845) *Leçons de géologie pratique, professées au Collège de France, pendant l'année scolaire 1843-1844* (Paris, Strasbourg : Bertrand et Levrault), pp. 65-66.

Que sont ces caractères stratigraphiques, et comment le très sérieux professeur au Collège de France peut-il envisager que la bonne stratigraphie nécessiterait que les océans fussent à sec ? Ceci simplement : ses travaux, depuis sa première communication sur le sujet en 1829, lui ont fait soupçonner que les chaînons montagneux élevés à une même époque devaient avoir la même direction. La rencontre, à la surface de la Terre de deux chaînes parallèles, permettrait donc, dans cette hypothèse, de conclure à leur contemporanéité (pour autant que la réciproque fût vraie). Or on détermine l'âge d'un soulèvement de terrain, ainsi qu'on a vu avec Sténon, à la discordance angulaire qui sépare des couches inférieures plissées de couches supérieures horizontales.

Si les fossiles contenus dans les unes et les autres de ces couches sont des dateurs fiables, l'âge du soulèvement peut être déterminé : il est postérieur à la plus récente des couches plissées et antérieur à la plus ancienne des couches restées en place. La direction identique des chaînes et la présence des mêmes fossiles se présentent donc comme deux moyens de dater un soulèvement commun. Deux moyens complémentaires si leur verdict est le même ; deux moyens concurrents s'ils donnent des résultats divergents. Auquel alors faire confiance ? Elie de Beaumont, qui se défie des fossiles stratigraphiques, pense que les directions pourraient se substituer à eux.

Et de fait, aucune considération a priori ne permet de choisir. C'est a posteriori, parce qu'il aboutit à des résultats plus cohérents qu'un système d'archivage se révèle meilleur qu'un autre. Certes, Elie de Beaumont avait tort, et le principe de direction demeura l'imaginaire projet de l'homme qui, après avoir fondé la tectonique, faillit, par son dogmatisme, stériliser la stratigraphie naissante en imposant son extravagant réseau pentagonal. Mais l'existence de plusieurs systèmes était nécessaire au développement de la géologie historique. C'est donc lentement, suite à des discussions intenses, et de façon très empirique, que la biostratigraphie s'est imposée comme meilleur dateur. Et d'ailleurs, si les biomarqueurs ont montré leur fiabilité en matière de datation, ils n'ont pas, pour autant, éliminé les marqueurs lithologiques, dont nous avons parlé plus haut. Simplement, ils les ont relégués dans une autre fonction. Car en réalité les deux fonctions d'une archive, informer sur un phénomène (transgression ou régression marine, soulèvement, etc.) par son faciès, et dater celui-ci doivent être dissociées afin de permettre la régionalisation de l'histoire de la Terre.

Le double archivage : régionalisation et contingence.

Nature lithologique des terrains, ou présence de restes organiques, nous l'avons vu, sont les deux marqueurs successifs ayant permis de dater les événements de l'histoire de la Terre. Mais, tant qu'on n'utilise que l'un des deux, les événements relatés doivent être globaux, puisque l'identité d'âge est tributaire de l'identité de faciès. Si l'on utilise la nature des couches, il faut qu'on retrouve le même dépôt sur toute la surface terrestre. L'uniformité est la garantie de la simultanéité, mais elle suppose que la Terre entière ait la même histoire.

Quand la fonction de datation passe aux fossiles les autres marqueurs se libèrent. Il n'est pas très difficile de les utiliser pour la reconnaissance de faciès. La comparaison avec la nature des dépôts actuels permet cet usage que Sténon amorçait en distinguant les dépôts marins des dépôts dulçaquicoles. La principale conséquence en est que l'histoire se régionalise. Et du coup, elle se complique, en se fragmentant. Les régions du monde auront des aventures différentes. La contingence des événements s'accentuera, et les archives seront cherchées en chaque province, voire en chaque localité. Elles seront d'autant plus nécessaires pour reconstituer et juxtaposer les monographies. D'où un effet boule de neige : les archives appellent les archives, la contingence s'accentue.

Mais si l'usage de ces archives de faciès ne pose pas de problème majeur, dès lors que la géologie dispose du principe des causes actuelles pour leur identification, il n'en va pas de même des dateurs. Comment réaliser les corrélations à distance quand les affleurements dispersés ne permettent pas de suivre les couches sur toute la planète selon le vœu évoqué plus haut d'Elie de Beaumont ? Un bon dateur ne doit-il pas posséder une sorte de marque indiquant sa place dans la colonne chronologique ?

Sans doute en raisonnant ainsi risque-t-on d'inverser le problème : la recherche de l'ordre est fondamentalement empirique, a-t-on noté plus haut. Pourtant, à plusieurs reprises, tant pour les dateurs lithologiques que pour les dateurs paléontologiques, s'est-on essayé à trouver une loi de distribution dans le temps de l'archive choisie. En matière de lithostratigraphie, la théorie neptunienne qui s'est imposée dans le dernier tiers du XVIII^e siècle remplissait cette condition. Pour ses tenants, soit la majorité des géologues de l'époque, l'océan recouvrait initialement toute la surface du globe, laquelle présentait cependant des inégalités, dessinant des bassins et des reliefs (figure).

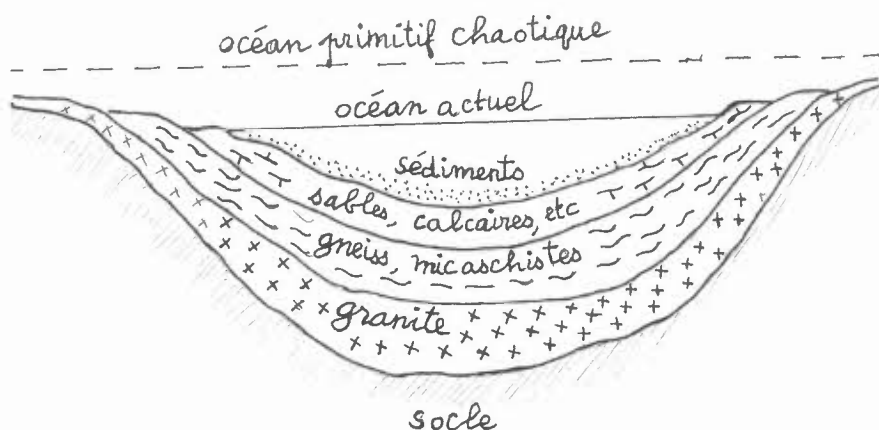


Figure 2 : Schéma d'une coupe de la Terre selon la conception neptunienne

Les eaux de cet océan, qu'on nomme parfois chaotique, contenaient en solution/suspension des matières dont le dépôt successif constitue les couches de la Terre. Des éléments cristallins d'abord, formant des couches de granite, lequel est tenu pour sédimentaire, puis des gneiss et des micaschistes, puis nos sédiments véritables, expliquant l'ordre des terrains observés.

Cette conception visait à garantir que les granites des Alpes ont l'âge de ceux d'Oural ou des Pyrénées. Aussi bien Werner (1749-1817), le principal représentant de la doctrine, élabore-t-il, à partir de l'étude de sa seule province, la Saxe, une échelle des formations successives. Il nomme géognosie la science qui résulte de ses investigations et de celles de son école.

Et quand l'usage des fossiles s'introduit timidement dans les premières années du XIX^e siècle, sans toutefois verser dans un dogmatisme comparable, le géologue du nouveau siècle est tenté de proposer une loi de progression des formes vivantes, pour aider à reconnaître l'âge des terrains les contenant. Les dépôts les plus anciens, note-t-on, sont dépourvus de traces de vie ; les suivants montrent des animaux simples ; puis viennent des faunes de plus en plus complexes. Cette progression de la vie, aussi bien que la succession des couches de moins en moins cristallines, pouvait servir de chronomètre, garantissant la simultanéité des faunes d'un certain degré de perfection, et permettant de classer, dans une colonne préétablie, toute collection de fossiles récoltée en un point quelconque du monde.

La théorie de la progression fournira longtemps un cadre à la mise en place des faunes (et flores) successives. Elle accompagnera la naissance de la biostratigraphie, même si le fondateur de cette discipline en France, Alcide d'Orbigny (1802-1857) la refuse. Sans pouvoir s'attarder à ce problème, on peut cependant noter qu'il existe d'autres tentatives, fussent-elles illusoires, de trouver des indices de reconnaissance des faunes contemporaines que la loi de progression. C'est ainsi que Gérard Paul Deshayes (1795-1875), qui fournit à Lyell ses données pour la division des temps tertiaires en périodes, se demande si, à chaque époque, la Terre n'est pas soumise « à un même ensemble d'influences climatiques » qui donnerait à chaque faune un cachet particulier¹⁴. Affirmation qui semble énigmatique, sinon gratuite (voir exposé Gaudant ci-après). Mais qui est de la même veine que les précédentes, et qui dit bien l'effort des stratigraphes dans la recherche d'aides théoriques, de béquilles en quelque sorte, pour la mise en ordre des faunes. Et, bien sûr, plus tard, la théorie de l'évolution offrira ses propres ressources en postulant des lois paléontologiques : progression (encore), irréversibilité, spécialisation des lignées à partir de formes dites synthétiques, etc. Et l'on sait bien que, sans méconnaître le degré d'incertitude de toutes ces lois présumées, les faunes successives ne se présentent pas de façon indépendante, à la manière des numéros de tirages d'une loterie. Elles sont les composantes d'une même histoire, dont chaque étape influe sur les suivantes, pour parler comme Cournot.

Conclusion : la confusion toujours possible

Reste un problème : nous avons vu que la faute des premiers lithostratigraphes reposait sur la confusion entre les deux fonctions, reconnaissance des faciès et datation des couches de la Terre. Mais on peut dire que les fossiles ont, dans le domaine actuel de la stratigraphie, cette même double fonction, selon les formes. Or rien ne permet, en présence d'une espèce fossile, de déterminer laquelle de ces fonctions elle remplit. Et pourtant la confusion des deux introduit des erreurs d'imputation.

Certes, il arrive que certaines formes accomplissent la double fonction, occupant un faciès déterminé à une époque limitée. On cite ordinairement les Rudistes, mollusques lamellibranches de l'ère secondaire, dont chaque espèce caractérise une période déterminée, et qui, toutes, sont liées à un milieu de vie récifal, soit à un faciès particulier. Mais le cas n'est

¹⁴ Cité in Ami Boué (1832) *Mémoires géologiques et paléontologiques*, (Paris, Bruxelles : l'auteur), p. 100.

pas général. Et l'on connaît des exemples historiques où la confusion des deux fonctions a pu entraîner des erreurs d'interprétation.

Il pourrait même y avoir une sorte de constante de l'esprit dans cette croyance à l'âge simultané de tout phénomène (volcanisme comme direction de soulèvement) ou toute formation (granite ou calcaire). Contentons-nous, pour nous reposer sur une autorité, de rappeler cette mise en garde de Stanislas Meunier (1843-1925), professeur de géologie au Muséum de Paris, qui notait en 1911 :

« On a cru à une époque des plages soulevées, à une époque du soulèvement des montagnes, à une époque du creusement des vallées, à une époque métamorphique, à une époque corallienne, etc., etc. La croyance à l'époque glaciaire est le plus récent échantillon de la même illusion.

La conception de la simultanéité pour des manifestations identiques a sa source dans une disposition de l'esprit qu'on pourrait qualifier de besoin ou d'instinct mathématique »¹⁵.

Cette citation est intéressante. Elle mérite quelques commentaires. Laissons l'imputation de cette disposition de l'esprit à un instinct mathématique. Elle ne semble pas très pertinente. En revanche plusieurs points exigent examen.

1) L'auteur se réfère à ce travers que nous venons d'évoquer à propos de la lithostratigraphie. Et s'il ne parle pas d'époque primitive, il évoque une époque métamorphique. En ce sens, il voit juste. On pourrait généraliser sa critique en nous souvenant du titre de l'ouvrage de Buffon : *Des Epoques de la Nature*, qui prétendait que chaque période de l'histoire du globe correspondait à un type de phénomène ou de dépôt. Ainsi Meunier aurait pu compléter sa liste en parlant du temps où « les volcans commencèrent d'agir », quatrième des époques buffoniennes. Tout le travers de la lithostratigraphie est dans cet ouvrage, avec sa succession d'un temps des granites, d'une période de l'argile, d'une autre des calcaires, etc. Et l'on ne s'étonnera pas d'apprendre que Stanislas Meunier entama son enseignement au Muséum par un cours sur les Causes actuelles : le leitmotiv de l'école actualiste depuis Charles Lyell tenait en cette formule que toutes les roches sont de tous les temps. La conception cyclique de l'histoire de la Terre issue de James Hutton, le maître à penser de Lyell, rendait caduque la

¹⁵ Stanislas Meunier (1911) *L'évolution des théories géologiques* (Paris : F. Alcan), p. 10.

lithostratigraphie des neptunistes qui imputaient un âge à chaque formation. Mais elle ne se satisfaisait pas pour autant de la biostratigraphie, qui présentait la succession des faunes selon un schéma tout aussi directionnaliste. A juste raison comme on sait, Aussi bien les adversaires de Lyell ne manquaient-ils pas de se moquer de certaines de ses formulations qui laissaient entendre que telles espèces fossiles pourraient réapparaître sur Terre. Mais laissons cette question que Gould traite avec son génie dans *Cyclic Time, Arrow's Time*.

2) Meunier a raison, encore, lorsqu'il évoque l'époque corallienne. C'est un exemple de confusion entre fossiles stratigraphiques et fossiles de faciès. On avait imaginé un étage corallien, dans le Jurassique supérieur, qui correspondait en gros au Lusitanien. L'erreur n'était pas énorme car les récifs occupaient une tranche limitée du temps géologique. Si l'on se trompait c'est que les coraux avaient migré au cours du temps dans notre Jura, et qu'ils étaient donc plus récents dans le Salève ou au bec de l'Echaillon (près Grenoble) qu'à Besançon ou Lons le Saulnier. Les madrépores, constructeurs de récifs, sont d'excellents fossiles de faciès, mais de mauvais fossiles stratigraphiques. Seulement ce sont des choses qu'on ne peut savoir a priori. La distinction entre les deux types opposés de fossiles résulte d'une longue pratique et de rectifications répétées.

3) La preuve que rien n'est donné à priori est fournie par l'erreur que fait Stanislas Meunier lui-même dans sa remarque finale, et qu'il faisait dans les phrases qui précédaient celles que nous citons. L'auteur s'insurge contre l'époque glaciaire, dans laquelle il voit une faute analogue. Il a tort comme on sait puisque l'ère quaternaire est caractérisée par le refroidissement de la Terre, avec plusieurs avancées des glaciers alpins notamment. Le géologue actualiste militant pouvait se méfier des risques que l'on courait à réunir toutes les observations faites sur les manifestations glaciaires sur une seule époque. Il y voyait une « rupture dans le fil régulier de l'évolution terrestre ». Façon évidemment d'inverser une célèbre formule du catastrophiste Cuvier qui lançait dans son *Discours sur les révolutions du globe* que « le fil des opérations est rompu ».

L'argument était propre à séduire l'historien des sciences, instruit par la répétition de ce genre d'erreur. Mais il était faux. Et d'ailleurs Lyell, pour sa part, s'était rallié à l'idée de l'époque glaciaire. Preuve que les généralisations sont toujours dangereuses, et que la science n'obéit pas à d'autres règles qu'aux observations bien conduites. Ce qui n'empêche évidemment pas le spécialiste de tenter de trouver des sortes de lois qui guideraient sa recherche et lui épargneraient les dangers du pur empirisme. Ce n'est pas à l'historien de dire comment le stratigraphe doit dater ses

fossiles. Il se contente de l'observer, afin de démêler la part des règles ou des lois et des données purement fortuites qui sont à l'œuvre dans son travail.

Président du Comité Français d'Histoire de la Géologie,
Equipe Rehseis, ga.gohau@wanadoo.fr

DES JEUX DE LA NATURE AUX MEDAILLES DE LA CREATION

Jean GAUDANT*

Résumé

Après avoir été longtemps considérés comme des « jeux de la nature » ou comme produits par l'action d'une « force plastique », les fossiles furent enfin reconnus vers la fin du XVII^e siècle, principalement grâce à Sténon, comme des restes d'êtres vivants. Ils acquirent bientôt avec Hooke le statut de « médailles de la nature », avant d'être considérés comme des témoins du déluge. Ils accédèrent alors au statut d'« archives » et contribuèrent ultérieurement à l'établissement d'une stratigraphie dont Soulavie et de Luc font figure de précurseurs. L'association du créationnisme et du catastrophisme joua un rôle fondamental dans le développement de la stratigraphie dont le but initial était de définir une série continue de faunes et flores qui auraient été anéanties par une succession de catastrophes d'amplitude planétaire. L'adoption du transformisme et l'abandon du catastrophisme permirent enfin de proposer un fil conducteur susceptible de rendre compte des « enchaînements du monde animal » chers à Albert Gaudry.

Introduction

Depuis que la stratigraphie paléontologique existe, personne n'est plus tenté de douter du statut d'archives accordé aux fossiles que chacun s'accorde à considérer de nos jours comme des témoins des périodes plus ou moins anciennes de l'histoire de la Terre. Il n'en fut cependant pas toujours ainsi puisque, pratiquement jusqu'à la fin du XVII^e siècle, rares furent ceux qui, comme Léonard de Vinci (1452-1519) et Bernard Palissy (v. 1510-1589?) accordaient aux fossiles une origine organique, comme le souligne Gohau¹ (1990). Et pourtant, il y a vingt siècles, Strabon (v. 58 av. J.C.-v. 21 à 25 apr. J.C.) confirmait les observations d'Eratosthène (v. 275-

* Secrétaire général du comité français d'histoire de la géologie.

¹ Gabriel Gohau (1990) *Les sciences de la Terre aux XVII^e et XVIII^e siècles. Naissance de la Géologie* (Paris : Albin Michel).

195 av. J.C.) qui, deux siècles auparavant, avait déjà remarqué la présence d'huîtres et d'un grand nombre d'autres coquillages aux environs du temple d'Ammon (situé dans l'oasis de Siwah, en Egypte, à environ 300 kilomètres de la mer). Pour ces deux auteurs, il s'agissait bien, à l'évidence, de restes d'êtres vivants, comme le note Ellenberger² (1988).

1. La Renaissance

L'aristotélisme

Le concile de Florence (1438) donna le signal d'une renaissance intellectuelle marquée par une volonté d'approfondissement de la connaissance de la pensée d'Aristote. Au siècle suivant, l'Eglise catholique affirma l'existence d'une convergence entre la pensée d'Aristote et le christianisme, tout en reconnaissant qu'il était indispensable d'amender le système de l'auteur de la *Métaphysique* pour y introduire notamment le concept de Création qui lui était étranger. L'aristotélisme était né. L'enseignement des jésuites contribua ensuite à le répandre largement dans le monde savant. Son influence allait persister jusqu'au milieu du XVII^e siècle.

Selon Aristote, la Terre, occuperait le centre du monde et serait entourée d'une série de sphères concentriques où prendraient place la lune et les planètes, au delà desquelles se situeraient les étoiles fixes. Les planètes seraient censées exercer une influence sur les corps terrestres. C'est ainsi que la *vis formativa* serait responsable de la formation des minéraux à l'intérieur de la Terre par l'action d'« *exhalaisons* »³. Il en serait de même pour les fossiles, au sens où nous entendons ce terme aujourd'hui.

Les fossiles, objets naturels

Agricola - Georg Bauer (1494-1555), universellement connu sous le nom d'Agricola, est généralement considéré comme le « père de la minéralogie ». Dans son ouvrage intitulé *De natura fossilium* (1546)⁴, il traite des fossiles (au sens moderne). La plupart d'entre eux sont évoqués dans le livre V consacré aux pierres. Agricola les décrit en faisant référence à leur forme – ainsi l'encrine (notre *Encrinus*) a-t-elle « la forme d'un lis » –

² François Ellenberger (1988) *Histoire de la Géologie* T. 1, (Paris : Technique et Documentation).

³ Frank Dawson Adams (1954) *The birth and development of the geological sciences* (New York: New ed., Dover Publ).

⁴ Agricola (1546) *De natura fossilium lib. X*. Froben, Basileae.

, leur effervescence avec le vinaigre (dans le cas de l'*astroite* – ou pentacrine – décrit au Livre I), parfois à leur ressemblance avec des animaux actuels (tels les « strombites » qui ressemblent aux strombes et les « ostracites » semblables aux huîtres), cela sans que soit jamais suggéré qu'il puisse s'agir de restes d'êtres vivants.

Toutefois, dans son *De Ortu et causis subterraneorum* (1546)⁵, Agricola avait évoqué un processus qui n'est pas sans évoquer la fossilisation d'organismes vivants car, écrit-il : « le suc lapidescent, s'il pénètre, soit seul, soit mêlé et mélangé d'eau, dans les trous des plantes ou des animaux, outre qu'il y a une matière, joue le rôle de cause efficiente ; en effet il se revêt de leur propre corps, de sorte qu'il le transforme entièrement en pierre avec lui ».

Gesner - Une vingtaine d'années plus tard parut, en 1565, le *De rerum fossilium*⁶ de Conrad Gesner (1516-1565). Dans cet ouvrage, illustré de nombreux bois gravés, l'auteur cherchait essentiellement à décrire et à préciser les « formes et ressemblances des objets fossiles » comme en témoignent les titres des principaux chapitres :

- II : « Sur les pierres qui ont quelque chose de commun avec les étoiles, le soleil, la lune ou les éléments » : ce sont par exemple les astéries (ou pentacrines) et certains madrépores (Sternstein).

- III : « Sur les pierres qui empruntent leurs noms aux météores, c'est-à-dire aux corps suspendus dans l'air » : ici prennent place les céraunies (Donnerstein) et les pierres de foudre (Straalhammer) qui sont toutes deux des haches polies néolithiques supposées être tombées du ciel.

- V : « Sur les objets fossiles qui sont semblables par nature à une chose artificielle » : il s'agit notamment des trochites (articles d'encrines), semblables à des roues, et des bélemnites en forme de flèches.

On notera que cette recherche des correspondances entre les corps fossiles et des éléments connus par ailleurs (astres, objets artificiels, etc.) traduirait, selon Rudwick (1976)⁷, une certaine influence du néoplatonisme.

⁵ Agricola (1546) *De Ortu et causis subterraneorum lib. V.* (Froben, Basileae).

⁶ Conrad Gesner (1565) *De Rerum fossilium, lapidum et gemmarum maxime, figuris & similitudinibus Liber.* (Tiguri).

⁷ Martin J. S. Rudwick (1976) *The meaning of fossils - Episodes in the history of Palaeontology.*, Rev. Ed., (New York: Neale Watson Acad. Publ).

Fallopio - Un célèbre contemporain de Conrad Gesner, Gabriele Fallopio (1523-1562), auteur d'un traité posthume intitulé *De Metallis* (1564)⁸, a tenté de répondre dans le chapitre IX de cet ouvrage à la question : « Où et comment sont engendrées les pierres ? ». Après avoir constaté qu'« on trouve [...] des montagnes regorgeant partout de valves ou de coquilles d'huîtres, coquilles qui sont des pierres » – il ajoute qu'il a lui-même trouvé « des coquilles de ce genre dans le territoire de Volterra sur une montagne voisine de celle où se trouve une carrière d'albâtre » –, il écarte l'idée avancée par « certaines gens du peuple [qui] pensent que cela se fit à cause du déluge » car, rappelle-t-il, « les péripatéticiens, bien qu'ils accordent un déluge particulier, nient cependant un déluge universel ». Et, en bon disciple d'Aristote, Fallopio ajoute : « je pense qu'elles sont produites par une exhalaison fumeuse enfermée dans ces cavernes qui, cherchant une issue, et n'en trouvant pas, est mue et agitée à la façon d'un tourbillon ; ainsi sont engendrées tantôt des coquilles entières, tantôt seulement une partie de coquille, selon que varient l'agitation et le mouvement de cette exhalaison ». Ainsi, pour Fallopio, les huîtres fossiles ne témoignaient nullement du passé de la Terre.

Goropius - Goropius Becanus (1518-1572) s'est penché dans les *Origines Antwerpianae* (1569)⁹ sur la question que se posaient les habitants d'Anvers intrigués par la présence, en certains lieux de cette ville, d'amas de coquilles enfouies dans le sol. Il attribue leur formation à un « donateur des formes » susceptible de créer des formes au sein de la matière. Ainsi, « partout où une humeur ou un liquide se trouve capable de donner la vie à des testacés, des testacés vivants sont engendrés. Mais lorsque la matière sera certes apte à donner une forme qui soit ce que l'on appelle une coquille, mais ne pourrait pas fournir le liquide qui conviendrait à un petit "poisson" vivant, il arrivera que la coquille sera seule engendrée, et non le petit "poisson" ». [p. 238-239]. Un peu plus loin [p. 241] il fera référence à une « puissance formatrice » pour expliquer ce phénomène.

⁸ Falloppii [sic] Gabriele, *De Metallis, seu fossilibus tractatus*. In : G. Falloppii [sic]. *De Medicatis Aquis, atque de fossilibus*. Ludovicum Avantium, Venetiis, 1564, pp. 85-176.

⁹ Becanus Goropius (1569) *Origines Antwerpianae sive Cimmeriorum Becceselana. Novem libros complexa*. Ex officina Christophori Plantini, Antverpiae.

Cesalpino - Toutefois, à la fin du siècle, Andrea Cesalpino (1519-1603) osa faire remarquer dans son *De Metallicis* (1596)¹⁰ que « les objets qui se font par hasard se produisent, non pas en grand nombre, ni fréquemment, mais en petit nombre et rarement ». Et il n'hésita pas à conclure au sujet des trochites, bélemnites, glossopètres, etc., que « des corps de ce genre, non pas en petit nombre, mais nombreux et même innombrables, ayant tout à fait la même configuration que des êtres vivants, ont existé en tant qu'êtres vivants, mais se sont ensuite durcis en une substance pierreuse, soit d'eux-mêmes, soit par quelque suc lapidescent » [p. 133]. Et à ceux qui s'étonnaient de la présence de prétendus animaux marins loin des rivages actuels, il répondait qu'« il ne faut pas s'étonner qu'on trouve des animaux marins transformés en pierre dans l'intérieur des terres, et les plus hautes montagnes ; en effet, il n'est pas absurde que la mer ait existé partout, et c'est même nécessaire, comme le rapporte Aristote » [*Ibid.*].

2. L'apport du « Grand siècle » : l'origine organique des fossiles

Colonna - C'est Fabio Colonna (v. 1567-1640) qui apporta, dans sa *De Glossopetris Dissertatio* (1616)¹¹, la première confirmation scientifique de la valeur du raisonnement logique de Cesalpino en démontrant de manière indubitable l'origine organique des glossopètres. Il le fit en soumettant celles-ci à l'épreuve de la calcination : « toutes les substances ligneuses, osseuses et carnées, lorsqu'on les brûle, se décomposent d'abord en carbone et ensuite en chaux et en cendre. Au contraire, les substances tuffacées ou pierreuses ne cèdent pas de carbone mais de la chaux » [p. 31].

Sténon - C'est à l'issue de son ... *Canis Carchariae dissectum caput* (Dissection de la tête du chien de mer), publié en 1667¹², que Nicolas

¹⁰ Andrea Cesalpino (1596) *De Metallicis libri tres*. (Romae : Typographia Aloysij Zannetti).

¹¹ Fabij Columnae ou Colonna Fabio (1616) *Fabij Columnae Lyncei De Glossopetris Dissertatio*. in Fabij Columnae Lyncei *De Purpura, aliisq. testaceis rarioribus*, pp. 31-39 [Ouvrage annexé à : *Fabij Columnae Lyncei minus cognitarum rariorumque nostro cœlo orientium stirpium ΕΚΦΡΑΣΙΣ*]. Apud Jacobum Mascardum, Romae.

¹² Niels Stenonis (1667) *Elementorum Myologiae specimen seu musculi descriptio geometrica cui accedunt Canis Carchariae dissectum caput*. Ex Typographia sub signo Stellæ, Florentiae.

Sténon (1638-1686) examina la question de l'origine organique – ou non – des glossopètres. Jusqu'alors, en effet, l'argumentation de fabio Colonna n'avait pas entraîné l'adhésion, probablement parce que sa *Dissertation sur les glossopètres* avait seulement été publiée comme un appendice à son *De Purpura* dont le thème était tout autre. En préambule à son étude des glossopètres, Sténon reconnaissait en effet [p. 100] que : « Au sujet des grandes glossopètres, le litige n'a pas encore été tranché de savoir si ce sont des dents de chien de mer ou des pierres produites à partir de la terre ». Après une très longue digression dans laquelle il exposa une série de conjectures, Sténon formula enfin [pp. 109-110] son point de vue en ces termes :

« Que ce soient des dents de Chien de mer, leur forme en persuade, comme leurs faces planes sont tout à fait semblables à leurs faces planes, leurs côtés à leurs côtés, leur base à leur base. Si nous croyons les historiens, des îles nouvelles ont surgi de la mer, et qui connaît les premiers berceaux de Malte ?

Peut-être qu'autrefois cette terre, cachée sous la mer, fut un repaire de Chiens de mer, dont les dents, autrefois ensevelies sur un fond fangeux, la situation du fond ayant changé par le brusque incendie des exhalaisons souterraines, se trouvent ainsi au milieu de l'île. Et le nombre élevé des glossopètres que l'on apporte de cette île n'engendre pas de difficulté. Dans un même poisson, on compte deux cents dents et plus, au-dessous desquelles en poussent de nouvelles autres de jour en jour.

C'est pourquoi, comme les corps semblables à des parties d'animaux, que l'on extrait des terres, peuvent être considérés comme des parties d'animaux ; comme la forme des glossopètres ressemble aux dents de Chien de mer comme un œuf à un œuf ; comme ni leur nombre, ni la situation de la terre ne conseillent le contraire, ceux qui affirment que les plus grandes glossopètres sont des dents de Chien de mer ne me semblent pas beaucoup s'écarter de la vérité ».

Deux ans plus tard, Sténon revint brièvement sur cette question dans son *Prodromus* (1669)¹³ en apportant [pp. 61-62] un argument décisif supplémentaire :

« Dans les mottes de terre de Malte apportées ici, outre des dents variées de divers chiens de mer, on trouve aussi des coquillages variés, de sorte que, si le nombre des dents donne l'idée d'attribuer à la Terre leur production par la fabrication des mêmes dents, leur abondance dans chaque animal, la terre semblable à un fond de mer, et les autres corps marins trouvés au même endroit favorisent l'opinion contraire. »

Toutefois, comme le souligne Rappaport (1997)¹⁴, cette démonstration fut loin d'entraîner une adhésion unanime à la thèse de l'origine organique des fossiles. En Angleterre, notamment, Martin Lister (1638?-1712) et Robert Plot (1640-1696) soutenaient que les fossiles étaient des « jeux de la nature », tandis qu'Edward Lhwyd (1660-1709) imaginait que les fossiles se développaient dans les roches à partir de semences.

À ces trois noms, il convient d'ajouter celui de John Ray (1627-1705) qu'Ellenberger (1994)¹⁵ qualifie de « scrupuleux porte-parole de sa génération », et qui, en dépit de ses hésitations, finit par se rallier à l'idée que les fossiles sont des restes d'êtres vivants.

3. Les fossiles, médailles de la Nature

Hooke - Robert Hooke (1635-1703) lut en 1667 et 1668 une série de discours devant la Royal Society. Ces discours ne furent publiés par Waller (1705)¹⁶ qu'après la mort de leur auteur sous le titre *A Discourse of Earthquakes*. Hooke, qui venait d'observer des bois fossiles qu'il avait

¹³ Niels Stenonis (1669) *De solido intra solidum naturaliter contento dissertationis prodromus*. Ex Typographia sub signo Stellæ, Florentiæ.

¹⁴ Rhoda Rappaport (1997) *When geologists were historians, 1665-1750*. (Ithaca and London, Cornell University Press).

¹⁵ François Ellenberger (1994) *Histoire de la Géologie*. T. 2, (Paris : Technique et Documentation, Lavoisier).

¹⁶ Richard Waller (1705) *The posthumous works of Robert Hooke, [...] containing his Cutlerian lectures and other Discourses read at the meetings of the illustrious Royal Society* (London: S. Smith and B. Walford).

décrits et figurés dans sa *Micrographia* (1665)¹⁷, y reconnaissait sans ambiguïté la nature organique des fossiles, notamment lorsqu'il établissait un rapprochement entre les cornes d'Ammon (ou « snake-stones ») et les nautilus et interprétait correctement les « helmet stones » (casques de pierre) comme des moules internes d'oursins. Ultérieurement, Hooke écrit un autre texte qui fut également reproduit dans *A Discourse of Earthquakes*. Il y mentionne [p. 335] l'existence de « plusieurs coquilles d'huîtres et de coques qui ont été et que l'on peut trouver dans de nombreuses parties de l'Angleterre, qui, par de nombreuses particularités de leur forme diffèrent des huîtres et des coques que l'on trouve actuellement ». Après comparaison avec des monnaies susceptibles d'être découvertes en creusant le sol et qui fourniraient un élément de datation par la nature du métal ou les inscriptions qu'elles portent, Hooke ajoutait : « Maintenant ces coquilles et autres corps sont les médailles, les urnes ou monuments de la nature ». Les fossiles se voyaient ainsi reconnaître un réel statut d'archives de la Terre.

Le diluvianisme

Woodward - Bien que de farouches résistances continuèrent à se manifester contre la reconnaissance de la nature organique des fossiles, John Woodward (1665-1728) adopta cette interprétation dans son *Essay toward a Natural History of the Earth* (1695)¹⁸. Il tenta d'y démontrer que la surface terrestre a été modelée par le déluge. Il considérait en effet que les coquillages que l'on trouve pétrifiés dans les roches « ne sont que les restes du déluge universel ». Par là même, il accordait donc aux fossiles le statut d'archives de la Terre.

Scheuchzer - Il revint ensuite à Johann Jakob Scheuchzer¹⁹ (1672-1733) de se faire l'éloquent propagandiste du diluvianisme dans une série

¹⁷ Robert Hooke (1665) *Micrographia : or some physiological descriptions of minute bodies made by magnifying glasses with observations and inquiries thereupon*. (London: Jo. Martyn & B. Walford).

¹⁸ John Woodward (1695) *Essay toward a Natural History of the Earth*. (London: R. Wilkin).

¹⁹ Johann Jakob Scheuchzer (1709) *Herbarium diluvianum*. Literis Davidis Gesneri, Tiguri.

Johann Jakob Scheuchzer (1716) *Museum diluvianum quod possidet Joh. Jacobus Scheuchzer*. Typis Henrici Bodmeri, Sumptibus possessoris, Tiguri.

Johann Jakob Scheuchzer (1726) *Synthes. Homo Diluvii testis et Theoskopos*. Typ. Joh. Henrici Byrgklini, Tiguri.

d'ouvrages dont les titres sont à eux seuls tout un programme : *Herbarium diluvianum* (1709), *Museum diluvianum* (1716), *Homo diluvii testis* (1726), le tout couronné par les 4 tomes de la *Physica sacra* (1731-1733) dans lesquels les fossiles étaient mis à contribution pour témoigner de la véracité des Écritures. Les fossiles se voyaient ainsi reconnaître un statut historique puisqu'ils étaient censés prouver l'existence d'un événement majeur de l'histoire terrestre.

4. Premiers rudiments de stratigraphie paléontologique

Buffon ²⁰ - Au milieu du XVIII^e siècle a commencé une prise de conscience fondamentale pour l'établissement d'une stratigraphie paléontologique : la notion d'espèces perdues. Ce n'était pas une nouveauté absolue puisque Bernard Palissy en avait déjà émis l'idée deux siècles plus tôt à propos des rudistes de Saintonge, mais il l'avait fait à un moment où la communauté érudite n'était pas en mesure de la recevoir. Dans l'article VIII des *Preuves de la théorie de la Terre*, Buffon (1749) reconnut en effet que parmi les coquilles fossiles, il en existe certaines « dont l'analogie vivant est étranger ou inconnu ». S'il admettait l'idée que les cornes d'ammon « demeurent toujours dans le fond des hautes mers », il était en revanche disposé à croire « qu'il y ait eu de certains animaux dont l'espèce a péri », comme ceux dont proviennent « les os fossiles extraordinaires qu'on trouve en Sibérie, au Canada, en Irlande » (il s'agit respectivement de ceux du mammoth, du mastodon américain²¹ et du célèbre cerf des tourbières).

Johann Jakob Scheuchzer (1731-1733) *Physica sacra...* Augustae Vindelicorum & Ulmae, 4 vol.

²⁰ Georges Louis Leclerc de (1749) « Second Discours. Histoire & Théorie de la Terre » [suivi des] « Preuves de la Théorie de la Terre ». In : *Histoire naturelle, générale et particulière avec la description du Cabinet du Roy*. T. 1, (Paris : Imprimerie royale).

Buffon Georges Louis Leclerc de (1778) « Des Époques de la Nature » [suivies des] « Additions et corrections aux articles qui contiennent les preuves de la Théorie de la Terre ». In : *Histoire naturelle, générale et particulière avec la description du Cabinet du Roy*. Supplément, T. 5, (Paris : Imprimerie royale).

²¹ Buffon fait ici référence aux restes d'un grand mammifère découverts en 1739 par le baron de Longueuil dans un site de la vallée de l'Ohio situé entre Louisville et Covington (Kentucky), sur lequel il avait planté le drapeau royal. Ils furent envoyés en France l'année suivante et vinrent enrichir les collections du Jardin des Plantes. Guettard (1756) en figura une molaire qu'il renonça à nommer. Selon Simpson (1942) il s'agit d'une molaire de mastodon américain. Le fémur

Buffon revint sur cette question une trentaine d'années plus tard dans les *Additions et corrections* publiées à la suite des *Époques de la Nature* (1778). Il y réduisit à une seule le nombre d'espèces perdues de grands mammifères. En effet, « quelques-uns de ces ossemens énormes [...] nous ont paru néanmoins, après les avoir scrupuleusement examinés, appartenir à l'espèce de l'éléphant & à celle de l'hippopotame, mais à la vérité, à des éléphants & des hippopotames plus grands que ceux du temps présent. Je ne connois dans les animaux terrestres qu'une seule espèce perdue, c'est celle de l'animal dont j'ai fait dessiner les dents molaires... ». [p. 299-300]. Cette espèce perdue est évidemment le mastodon américain, *Mammuth americanum* (Kerr) (Fig. 1), rendu célèbre sous le nom d'animal de l'Ohio, dont la première figuration est due à Guettard (1756)²².

figuré par Daubenton (1764) appartient également au même animal dont le nom scientifique est *Mammuth americanum* (Kerr), ce qui n'est pas sans entraîner des confusions avec le véritable mammoth. Ultérieurement, dans les *Additions et Corrections aux articles qui contiennent les preuves de la Théorie de la Terre*, Buffon (1778) revint à nouveau sur ce sujet en décrivant et figurant plusieurs molaires dont Tassy (2002) a contribué à préciser l'origine et le statut taxonomique.

Louis Daubenton (1762, publié en 1764) « Mémoire sur des os et des dents remarquables par leur grandeur », *Mém. Acad. roy. Sci.*, pp.206-229.

George Gaylord Simpson (1942) "The beginnings of Vertebrate paleontology in North America", *Proc. Amer. Phil. Soc.*, 86, n° 1, pp. 130-188.

Pascal Tassy (2002) « L'émergence du concept d'espèce fossile : le mastodon américain (Proboscidea, Mammalia) entre clarté et confusion » *Geodiversitas*, 24 (2), pp. 263-294.

²² Jean-Etienne Guettard (1752 publié en 1756) « Suite du Mémoire dans lequel on compare le Canada à la Suisse, par rapport à ses minéraux. Seconde partie. Description des minéraux de la Suisse » *Mém. Acad. roy. Sci.*, pp. 323-360.

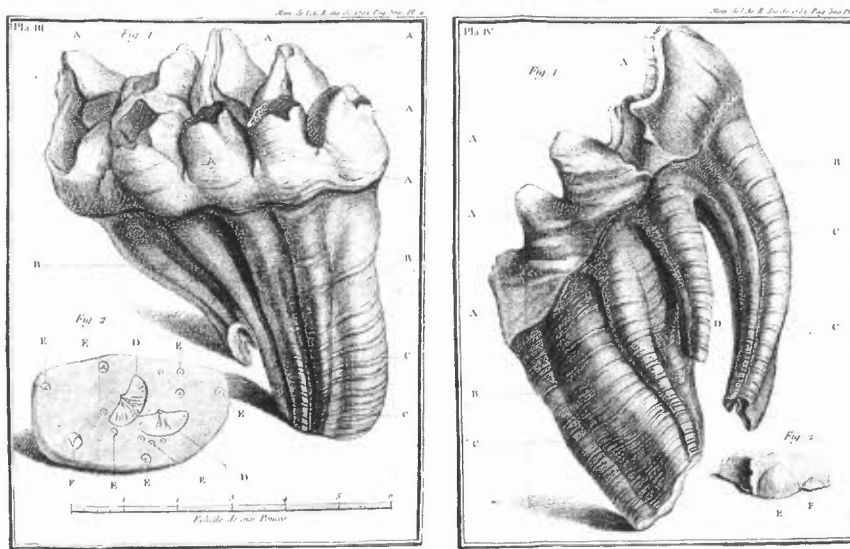


Fig. 1. Deux vues d'une « dent d'une grandeur considérable qu'on trouve en Canada ». D'après Guettard (1756), pl. 11 et 12.

Cependant, comme le note Balan (1979)²³, cette espèce perdue n'était que la première d'une longue série car les explorations de Peter Simon Pallas (1747-1811) en Russie ne tardèrent pas à lui procurer d'autres preuves qu'il avait existé autrefois sur Terre des mammifères dont l'espèce nous est aujourd'hui inconnue.

Dans *Les Époques de la Nature* (1778), Buffon tenta de distinguer les principales phases de l'histoire de notre planète. Les fossiles y sont mentionnés à partir de la troisième époque, c'est-à-dire, « lorsque les eaux ont couvert nos continents » et y abandonnèrent bélemnites, pierres lenticulaires (nummulites) et cornes d'ammon. Pendant la quatrième époque, au cours de laquelle « les eaux se sont retirées & [...] les volcans ont commencé à agir », se produisit une « retraite des eaux, qui d'abord étaient élevées de deux mille toises au-dessus de nos mers actuelles ». A cette époque, « le globe n'étoit peuplé que de poissons et d'animaux à coquilles », tandis que « les sommets des montagnes, & quelques terres

²³ Bernard Balan (1979) *L'Ordre et le temps - L'anatomie comparée et l'histoire des vivants au XIX^e siècle* (Paris : Vrin).

élevées [...] étoient aussi couverts de végétaux » dont les débris « ont formé les veines de charbon » [p. 160]. La cinquième période est celle pendant laquelle « les éléphants & les autres animaux du Midi ont habité les terres du Nord ». Buffon fait en effet référence à la découverte, dans les régions septentrionales, « des défenses & des ossemens d'éléphants, des squelettes de rhinocéros, des dents d'hippopotames & des têtes monstrueuses de bœufs, qui ont frappé par leur grandeur » [p. 177]. Postérieurement, apparurent dans les régions septentrionales « les rennes & les autres animaux qui ne peuvent subsister que dans les climats les plus froids » [p. 176].

Soulavie - Deux ans après la parution des *Époques de la Nature*, Jean-Louis Giraud-Soulavie (1752-1813) publia le premier tome de son *Histoire naturelle de la France méridionale* (1780)²⁴ dans lequel il tenta d'établir, principalement à l'aide des fossiles, une chronologie sommaire des terrains sédimentaires du Vivarais qu'il proposa de rapporter à cinq « âges » successifs :

- Le premier d'entre eux a livré des « Animaux fossiles dont on ne trouve plus les analogues : ils sont logés dans la pierre calcaire primordiale ». Parmi eux, « on distingue les ammonites, les bélemnites, les térébratules, les gryphites, les entroques, &c. »²⁵

- Le second correspond au « Règne des animaux précédens & de quelques autres contemporains dont les analogues vivent encore dans nos mers ». Ce sont : « des comes, des moules, des cœurs [bucardes ?], des peignes, des nautilus, &c. ».

- Le troisième, qualifié de « Règne des coquillages récents dont les descendans vivent dans les mers ; ils sont logés dans la pierre tendre & calcaire » (la molasse miocène).

- Un quatrième âge, mal défini, est celui des « schistes arborisés, &c. ». L'auteur y réunit tous les schistes portant des empreintes de plantes [qu'on sait aujourd'hui être d'âges extrêmement variés], mais aussi des « schistes blancs » portant « des poissons, & autres fossiles plus récents », qu'il a vus dans le cabinet de « M. Segurier de Nismes » [Il s'agit là des célèbres fossiles éocènes du Monte Bolca (Italie)].

²⁴ Jean-Louis Giraud-Soulavie (1780) *Histoire naturelle de la France méridionale* T. 1, (Nismes : Imprimerie de Belle).

²⁵ On sait aujourd'hui que les térébratules ont survécu jusqu'à la période actuelle.

Le cinquième et dernier, caractérisé par les « arbres fossiles » et par les « poudingues & brèches contenant des ossemens, des dents d'éléphants, &c. », constituant les alluvions sous-basaltiques d'âge probablement pliocène.

de Luc - Une dizaine d'années plus tard, Jean-André de Luc (1727-1817) qui, comme le souligne judicieusement Gohau (2003)²⁶, fut l'un des premiers à admettre que certaines espèces avaient pu éprouver « de grands changemens » au cours du temps, rendit compte, dans ses treizième et dix-huitième *Lettres à Delamétherie* (1791)²⁷ de l'existence dans l'île de Wight d'une discontinuité faunique entre les couches de pierre calcaire et la craie qui les recouvre. Celle-ci se manifeste par le fait que cette dernière ne renferme pas de cornes d'ammon, alors qu'elles abondent dans les pierres calcaires. Il en déduisait que « le changement d'état de la mer, qui produisit les précipitations de craie, fut fatal à cette espèce d'animaux ». On notera toutefois que cette observation ne concerne pas l'extinction biologique des ammonites, qui ne se produisit qu'à la fin du Crétacé, mais que l'absence d'ammonites dans la craie de l'île de Wight est le résultat de ce que nous appelons aujourd'hui un changement de faciès.

Blumenbach - Johann Friedrich Blumenbach (1752-1840) a tenté, dans un discours prononcé devant la Société royale de Göttingen en 1801, et imprimé deux ans plus tard sous le titre d'*Archéologie de la Terre*, de proposer un embryon de stratigraphie fondé sur la définition de quatre classes de fossiles²⁸:

1° Les « fossiles dont les analogues organisés vivent ou végètent aujourd'hui aux mêmes lieux »²⁹. Comme exemple de cette classe, l'auteur

²⁶ Gabriel Gohau (2003) *Naissance de la géologie historique - La Terre des « théories » à l'histoire* (Paris : Vuibert-Adapt).

²⁷ Jean-André de Luc (1791) « Treizième lettre de M. De Luc à M. Delamétherie, Sur les couches de craie & celles de houille, & sur leurs catastrophes » *Observ. Physique, Hist. nat. Arts*, 38, pp. 174-191.

Jean-André de Luc (1791) « Dix-huitième lettre de M. De Luc à M. Delamétherie, Sur les agates, les couches calcaires & une classe de couches d'argile » *Observ. Physique, Hist. nat. Arts*, 39, pp. 453-464.

²⁸ Blumenbach Io. Frieder. (1803) *Specimen Archaeologiae Telluris terrarumque inprimis Hannoveranarum* (Goettingae : Apud Henricum Dieterich).

²⁹ Les intitulés des classes de fossiles définies par Blumenbach (1803) sont empruntés à la traduction qu'en donne Héron de Villefosse (1804).

proposait malencontreusement les fossiles d'Öhningen dont on sait aujourd'hui qu'ils datent du Miocène moyen.

2° Les « fossiles dont les analogues ont survécu à une grande catastrophe, mais qui, loin d'être devenus fossiles aux lieux mêmes où ils se trouvent aujourd'hui, doivent y avoir été charriés par des déluges, par de violentes inondations, comme des cadavres flottants au gré des vagues ». L'auteur cite comme exemples Cythère et Calpe (Gibraltar), le second gisement étant actuellement daté du Pléistocène moyen.

3° Les « fossiles douteux qui semblent être les dépouilles de grands quadrupèdes dont la terre nourrit encore les analogues, mais seulement entre les tropiques et dans les contrées les plus éloignées du lieu de leur gisement ». Il s'agit des éléphants (mammouths) et des rhinocéros laineux découverts dans les couches superficielles des terres boréales, dont l'identité avec les espèces actuelles paraissait douteuse.

4° Les « fossiles qui ne peuvent se rapporter qu'à l'époque la plus reculée de l'existence du globe ». Ce sont les orthocératites, ammonites, astérites (pentacrines), madréporites, térébratulites, etc.

Smith - William Smith (1769-1839) est unanimement reconnu comme le fondateur de la cartographie géologique moderne, bien que sa carte géologique d'Angleterre et du Pays de Galles n'ait été publiée qu'en 1815, c'est-à-dire cinq ans après la gravure de la *Carte géognostique des environs de Paris* de Cuvier et Brongniart qui porte le millésime 1810. Or, comme l'a souligné Laudan (1976)³⁰, les fossiles n'ont apparemment pas joué un rôle déterminant dans l'établissement de la stratigraphie des terrains mésozoïques d'Angleterre, bien que le tableau publié dans le mémoire qui accompagne la carte en mentionne un certain nombre. C'est en fait la lithologie qui servit de guide fondamental à William Smith au cours du lever de la carte. Et ce n'est qu'a posteriori qu'il réalisa, comme il l'écrivit dans l'introduction de son *Stratigraphical system of organized fossils*

Antoine-Marie Héron de Villefosse « Considérations sur les fossiles, et particulièrement sur ceux que présente le pays de Hanovre ; ou Extrait raisonné d'un ouvrage de M. Blumenbach, ayant pour titre : Specimen Archaeologiae telluris, terrarum que imprimis Hannoveranarum » *Journ. Mines*, n° 91, pp. 5-36.

³⁰ Rachel Laudan (1976) "William Smith, Stratigraphy without Palaeontology", *Centaurus*, 20 (3), pp. 210-226.

(1817)³¹, que « les fossiles organisés sont pour le naturaliste ce que sont les monnaies pour l'antiquaire, elles sont les antiquités de la Terre ; et montrent très distinctement sa formation régulière graduelle avec les divers changements des habitants de l'élément aqueux ».

Cuvier - Ses *Recherches sur les Ossements fossiles de Quadrupèdes*³² ont donné à Georges Cuvier, qui se considérait comme un « antiquaire d'une espèce nouvelle », la conviction que l'histoire de la Terre pouvait être divisée en plusieurs phases et que, comme il l'exprime dans le *Discours préliminaire* (1812), si « la surface de notre globe a été victime d'une grande et subite révolution, dont la date ne peut remonter au-delà de cinq ou six mille ans » – chacun aura reconnu là le déluge biblique –, d'autres révolutions s'étaient déjà produites en des temps plus anciens, car nos continents « avaient déjà été habités, sinon par des hommes, du moins par des animaux terrestres », ce qui prouve qu'« une révolution précédente, au moins, les avait déjà mis sous les eaux » et que, « à en juger par les différents ordres d'animaux dont on y trouve les dépouilles, ils avaient peut-être subi jusqu'à deux ou trois irrptions de la mer ». Dans la troisième édition, légèrement remaniée, de ce *Discours*, connue sous le titre de *Discours sur les révolutions de la surface du globe* (1825)³³, cette conviction s'était affirmée puisqu'il déclarait alors que : « Ce qui est certain, c'est que nous sommes maintenant au moins au milieu d'une quatrième succession d'animaux terrestres, et qu'après l'âge des reptiles, après celui des palæotheriums, après celui des mammouths, des mastodontes et des megatheriums, est venu l'âge où l'espèce humaine, aidée de quelques animaux domestiques, domine et féconde paisiblement la terre et que ce n'est que dans les terrains formés depuis cette époque, dans les alluvions, dans les tourbières, dans les concrétions récentes que l'on trouve à l'état fossile des os qui appartiennent tous à des animaux connus et aujourd'hui vivans ».

³¹ William Smith (1817) *Stratigraphical system of organized fossils, with reference to the specimens of the original geological collection in the British Museum* (London: E. Williams).

³² Georges Cuvier (1812) *Discours préliminaire* in *Recherches sur les ossements fossiles de quadrupèdes*. T. 1, (Paris : Deterville), pp. 1-116.

³³ Georges Cuvier (1825) *Discours sur les révolutions de la surface du globe, et sur les changemens qu'elles ont produits dans le règne animal*. (Paris : G. Dufour et d'Ocagne).

Brongniart - Dans le domaine qui nous préoccupe, la science est redevable envers Alexandre Brongniart (1770-1847) d'avoir été à la fois l'un des premiers à envisager une progression des faunes au cours des temps géologiques, mais aussi celui qui a démontré que les faunes fossiles étaient utilisables pour corréler les couches à distance. Il le fit dans son célèbre article *Sur les caractères zoologiques des formations...*(1821)³⁴ dans lequel il estimait que « tous les géologues conviennent maintenant que les générations des corps organisés qui ont successivement habité la surface de la terre, étaient d'autant plus différentes de la génération actuelle, que leurs débris se trouvent enfouis dans les couches les plus profondes de la terre, ou, ce qui revient au même, qu'ils ont vécu dans des temps plus éloignés de l'époque actuelle ».

On peut également lire dans ce même article la profession de foi suivante, appliquée « à la détermination de quelques terrains de craie » : « Je regarde [...] les caractères d'époque de formation tirés de l'analogie des corps organisés, comme de première valeur en géognosie et comme devant l'emporter sur toutes les autres différences, quelque grandes qu'elles paraissent ». Et d'en administrer la preuve en démontrant, par l'énumération d'une série de « corps organisés fossiles des couches supérieures [...] des rochers et montagnes des Fis, de Sales, etc., faisant partie de la chaîne du Buet dans les Alpes de Savoie » (p. 567-568), qu'il s'en trouve certaines qui étaient déjà connues « dans la craie de Rouen et de la Perte du Rhône ». Or ces coquilles fossiles proviennent d'un banc de « calcaire compacte, assez dur, grossier ou sublamellaire, noirâtre » qui ne ressemble en rien à la « craie chloritée » de Rouen et de la Perte du Rhône, aux environs de Bellegarde (Ain). Ainsi, grâce à Alexandre Brongniart, les fossiles devenaient des archives utilisables pour établir à distance le synchronisme de couches de faciès différents puisque la « craie chloritée » de la Perte du Rhône et le calcaire compact fossilifère de la montagne des Fis (Haute-Savoie) se voyaient, pour la première fois, attribuer la même position stratigraphique que la craie inférieure, déjà bien connue à plusieurs centaines de kilomètres de là, sur les côtes du Sussex, à l'ouest de Calais, à Rouen et au cap de la Hève, près du Havre.

³⁴ Alexandre Brongniart (1821) « Sur les caractères zoologiques des formations, avec l'application de ces caractères à la détermination de quelques terrains de craie », *Ann. Mines*, (1), 6, pp. 537-572.

5. Pour ou contre la notion de progression des êtres

Sedgwick - C'est dans un discours présidentiel prononcé le 19 février 1830 devant la Geological Society of London, qu'Adam Sedgwick (1785-1873) attira l'attention de l'assistance sur le fait que : « Quand on examine une série de formations qui sont en contact, on les trouve constamment passant de l'une à l'autre : et quand on place dans l'ordre de superposition les groupes de fossiles provenant des termes successifs de la série, leur passage est encore plus frappant³⁵ ». Non encore clairement exprimée, la notion de progression ou de perfectionnement était donc déjà implicitement en gestation.

Buckland - Quelques années plus tard, William Buckland (1784-1856) se fit plus précis dans l'édition originale, publiée en 1836, de *La géologie et la minéralogie dans leurs rapports avec la théologie naturelle*³⁶, en soulignant que « les formes animales les plus perfectionnées deviennent graduellement de plus en plus abondantes à mesure que nous avançons des séries de dépôt les plus anciennes vers les plus récentes » [T. 1, p. 101].

Murchison - A son tour, dans son *Silurian System* (1839)³⁷, Roderick Impey Murchison (1792-1871) conçut une histoire du monde vivant marquée par la disparition d'espèces entières qui auraient été remplacées par d'autres espèces dont l'organisation aurait été « adaptée à l'état modifié de notre planète ». Et il ajoutait : « Sur ce phénomène est fondé le principe fondamental de l'identification des strates par les restes qu'elles renferment, le passage d'un dépôt à l'autre étant marqué par une modification des animaux qui vécurent et moururent pendant l'accumulation de chacun » [T. 2, p. 579]. Mais Murchison en resta prudemment là et s'abstint d'envisager une quelconque transformation des espèces.

³⁵ Sedgwick Adam, Address delivered by the President from the Chair. *Proc. Geological Society of London*, 1, n° 15, 1830, pp. 187-212, (cf. p. 205).

³⁶ William Buckland (183-) *Geology and mineralogy considered with reference to Natural Theology*. The Bridgewater Treatises, VI, (London : W. Pickering) London, 2 vols, (1838), Trad. fr. : *La géologie et la minéralogie dans leurs rapports avec la Théologie naturelle* (Paris : Crochard).

³⁷ Murchison Roderick Impey (1839) *The Silurian System, founded on geological researches...* (London: John Murray), 768 p.

6. Les fossiles, archives climatiques

Deshayes - En 1831, Gérard-Paul Deshayes (1796-1875) entreprit de calculer les pourcentages d'espèces actuelles de mollusques susceptibles d'être identifiées dans les principaux terrains sédimentaires d'âge secondaire et tertiaire. Après avoir constaté que les premiers ne renferment aucune d'elles, il dénombra dans les terrains que Lyell (1833)³⁸ nomma peu après « éocènes », « 1400 espèces de mollusques environ, sur lesquels [sic] il y a 3 pour cent d'analogues vivans ». Dans les terrains de la seconde époque (c'est-à-dire « miocènes »), il trouva « 19 pour cent d'analogues vivans ». Dans le « terrain subapennin » (c'est-à-dire « pliocène » inférieur), ce nombre s'élève à « 52 pour cent ». Il atteint enfin « 96 pour cent » dans les « dépôts coquillers [sic] récents des bords de la Méditerranée ».

Quelques années plus tard, Gérard-Paul Deshayes résuma ainsi sa pensée dans la *Description des coquilles fossiles des environs de Paris* (1837)³⁹ : « La comparaison [...] des espèces des terrains tertiaires avec celles des terrains secondaires, nous ayant donné ce résultat important qu'aucune espèce des terrains secondaires n'a vécu en même temps que celles des terrains tertiaires les plus inférieurs ; il était curieux de rechercher si ces terrains tertiaires inférieurs recélaient des espèces tout-à-fait identiques à celles qui vivent actuellement. Cette identité est un fait incontestable, mais il se montre dans un très-petit nombre d'espèces, ce qui est suffisant, ce nous semble, pour lier ce terrain à l'époque actuelle, et cette liaison est d'autant plus sensible que l'on voit le nombre des analogues s'augmenter à mesure que l'on passe des couches plus anciennes aux plus nouvelles » [T. 2, p. 772]. En conclusion, si Gérard-Paul Deshayes reconnaissait bien l'existence d'une catastrophe à la fin de l'ère secondaire, il envisageait au contraire l'époque tertiaire comme un continuum au sein

³⁸ Charles Lyell (1833) *Principles of Geology, being an attempt to explain the former changes of the Earth's surface by reference to causes now in operation* (London: John Murray) vol. 3, 398+109 p.

³⁹ Gérard-Paul Deshayes (1824-1837) *Description des coquilles fossiles des environs de Paris*. F. G. Levrault, Paris, 2 tomes.

Gérard-Paul Deshayes (1831) « Tableau comparatif des espèces de coquilles vivantes avec les espèces de coquilles fossiles des terrains tertiaires de l'Europe, et des espèces de fossiles de ces terrains entr'eux » *Bull. Soc. géol. France*, (1), 1, pp. 185-187.

Gérard-Paul Deshayes (1836), Observations sur l'estimation de la température des périodes tertiaires en Europe, fondée sur la considération des coquilles fossiles. *Ann. Sci. nat.*, (2), 5-Zoologie, pp. 289-298.

duquel s'étaient produits des changements graduels. Dès l'année précédente, il avait en effet expliqué par des considérations d'ordre paléoclimatologique progressive les différences de composition qu'il avaient reconnues entre les faunes des trois grandes époques tertiaires :

« 1 La première période tertiaire s'est écoulée sous une température équatoriale et, selon toutes les probabilités, de plusieurs degrés plus chaude que celle actuelle de l'équateur ;

2° Pendant la seconde période dont les couches occupent le centre de l'Europe, la température a été semblable à celle du Sénégal et de la Guinée ;

3° La température de la troisième période, d'abord un peu plus élevée que la nôtre dans le bassin méditerranéen, est devenue semblable à celle que nous éprouvons [...] »

Et il en tirait la conclusion que « depuis le commencement des terrains tertiaires, la température a été constamment en s'abaissant » [p. 297-298].

7. Le retour éphémère du catastrophisme

D'Orbigny - En dépit du climat favorable au concept de progression des faunes qui se développa au cours des années 1830, Alcide d'Orbigny (1802-1857), qui est considéré à juste titre comme le fondateur de la stratigraphie moderne, en revint aux thèses catastrophistes chères à Cuvier et à Elie de Beaumont. Pour lui, comme il l'exprime dans son *Cours élémentaire de paléontologie et de géologie stratigraphiques* (1849-1852)⁴⁰, chacun des 28 étages qu'il distinguait dans l'histoire de notre planète, était peuplé d'êtres vivants nouvellement créés et avait pris fin – à l'exception du dernier, nommé « étage contemporain » – sous l'effet d'une catastrophe responsable de la destruction de sa faune et de sa flore. Il résuma cette conception le 23 juillet 1855 dans la conclusion du cours de paléontologie qu'il professait au Muséum national d'histoire naturelle, en qualifiant les fossiles de « médailles de la création, sans cesse renouvelées ». En outre, bien qu'il ait pu parfois paraître quelque peu fluctuant sur ce point, Alcide d'Orbigny était globalement opposé à l'idée d'un perfectionnement progressif des êtres vivants au cours des temps géologiques car, « si l'hypothèse du perfectionnement progressif existait, on devrait trouver tous les ordres dans la période décroissante [en termes

⁴⁰ Alcide d'Orbigny (1849-1852) *Cours élémentaire de paléontologie et de géologie stratigraphiques* (Paris : Victor Masson), 2 vol.

d'abondance numérique] parmi les animaux rayonnés les plus imparfaits, et aucun parmi les animaux vertébrés les plus parfaits ». [p. 224].

Oppel - Albert Oppel (1831-1865), qui était également demeuré catastrophiste, raffina encore le découpage des terrains sédimentaires proposé par Alcide d'Orbigny puisque, dans *Die Juraformation...* (1856-1858)⁴¹, il divisa le seul système jurassique en 33 zones fondées sur des espèces d'ammonites. Un an après l'achèvement de cette importante monographie paraissait *L'Origine des espèces...*

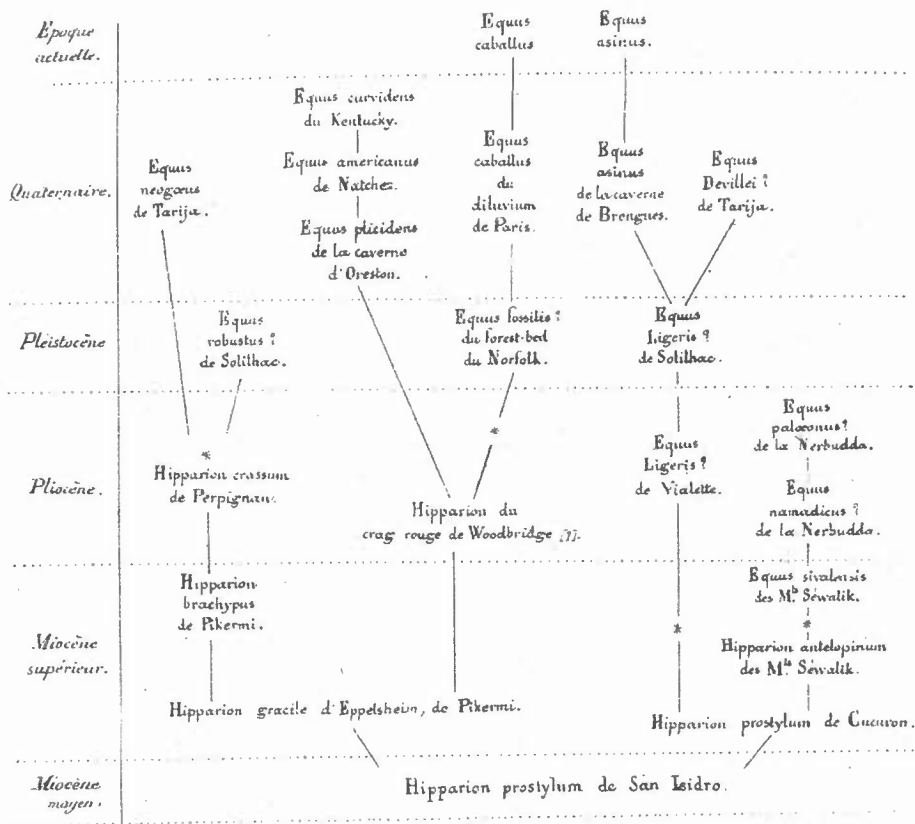


Fig. 2. Phylogénie des Equidés selon A. Gaudry (1862-1867).

⁴¹ Albert Oppel (1856-1858) *Die Juraformation Englands, Frankreichs und des südwestlichen Deutschlands* (Stuttgart : Ebner & Seubert).

Conclusion

Les changements de conceptions relatives à la signification des messages susceptibles d'être délivrés par les fossiles démontrent, s'il en était besoin, que les interprétations dépendent fondamentalement du cadre théorique dans lequel elles sont formulées. Ce fait est particulièrement patent dans le cas des fossiles interprétés comme des « jeux de la nature » ou comme des objets produits par une « puissance formatrice ». Même lorsque leur origine organique fut solidement reconnue, on constate une évolution continue de leur statut qui les fit passer du rang de « témoins du déluge » à celui de « médailles de la Nature » utilisables comme des archives de l'histoire terrestre. Dans ce dernier cadre, ils furent alors successivement considérés comme démontrant la véracité des catastrophes, des indicateurs d'une progression de l'organisation des êtres vivants au cours des temps géologiques, des archives climatiques, des preuves de l'évolution et enfin des éléments permettant de reconstituer la phylogénie des groupes animaux et végétaux. En effet, l'introduction de la théorie de l'évolution dans le domaine paléontologique produisit un changement radical des perspectives de recherche. D'une part parce que les fossiles devinrent alors susceptibles d'apporter des arguments décisifs favorables à cette théorie, comme le pensait Thomas Huxley (1825-1895) qui, à propos de l'*Archaeopteryx*, écrivit en 1868 que « les faits paléontologiques, dans la mesure où les oiseaux et les reptiles sont concernés, ne sont pas opposés à la doctrine de l'évolution mais, au contraire, sont totalement conformes à ce que cette doctrine nous conduit à attendre »⁴². D'autre part, car il devint possible de se lancer dans la recherche des relations de parenté des êtres vivants et de tenter de reconstituer avec plus ou moins de bonheur la phylogénie de certains groupes. Albert Gaudry (1827-1908) fit à cet égard figure de pionnier en proposant un essai d'arbre phylétique des équidés (Fig. 2) dans son ouvrage intitulé *Animaux fossiles et géologie de l'Attique...*⁴³ (1862-1867). Il devenait ainsi possible d'étudier, à travers les époques successives, les « enchaînements du monde animal ».

⁴² Thomas Huxley (1868) "On the animals which are most nearly intermediate between birds and reptiles" *Ann. Mag. Nat. Hist.*, (4), 2, pp. 68-75.

⁴³ Albert Gaudry (1862-1867), *Animaux fossiles et géologie de l'Attique, d'après les recherches faites en 1855-56, et en 1860 sous les auspices de l'Académie des sciences* 1 vol., atlas (Paris : F. Davy).

Remerciements

L'auteur est reconnaissant envers Mme Geneviève Bouillet qui est l'auteur des traductions des textes latins et envers Gabriel Gohau qui l'a fait bénéficier d'une lecture critique d'une première version de cet article.

Comité français d'Histoire de la géologie, gaudant@ipgp.jussieu.fr

L'HISTOIRE DU COMMENCEMENT DE LA VIE A LA FIN DU XIX^E SIECLE

Stéphane TIRARD*

Résumé

Durant la seconde moitié du XIX^e siècle la question des origines de la vie a été reformulée dans le contexte des propositions évolutionnistes. Il s'agit dès lors d'historiciser cette question des origines alors même qu'elle souffre de ne pouvoir être étudiée au travers d'archives paléontologiques, en effet l'ancêtre primordial imposé par la théorie darwinienne reste absent des couches géologiques anciennes. Ceci apparaît comme un obstacle considérable que tentent de surmonter les théories de Spencer ou Haeckel.

Durant la seconde moitié du XIX^e siècle, la question des origines de la vie est reformulée au travers de ses liens avec le problème des générations spontanées et avec l'évolutionnisme. Les interrogations se heurtent à l'absence, dans la nature actuelle, d'un processus analogue au commencement primordial de la vie. Il s'agit de comprendre comment un tel processus, révolu et constituant un événement unique, s'est déroulé alors même qu'il n'existe aucune trace des étapes qui l'ont constitué.

Tout au long du siècle, le commencement de la vie a été pris en compte par les biologistes les plus marquants, Lamarck, Darwin, Haeckel... dans leurs réflexions sur le passé du vivant. Une attention particulière sera portée à la pensée de Darwin. C'est en effet son œuvre qui installe le problème des origines de la vie dans son statut historique, tout en soulevant la difficulté majeure de son traitement en l'absence d'archives, c'est à dire de fossiles. Dès lors la question des origines de la vie se voit traitée par les paléontologues et les biologistes, mais ils restent confrontés à

* Centre François Viète d'histoire des sciences et des techniques, Université de Nantes (EA 1161) et Equipe Rehseis, CNRS-Université Paris 7 (UMR 7596).

des difficultés identifiées, respectivement la rareté des fossiles et la théorisation à partir du vivant actuel.

Des générations spontanées à un commencement primordial

Lamarck, la transformation des espèces et les premiers êtres vivants

Lorsque Jean-Baptiste Lamarck expose, en 1802, les bases de sa théorie de la transformation des espèces, il donne un rôle central aux générations spontanées. C'est par la transformation initiale d'une matière gélatineuse inerte, sous l'effet des fluides *incontenables* et *contenables* et par l'installation de l'orgasme vital dans la matière, que le processus démarre.

Cependant, les écrits de Lamarck laissent peu de place à une génération spontanée qui incarnerait l'origine primordiale. En effet, dans la pensée du naturaliste, le commencement de la vie est un processus qui n'est pas « historicisé » et si, comme chacun sait, le temps joue un rôle central dans la théorie de Lamarck, c'est au travers des longues durées nécessaires aux transformations. Pour lui, ce temps du vivant est un temps cyclique et l'existence des générations spontanées permet le renouvellement perpétuel des espèces : en commençant toujours par ce point initial la transformation des êtres vivants repasse continuellement par le même chemin.¹

Ainsi, s'il est certes possible de relever quelques traces d'une historicisation de la transformation des espèces et d'un ancrage primordial dans des générations spontanées, cet aspect reste très ténu dans l'œuvre de Lamarck et il convient de ne pas le placer au centre de la théorisation entreprise par le naturaliste².

Le cas de Lamarck permet cependant de souligner l'importance de la distinction entre les deux significations qui peuvent être attribuées aux générations spontanées. Si traditionnellement, elles sont considérées comme un processus permanent, à l'oeuvre de tous temps et donc aussi bien dans la nature actuelle, il en va autrement dans le contexte d'une représentation historicisée du monde vivant. En effet, les générations spontanées acquièrent alors le rôle crucial d'un processus permettant d'expliquer l'origine primordiale, mais révolue, du vivant.

¹ Jean-Baptiste Lamarck (1802) *Recherches sur l'organisation des corps vivans...* (Paris : Maillard).

² Pietro Corsi, Jean Gayon, Gabriel Gohau, Stéphane Tirard (2006) *Lamarck Philosophe* (Paris : Presses Universitaires de France).

Cette distinction est très importante, car elle révèle les difficultés qui se poseront pour aborder les origines de la vie après que les travaux de Pasteur auront banni toute idée d'existence des générations spontanées dans la nature actuelle.

L'abandon des générations spontanées

Durant la première moitié du XIX^e siècle, les générations spontanées trouvent encore un grand nombre de défenseurs. Au milieu du siècle, les textes de Pouchet sur l'hétérogénie³ sont emblématiques du courant spontanéiste et participent à motiver la décision de l'Académie des sciences de demander à ce que cette question de leur existence soit traitée définitivement.

Il s'en suit, au début des années 1860, le débat bien connu entre Félix Pouchet et Louis Pasteur. La confrontation de leurs résultats expérimentaux permet à Pasteur de forger une nouvelle certitude : les générations spontanées n'existent pas dans la nature actuelle.

Cet épisode met un terme à la défense de cette thèse, récurrente depuis l'antiquité, qui sera dès lors facilement qualifiée de simpliste ou de naïve. Cependant, en cette deuxième partie du XIX^e siècle, moment où les thèses évolutionnistes s'imposent, l'idée d'un ancêtre unique à tous les êtres vivants, s'accompagne évidemment de la question de son origine et de la possibilité d'une forme de génération spontanée primordiale, en tant que processus aujourd'hui disparu. Notons qu'en Grande-Bretagne, l'abandon des générations spontanées s'est imposé de manière moins immédiate qu'en France et certaines discussions ont perduré jusqu'au début des années 1870⁴. Malgré tout durant les dernières décennies du vingtième siècle, que ce soit en France ou en Angleterre, les tenants des générations spontanées sont rares. Respectivement, les deux pays ont été marqués par les travaux de Stéphane Leduc et Charlton Bastian, mais, parce qu'elles violent un principe devenu fondamental, leurs thèses seront rejetées.

Cependant, sur ce fond d'opposition, les générations spontanées n'en restent pas moins un enjeu théorique important quand il s'agit de concevoir un commencement pour la matière vivante, c'est à dire lorsqu'elles doivent être considérées au second des deux sens signalés plus haut.

³ Félix Pouchet (1859) *Hétérogénie ou traité de la génération spontanée* (Paris : Editions Baillière).

⁴ James Strick (2002) *Sparks of life. Darwinism and the Victorian debates over spontaneous generation* (Cambridge Mass.: Harvard University Press).

Quel commencement pour la vie ?

C'est précisément dans ce contexte nouveau, succédant à la fin du débat sur les générations spontanées, que Thomas Huxley, biologiste proche de Charles Darwin, et William Thomson (Lord Kelvin) s'affrontent devant l'assemblée générale de la British Association for the Advancement of Science, à l'occasion de leurs *Adresses* présidentielles respectives en 1870 et 1871. Les points de vue opposés de Thomas Huxley et Thomson illustrent en fait les deux termes d'une alternative. En effet, d'un côté, certains auteurs, comme Huxley, envisagent une évolution de la matière qui aurait conduit de l'inerte au vivant et, d'un autre côté, se développe, un courant prônant l'hypothèse panspermiste, dont Thomson est un des principaux fondateurs.

Dans le cas de l'*abiogenèse évolutive*, il s'agit de procéder à la délimitation d'un cadre nouveau de réflexion sur les origines de la vie, cadre qui s'impose dès que l'utilisation des générations spontanées, comme modèle, ne peut se faire qu'en posant un certain nombre de conditions très restrictives. Un célèbre passage d'une lettre de Darwin à Joseph Dalton Hooker révèle certaines de ces contraintes nouvelles :

« On dit souvent que les conditions nécessaires à l'apparition des premiers organismes vivants sont réunies à présent et qu'elles l'ont toujours été. Mais si (et quel grand si) on peut imaginer que dans quelques mares chaudes contenant toutes sortes de sels ammoniacaux et phosphoriques, en présence de chaleur de lumière et d'électricité etc. il ait pu se former chimiquement un composé protéique capable de subir des modifications complexes, un tel composé serait de nos jours dévoré ou absorbé, ce qui n'a pu être le cas avant la formation des êtres vivants. »⁵

Cette proposition de Darwin exprime remarquablement l'irréversibilité du processus évolutif qui s'engage lors de l'apparition de la vie. Le vivant s'impose, dès les phases les plus primordiales de son existence, comme un nouvel élément de son propre milieu, et par là même interdit toute identification des conditions présentes aux conditions passées.

⁵ Lettre de Charles Darwin à Hooker, 1 février 1871, dans Melvin Calvin (1969) *Chemical evolution Molecular evolution towards the origin of living systems on the earth and elsewhere* (Oxford: Clarendon Press).

Toute répétition du commencement de la vie est désormais interdite. L'origine de la vie devient un événement unique car les conditions de son apparition peuvent être considérées comme définitivement disparues. Le commencement de l'évolution de la vie, tout comme son cours ultérieur, est donc inscrit dans un temps sagittal et dès ses premières étapes l'évolution est porteuse d'historicité.

C'est aux conséquences de cette historisation que nous consacrerons la suite de notre propos, non sans avoir souligné que, durant la fin du XIX^e siècle et jusque dans les années 1910, le second terme de l'alternative concernant l'origine de la vie, c'est à dire l'hypothèse de la panspermie, s'oppose à cette vision évolutive. En effet, la vie est considérée par les tenants de cette théorie comme un principe universel et éternel au même titre que la matière et l'univers lui-même. Ainsi, la panspermie permet de contourner la question de l'origine et peut dans certains cas, comme avec Thomson, intervenir dans un argumentaire anti-évolutionniste⁶, aussi bien que dans les thèses des biologistes néodarwiniens ou néolamarckiens. Finalement, en 1910 les travaux du français Paul Becquerel affaibliront irrémédiablement l'hypothèse panspermiste et celle-ci deviendra de plus en plus marginale.⁷

Les termes de cette opposition étant rappelés, il est maintenant utile d'approfondir la présentation des conceptions de Darwin concernant le problème des origines de la vie.

Les conséquences de l'historicisation imposée par la théorie darwinienne

L'idée d'un arbre évolutif est associée à celle d'un ancêtre primordial unique

A quelques lignes du terme de l'*Origine des espèces*... Darwin évoque le commencement de la vie et souligne que c'est d'une forme vivante primordiale unique que tous les êtres descendent :

⁶ Stéphane Tirard (2007) « William Thomson (Kelvin), Histoire physique de la Terre et histoire de la vie », in Pont J.-C., Freland L., Padovani F. et Slavinskaia L. (Dir.) *Comprendre le XIX^e siècle*, Université de Genève, 20-23 novembre 2002, (Genève : Leo S. Olski Editore), pp. 297-306.

⁷ Paul Becquerel (1910) « L'action abiotique de l'ultraviolet et l'hypothèse de l'origine cosmique de la vie », *Comptes rendus hebdomadaires de l'Académie des sciences* 158 juillet-décembre, pp. 86-88.

« Jusqu'où pourra-t-on me demander, poussez-vous votre doctrine de la modification des espèces ? [...] »

L'analogie me conduirait à faire un pas de plus, et je serais disposé à croire que tous les animaux et toutes les plantes descendent d'un prototype unique ; mais l'analogie peut-être un guide trompeur. Toutefois, toutes les formes de la vie ont beaucoup de caractères communs ; la composition chimique, la structure cellulaire, les lois de croissance. [...] L'analogie me pousse donc à penser que tous les êtres qui ont vécu sur la terre descendent probablement d'une même forme primordiale dans laquelle la vie a été insufflée à l'origine. »⁸

Ainsi, Darwin enracine-t-il l'ensemble de l'arbre évolutif sur une seule forme vivante. Il propose cette hypothèse en raisonnant par analogie, en s'appuyant sur les caractères les plus fondamentaux qui lui semblent être présents chez tous les êtres vivants : *composition chimique, structure cellulaire, lois de croissance*. Ces caractères auraient donc une origine primordiale unique et seraient apparus avant l'existence de toute *bifurcation du tronc* dans l'arbre évolutif, sinon des êtres auraient pu exister et en être privés. Cet intérêt de Darwin pour l'origine de la vie, ne relève pas du seul souhait de ne pas clore son ouvrage sans avoir décrit l'épisode le plus primordial de l'histoire de la vie. L'enjeu de ce passage est beaucoup plus général et il possède un caractère théorique profond. En effet, Darwin pousse jusqu'à son terme le principe de l'unité de descendance pour montrer l'unité de l'ensemble du monde vivant.

Concrètement, concernant le commencement de la vie, si nous rapprochons cet ultime passage de *L'Origine des espèces* de ce que Darwin exprimera plus tard à l'intention de Hooker⁹, nous comprenons que pour lui les premiers pas de la vie, qui eurent lieu dans une mare chaude, aboutirent à l'apparition de quelques cellules dont la composition chimique ne diffère pas de celle des cellules actuelles.

Cependant, si Darwin sait s'appuyer sur l'unité du monde vivant pour proposer une conception du passé à partir du présent, certains de ses propos permettent de révéler quelles limites il impose à ce mode spéculatif qui permet de pallier l'absence de fossiles.

⁸ Charles Darwin (1859) *L'origine des espèces...* (1992) (Paris : GF-Flammarion), p. 542.

⁹ *Op.cit.*

L'absence des archives paléontologiques pour les temps primordiaux.

L'œuvre de Darwin s'articule autour de deux dimensions qu'il convient de distinguer rigoureusement. D'une part, celle des faits d'évolution, notamment ceux produits par la paléontologie, il s'agit de la dimension historique, et d'autre part, la dimension actualiste, dont la finalité est explicative. Cette distinction permet de souligner que la théorie de la descendance avec modification, fondée sur la variation et la sélection naturelle, ne procède pas de l'histoire, mais tente d'expliquer celle-ci.

La réflexion théorique s'articule donc avec des éléments d'une histoire du vivant que le paléontologue lit dans les archives, c'est à dire dans les fossiles, et Darwin sait tirer un grand profit des informations que ceux-ci lui livrent. Le chapitre X, intitulé « De la succession géologique des êtres organisés », témoigne de l'intérêt qu'il leur porte, mais ce n'est pas sans avoir précédemment étudié les conséquences de l'« Insuffisance des archives géologiques ». D'une manière générale Darwin admet que « les archives géologiques sont nécessairement intermittentes » et que les lacunes sont des contraintes que le paléontologue va devoir assumer.

Qu'en est-il alors des étapes primordiales de la vie qui n'ont pu être abordées par Darwin que par la voie de l'analogie et non directement par l'observation de fossiles primordiaux ?

Lorsqu'il s'intéresse aux espèces des couches les plus anciennes Darwin note que si elles ne comportent pas de fossiles directement observables, il est seulement possible d'y noter « la présence de nodules phosphatiques et de matières bitumineuses » qui « semble indiquer l'existence de la vie dès ces périodes. »¹⁰ Outre ces traces ténues, les archives ne livrent à l'époque de Darwin aucun indice précis sur une vie microscopique primitive. Darwin admet que cette absence de fossiles en dessous de « la prétendue zone primordiale de Barrande », c'est à dire dans les terrains les plus inférieurs du Silurien¹¹, pourrait être utilisée comme un argument sérieux contre ses opinions, cependant puisqu'elle peut être la conséquence du métamorphisme s'étant exercé sur les couches inférieures, il limite les conséquences de ce manque d'information en forgeant un raisonnement général qui s'applique à toutes les lacunes et à toutes les insuffisances des archives géologiques. Il conclut son chapitre en affirmant :

¹⁰ *Op cit.*, p.361.

¹¹ Lequel englobe notre Cambrien et notre Ordovicien.

« Quant à moi, je considère les archives géologiques, selon la métaphore de Lyell, comme une histoire du globe incomplètement conservée, écrite dans un dialecte toujours changeant, et dont nous ne possédons que le dernier volume traitant de deux ou trois pays seulement. Quelques fragments de chapitres de ce volume et quelques lignes éparses de chaque page sont seuls parvenus jusqu'à nous. Chaque mot de ce langage changeant lentement, plus ou moins différent dans les chapitre successifs, peut représenter les formes qui ont vécu, qui sont ensevelies dans les formations successives, et qui nous paraissent à tort avoir été brusquement introduites. Cette hypothèse atténuée beaucoup, si elle ne les fait pas complètement disparaître, les difficultés que nous avons discutées dans le présent chapitre. »¹²

Outre le fait notable que la métaphore choisie par Darwin s'appuie sur l'histoire du langage, discipline que William Whewell comptait parmi les sciences palétiologiques, il semble que nous touchions ici au fondement théorique grâce auquel Darwin s'autorisera à la fin de son ouvrage à évoquer les premiers êtres. En effet, les lignes précédentes permettent de compléter notre compréhension du statut épistémologique des caractères communs à tous les êtres vivants actuels que le naturaliste mobilise pour affirmer l'existence d'un ancêtre unique. L'existence de chacun de leurs caractères étant une trace du passé, c'est ce qui autorise Darwin à tisser un lien, à valeur explicative, entre le présent et le passé.

Le commencement du vivant est donc bien un problème historique auquel la science de cette deuxième partie du XIX^e siècle devra se consacrer dans les perspectives ouvertes par Darwin, mais non sans devoir se confronter à cet obstacle qui est celui de la construction d'une histoire en l'absence des traces essentielles sur lesquelles elle devrait se fonder. Depuis lors, toute la réflexion sur les origines de la vie reste porteuse de cette tension, que William Schopf¹³ a qualifiée de *dilemme de Darwin* et qui consiste à prendre en compte l'absence des archives tout en pensant l'émergence du vivant.

¹² *Op. cit.*, pp. 364-365.

¹³ William Schopf (1999) *The discovery of earth's earliest fossils – Cradle of life* (Princeton : Princeton University Press), pp. 1-29.

L'approche de l'émergence de la vie dans le cadre évolutionniste

Premier obstacle : l'absence de fossiles

Au-delà du problème qu'elle constitue dans l'édification de l'argumentation de Darwin, la rareté des archives paléontologiques s'impose, en cette fin de XIX^e siècle, comme une difficulté de premier plan dans la réflexion sur les origines de la vie. Pendant plusieurs décennies de nombreuses discussions ont eu lieu autour de l'origine biologique ou non de supposés fossiles primordiaux.¹⁴

Ainsi par exemple, en 1864 et 1865, l'américain John William Dawson étudie un fossile issu de terrains précambriens canadiens. Il le nomme *Eozoön canadense*. Une polémique éclate avec des paléontologues qui nient la nature organique de l'*Eozoön*. En 1894, il sera montré qu'il s'agissait d'une structure purement minérale.

De son côté, Charles Doolittle Walcott, paléontologue américain, soutient, au tournant des années 1870, que le *Cryptozoon*, est une formation fossile issue de colonies algaires.¹⁵ Par la suite, en 1891, il affirme que les êtres vivants précambriens devaient être aussi nombreux qu'ils étaient petits. Enfin, en 1899, dans le Grand Canyon, il trouve des fossiles millimétriques précambriens. Cependant, le nouveau siècle n'accordera pas une reconnaissance totale aux idées de Walcott. Bien au contraire, les fossiles précambriens resteront considérés avec beaucoup de scepticisme jusque dans les années 1930.

Ces exemples illustrent comment pendant de nombreuses décennies la question des origines de la vie a souffert d'une absence d'objectivation des premiers êtres.

Second obstacle : conception de l'émergence

Sur un plan théorique concevoir les origines de la vie consiste à admettre la nature actuelle comme seul support pour concevoir le commencement et imaginer comment les propriétés du vivant peuvent apparaître à partir d'une matière initialement inerte. Pour saisir les dimensions de l'obstacle conceptuel contenu dans cette simple affirmation, il est nécessaire de souligner qu'une vision purement mécaniste présente, sur la base des savoirs de l'époque, un pouvoir explicatif très limité devant un tel problème.

¹⁴ Ce pan de l'histoire de la paléontologie est relaté dans Schopf (1999) *Ibid.*

¹⁵ Cette structure a été mise en évidence dans des lits d'argiles cambriennes à proximité de la ville de Saratoga et nommée ainsi ultérieurement, en 1883, par le patron de Walcott, le géologue James Hall.

Dans sa synthèse sur l'histoire du concept d'émergence, Anne Fagot-Largeault, nous indique que : « Le problème de l'émergence est celui de l'apparition de la nouveauté. »¹⁶ A partir du moment où il est admis que la Terre a constitué, au début de son histoire, un monde sans vie, on comprend qu'on peut mobiliser aisément cette notion. Comment, la vie en tant que nouveauté, est-elle apparue ?

Fagot-Largeault note que « la problématique de l'émergence est symétrique et inverse de celle de la réduction »¹⁷, et c'est là précisément que réside l'obstacle rencontré par les concepteurs de scénarios pour le commencement de la vie. En effet, les éléments fournis par la science sont ceux de la chimie du vivant, qui, engagée dans la voie réductionniste, apporte des données sur les constituants chimiques. C'est ainsi que peuvent être imaginés quelques mécanismes ayant pu être l'œuvre lors de la complexification de la matière vers le vivant. Pourtant, au XIX^e siècle, la connaissance de ces mécanismes reste très insuffisante pour rendre compte de manière convaincante de l'émergence des propriétés vitales. En revanche, la nécessité d'admettre cette émergence entraîne la formulation de propositions spéculatives, moins précises que ne le voudrait le mécanisme, mais constituant les seules approches possibles et dont le caractère largement théorique était assumé par les auteurs. Quelques exemples peuvent être retenus à titre d'illustrations.

Nous avons vu comment, en 1871, Darwin décrivait à Hooker la possible, mais révolue, formation de la matière organique. Quelques années plus tôt le philosophe Herbert Spencer s'attaquait lui aussi à cette question dans ses *Principes de biologie*.¹⁸ Spencer est un fervent adversaire des générations spontanées, mais il n'est pas sans s'interroger sur l'origine de la matière vivante. Précisément, c'est dans une annexe de son ouvrage que l'on trouve les éléments les plus explicites à propos de cette question. Il

¹⁶ A. Fagot-Largeault (2002) « Chapitre VIII : L'émergence », dans Daniel Andler, Anne Fagot-Largeault, Bertrand Saint-Sernin *Philosophie des sciences* (Paris : Folio Gallimard), t.2, p. 939.

¹⁷ *Ibid.*, p.947.

¹⁸ Spencer a publié les deux volumes de ses *Principes de biologie* respectivement en 1864 et 1867. L'annexe dont il est question ici a été adjointe au volume I à partir des éditions anglaises de la fin des années 1860. Nous utiliserons ici l'édition française de 1893 : Herbert Spencer (1893) *Principes de biologie* (Paris : Félix Alcan), quatrième édition.

rejette en fait la notion de commencement absolu et pense à une transition progressive.

Il établit une analogie avec les synthèses organiques réalisées en laboratoire, qui étape par étape permettent de produire des molécules de plus en plus complexes. Pour lui cela correspond à une *évolution artificielle* :

« Le progrès qui tend vers des types supérieurs de molécules organiques, s'effectue par une accumulation de modifications, comme dans toute l'évolution en général. »¹⁹ Ces premières étapes font partie intégrante d'un processus global, car chaque changement d'une molécule est « une adaptation, pour ainsi dire, à de nouvelles conditions ambiantes auxquelles elle vient à se trouver soumise, comme dans toute l'évolution en général. »²⁰

Il estime donc pouvoir affirmer que « Dans le monde primitif, comme dans le laboratoire d'aujourd'hui, les types inférieurs de substances organiques, en agissant les uns sur les autres sous des conditions appropriées, ont produit par évolution les types supérieurs de substances organiques, aboutissant à un protoplasme organisable. »²¹

Toujours en Angleterre, au début des années 1870, Thomas Huxley développe une théorie protoplasmique qui est le fruit d'une réflexion sur la matière du vivant et plus particulièrement sur la matière constituant la cellule.²² Le protoplasme, auquel il attribue une nature protéique, dans les limites où l'on doit utiliser ce terme à l'époque, qu'il soit « simple ou à noyau est la base formelle de toute vie. »²³ Huxley rejette formellement toute notion de génération spontanée, mais au travers de sa théorie il s'attache à décrire les limites de la matière vivante. En désignant ainsi le constituant chimique fondamental de la matière du vivant, il localise le problème de la synthèse chimique qui pourrait être au cœur du problème de l'apparition de la vie.

¹⁹ *Ibid.*, p. 584.

²⁰ *Ibid.*, p. 584

²¹ *Ibid.*, p. 585

²² Thomas Huxley (1892) « Les bases physiques de la vie », conférence donnée à Edimbourg le 8 novembre 1868, dans *Les problèmes biologiques* (Paris : Librairie J.-B. Baillière et fils), pp. 71-106.

²³ *Ibid.*, p. 83.

C'est donc dans cette matière complexe que le vivant peut émerger. Le biologiste allemand Ernst Haeckel ne manquera pas de soutenir ce point de vue. Accordant sa conception de l'apparition du vivant avec sa philosophie moniste, il conçoit qu'il existe une unité de la matière inorganique et organique, selon lui « On ne peut pas plus tracer une limite entre ces deux domaines principaux de la nature qu'on ne peut établir de distinction absolue entre le règne animal et le règne végétal. »²⁴ Voici le scénario qu'il propose :

« Notre insignifiante terre n'est qu'une simple planète du système solaire, toute sa vie individuelle est le produit de la lumière du soleil. Après que le globe incandescent de la terre s'est refroidi jusqu'à un certain degré, de l'eau liquide se précipite en gouttes sur la croûte solidifiée de sa surface, première condition de la vie organique. Les atomes de carbone commencent leur action organogène et s'unissent avec d'autres éléments en combinaisons plastiques coagulables. Un petit grumeau de plasma dépasse les limites de la cohésion et de la croissance individuelle, il se divise en deux moitiés semblables. Avec cette première monère commence la vie organique et sa fonction propre, l'hérédité. Dans le plasma de la monère homogène s'isole un noyau central plus dense, au milieu d'une masse plus molle ; par cette différenciation du nucléus et du cytoplasme, la première cellule organique est formée. Longtemps de tels protistes ou êtres primitifs unicellulaires habiteront seuls notre planète. Les histones inférieures, plantes et animaux pluricellulaires, ne sont produits que plus tard par l'évolution des cénobies ou unions sociales. »²⁵

Haeckel restera durant toute sa vie attaché à cette vision émergentiste. Celle-ci n'est toutefois pas sans poser les limites de l'interdit des générations spontanées, il sera en effet, avec Huxley notamment, un des tenants de la théorie du *Bathybius*, cet épisode montrant combien il nourrit l'espoir de pouvoir observer cette continuité de la matière. L'hypothèse de l'existence de cette gelée au fond des océans, non sans rappeler la théorie

²⁴ Ernst Haeckel (1897) *Le monisme lien entre la religion et la science, Profession de foi d'un naturaliste* (Paris : Schleicher frères), p. 11.

²⁵ *Ibid.*, p. 21.

lamarckienne, complique la tendance à l'historicisation de l'origine du vivant. En effet, dans la conception haeckelienne le vivant, bien que conçu dans l'esprit évolutionniste, peut retrouver un commencement permanent.

Enfin, la théorie de Eduard F.W. Pflüger constituera notre dernier exemple. Pour lui les protéines jouent le rôle essentiel dans le fonctionnement de la matière du vivant, le radical cyanogène étant fondamental tant dans la structure que dans le fonctionnement des protéines. Il conçoit l'origine de la vie en imaginant qu'elle repose principalement sur la synthèse de ce radical, alors que régnaient encore sur le globe des conditions de chaleur considérables. Les protéines purent se former lors du refroidissement ultérieur. Notons que sa théorie fondée sur des transformations chimiques reste associée au vitalisme.

Ainsi, en cette fin de XIX^e siècle, la question des origines de la vie s'intègre à part entière dans cette période que Fagot-Largeaut considère comme étant celle de l'émergence descriptive, période durant laquelle l'émergence conserve un caractère énigmatique, entretenu par le fait de l'irréductibilité *stricto sensu* d'un mouvement vital à un mouvement mécanique²⁶.

Conclusion : L'identité épistémologique de la question des origines de la vie

En cette deuxième partie du XIX^e siècle, les origines de la vie apparaissent donc comme le premier chapitre d'un récit de l'évolution des êtres vivants. Si l'écriture de celui-ci est une nécessité, elle se heurte néanmoins à des obstacles certains. Aucun fait dans la nature actuelle ne peut guider le biologiste dans sa réflexion, la transition de la matière inerte

²⁶ La suite de la périodisation proposée par A. Fagot-Lageault correspond également à celle que l'on peut établir pour la suite de l'évolution des théories sur les origines de la vie. En effet, pendant la seconde moitié du XIX^e siècle, lorsque l'émergence devient un fait, l'abiogenèse évolutive donne lieu à la formulation d'hypothèses très documentées (Entre autres : Oparine 1924 et 1936, Haldane, 1929). Enfin, à partir du milieu du XX^e siècle, l'émergence devient un processus analysable et c'est également durant cette période que se développe une approche expérimentale du problème des origines de vie.

Voir Stéphane Tirard (2002) « Les origines de la vie, un problème historique », dans Florence Raulin-Cerceau et Stéphane Tirard (Dir.) (2002) Actes du colloque *Exobiologie, aspects historiques et épistémologiques* (15 mai 2001), *Cahiers François Viète*, 4, pp. 35-48.

à la matière vivante relève de considérations théoriques qui varient avec les auteurs, en outre cette réflexion sur le commencement du vivant dépend également d'une prise en compte plus ou moins importante du caractère historique du commencement au sens de son unicité et de sa contingence.

François Jacob a souligné que les êtres vivants sont des structures historiques²⁷, cette réalité qui s'est imposée au cours du XXe siècle au travers de l'étude de l'évolution et de l'hérédité ne cessera de conditionner les recherches sur le problème des origines de la vie.

Centre François Viète, stephane.tirard@univ-nantes.fr

Une version remaniée de cet article est parue dans *Sciences et Avenir hors série*, n°146, 2006

²⁷ François Jacob (1981) *Le jeu des possibles* (Paris : Fayard), Le livre de Poche, 1986, p. 41.

POUR UNE « PALEONTOLOGIE DE L'HISTOIRE » L'ETHNOLOGIE ANGLAISE A L'AGE ROMANTIQUE

Claude BLANCKAERT*

Résumé

À l'exemple de Cuvier, le géologue de l'époque romantique est couramment décrit comme un antiquaire déchiffrant les « hiéroglyphes » de la Terre. Réciproquement, la problématique de l'histoire humaine va subir l'influence d'un véritable imaginaire paléontologique. Les monuments matériels, l'archive symbolique des sociétés, les langues, sont considérés comme des « fossiles de civilisation » attestant l'évolution intellectuelle et morale des premières nations.

Ces échanges terminologiques ont favorisé le passage d'une histoire naturelle descriptive à une vision diachronique des « époques » de la nature. Géologues, linguistes et archéologues se persuadaient que le monde, passé ou présent, représentait un grand livre allégorique et que l'investigation des Origines livrerait le sens caché de la Création. En 1837, le philosophe anglican William Whewell regroupait ensemble toutes les études empiriques dites « palétiologiques » qui ont rapport aux transformations du Cosmos, de la Terre, de l'homme et de ses manifestations. À sa suite, le médecin et philologue James Cowles Prichard assimilera l'ethnologie, sciences des races, à une authentique « paléontologie morale », une histoire « antéhistorique ».

Dans une conférence donnée au Centre Koyré en juin 1996 sur la « construction de la géologie comme science historique », Martin Rudwick rappelait que l'archéologie avait servi de modèle analogique dans la reconnaissance des « antiquités » du globe terrestre. Depuis Robert Hooke, il est devenu coutumier d'assimiler les fossiles aux « médailles », aux

* Historien des sciences, Claude Blanckaert est directeur de recherche au CNRS (Centre Alexandre Koyré, Paris). Ses travaux portent sur les savoirs naturalistes, l'histoire de l'anthropologie et la genèse du système scientifique moderne (XVIII^e-XX^e siècle).

« urnes », aux « monnaies » des premiers âges.¹ L'allusion aux « archives du monde » chez Buffon, aux « documents » de la nature chez Blumenbach et bientôt aux « hiéroglyphes », s'inscrit apparemment dans le même système d'images valorisées. Mais elle ajoute une note philologique précieuse. En effet, la référence sémiotique qui se précise au XVIII^e siècle souligne le caractère contingent d'une restitution. Il y faut déchiffrer des vestiges équivoques, interpréter des inscriptions, rassembler comme le dit Buffon « en un corps de preuves » les indices ténus, fragmentaires, d'un passé révolu².

En ce sens, remarquera Martin Rudwick, le temps de la Terre ne fut pas tant « découvert » que « construit ». C'est surtout avec Georges Cuvier que l'abîme se creuse entre les anciens mondes et la création actuelle. Il fallait, pour cela, que les espèces disparues soient considérées pour elles-mêmes et non comme de simples marqueurs du déluge et qu'à la manière de l'« histoire civile », l'événementialité des âges immémoriaux fût considérée dans sa dimension aléatoire, imprévisible. La référence archéologique prend ici tout son sens. « Antiquaire d'une espèce nouvelle, il m'a fallu apprendre à déchiffrer et à restaurer ces monuments... »³. Les « monuments » en question, fossiles épars et mutilés, deviennent des faits à expliquer. Sous ce rapport, le naturaliste procède d'un « art presque inconnu ». Il doit s'y « préparer », franchir l'espace symbolique qui sépare

¹ C'est la mieux commentée des premières occurrences. Voir :

Cecil Schneer (1954) "The rise of historical geology in the seventeenth century", *Isis*, vol. 45, pp. 266-268.

Rhoda Rappaport (1982) "Borrowed words: Problems of vocabulary in eighteenth-century geology", *The British Journal for the History of Science*, vol. 15, pp. 27-30.

François Ellenberger (1991) « La paléontologie britannique naissante et ses dilemmes », *Travaux du Comité français d'histoire de la géologie*, 3^e série, t. 5, pp. 36-37.

Pour une étude générale du contexte culturel, consulter :

Martin J.S. Rudwick (1972) *The meaning of fossils. Episodes in the history of Palaeontology* (Londres-New York : Macdonald-American Elsevier inc.), chap. II : « Natural Antiquities ».

² Georges Louis Leclerc de Buffon (1778) *Des époques de la nature* in édition Frédéric Cuvier (1829) *Œuvres complètes* (Paris : F.D. Pillot, Salmon), t. V, p. 7.

³ Georges Cuvier (1812) *Recherches sur les ossements fossiles de quadrupèdes. Discours préliminaire* dans Pierre Pellegrin éd. (1992) (Paris : G.F.-Flammarion), p. 45.

le connu de l'inconnu, remonter le temps sans plus d'assurances. Cette dramaturgie joue également du mystère dévoilé et de la profanation. « Pour cet effet », écrit Cuvier dès 1798,

« il faudra que les physiciens fassent pour l'histoire de la nature, ce que les antiquaires font pour l'histoire des arts et des mœurs des peuples ; il faudra que les uns aillent chercher dans les ruines du globe les restes des êtres animés qui vivaient à sa surface, comme les autres fouillent dans les ruines des cités, pour y déterrer les monuments du goût du génie & des coutumes des hommes qui les habitaient »⁴.

Malgré la banalité du stéréotype, ce discours de Cuvier renouvelle l'emprunt aux sciences humaines. Il lui confère une signification inédite. Cuvier, en fait, vante la *pratique* d'exploration des archéologues, leur manuel opératoire si l'on veut, par opposition à l'exégèse traditionnelle. Pour échapper, en effet, à l'anecdotique (le recueil de « curiosités ») et arracher au sol un authentique livre d'histoire, les archéologues sont déjà devenus des naturalistes d'un nouveau style, combinant l'enquête de terrain, la recherche comparatiste et la classification typologique.

Les relevés de surface, la distribution spatiale des sites et l'analyse stratigraphique sont utilisés par les antiquaires scandinaves dès le XVII^e siècle pour préciser le contexte des découvertes et comprendre la relation des vestiges avec les couches qui les ont fossilisés. La fouille devient ainsi une opération réglée analogue à un acte de « dissection anatomique ». Elle tend à faire preuve dans l'interprétation des gisements⁵. Et l'on comprend mieux, par cette antériorité de traitement, l'éloge rendu par les paléontologistes au savoir-faire des archéologues. Ceux-là sont comme des magiciens. Ils ressuscitent des mondes et font marcher les morts. Pareille méthode analogique, la même ambition créatrice et, finalement, le même pouvoir de « divination du passé »⁶ se lisent chez Cuvier dans le *Discours*

⁴ Georges Cuvier, « Extrait d'un Mémoire sur un animal dont on trouve les ossements dans la pierre à plâtre des environs de Paris, & qui paraît ne plus exister vivant aujourd'hui », reproduit dans Martin J.S. Rudwick (1997) *Georges Cuvier, Fossil Bones, and Geological Catastrophes* (Chicago-Londres :The University of Chicago Press), 285-290 ; citation p. 286.

⁵ Voir la passionnante synthèse d'Alain Schnapp (1993) *La conquête du passé. Aux origines de l'archéologie* (Paris : Carré), en part. chapitres 3 et 4.

⁶ Le mot est d'Émile Littré, « Cuvier et les ossements fossiles » (1834), dans (1873) *La science au point de vue philosophique* (Paris : Didier et Cie), p. 131.

sur les révolutions du globe. L'érudition ne se divise pas. Ce qui vaut pour l'antique vaut également pour la « nuit des temps ».

Dans l'immédiat, cette concordance des temps archéologique et géologique n'engage aucune réflexion sur la longue durée de la nature. Mais le principe d'altérité du passé est désormais acquis. Sans autres repères chronologiques absolus, les antiquaires comme les paléontologues s'efforcent plutôt de marquer une séquence d'événements relatifs. Il en résulte qu'une antiquité dite « reculée » équivaldra longtemps pour eux à un passé « vertigineux ». Cela suffit comme marqueur d'origine. À l'image des mégalithes réputés « gaulois » ou « celtes », les monuments égyptiens ont tenu ce rôle documentaire. Bientôt, d'autres civilisations d'Inde ou du Pérou viendront d'ailleurs contester aux quarante siècles des pyramides leur statut d'exception. Échappant à l'héritage classique gréco-latin comme à la priorité des Hébreux, elles ressortissent aux « temps héroïques ».

Les historiens ont souvent considéré que cette histoire « fermée », qu'elle soit prise ou non dans les filets du texte révélé, avait fait obstacle à la reconnaissance du temps « profond » de la géologie puis de la préhistoire. Cependant, cette échelle temporelle trop brève (à nos jugements rétrospectifs) a les mérites de son inexactitude. Elle a certainement favorisé le passage d'une histoire naturelle descriptive, synchronique, à une vision historisante, diachronique, des « époques de la nature ». C'est là que s'opère la transition de l'ontologie à la paléontologie.

À l'âge romantique, Cuvier paraîtra comme le poète des « civilisations antédiluviennes ». « Il réveille le néant », assure Balzac⁷. Non moins enthousiaste, Émile Littré compare Cuvier à quelque nouveau Christophe Colomb abordant des « Atlantides perdues ». Il fallait donner un nom à cette juridiction inédite du mémorial des siècles. Pour authentifier « l'étude naturelle des origines », le philosophe Emmanuel Kant proposa en 1790 le concept « d'archéologie de la nature »⁸. Ainsi, le paradigme historique naît avec le XIX^e siècle et les sciences « palétiologiques » de William Whewell prolongent l'intuition kantienne. Elles donneront, à leur tour, crédibilité et assises épistémologiques aux « sciences de l'humanité » que vante Ernest Renan dans ses *Pensées de 1848* et dont les comparatistes anglais se firent étendard sous le nom d'ethnologie.

⁷ Honoré de Balzac (1831) *La Peau de chagrin* (1995) (Paris : Le Livre de poche), p. 86.

⁸ Emmanuel Kant (1790) *Critique de la faculté de juger* trad. Alexis Philonenko (1968) (Paris : Vrin), p. 239, note 1.

Si l'archéologie donne initialement le ton, la coévolution du modèle profite surtout aux naturalistes. Les victoires de Cuvier, toujours rappelées, sont celles de l'Idéal. Dans les domaines anthropologiques des années 1830-1860, la référence métaphorique aux sciences de la Terre s'accroît décidément. On parle, par exemple, avec Gobineau et Taine de « géologie morale ». L'« ethnogénie », discours des origines ethniques, est rebaptisée « paléontologie de l'histoire » par Roget de Belloguet. Des livres consacrés à la formation et la diffusion des grands groupes de langues sont publiés sous l'étiquette « paléontologie linguistique » et l'on peut dire que par la vulgarisation du thème, la problématique de l'histoire elle-même subit l'influence d'un véritable imaginaire géologique.

Les victoires assurées de la paléontologie vont donc fixer les représentations dominantes. « Il n'est plus permis de discuter ce qu'elle affirme », approuve ainsi Gobineau, et à son exemple, « il s'agit de faire entrer l'histoire dans la famille des sciences naturelles »⁹. Au ciel des connaissances humaines, Cuvier règne sans partage. D'où l'inversion des codes qui le proposent maintenant à l'admiration des archéologues et linguistes : « Champollion fut le Cuvier des hiéroglyphes égyptiens »¹⁰ ! Autrement dit, en déchiffrant les « étymologies » de la nature, selon le mot du temps, Cuvier s'est révélé comme « le démiurge d'une nouvelle création, capable de transgresser les limites du temps »¹¹. C'est en tout cas de lui plus que de Lamarck que se réclament les auteurs qui tentent de mettre en parallèle l'histoire de la Terre et le développement des sociétés.

Dorénavant, les archéologues se désignent eux-mêmes comme des géologues appliquant la méthode de Cuvier pour reconstruire, dans les mots d'Adolphe Morlot, « l'histoire antéhistorique »¹². Les monuments matériels ne sont pas seuls en cause. Les langues, mortes ou vivantes, les hiéroglyphes, donnent accès au passé. On les considère comme des

⁹ Arthur de Gobineau (1853-1855) *Essai sur l'inégalité des races humaines* (1967) (Paris : Ed. Pierre Belfond), p. 30, 861-863.

¹⁰ Émile Littré *La science au point de vue philosophique*, op. cit., p. 379.

¹¹ Claudine Cohen « Stratégies de la preuve dans les *Recherches sur les ossements fossiles de quadrupèdes* de Cuvier », dans Claude Blanckaert, Claudine Cohen, Pietro Corsi, Jean-Louis Fischer dir. (1997) *Le Muséum au premier siècle de son histoire* (Paris : Éditions du Muséum national d'Histoire naturelle), p. 539.

¹² Adolphe Morlot (1860) « Études géologico-archéologiques en Danemark et en Suisse », *Bulletin* (Lausanne : Société vaudoise des Sciences naturelles), t. VI, n° 46, extrait paginé pp. 259-329, voir p. 264. A. Morlot est professeur de géologie à l'université de Lausanne.

« fossiles de civilisation » attestant l'évolution intellectuelle et sociale des peuples. La linguistique ou plutôt la philologie comparée s'inscrit au rang des sciences historiques avec la révélation des textes sacrés perses ou sanskrits. C'est la naissance de l'orientalisme qui situera en Inde le berceau des races et des religions. L'espoir n'est pas perdu de remonter aux commencements des choses¹³.

En rapprochant le sanskrit du grec, le zend du germain, le comparatisme a démontré la parenté inattendue d'idiomes dont la source commune, peut-être disparue, demeure toujours lisible, à l'état vestigial, dans ses dérivations. La thèse d'une vague de migrations « aryennes » d'Orient vers l'Occident a pris forme et, avec elle, le postulat de l'unité historique des « Indo-Européens ». Ce fut une révolution des esprits dont nous avons perdu l'enthousiasme avec la déconstruction tardive du « mythe aryen »¹⁴. Mais dans l'immédiat, les découvertes des philologues paraissaient inouïes. Elles impliquaient qu'on recentre sur l'Orient matriciel les origines autrefois si mystérieuses des peuples européens sans plus d'égard pour les chronologies bibliques. En tout cas, l'hébreu cessait d'être la langue originelle du genre humain.

Dans le même temps, on fit l'inventaire, en Europe même, de diverses langues non-apparentées au système indo-européen. On imagina alors que les peuples qui les parlaient existaient sur notre sol bien avant les envahissements aryens. Ceux-là étaient d'authentiques aborigènes. Divers isolats, comme les Lapons au Nord ou les Basques, semblaient en témoigner par leurs traits distincts de mœurs et de langues et l'on commença à parler, à leur endroit, de « documents vivants » surgis de l'« époque paléontologique »¹⁵ ! Les couches superposées de populations migrantes, venues se presser sur les premiers occupants, évoquaient des « alluvions ethniques ». La formule fit florès. Là encore, privilège du modèle géologique.

¹³ Sur les milieux orientalistes fréquentant notamment Cuvier, voir Raymond Schwab (1950) *La Renaissance orientale* (Paris : Payot), pp. 320-327.

¹⁴ Léon Poliakov (1971) *Le Mythe Aryen. Essai sur les sources du racisme et des nationalismes* (Paris - Calmann-Lévy).

¹⁵ Voir Claude Blanckaert « L'indice céphalique et l'ethnogénie européenne : A. Retzius, P. Broca, F. Pruner-Bey (1840-1870) », dans Claude Blanckaert, Albert Ducros, Jean-Jacques Hublin (dir.) (1989) *Histoire de l'Anthropologie : Hommes, Idées, Moments*, n° spécial, *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, n^{elle} série, t. I, n° 3-4, p. 182 et suiv. (en part. p. 189).

Par son pouvoir d'évocation, la philologie excède ainsi le simple répertoire ethnographique. En rappelant à la vie les archives du genre humain, elle donne accès aux mythes archaïques comme aux plus sublimes épopées. Elle fait donc *preuve* dans les sciences historiques et l'on peut dire qu'elle en fut la matrice autant que l'auxiliaire. Car si la langue figure « presque toujours le plus ancien monument d'un peuple », elle éclaire encore les migrations antéhistoriques des races et tous les faits actuels de distribution des nations de même souche. Elle sert donc, comme le disait déjà Volney, de « fil d'Ariane dans le labyrinthe des origines »¹⁶. Renan pensait également que le langage représente « chacun des états qu'a tour à tour esquissés l'humanité »¹⁷. Voici la géologie morale instituée dans l'objet : « l'histoire », écrit Renan, « est la vraie forme de la science des langues » et l'ethnogénie équivaut à une « paléontologie » des périodes sociales.

À travers ces échanges, le temps n'apparaît plus comme une variable externe, indépendante ou absolue, mais comme la dimension intrinsèque, presque intime, d'un processus dynamique qui emporte toute la nature. Les sciences humaines et les sciences naturelles avaient donc partie liée dans une véritable vision du monde.

En 1837, dans son ouvrage *History of the Inductive Sciences*, William Whewell était alors fondé à grouper ensemble toutes les études dites « palétiologiques » qui ont rapport aux transformations du cosmos, de la Terre, de l'homme et de ses manifestations. Il notait que, malgré leur diversité d'objets, l'histoire du globe et celle de ses habitants sont « gouvernées par les mêmes principes [...]. Les deux traitent d'événements qui ont rapport à la trame du temps et à la causalité »¹⁸. La métaphore des couches sédimentaires et des remaniements subséquents, par exemple, s'appliquait à l'analyse des langues ou des institutions. Whewell n'y voyait rien de superficiel. Pour lui, tant en géologie qu'en glossologie, un même esprit et des buts similaires expliquaient l'unité des principes d'investigation¹⁹.

¹⁶ Constantin-François Volney (1980) *La loi naturelle. Leçons d'histoire* Jean Gaulmier éd. (Paris : Garnier Frères) pp. 133-134 et p. 138.

¹⁷ Ernest Renan (1995) *L'avenir de la science* (1848, 1^{ère} éd. 1890), Annie Petit éd. (Paris : Garnier-Flammarion), 215.

¹⁸ William Whewell (1967) *History of the Inductive Sciences* (3^e éd. 1857) (Londres : Frank Cass & Co), t. 3, p. 402.

¹⁹ *Ibid.*, p. 399.

Au moment où Whewell publie son plaidoyer, les recherches sur les origines humaines et le développement des sociétés sont devenues une spécialité à part entière connue sous le nom d'*ethnologie*. Ce néologisme est attesté dès la fin du XVIII^e siècle²⁰. Sa véritable popularité date pourtant des années 1830 avec la promotion de l'idée de race comme facteur-clé du mouvement historique²¹. L'équation historique de l'ethnologie pourrait aujourd'hui surprendre. Nous désignons *a priori* sous ce mot la science des cultures exotiques et des sociétés précisément sans histoire. L'idée de race semble de même nous renvoyer à l'anthropométrie fixiste. Mais l'idée de race, à l'époque romantique, procédait de l'histoire par sa connexion avec le principe politique des nationalités. Par ailleurs, on considérait que la race, telle une médaille, avait deux faces. D'un côté, le « faciès » physique, terme là-encore commun au géologue et à l'ethnologue ; de l'autre, le « génie » de la race qui manifestait ses tendances fondamentales, illustrées par l'histoire, par la langue, par les monuments mythiques ou littéraires. La Société ethnologique de Paris, première du nom et créée en 1839, regroupait ainsi des physiologistes comme Pierre Flourens, des historiens comme Michelet, des archéologues comme Charles Lenormant, des géographes, des linguistes ou des artistes de manière œcuménique.

Malgré le spécialisme croissant des études, l'âge romantique soulignait l'unité de la science et, dans les mots de Michelet, « l'accord du double monde, naturel et civil ». La culture classique des humanités exaltait visiblement les sciences de la nature. Le principe de leur coopération était acquis et l'ethnologie semblait couronner en France le champ des études naturalistes. Pour des raisons conjoncturelles et sous l'influence de Whewell les savants britanniques confessaient d'autres choix. Ne fallait-il pas entendre, sous le nom d'ethnologie, « autre chose en réalité que l'histoire et la philosophie »²² ? Le plus éloquent comparatiste du demi-siècle, James Cowles Prichard n'hésitait guère à redessiner la carte des

²⁰ Han F. Vermeulen "Origins and institutionalization of ethnography and ethnology in Europe and the USA, 1771-1845", dans H.F. Vermeulen, Arturo Alvarez Roldán dir. (1995) *Fieldwork and Footnotes. Studies in the History of European Anthropology* (Londres-New York : Routledge), 39-59, en particulier pp. 46-47.

²¹ Pour la diffusion du terme dans le lexique français depuis Alexandre-César Chavannes (1787), voir C. Blanckaert (1988) « "Story" et "History" de l'ethnologie », *Revue de synthèse*, 4^e série, t. CIX, n° 3-4, pp. 451-467.

²² James Ferguson (1846) « Note sur les progrès de la science Ethnologique en Irlande, et sur les opérations de recensement décennal en Irlande », *Bulletin de la Société ethnologique de Paris*, t. I, p. 17.

savoirs admis et leur mode de faire-valoir. Voulant exonérer la « science des races » de toute tutelle zoologique, il définissait en 1847 l'ethnologie comme une « science historique » distincte de l'histoire naturelle pour autant que l'une analyse « ce qui est » quand l'autre poursuit l'examen généalogique de « ce qui a été ». Sous ce rapport de conformité, c'est à l'archéologie, science d'interprétation, qu'allaient les préférences de Prichard :

« l'ethnologie se rapporte au passé. Elle suit l'histoire des familles humaines depuis les âges les plus reculés auxquels on puisse atteindre, enquête sur leurs relations et s'efforce d'aboutir à des conclusions, soit probables soit certaines, à propos de leur parenté ou diversité d'origine. »²³

Prichard, comme beaucoup d'ethnologues anglais, professait de solides convictions religieuses et diffusionnistes²⁴. L'ethnologie devait administrer la preuve de l'unité de souche et d'évolution de la grande famille humaine. C'était là sa tâche et plus encore son devoir moral. Et de même que la géologie eût été incertaine dans ses reconstructions sans la mise à jour de fossiles directeurs, l'histoire humaine puisait dans la « glossologie », dans les « monuments » mythiques ou langagiers des civilisations vivantes ou mortes, sa principale source d'information²⁵. Prichard refuse ainsi les classifications des sciences qui situaient l'ethnologie en position ancillaire de la géographie ou de l'histoire naturelle pour la réinscrire dans le groupe prestigieux des études palétiologiques défini par Whewell. Le projet d'une « géologie morale » n'est plus même analogique. Voici son manifeste :

« Celui qui étudie la géologie s'enquiert des processus actuellement à l'œuvre dans la Nature ; mais c'est avec

²³ J. C. Prichard (1848) "On the relations of ethnology to other branches of knowledge", *Journal of the Ethnological Society of London*, vol. 1, p. 302.

²⁴ Peu d'études approfondies ont été consacrées à Prichard. Parmi les plus remarquables, signalons George W. Stocking Jr, « From chronology to ethnology. James Cowles Prichard and British Anthropology 1800-1850 », introduction dans J.C. Prichard (1973) *Researches into the physical history of man* (1813), G.W. Stocking éd., (Chicago-Londres : The University of Chicago Press), IX-CXLIV et la thèse récente de Hannah Franziska Augstein (1999) *James Cowles Prichard's Anthropology : Remaking the Science of Man in early nineteenth-century Britain* (Amsterdam-Atlanta : Rodopi).

²⁵ J.C. Prichard (1848) *The Natural History of Man ; Comprising Inquiries into the Modifying Influence of Physical and Moral Agencies on the Different Tribes of the Human Family* (Londres : H. Baillière), 3^e éd., pp. 132-133.

l'intention d'appliquer le savoir ainsi acquis à l'investigation de ce qui est advenu dans les temps passés [...]. Cette investigation appartient d'évidence à l'Histoire ou l'Archéologie plutôt qu'à ce qu'on appelle communément l'Histoire naturelle. Un éminent écrivain, le rév. Dr Whewell, a excellemment appliqué le terme Paléontologie à l'ensemble des sciences qu'on pourrait regrouper sous le synonyme d'Archéologie Physique. La Paléontologie inclut à la fois la Géologie et l'Ethnologie. La Géologie est l'archéologie du globe, l'Ethnologie celle de ses habitants humains. »²⁶

Médecin aliéniste de Bristol, compilateur des récits de voyage et auteur à succès d'une grande synthèse anthropologique intitulée *Researches into the Physical History of Man* (1^{ère} éd. 1813 ; 3^e éd. en cinq volumes publiée entre 1836 et 1847), Prichard soutenait de sa plume tout l'édifice monogéniste de la période pré-darwinienne. Son nom était élogieusement cité par Charles Lyell, Robert Chambers ou Charles Darwin. Son œuvre était sans doute plus appréciée encore par William Whewell, lequel soulignait ses contributions majeures à la linguistique indo-européenne (et notamment celtique) et à l'interprétation des faits de civilisation.²⁷

La parité de leurs vues, nourries des mêmes perspectives traditionnelles sur la spiritualité et l'unité morale de la grande famille humaine, s'étend à toute la philosophie de l'histoire. Pour Whewell aussi, la géologie et l'ethnologie avaient partie liée comme deux divisions complémentaires des savoirs palétiologiques, l'une « physique », l'autre « morale ». Dans les deux cas, la narration commande l'explication. L'histoire pourvoit au sens des choses, dans le monde « matériel » comme dans le monde « immatériel ». Quand Prichard cherchait à promouvoir l'ethnologie comme l'une des sciences historiques, il y allait donc d'une conviction et d'une stratégie. Conviction d'abord, partagée par Whewell, que l'homme commence là où finit l'animal. Celui-ci reste à jamais stationnaire dans la suite des temps. Au contraire, l'homme progresse d'âge en âge et il transforme sa langue, ses pensées et ses ouvrages. Stratégie ensuite d'homologation d'une science nouvelle qui, au grand regret de

²⁶ J.C. Prichard "On the relations of ethnology...", *art. cit.*, p. 303.

²⁷ W. Whewell (1967) *The Philosophy of the Inductive Sciences founded upon their History*, (2^e éd. 1847) John Herivel éd. (1967) (New York-Londres : Johnson Reprint Corporation) vol. 1, pp. 650, 662, 678-679.

Prichard, ne trouvait pas en Angleterre l'audience et l'estime qu'elle méritait.

Aux premiers temps de la British Association for the Advancement of Science, instance légitimante recherchée, l'histoire naturelle de l'homme n'était pas reconnue. Dès 1832, Prichard menait campagne pour qu'elle fût représentée dans le programme officiel de l'Association. Mais l'ethnologie s'identifiait dans l'esprit public à la croisade humanitaire de l'Aborigines Protection Society qui dénonçait violemment la cruauté de la colonisation anglaise. L'hypothèque politique et philanthropique pesa d'un poids trop lourd dans la décision d'ouverture tant attendue. L'administration de l'Association britannique redoutait qu'on abordât les questions sociales et elle trouva expédient d'objecter, si besoin était, que la position d'exception de l'homme dans le règne animal pourrait être menacée par de telles recherches sur ses origines. Le contentieux trouva un semblant de solution après le congrès de York en 1844 quand l'ethnologie fut intégrée, au titre de sous-section, dans une division plus large comprenant aussi la zoologie et la botanique.²⁸

Un tel compagnonnage indisposait Prichard. Adversaire constant de la philosophie matérialiste et athée des raciologues continentaux qui, selon lui, réduisaient à tort l'homme à son montage anatomique, il minimisait le poids du fatalisme ethnique pour privilégier, à l'inverse, le rôle morphogène du « genre de vie » dans la différenciation historique des groupes humains. Sa typologie reposait sur les états de civilisation et le mode dominant de subsistance (chasse, élevage ou agriculture). Prichard affirmait que le progrès des arts et la complexification des rapports sociaux excitaient la propension à la variabilité humaine. La civilisation constituait en propre le milieu d'épanouissement des virtualités humaines. En matière raciale, Prichard resta donc nominaliste.²⁹ Et quoiqu'il fût l'auteur du plus célèbre manuel des années 1840, *The Natural History of Man* (1843) et de recherches « physiques » sur l'humanité, « physiques » désignant ici

²⁸ Jack Morrell, Arnold Thackray (1981) *Gentlemen of Science. Early years of the British Association for the Advancement of Science* (Oxford : Clarendon Press), pp. 283-285.

Sur le contexte spécifique du mouvement abolitionniste et philanthropique anglais, voir Ronald Rainger (1980) « Philanthropy and science in the 1830's : The British and foreign Aborigines' Protection Society », *Man*, vol. 15, pp. 702-717.

²⁹ J.C. Prichard (1813) *Researches into the Physical History of Man* (Londres : John and Arthur Arch), en part. chapitre V, section III : *The Natural History of Man*, *op. cit.*, section XLVIII.

l'approfondissement d'une légalité formelle déterminant l'adaptation de l'homme à son monde d'existence, le voisinage de l'anthropologie avec la zoologie et la botanique dans une section unique de l'Association britannique trahissait son propos.

Certes, Prichard s'intéressait à la biologie humaine. Mais son ethnologie reposait surtout sur l'examen des migrations et affinités des peuples prouvées par la philologie, les œuvres monumentales et l'univers symbolique qui les singularisaient³⁰. En ralliant la perspective de Whewell, il proposait une alternative globale. D'une part, il dédouanait l'ethnologie de toutes les questions d'actualité relatives à la politique impérialiste anglaise. Prichard se portait ainsi caution de la scientificité irréprochable de l'histoire des races humaines. D'autre part, profitant de la formidable faveur publique de la géologie, il reproduisait à l'identique son mouvement d'émancipation. Les questions d'origine passionnaient savants et profanes. Prichard pouvait, sans brusquer la religion, redéfinir techniquement l'ethnologie comme une archéologie morale ou une histoire « antéhistorique ». Il augmentait la surface d'érudition du pôle des sciences palétiologiques, apportant à Whewell un appui appréciable, et dans le même temps tirait le meilleur soutien de leur épistémologie. Il en acceptait d'ailleurs les présupposés providentialistes et toutes les restrictions bibliolâtres. Ce fut donc une rencontre objective, de connivence et d'utilité bien comprise.

La démarche de Prichard n'est pas isolée. Elle répond d'un collège de pensée. À l'exemple français, mais avec d'autres vues, une société ethnologique fut créée à Londres en 1842. Prichard, qui s'était déplacé de Bristol à Londres, en devint le président de 1845 jusqu'à sa mort en décembre 1848. Ses émules espéraient, à son instigation, forcer les résistances et dégager l'étude historique de l'homme de ses adhérences naturalistes immédiates. La méthode philologique, tant vantée par Whewell et Prichard, pondérerait opportunément la pseudo-métaphysique de la race des polygénistes français et américains. Elle fut donc immédiatement agréée.

L'enjeu survalorisé de la philologie n'échappait à personne. Il y allait du trait le plus caractéristique du genre humain, mais aussi bien d'un

³⁰ J.C. Prichard, "On the relations of ethnology...", *art. cit.*, p. 304.

John W. Burrow, "The uses of philology in Victorian England", dans Robert Robson dir. (1967) *Ideas and Institutions of Victorian Britain. Essays in honour of George Kitson Clark* (Londres, Bells and sons), pp. 189-190.

G.W. Stocking, "From chronology to ethnology", *op. cit.*, p. LVIII.

espoir, longtemps caressé, de ramener à l'unité des peuples égarés sur toutes les routes du globe. La première origine du langage appartenait à la sphère des influences surnaturelles. Mais aussitôt posé cet acte du pouvoir créateur, il convenait d'étudier le rythme du changement et la distribution des grands systèmes linguistiques en fonction de l'état social, des conquêtes et métissages, de l'apparition de l'écriture, etc. Comme le voulait Whewell, l'« étiologie » et la « phénoménologie » marchaient de concert. Tous les ethnologues anglais cherchaient, par le comparatisme des langues, des institutions et des religions, à rapprocher les peuples. Les différences n'étaient pas niées mais elles étaient minimisées. Si l'on pouvait, par exemple, rapprocher le christianisme des anciennes religions de l'Inde et de l'Égypte comme le fit le baron Bunsen, on recentrait sur quelques moments choisis l'épiphanie de la Révélation³¹.

Toutes ces déductions étaient bien dans la façon de Prichard qui, dès 1813, étendait le réseau des correspondances mythologiques d'un bout à l'autre du globe pour démontrer, sinon la réalité, du moins la plausibilité d'une vaste radiation humaine cheminant en tous sens, depuis le premier foyer de la civilisation entre Gange et Nil. En ce sens, et comprise au plus large, la philologie romantique était appelée à servir non seulement de guide pour la préhistoire naissante, mais encore de substitut pour elle. Pour cette raison également, les *Researches* de Prichard restaient un phare et le mieux cité vers 1850 des « monuments » de l'ethnologie classique. À cette date, Prichard était mort mais son œuvre était poursuivie par un autre linguiste Robert Gordon Latham³². Le programme était sauf.

La culture scientifique a longtemps ignoré le cloisonnement disciplinaire tel que nous le connaissons depuis la fin du XIX^e siècle. La plupart des savants romantiques se persuadaient encore que le monde passé ou présent représentait un grand livre allégorique et que l'investigation des origines livrerait le sens caché de la Création. Linguistes, archéologues, géologues partageaient le même espoir d'atteindre au secret des choses et leur vocabulaire extrapolé se ressent finalement plus d'une mutualité de ressources que de simples emprunts. Chacun dans son registre apportait sa pierre à l'édifice global. Cuvier campait vraiment l'archéologue des époques terrestres quand le philologue croyait déchiffrer dans la racine des

³¹ J.W. Burrow, "The uses of philology in Victorian England", *art. cit.*, p. 193 et suiv.

³² Robert Gordon Latham (1850) *The Natural History of the Varieties of Man* (Londres : John Van Voorst).

mots ou les poésies populaires l'empreinte « fossile » ou le « germe » des pensées des premiers hommes. Étienne Serres parlait d'une « paleontologie psychologique »³³. On a ainsi réussi à domestiquer le temps corrupteur.

On sait que dans l'imaginaire romantique, le temps n'est pas perçu comme un vecteur abstrait ou une forme vide. Il fait sens par son souffle moral. Il est la mesure du progrès ou de la décadence, etc. Sous ce rapport, l'ethnologie s'encadrait on ne peut mieux dans le moule providentialiste de l'histoire philosophique du genre humain dont le révérend Whewell s'était fait l'ardent promoteur. Des comparatistes comme Prichard produisaient une histoire « jugée », sans s'abandonner à l'inattendu des comportements éloignés de ceux des Européens. Ils étaient prompts à y voir des « déviations » ou des « aberrations » consécutives à un désordre moral séculaire. Et si le monothéisme avait été d'origine la seule religion révélée, ils interpréteraient toute autre forme de croyance comme une corruption de ce premier message divin.

Deuxième conclusion : la temporalité des processus analysés tient plus à l'enchaînement conséquent des événements qu'à l'approfondissement réel des durées en cause. À la recherche d'un nouveau chronomètre historique, archéologues et ethnologues ont abandonné les chronologies religieuses. Les auteurs des années 1840-1850 ont préféré s'en remettre à la chronologie égyptienne ou faire fond sur la doctrine scandinave des trois stades de la pierre, du bronze et du fer qui renouait la trame narrative distendue du récit national. Mais au-delà, il serait nécessaire d'interroger, sur l'ensemble des savoirs « paléontologiques » concernés, quels contenus temporels dénotent pour les contemporains des expressions comme « antiquité reculée », « temps immémorial », « enfance » (de la Terre, de l'humanité, du langage, etc.) ou même « développement ». En 1843, l'égyptologue Karl Lepsius évoque ses fouilles des pyramides de Memphis qui levaient le voile sur une époque de civilisation florissante antérieure de quatre mille ans à la naissance du Christ. Le chiffre, avoue-t-il, provoquera l'incrédulité ou la critique rageuse³⁴.

³³ Archives Serres, Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, Ms 165 (1^{ère} partie), dossier « Linguistique, philologie comparée », feuillet C. [orthographe conservée]. Étienne Serres est titulaire de la chaire d'Histoire naturelle de l'homme du Muséum de 1839 à 1855.

³⁴ Cité dans Josiah Clark Nott et George R. Gliddon dir. (1854) *Types of Mankind : Or, Ethnological Researches based upon ancient monuments, paintings,*

En vérité, la « révolution du temps ethnologique », comme toute révolution, fut longuement préparée. Les monogénistes, notamment, réclameront bientôt des périodes plus longues pour réconcilier l'unité de l'homme et la différenciation puis la fixation sans doute irréversible des types raciaux. Cette concession, Prichard lui-même s'y résout dans la dernière édition de ses *Researches* (1847) lorsqu'il estime devoir dater dorénavant l'apparition de l'homme de plusieurs milliers de siècles. Ses adversaires polygénistes ironiseront sur ces « chiliads of centuries » destinés à sauver la théorie unitaire. C'était pour eux l'occasion de rappeler que la chronologie à échelle variable était une complaisance³⁵.

Tous ces accommodements sont pourtant de faible incidence. La dilatation du temps esquivait en fait ce qui paraîtrait un vrai scandale logique : non pas une paléontologie de l'histoire, une histoire d'avant l'histoire, mais l'idée absolument contradictoire d'une humanité antérieure à l'humanité présente et probablement engloutie tout entière lors des précédentes révolutions de la Terre. Cette idée, on le sait, fut soutenue initialement par Boucher de Perthes en 1847 sans aucun succès³⁶.

L'avènement de la préhistoire fait donc césure dans mon propos. Dès 1859, la reconnaissance officielle de l'antiquité géologique de l'homme, au congrès d'Aberdeen de l'Association britannique et à l'Académie des Sciences de Paris, bouleversait tout le panorama des sciences humaines. Les « trois glorieuses de 1859 », incarnées par Boucher de Perthes, Paul Broca et Charles Darwin, ont certainement changé les termes traditionnels du récit des origines et sa chronologie resserrée. Il fallut faire droit au transformisme, à l'ancêtre singe et oublier la main invisible de Dieu guidant les pas de l'homme hors du Jardin d'Éden. Toutefois, l'odyssée de l'espèce a pris à son tour forme légendaire. La palétiologie « positive », rénovée par l'évolutionnisme, pouvait congédier l'ethnologie prichardienne

sculptures and crania of Races, 6^e éd., (Philadelphie-Londres : Lippincott, Grambo & Co-Trübner & Co), p. 60.

³⁵ Cf. la lettre de Samuel George Morton de janvier 1850 (reproduite dans J.C. Nott et G.R. Gliddon dir., *Types of Mankind...*, *op. cit.*, p. L) et le commentaire de Nott et Gliddon (p. 54 et suiv.). Sur le développement de la perspective chronologique de Prichard, voir G.W. Stocking, « From chronology to ethnology », *op. cit.*, pp. XCV-XCVIII.

³⁶ Jean-Yves Pautrat, « L'homme antédiluvien : anthropologie et géologie », dans C. Blanckaert, A. Ducros, J.-J. Hublin dir. *Histoire de l'Anthropologie : hommes, idées, moments*, *op. cit.*, pp. 131-151.

sans abolir l'investissement symbolique qui s'attache communément aux recherches identitaires, à la filiation et au sens de l'histoire.

Centre Koyré, Paris, blancaertmc@wanadoo.fr

INTERMEDE : LE TEMPS DE QUELQUES QUESTIONS

Gabriel GOHAU et Stéphane TIRARD

Comme l'a montré la partie historique, c'est donc tout un bloc qui naît avec le travail géologique de Sténon (1669), contemporain des premières études archéologiques, et des investigations des historiens vers les temps reculés des civilisations perdues, mais ne se développera qu'au début du XIX^e siècle. Georges Cuvier, Alexandre Brongniart, Alcide d'Orbigny, William Whewell James Prichard sont à peu près contemporains : leur œuvre se tient dans la première moitié du siècle.

Reste que la science classique, celle des lois permanentes ne s'efface évidemment pas. Sténon rompt avec le projet cartésien de déduire la formation de la Terre et du système solaire de la seule connaissance des lois naturelles et son projet inaugure les « théories de la Terre » qui s'étalent sur tout le XVIII^e siècle. Mais, Lyell, pourtant le contemporain de Whewell, ne conçoit le passé que comme un éternel présent (ce que Martin Rudwick nomme un *steady state model*¹, en référence à la théorie anti big bang soutenue par les cosmogonistes Bondi, Gold et Hoyle), en même temps que Ducrotay de Blainville s'efforce de caser les espèces fossiles entre les actuelles, en une chaîne des êtres qui prolonge des efforts séculaires.² Ceci révèle que la reconnaissance de la dimension historique d'une science suppose une double prise de conscience :

- qu'on se propose de connaître un passé différent du présent, dans le cadre de modèles historiques ou directionnalistes (toujours selon le vocabulaire de Rudwick), par opposition au *steady state* de Lyell.

- qu'on mesure que ce présent n'est pas le simple prolongement du passé. Quand Jean Piveteau proposait ce qu'il nommait joliment des « images de mondes disparus », il évoquait des faunes qui ne nous sont

¹ Martin Rudwick, "A critique of uniformitarian Geology. A letter from W. D. Conybeare to Ch. Lyell". *Proceed. Am. Phil. Soc.*, CXI, p. 272-287.

² Arthur Lovejoy (1936) *The Great Chain of Being* (Cambridge, Mass: Harvard University Press) (1971).

connues que par leurs traces. Monod et Jacob, en 1970, ont simultanément souligné que la biosphère était explicable, mais imprévisible.³ Le schéma de Darwin⁴ avec sa série de divergences montre une histoire où l'avenir est totalement incertain. Mais, sans doute, l'historicité suppose-t-elle aussi que le passé le soit tout autant vis-à-vis du présent. L'image de la partie d'échec que donne Cournot⁵ pour expliquer ce qu'il nomme « influence historique » est sans doute la plus éloquente : en fin de partie, la distribution de l'échiquier ne permet pas de remonter aux distributions antérieures. Certes, on connaît l'état initial, qui est fixé par les règles du jeu d'échec, mais pas les états intermédiaires.

D'où nos questions :

1) Comment procéder à la datation des archives ? Comment repérer les dateurs universels ? Les stratigraphies du géologue ou de l'archéologue disposent d'un principe de superposition, mais qui n'est applicable que localement. Le problème de la datation est sans doute le plus délicat de ceux que nous voulons poser : il ne sera pas aisé d'y répondre. Ainsi les stratigraphes n'ont dégagé la notion de fossile stratigraphique (ou caractéristique selon la terminologie ancienne) que de façon empirique.

2) Comment disparaissent les archives ? Le sens d'évolution d'un système, vers l'ordre ou le désordre, intervient. Le désordre détruit les états initiaux : c'est le cas des bouleversements tectoniques qui désunissent les couches et leur font perdre leur relation d'ordre. De même, l'érosion et le métamorphisme effacent les structures. François Dagognet présente la géologie comme la science « de ce qui a été gommé », et le géologue comme une sorte de policier enquêteur, ne disposant que d'empreintes labiles⁶.

Pareillement, dans le monde vivant, des espèces disparaissent sans descendance. Et si nous avons des difficultés à reconstituer les ancêtres des formes actuelles, nous en avons plus encore pour les formes disparues à

³ Voir introduction.

⁴ Charles Darwin (1859) *Origin of species...* (London: John Murray).

⁵ Augustin Cournot (1851) *Essai sur les fondements de nos connaissances et sur la critique philosophique* (Paris : Hachette) , par. 313.

⁶ François Dagognet (1977) *Une épistémologie de l'espace concret. Néo-géographie* (Paris : Vrin), p. 23-24.

jamais, par exemple pour la faune de l'explosion cambrienne disparue en partie sans descendance : les ancêtres du cheval sont-ils, du coup, moins historiques, parce que plus accessibles à notre investigation à partir du présent, que les plans d'organisation sans équivalent de la faune de Burgess ?

3) La science classique, nomologique, suffit-elle dans le cas où les archives sont muettes ? Quel est le statut de l'expérimentation lorsqu'elle consiste à tenter de reconstituer des molécules biologiques primitives au laboratoire ? Dans ce cas l'expérimentation est-elle caractérisée par la nature du problème, les méthodes employées ou le résultat obtenu (récit ou scénario) ? Le passé possible doit-il en certains cas se substituer au passé réel ? (*possible past* et *actual past* de Whewell).

4) Existe-t-il des passés plus ou moins contingents ? La physique hyperdéterministe de Laplace n'est-elle pas bouleversée par la théorie du chaos et la sensibilité aux conditions initiales ?

5) Le problème de l'origine est-il différent de celui du passé ? En d'autres termes une science des origines est-elle différente des sciences du passé ? Par la discontinuité qu'introduit l'origine, n'y a-t-il pas difficulté à remonter au-delà ? Quid de l'univers avant le big-bang ?

7) Faut-il classer dans les archives les confirmations observationnelles d'hypothèses résultant de considérations théoriques ? C'est à dire les cas où l'on calque le schéma des sciences expérimentales. Par exemple, la radiation dite fossile à 3°K est-elle une archive ?

Ce sont toutes ces questions que nous avons souhaité poser aux scientifiques qui ont accepté de participer à la seconde partie de notre colloque. Conscients qu'il ne sera peut-être pas facile de répondre à certaines d'entre elles.

Centre François Viète - Nantes, Equipe Rehseis - Paris,
ga.gohau@wanadoo.fr, stephane.tirard@univ-nantes.fr

HISTORICITE DE LA COSMOLOGIE

Marc LACHIEZE-REY*

Résumé

Les différents types d'observations qui ont confirmé les modèles de big bang ont fait de la cosmologie une science d'observation « de précision ».

Dans la mesure où elle permet de reconstituer une évolution de l'univers, dont les péripéties s'enchaînent jusqu'à aujourd'hui, on la qualifiera volontiers de " science historique ". J'essaierai ici de montrer comment on peut justifier cette appellation, à la lumière du déterminisme et de l'imprédictibilité de la physique.

La plupart des cosmogonies antiques font surgir un paradoxe. D'une part, elles supposent le monde *sans histoire* : il a été et subsistera toujours identique à lui-même, tel qu'il a été créé. D'autre part, elles évoquent un très bref processus de *création* d'où il serait issu, en général daté dans le passé et attribué à un Principe créateur. En Occident, le récit biblique de la Genèse (création en 7 jours) est resté jusqu'au XVIII^e siècle à la base de la cosmogonie. À partir de cette époque, les visions mécanistes qui se sont mises en place ont progressivement introduit la notion d'évolution graduelle, plutôt que de création, pour différents systèmes.

Il fut d'abord découvert que les planètes, les étoiles, les espèces vivantes, et probablement l'humanité elle-même, pouvaient naître, vivre, mourir. Mais la cosmologie restait indemne d'une telle historicisation. Cette ultime étape fut franchie dans la première moitié du XX^e siècle, par les modèles de big bang, qui décrivent une véritable évolution de l'univers. Cette *histoire cosmique* concerne la géométrie de l'espace-temps en même temps que son contenu matériel. Elle peut être caractérisée comme une émergence progressive de la complexité si bien que, dans notre cosmos, la genèse est perpétuellement à l'oeuvre.

* Directeur de recherches au CNRS (Astroparticule et Cosmologie, UMR 7164)

Tout en prenant le relais des récits mythiques (dès l'Antiquité grecque), la science a longtemps conservé la conception d'un univers éternellement égal à lui-même. Même les conceptions « modernes », issues des travaux de Newton, envisageaient un univers sans histoire, hormis sa très brève création dans un passé reculé. Il est tout à fait frappant que Newton, mettant en place le cadre scientifique de cette cosmologie sans histoire, se soit en même temps intéressé à la création, mais d'un point de vue théologique.

La vision scientifique et mécaniste du monde qui se développe alors ambitionne de ramener l'ensemble des phénomènes à des combinaisons de processus physiques. Au début du XVIII^e siècle, c'est d'abord à propos de la Terre que le récit biblique littéral est contesté. Après Benoît de Maillet, qui soutient que la Terre est âgée de plusieurs millions d'années, Buffon [*Suppléments à l'Histoire Naturelle*, Tome 2, 1775] suggère, preuves à l'appui, une Terre âgée de 74 832 ans. Le XIX^e siècle confirme de plus en plus l'idée d'une Terre âgée : physique, géophysique, paléontologie, suggèrent de plus en plus fortement une longue histoire pour notre planète, qui ne coïncide pas avec celle de l'humanité. La Terre gagne son historicité, bientôt étendue au Système Solaire. Celle de l'univers viendra plus tard.

Au début du XX^e siècle, la conception de l'univers reste *grosso modo* celle de Newton : un cadre géométrique fixe et inaltérable – l'espace et le temps – rempli d'un contenu matériel qui n'évolue pas à l'échelle globale. Cela n'exclut pas que, localement, chaque système comme la Terre ou le Système Solaire, déroule sa propre histoire. Mais l'univers, dans sa globalité, reste sans histoire. Les débats portent surtout sur son extension spatiale : est-il limité à la centaine de milliards d'étoiles qui constitue notre galaxie, ou s'étend-il bien au-delà ? Peut-être jusqu'à l'infini ? Après des décennies de controverses, l'astronome américain Edwin Hubble montre (1924) que notre galaxie ne représente qu'une infime « molécule » d'un gaz cosmique qui s'étend démesurément loin. Le changement d'échelle impliqué par cette découverte fondamentale constitue le premier pilier de la cosmologie moderne.

Pourtant, Hubble lui-même, tout comme Einstein en Europe, qui vient de fonder la cosmologie relativiste (1917), restent partisans d'un univers sans évolution, toujours égal à lui-même, statique. À vrai dire ils ne se posent même pas la question de savoir s'il pourrait en être autrement.

À la même époque, d'autres résultats d'observation viennent bouleverser cette conception. Les mesures de l'astronome Vesto Slipher, relayé par Hubble, mènent le physicien belge Georges Lemaître à conclure que l'univers est en expansion. L'idée repose sur les résultats d'observation, mais Lemaître a montré qu'elle découle en fait de la relativité générale, récemment découverte et publiée par Einstein (1916). Au début des années 1930, la communauté scientifique reconnaît l'expansion cosmique.

Ce n'est encore qu'un premier pas vers une cosmologie véritablement évolutionniste. Le second sera accompli par Lemaître également, selon son idée de l'« atome primordial », qui préfigure les modèles de big bang. L'univers gagne un degré d'historicité dans la mesure où toutes ses caractéristiques (pas seulement géométriques) changent avec le temps : le contenu matériel et la nature des espèces en présence, particules élémentaires, noyaux, atomes, molécules ; leurs propriétés physiques : température, densité, pression ; leur organisation en systèmes plus ou moins structurés (étoiles, planètes, galaxies)...

Un raisonnement logique implacable fait découler de l'idée d'expansion celle d'une évolution du contenu de l'univers. C'est l'essence même des modèles de big bang (qui forment une vaste famille). Vers les années 1960, il devint clair, au vu de nombreux résultats astrophysiques, que ces derniers étaient compatibles avec les observations astronomiques. Hormis de rares irréductibles, la communauté scientifique dans son ensemble les reconnaît comme les seuls capables de décrire notre Univers.

Les modèles de big bang

Les idées qui les sous-tendent sont très simples : l'expansion de l'univers dilue la matière qu'il contient. En se diluant, cette matière se refroidit, conformément aux lois thermodynamiques. L'univers était donc auparavant plus dense et plus chaud, d'autant plus que l'on remonte loin dans le passé. Ainsi se met en place l'histoire cosmique.

Les calculs de relativité générale (de cosmologie relativiste) d'une part, les observations astronomiques d'autre part, permettent d'estimer les taux d'expansion (constante de Hubble), de dilution et de refroidissement. Tout concorde pour nous indiquer que, il y a environ 14 milliards d'années, l'univers était extrêmement « petit », dense et chaud. Pour fixer les choses, les astrophysiciens s'intéressent à une période précise de l'univers primordial, qualifiée d'*ère de Planck*. En l'état de nos connaissances, elle constitue le moment le plus reculé jusqu'auquel nous pouvons reconstituer

l'histoire cosmique. Ce qui s'est passé à ce moment, et a fortiori auparavant, nous n'en savons rien, faute d'une connaissance des lois physiques valides dans de telles conditions de densité et de température (voir *Au-delà de l'espace et du temps*).

Un modèle de big bang (il en existe plusieurs variantes, qui se distinguent par des points de détail) se présente comme un récit de l'évolution de l'univers depuis l'ère de Planck jusqu'à aujourd'hui. Il s'agit bien d'une histoire cosmique, qui se précise dès que l'on met en jeu le fait que des conditions différentes de densité, pression, température, ne permettent pas l'existence des mêmes objets. Une molécule, ou même un atome, ne peut subsister dans un environnement à trop forte température. Une galaxie ne peut exister si la densité est trop élevée... Il en résulte que l'univers du passé devait contenir des objets d'une autre nature que ceux d'aujourd'hui, présenter un aspect très différent. La cosmologie s'est donné pour tâche de reconstituer la longue histoire de l'univers et de son contenu. Il ne s'agit pas seulement de rendre compte de la variation d'un thermomètre, ou d'un manomètre cosmique ; mais véritablement de décrire l'évolution graduelle de l'univers et de son contenu, de sa nature, de ses propriétés, de son organisation.

Lemaître, mettant ces idées en place, alla jusqu'à suggérer que les conditions particulières du passé très lointain (ce qu'il qualifiait d' « atome primordial », et que l'on évoque plutôt aujourd'hui comme ère de Planck) devaient être gouvernées par des phénomènes de nature quantique. En bref, l'univers devait différer de celui d'aujourd'hui d'autant plus que l'on remonte dans le passé : il évolue donc, il a une histoire.

Cette histoire est marquée par une succession de périodes, de durées plus ou moins longues, qui se sont enchaînées tout au long des milliards d'années. Certaines caractéristiques générales dominent cette tendance :

- Succession d'une ère dominée par le rayonnement électromagnétique (premier million d'années) et d'une ère dominée par la matière.

- Apparitions successives des premières particules élémentaires (*baryogenèse*, premières fractions de secondes), puis des premiers noyaux d'atomes (*nucléosynthèse primordiale*, premières minutes) ; puis des premiers atomes (*recombinaison*, premier million d'années) ; puis des structures astronomiques : galaxies, étoiles, planètes (premiers milliards d'années) et en même temps des molécules et petits grains de matière ; puis du Système Solaire et de notre planète.

Chaque étape repose sur la précédente, si bien que l'histoire cosmique se présente comme une mise en place graduelle des structures complexes qui peuplent aujourd'hui notre Univers (la plus « perfectionnée » étant la vie), structures qui étaient toutes absentes dans l'univers primordial.

Cette histoire est bien tracée, conforme aux lois de la physique. Et si nous sommes si confiants, c'est que les astronomes ont pu observer les conséquences directes de chacune des étapes : la répartition des différentes espèces chimiques confirme la nucléosynthèse primordiale et la physique stellaire. Le fond diffus cosmologique confirme la recombinaison. Les caractéristiques et la répartition des étoiles (et galaxies) confirment leurs phases de formation *etc.* Le récit devient extrêmement cohérent, conforme aux principes fondamentaux et aux théories de notre physique, et étayé par de nombreuses observations. En particulier, certains résultats très spécifiques montrent directement que l'univers évolue.

Pour autant, ces idées eurent beaucoup de mal à s'imposer comme le montre l'épisode des modèles stationnaires. Einstein mit longtemps à accepter l'idée de l'expansion, et Hubble lui-même n'y adhéra jamais tout à fait. Mais il fallut reconnaître le caractère incontestable du big bang.

Les modèles stationnaires : un univers sans histoire

En 1948, l'américain Thomas Gold et le britannique Hermann Bondi proposèrent une famille de modèles cosmologiques reposant sur un « principe cosmologique parfait » (PCP). Celui-ci énonce l'équivalence de tous les instants cosmiques : l'univers doit présenter le même aspect à chaque moment de son histoire. Autrement dit, il n'a pas d'histoire. Il reste toujours identique à lui-même. Ces modèles offraient une alternative aux modèles de big bang, non encore baptisés ainsi à l'époque.

L'Univers ne peut être *statique* puisque, dès cette époque, l'expansion cosmique est un fait bien établi : les modèles proposés ici sont *stationnaires*. Mais la dilution impliquée par l'expansion implique un contenu de moins en moins dense. Comment l'Univers peut-il alors conserver le même aspect ? Pour répondre à cette difficulté, les partisans du modèle stationnaire ont inventé une nouvelle loi de la physique : « de la matière serait créée en permanence, de manière à compenser exactement la dilution causée par l'expansion ».

Quelques années plus tard, le physicien britannique Fred Hoyle améliore les modèles stationnaires, et les rend compatibles avec la relativité

générale. Dès lors très populaires, ils rassemblent ceux qui ne peuvent se résoudre à abandonner le mythe d'un univers sans histoire. Ils bénéficient d'une difficulté des modèles, concurrents, de big bang, alors en butte à une apparente contradiction avec les observations.

Finalement, ces dernières apparaîtront erronées, et les modèles stationnaires incompatibles avec de nouvelles mesures astronomiques qui montrent de plus en plus clairement que l'univers évolue. Le développement de la physique nucléaire (années 1940), puis surtout la découverte du fond diffus cosmologique (années 1960), marquent la fin des modèles stationnaires, et le début du règne du big bang.

Historicité et déterminisme

J'ai qualifié d'« histoire » – et c'est l'usage courant – l'évolution cosmique que décrivent les modèles de big bang. Mais l'appellation convient-elle vraiment, dans un sens strict ? L'*historicité* qualifie généralement un récit au sein duquel prennent place des événements *contingents*, ou *imprévisibles*. Est-ce le cas ici ?

Les lois de la physique sont parfaitement déterministes. Cela n'exclut pas que certains aspects de la réalité du monde, que la physique serait inapte à décrire, puissent échapper au déterminisme. Mais tout ce qui relève d'une description physique est déterministe. Cela veut dire que, lorsqu'un système évolue, son état à un instant donné (t_i) *détermine* son état à un instant ultérieur (t_f). Bien souvent, on qualifie l'état à l'instant t_i de « conditions initiales », celui à t_f de « conditions finales ». L'état final ne dépend donc que de l'état initial. Cela ne vaut naturellement que si le système est isolé, c'est-à-dire si rien d'extérieur à lui ne vient influencer son évolution. Seul un événement causé par quelque chose d'extérieur au système, qualifié de *contingent*, peut échapper à la détermination.

Les calculs, et tout spécialement les simulations numériques que permettent nos ordinateurs, illustrent ce déterminisme : les équations représentant les lois physiques, appliquées à l'ensemble des données qui représentent l'état initial d'un système, fournissent bien l'ensemble des données qui représentent l'état final, même si cela exige le plus souvent des calculs longs et complexes. S'il y avait de l'indéterminisme dans la physique, cela voudrait dire que l'on pourrait tout aussi bien jouer aux dés pour trouver le résultat de certains calculs.

Tout ceci paraît bien simple et réducteur. Il ne s'agit en effet que d'une possibilité théorique. En pratique, la résolution exacte du problème exigerait de connaître *parfaitement* l'état d'un système, par exemple ses

conditions initiales. Nous verrons que cela se révèle impossible, ce qui fait du déterminisme une pétition de principe, dont l'intérêt et les conséquences demeurent très limités.

Il est à noter que la loi du déterminisme s'applique dans les deux directions du temps : l'état final d'un système détermine tout autant l'état initial que la réciproque. Nous sommes habitués à considérer le sens usuel du temps, de l'état initial vers l'état final. Mais les lois fondamentales de la physique ne connaissent pas le sens du temps. C'est nous qui l'introduisons, essentiellement, par le fait que nous connaissons (au moins partiellement) les conditions passées, mais pas les conditions futures. Du point de vue de la physique fondamentale, il est exactement équivalent de dire que l'état initial détermine l'état final, ou la réciproque. De notre point de vue, compte tenu de notre mémoire, ce n'est évidemment plus la même chose.

L'univers déterminé ?

La cosmologie des modèles de big bang donne une description *physique* de l'univers. Il est parfaitement isolé, puisque rien d'autre n'existe, par définition. Son évolution doit donc être déterministe. L'état « initial » de l'univers (par exemple il y a 14 milliards d'années) détermine son état présent ; tout comme d'ailleurs son état présent détermine son état initial. Précisons que le terme « initial » ne renvoie pas à un début (ou, encore moins, une création) de l'univers, mais au début de la phase d'évolution à laquelle nous nous intéressons, par exemple l'ère de Planck.

Ceci pourrait, à première vue, nous faire conclure à une absence d'historicité, puisque l'évolution de l'univers, comme celle d'une machine bien réglée ou d'un programme d'ordinateur, devrait ne présenter aucune surprise, ne laisser place à aucun événement contingent.

Au contraire, de nombreux événements extérieurs ont modifié, par exemple, l'évolution de la planète Terre : changements de l'activité solaire, influence de la Lune, variations d'orbite dues à des influences astronomiques, chute d'une météorite ... Ces événements *contingents* ont joué des rôles déterminants dans l'évolution de notre planète : même si l'on avait connu à la perfection son état initial, il eût été impossible d'en déduire toutes les péripéties de son évolution ultérieure.

Prédiction – rétrodiction

Pour un système isolé, pour l'Univers, l'état initial *détermine* l'état final. Peut-on pour autant *prédire* l'état final à partir de l'état initial ? La réponse est parfaitement claire. Si l'on connaissait parfaitement l'état initial, elle est positive. Sinon, on ne peut rien dire *a priori*. Or, cette connaissance parfaite est impossible, pour au moins trois raisons :

- Nos connaissances résultent en général de mesures. Mais toute mesure est de précision finie, son résultat comporte nécessairement une erreur par définition inconnue. Or, deux états (initiaux) d'un système qui diffèrent très peu (où par exemple certaines grandeurs possèdent des valeurs très voisines mais distinctes) peuvent avoir des évolutions ultérieures extrêmement différentes. Ceci caractérise les systèmes dits *chaotiques*, mais il s'avère que, à partir d'un certain niveau de complexité, tout système est chaotique.

- Le nombre de molécules que contient un système aussi simple qu'un verre d'eau dépasse le nombre d'Avogadro (10^{23}). Il est évidemment impossible de répertorier, à un instant donné, toutes leurs positions et vitesses. Sans parler de l'univers entier ! Or nous ne pouvons jamais être certains que de négliger une seule de ces molécules ne va pas modifier l'estimation de l'évolution ultérieure.

- Enfin, nous pensons que les systèmes physiques sont gouvernés en dernier ressort par les lois de la physique quantique. Or, celles-ci interdisent, pour des raisons fondamentales (qui ne sont pas liées à notre insuffisance à faire des mesures précises ou enregistrer un grand nombre de données), de connaître parfaitement l'état d'un système : nous aurons beau perfectionner nos modes opératoires, nous n'arriverons jamais à cette connaissance absolue.

Il en résulte que le déterminisme est très loin d'entraîner la prédictibilité. Et puisque les choses fonctionnent dans les deux sens du temps, il est tout aussi loin d'entraîner la rétroprédictibilité, c'est-à-dire la possibilité de reconstituer l'état initial à partir de la connaissance (effective et jamais parfaite) de l'état final.

Heureusement, nous savons bien que si *tout* n'est pas prédictible, *certaines choses* le sont. Je puis affirmer sans trop de risque que le Soleil se lèvera demain, qu'après l'hiver viendra l'été... Tel est le miracle de la physique : au sein de la multitude de données (inaccessibles) qui caractérisent un système, il suffit de connaître certaines d'entre elles pour prédire certains aspects de l'évolution du système. Il est impossible de

connaître les vitesses de toutes les molécules d'un verre d'eau, mais on peut facilement connaître leur vitesse (quadratique) moyenne, qui se confond (à une constante de conversion près) avec sa température. Cela suffit pour prédire à quel moment, dans un environnement donné, l'eau va se refroidir, s'évaporer ou cristalliser. La position et la vitesse d'un corps céleste dans le Système Solaire permettent aux astronomes de prédire (avec une précision limitée) son évolution ultérieure, sans se préoccuper de sa nature, et de nous avertir d'un risque éventuel de collision avec la Terre. À partir d'un ensemble de données choisies, les météorologues nous annoncent le climat de demain (ou celui d'hier, mais cela intéresse moins de monde). Il existe ainsi un très grand nombre de possibilités partielles de prédiction, identifiées par les physiciens : malgré les insuffisances mentionnées, la physique est au moins partiellement prédictive. Il en va de même pour la cosmologie. Ces possibilités de prédiction (ou rétrodictio) permettent de construire des modèles cosmologiques raisonnables, en dépit de notre pauvre connaissance observationnelle de l'Univers.

Ainsi, les cosmologues assurent que l'univers, en expansion aujourd'hui, le sera toujours demain ; et qu'il l'était hier. À partir du taux d'expansion aujourd'hui, et de la quantité globale de matière que contient l'univers, ils pensent pouvoir prédire le taux d'expansion de demain (ou d'hier). Hélas, nous connaissons bien mal cette matière (de grandes quantités de matière noire, inconnues, sont très probablement présentes). Les possibilités de prédiction ou de rétrodictio sont ainsi limitées, mais nous pouvons au moins les encadrer, comme les sondages à la veille d'un scrutin. Autre exemple, nous pensons pouvoir affirmer que, dans l'univers, une concentration de matière doit se condenser de plus en plus, jusqu'à former une étoile ou une galaxie ; et réciproquement, que toute étoile ou galaxie observée a dû commencer comme simple condensation gazeuse dans l'univers ancien.

Il reste que, comme pour tout système physique, la stricte [rétro-] prédictibilité est impossible en cosmologie. Mais elle opère de manière limitée, suffisamment pour nous permettre de retracer les grandes lignes de l'évolution cosmique. Une contingence apparaît dans le récit, mais son origine n'est pas extérieure : nul autre univers ne vient importunément perturber l'évolution du nôtre. Nulle faillite du déterminisme. Cette contingence provient de notre ignorance, dont les causes ont été répertoriées plus haut. C'est là que se niche la véritable historicité de la cosmologie. Et de fait, une proportion immense de ce que l'on a observé dans le cosmos – étoiles et galaxies de tous types, et objets encore plus

étranges – n’aurait sans doute jamais pu être *prévue* par aucun modèle. Il en va de même de la chronologie des événements cosmiques. Les cosmologues l’ont établie en s’appuyant sur les résultats d’observations astronomiques dévoilant des états passés de l’univers, qui jouent le rôle de faits contingents. La seule application des théories n’aurait pas permis de reconstituer cette chronologie, par rétroprédiction à partir de l’état présent de notre univers.

CEA, marclr@cea.fr

BIBLIOGRAPHIE

Une version abrégée de cet article est parue dans *Sciences et Avenir hors série*, n°146, 2006

- [1] LACHIEZE-REY MARC, *Au-delà de l'espace et du temps : la nouvelle physique*, Paris, éd. Le Pommier, 2004.
- [2] LACHIEZE-REY MARC, *Initiation à la Cosmologie*, Paris, Dunod, 2004 (4^e édition).
- [3] LACHIEZE-REY MARC ET LUMINET JEAN-PIERRE, *Figures du ciel*, Paris, Le Seuil / Bibliothèque nationale de France, 1998.

FAUT-IL DISTINGUER COURS DU TEMPS ET FLECHE DU TEMPS ?

Étienne Klein*

Résumé

Cet article vise d'abord à procéder à un examen – et ensuite à une critique – de notre façon coutumière de parler du temps, de son cours, de sa « flèche », trois notions qui sont couramment (et abusivement) confondues. Il revient ensuite sur les propos d'un certain nombre d'auteurs, notamment d'Ilya Prigogine, qui considèrent que la physique s'est en quelque sorte « trompée » depuis le début, qu'elle a commis l'erreur de nier le temps au motif, expliquent-ils, que les équations fondamentales de la physique sont toutes réversibles en temps. Quelle est la validité de ce « syllogisme » ? Des équations réversibles en temps sont-elles vraiment des négations de l'existence même du temps ? Notre analyse du problème nous conduira à un examen rapide des conditions historiques qui ont créé la confusion entre cours du temps et flèche du temps.

La question du temps est toujours présentée comme fascinante au motif qu'elle maintient en tension la science la plus froide avec l'imagination la plus chaude. Ce genre de mélange n'étant jamais tiède mais plutôt explosif, il ne peut en effet que séduire l'intellect.

Mais la question du temps est aussi une sorte d'« attrape-nigauds ». Elle semble simple, facilement accessible, mais en réalité, elle est infernale, car quiconque veut l'aborder doit d'abord surmonter quatre sortes de difficultés.

Les difficultés propres de la question du temps

Le premier type de difficultés vient de ce que le mot temps ne dit rien de la chose qu'il désigne. Il intervient dans un très grand nombre

* Physicien au Commissariat à l'Énergie Atomique.

d'expressions qui nous donnent l'impression que le temps est un être familier, presque domestique, mais quand on regarde toutes ces expressions en même temps pour essayer d'en déduire ce qu'est le temps, on s'aperçoit rapidement que cette méthode mène à une impasse. Le temps, victime d'une polysémie fulgurante, apparaît vite comme une entité incohérente. Par exemple, lorsque j'exprime que « je n'ai pas le temps », je veux signifier que je ne dispose pas de la durée nécessaire pour faire ce qui m'est demandé. Mais si je ne dispose pas de la durée dont j'ai besoin, c'est précisément parce que le temps, en passant, contraint mon emploi du temps. En somme, si je n'ai pas le temps, c'est justement parce qu'il y a... du temps ! De même, quand je dis que « le temps me pèse », je signale que ce que je suis en train de vivre m'est insignifiant, que le temps me semble vide. Cela semble impliquer que plus le temps est vide et plus il... pèse, au contraire de tous les objets mécaniques !

Le mot temps a ceci de particulier qu'il semble capable de tout dire à la fois : la succession et la simultanéité, la durée et le changement, l'époque et le devenir, l'attente et l'usure, le vieillissement et la vitesse, et même l'argent ou la mort.

La deuxième sorte de difficultés concernant le temps est liée à la première. Comme nous venons de l'expliquer, en matière de temps, le langage ne dit rien de précis, mais ça ne l'empêche pas d'être éloquent. Le langage impose même ses diktats, il construit une dictature du sens, car il signifie immédiatement quelque chose, même si ce quelque chose est sans rapport avec la chose qu'il désigne. Si le langage ne nous dit pas ce qu'est le temps, il nous explique implicitement ce qu'il faut penser à son propos. Façon de dire le temps et façon de le penser tendent à se confondre. Ainsi, très souvent, alors que nous croyons parler du temps, ce que nous considérons n'est en réalité que notre façon de parler du temps. Déjà, le seul fait d'avoir substantivé le temps conditionne notre façon de l'évoquer et engendre toute une série d'expressions, de formules, de lieux communs, qui sont en général problématiques. Par exemple, nous proclamons sans la moindre hésitation que « le temps passe ». Que signifie cette phrase au juste ? Nul ne conteste que le temps est effectivement ce qui fait que toute chose passe, mais de là à dire que c'est le temps lui-même qui passe, il y a un pas que le langage courant nous incite à franchir, mais qui n'est peut-être pas légitime. En effet, la succession des trois moments du temps (le futur, le présent et le passé) n'implique nullement qu'on puisse dire que le temps se succède à lui-même. Eux passent, c'est certain, mais lui ? Si l'on considère que le temps est le principe par lequel chaque instant présent cède la place à un autre instant présent, n'est-ce pas justement du fait de sa

présence constante que les choses ne cessent de passer ? Mais alors, ne devrait-on pas plutôt dire que c'est la réalité tout entière qui « passe », et non le temps lui-même, qui lui ne cesse jamais d'être là à faire justement passer la réalité ?

En somme, dire que le temps passe, c'est commettre une erreur semblable à celle que nous commettrions en disant que le chemin chemine ou que le cahier à musique chante. C'est confondre la chose et sa fonction.

La troisième série de difficultés vient de ce que, en amont même du langage, certaines analogies se sont emparées de notre pensée et l'ont emportée irréversiblement. C'est le cas de l'analogie du fleuve, qui a formaté toutes nos représentations du temps et qui, subrepticement, charrie avec elle toute une série d'*a priori* clandestins. Il convient de débusquer ces *a priori*, car ils sont en définitive des attributs du fleuve, et non des attributs du temps. Par exemple, si nous avons bien le droit d'attribuer une vitesse à l'écoulement d'un fleuve, nous ne saurions le faire pour l'écoulement du temps, puisqu'une vitesse est une dérivée par rapport... au temps !

Enfin, *la quatrième sorte de difficulté*, qui est de loin la plus pernicieuse, vient de ce que nous confondons presque toujours le temps et les phénomènes temporels. Par un processus de contagion ou de capillarité, nous identifions le contenant à son contenu. C'est ainsi que le temps est tantôt assimilé à la durée, tantôt au devenir, tantôt au mouvement, tantôt à l'entropie... Or tous ces habits du temps ne sont que des ... habits apportés par les phénomènes temporels ! Le temps est un acteur mystérieux, caché même, qui pour nous ne fait jouer que des doublures phénoménales. Parler du temps présuppose donc de notre part que nous sachions le distinguer des divers déploiements qu'il rend possible – les phénomènes – pour saisir, sinon sa véritable nature, du moins sa fonction essentielle. Autrement dit, il nous faut prendre à la lettre la phrase de Balzac : « Le temps est un grand maigre »¹. Il est ce mince support qui ne nous apparaît tel qu'après avoir dépouillé les diverses temporalités de toutes les formes qui ne leur sont pas essentielles : il n'est pas la durée, mais ce qui produit de la durée : il n'est pas non plus la même chose que le mouvement, mais ce en quoi tout mouvement se déploie ; il n'est pas le changement, mais ce qui porte tout changement. Mais surtout, le temps n'est pas la même chose que le devenir. Or nous avons systématiquement tendance à confondre ces deux notions, qui *a priori* n'ont pourtant aucune raison de se recouvrir.

¹ Honoré de Balzac (1990) *Les Illusions perdues* (Paris : GF-Flammarion), p. 432.

La confusion temps-devenir : un reliquat des mythes ?

Remarquons d'abord que cette tendance à considérer que le temps ne passe pas dès lors que rien ne change est ancienne. Elle remonte même aux mythes : « au début », racontent en effet les plus anciens d'entre eux, il existait un monde originel qui perdurait sans être soumis au temps. Le temps n'est entré en scène qu'au bout *d'un certain temps* pour amorcer une genèse, enclencher un processus, provoquer une évolution. Dans ces récits, le temps ne semble pas avoir pour fonction première de faire persister le monde : il est identifié au seul devenir, non à ce qui maintient le monde dans la continuité d'un présent. Seule une confusion entre temps et devenir permet en effet d'imaginer qu'un monde stagnant, *pré-chronique*, a pu précéder le temps, celui-ci n'advenant que dans un second temps pour initier une trame historique.

Cet amalgame, qui sous-entend que nul temps n'est présent si aucun changement ne se produit, a conservé de beaux restes dans notre culture : seul le devenir aurait besoin du temps, pas la simple durée.

Regardons plus précisément du côté des mythes grecs. Au début, donc, il y avait le Ciel et la Terre, Ouranos et Gaïa. Enfantée par elle, le Ciel recouvrait complètement la Terre. Il lui « collait à la peau », maintenant sur elle une nuit continuelle sans cesser de s'épancher dans son sein. En clair, il n'avait pas d'autre activité que sexuelle, de sorte que Gaïa se trouvait grosse de toute une série d'enfants, dont les Titans, qui ne pouvaient pas sortir de son ventre : ils restaient logés là même où Ouranos les avait conçus. Nul espace entre Ouranos et Gaïa, qui aurait permis à leurs enfants de venir à la lumière et d'avoir une existence autonome.

Mais Gaïa finit par ne plus supporter de retenir en son sein ses enfants, qui, faute de pouvoir sortir, la gonflaient et l'étouffaient. C'est alors que Kronos, le dernier-né, accepta d'aider sa mère en affrontant son père. Tandis qu'Ouranos s'épanchait en Gaïa, il attrapa fermement les parties sexuelles de son géniteur puis les coupa sèchement avec une serpe façonnée par sa mère. Ouranos poussa un hurlement de douleur et, dans un geste brusque, se retira, s'éloigna de Gaïa, puis vint se fixer tout en haut du monde pour n'en plus bouger. En castrant Ouranos, Kronos réalisa donc une étape fondamentale dans la naissance du cosmos : il sépara le ciel de la terre et créa entre eux un espace libre. Désormais, tout ce que la terre produirait aurait un lieu pour se développer et tout ce que les êtres vivants feraient naître pourrait respirer, vivre, engendrer.

Ainsi, le temps du devenir est apparu, s'est « épanoui », juste après l'espace. Tant qu'Ouranos pesait sur Gaïa, pas de générations possibles,

celles-ci restant enfouies à l'intérieur de l'être qui les avait produites. En fait, contrairement à ce que le mythe nous dit, il y avait déjà du temps puisque Ouranos et Gaïa « éprouvaient » de la durée, mais c'était un temps enfermé en lui-même, qui ne permettait rien d'autre que la stagnation du monde. Ouranos se retirant, les Titans purent sortir du giron maternel et enfanter à leur tour : s'ouvrit alors une succession de générations. En s'émancipant, Kronos libéra Chronos. Porteur de devenir, ouvert à l'histoire, il allait enfin pouvoir se déployer, à l'infini.

En Occident (mais aussi en Orient), on a pu ainsi raconter des histoires comportant des repères chronologiques tout en affirmant que le temps n'existait pas. Cette liberté narrative est parfaitement respectable, mais elle tend à oublier que le temps affecte l'être dans son immobilité autant que dans son devenir, qu'il agit *aussi* lorsque nul changement ne se produit. Si le devenir présuppose le temps, le temps n'implique nullement le devenir.

Ce qu'en dit la physique

La physique, elle, a pris bien soin de distinguer dans ses divers formalismes le temps du devenir, autrement dit le *cours* du temps de la *flèche* du temps (même si quelque confusion persiste encore dans le discours des physiciens, comme nous le verrons plus loin) : le cours du temps est ce qui interdit les voyages dans le temps ; il désigne aussi le fait que le temps s'écoule, que ce faisant il impose un ordre bien défini aux événements qui sont causalement reliés les uns aux autres, qu'en s'écoulant il produit également de la durée et seulement de la durée, bref qu'il engendre la succession des événements. La flèche du temps renvoie, quant à elle, à la possibilité qu'ont les systèmes physiques de *devenir*, c'est-à-dire de connaître au cours du temps des changements ou des transformations parfois irréversibles, qui les empêcheront à tout jamais de revenir à leur état initial. Elle est une propriété, non du temps lui-même, mais de certains phénomènes physiques.

Pour dire les choses en une phrase, le cours du temps assure la continuité du monde pendant que la flèche du temps y produit des histoires et des nouveautés ineffaçables.

La représentation que les physiciens se font du cours du temps a toujours été contrainte par le principe de causalité. L'énoncé et les conséquences de ce principe (qui vient systématiquement interdire les voyages dans le temps) dépendent de la théorie considérée. En physique newtonienne, la causalité implique que le temps est linéaire et non

cyclique ; en relativité restreinte, elle interdit qu'une particule puisse se propager plus vite que la lumière dans le vide ; en physique des particules, elle rend nécessaire l'existence de l'antimatière².

La flèche du temps, elle, présuppose l'existence d'un cours du temps bien établi au sein duquel – *de surcroît* – certains phénomènes sont eux-mêmes temporellement orientés, c'est-à-dire irréversibles : une fois accomplis, il est impossible d'annuler les effets qu'ils ont produits.

Entendons-nous bien : il n'est pas exclu que le cours du temps et la flèche du temps procèdent *en définitive* d'une seule et même réalité, plus profonde qu'eux, qu'ils soient l'un et l'autre des produits dérivés de phénomènes sous-jacents qu'une « nouvelle physique » mettra peut-être à jour³, mais pour le moment, il convient de les distinguer formellement. Si le cours du temps est bien une caractéristique du temps, son squelette pourrait-on dire essentiel, la flèche du temps, elle, est seulement une propriété qu'ont ou n'ont pas les phénomènes physiques. On dit de ceux qui sont réversibles qu'ils n'ont pas de flèche temporelle et des autres qu'ils sont « fléchés ». Depuis Newton (mais en fait surtout à partir du milieu du XIX^e siècle), les physiciens se demandent si les phénomènes physiques peuvent ou non se dérouler « dans les deux sens » : ayant atteint un certain état final, peuvent-ils retourner à leur état initial ? Les éléments de réponse à cette question, qui font intervenir le second principe de la thermodynamique, le problème de la mesure en physique quantique, l'expansion de l'univers, sont trop complexes pour que nous les rapportions ici⁴. Il nous suffira de noter que ces éléments de réponse n'ont rien à voir avec ceux invoqués pour traduire le cours du temps et que nous avons évoqués plus haut (temps linéaire, impossibilité de dépasser la vitesse de la lumière dans le vide, existence de l'antimatière...). Précisons une dernière fois, histoire de bien mettre les points sur les i, que la question ici posée n'est nullement de savoir si l'on peut remonter dans le passé, mais de déterminer si les lois physiques autorisent ou non les systèmes physiques à

² Pour en savoir plus, voir Etienne Klein (2003) *Les Tactiques de Chronos*, (Paris : Flammarion), pp. 85-109.

³ Certains auteurs envisagent qu'on puisse définir une « causalité sans temps », dont le cours du temps aussi bien que la flèche du temps seraient les produits dérivés. S'ils avaient raison, cela signifierait que la physique pourrait mettre la main sur le moteur même du temps. Voir le livre de Marc Lachièze-Rey (2003) *Au-delà de l'espace et du temps, la nouvelle physique* (Paris : Le Pommier).

⁴ Voir *Les tactiques de Chronos*, *Ibid*, pp. 125-145.

retrouver *plus tard*, dans l'avenir, dans leur *propre* avenir, l'état qu'ils ont connu dans leur passé⁵.

L'ambiguïté sémantique d'Eddington

Mais d'où vient que les physiciens eux-mêmes, lorsqu'ils parlent du temps, utilisent parfois indifféremment les expressions *cours du temps* et *flèche du temps* ? Rappelons d'abord que c'est au physicien britannique Arthur Eddington que l'on doit l'introduction dans le champ de la physique, en 1928, de l'expression « flèche du temps ». Il voulait ainsi symboliser le constat qu'il est impossible de modifier le cours de certains phénomènes. Mais force est de reconnaître que sa façon d'évoquer (et surtout de définir) la flèche du temps est ambiguë. Dans son livre *The Nature of the Physical World*, il pose en termes alambiqués la question suivante : « Pourquoi ne pas faire l'hypothèse que le devenir est une sorte de texture à sens unique impliquée fondamentalement dans la structure de la nature ? L'esprit a une connaissance spéciale de cette texture et l'appréhende comme le passage du temps. Du fait de cette texture à sens unique, l'élément de hasard s'accroît constamment dans le sens de la tendance naturelle, et fournit ainsi commodément au physicien un critère expérimental pour déterminer le chemin qu'elle suit ; mais c'est la tendance, et non cette conséquence particulière qui en résulte, qui est la contrepartie physique directe du "devenir". »⁶ Le moins que l'on puisse dire est que cette phrase est ... confuse ! On devine pourtant ce qu'Eddington veut dire : d'une part, le devenir lui-même est inscrit dans la structure de l'univers sous la forme d'une tendance constitutive à l'augmentation de la part du hasard ; d'autre part, la sensation que nous avons de l'écoulement du temps n'est rien d'autre que l'expression d'une capacité qui nous est donnée d'apprécier et de mesurer le désordre que comporte l'univers. En somme, nous ne serions pas capables de sentir le cours du temps, mais seulement la croissance de l'entropie, c'est-à-dire l'irréversibilité de certains phénomènes physiques. Peut-être est-ce vrai,

⁵ La physique newtonienne offre un bel exemple de théorie dans laquelle le temps a un cours mais n'a pas de flèche : les voyages dans le temps y sont structurellement interdits, mais un système physique peut toujours retrouver dans l'avenir un état physique qu'il a déjà connu dans le passé.

⁶ Arthur Eddington (1928) *The Nature of the Physical World* (Cambridge : Cambridge UP), pp. 95-96.

mais cela n'implique nullement qu'il faille réduire le temps à ce qui oriente la croissance de l'entropie. Car comme l'a fort bien noté Wittgenstein dans les *Remarques mêlées*, « ce que dit Eddington sur “le sens du temps” et la loi de l'entropie revient à ceci que le temps changerait son sens si les gens commençaient un jour à marcher à reculons. Si l'on veut, on peut, il est vrai, appeler cela ainsi ; mais il faut seulement, à ce moment-là, avoir les idées claires sur le fait qu'on ne dit par là rien de plus que : les hommes ont changé leur sens de la marche »⁷.

De plus, dans l'état final de l'équilibre thermodynamique, il y a certes encore un cours du temps, mais ce temps n'a plus de flèche. Or à ce propos, Eddington écrit : « Le temps est toujours là et conserve ses propriétés ordinaires, mais il a perdu sa flèche ; comme l'espace, **il s'étend, mais il ne “passe pas”** »⁸. Ce sont ces derniers mots, que j'ai marqués en gras, qui ont sans doute engendré la confusion dont on observe aujourd'hui encore les effets : car quand la flèche du temps disparaît, c'est-à-dire quand l'évolution du système devient stationnaire, le cours du temps, lui, continue à fabriquer de la durée, une durée qui n'accueille certes aucun changement, mais qui garantit simplement la permanence du système.

En somme, si le temps a toujours un cours, les phénomènes qu'il porte, eux, n'ont pas toujours de flèche.

C.E.A., klein@dsmdir.cea.fr

⁷ Ludwig Wittgenstein (1984/2002) *Remarques mêlées* texte allemand et traduction de Gérard Granel (Paris : GF Flammarion), p. 73.

⁸ *Ibid.*, p. 85.

LA PRISE EN COMPTE DU TEMPS EN CHIMIE

Jacques Reisse*

Résumé

Le temps joue un rôle déterminant en chimie puisque cette science s'intéresse aux transformations de la matière. Toute transformation requiert un « certain temps » et le chimiste dispose d'outils puissants pour suivre « dans le temps » une transformation, depuis un temps qualifié d'initial jusqu'à un temps qualifié de final. Suivre la transformation signifie mesurer, de manière continue ou discontinue, la concentration des réactifs ou des produits de la réaction au cours du temps. La courbe concentration-temps ainsi obtenue est évidemment considérée comme indépendante du choix du temps initial ; c'est la base même de la démarche expérimentale fondée sur la reproductibilité des observations pour autant que les conditions soient identiques. Toutefois, lorsque le chimiste s'intéresse à des problèmes qui relèvent de la chimie de l'environnement ou encore à cette phase remarquable de la transformation de la matière qui correspond au passage du non-vivant au vivant (l'origine de la vie), il est obligé de prendre en compte le « temps de l'histoire ». Il est intéressant d'examiner comment le chimiste réagit face à cette obligation lui qui, par sa culture et contrairement au géologue par exemple, n'est pas préparé à devoir tenir compte d'un temps qui ne soit pas un simple paramètre permettant d'ordonner des observations de manière reproductible.

La chimie est une discipline scientifique qui a pour objets principaux, la détermination de la structure de la matière au niveau atomique et moléculaire et l'étude des transformations de la matière à ces mêmes niveaux. Certes, la chimie couvre d'autres domaines et les développements spectaculaires de la biochimie, de la géochimie, de la cosmochimie ou encore de la science des matériaux sont là pour attester de la vitalité d'une discipline scientifique majeure. Puisque la chimie a notamment pour objet l'étude des transformations de la matière, qu'il s'agisse des transitions de phase (solide en liquide, liquide en vapeur...) ou de transformation de

* Université Libre de Bruxelles, Membre de l'Académie Royale des Sciences de Belgique.

molécules en d'autres molécules, le facteur temps intervient inéluctablement. Toutes ces transformations prennent « un certain temps » et suivre l'évolution du système en fonction du temps constitue ce que l'on nomme une étude cinétique. Si le système est constitué d'un nombre N_A de molécules A et d'un nombre N_B de molécules B (les réactifs) qui se transforment progressivement en molécules C (le produit de la réaction), il est possible de suivre l'évolution de N_A (ou N_B ou N_C) en fonction du temps. On observe ainsi une décroissance progressive de N_A et de N_B alors que N_C , initialement nul, croît au cours du temps. Les courbes décrivant ces évolutions du nombre de molécules de chaque type en fonction du temps sont qualifiées de courbes cinétiques. La tangente à ces courbes en chaque point (et donc pour chaque temps) permet de calculer la vitesse instantanée de la réaction. La cinétique chimique constitue un chapitre important de la chimie dans la mesure où les études cinétiques de réactions chimiques donnent accès aux mécanismes de ces réactions et permettent l'optimisation des conditions expérimentales conduisant à la transformation de A et B en C. Très généralement, les vitesses de réaction dépendent de la température : elles croissent lorsque la température augmente. Les vitesses de réaction dépendent souvent aussi d'autres paramètres physiques et l'étude de ces dépendances constitue un aspect important des études de cinétique chimique. Le paramètre temps dont il est question en cinétique chimique est le temps écoulé depuis un zéro conventionnel appelé « temps initial » et choisi par l'expérimentateur. A priori, on considère que le choix de ce temps initial est sans conséquence sur l'évolution du système pour autant que rien ne soit modifié quant aux paramètres susceptibles d'influencer cette évolution. Ces paramètres sont les quantités initiales des réactifs, la température ou tout autre paramètre physique ou chimique pertinent (pression, solvant, pH,...). Ce qui importe en cinétique chimique, c'est un « espace de temps » mesuré à partir d'un « temps zéro » arbitraire. Le « temps de l'histoire » est considéré, lui, comme sans effet sur le déroulement des réactions chimiques étudiées au laboratoire. Les très rares exceptions à cette règle s'observent (ou pourraient s'observer) dans le cas de réactions dites radicalaires dont la vitesse peut, *a priori*, dépendre de l'intensité du rayonnement cosmique solaire voire galactique puisque ce rayonnement est susceptible de générer des radicaux. On nomme radical, une molécule qui possède un électron non apparié ; un radical est généralement obtenu par arrachement d'un atome ou d'un groupe d'atomes à une molécule parente qui, elle, possède une structure électronique dite « à couches complètes » (dont tous les électrons sont appariés). De tels arrachements d'atomes ou groupes d'atomes peuvent effectivement être

provoqués par les rayons cosmiques (qui correspondent à des ions positifs et surtout à des protons circulant à des vitesses très élevées) et cet effet des rayons cosmiques constitue d'ailleurs un des problèmes majeurs que rencontreront les astronautes effectuant des vols interplanétaires. L'intensité du rayonnement cosmique varie au cours du « temps de l'histoire » parce que, pour nous limiter au rayonnement cosmique d'origine solaire, le Soleil a lui-même une histoire. Il s'est formé par accréation d'un nuage de gaz et de poussières voici un peu plus de 4,5 milliards d'années et se trouve aujourd'hui, sans doute à mi-vie. Remarquons ici que cette affirmation mériterait d'être discutée longuement en se demandant d'abord que signifie l'âge du Soleil ? Comment l'a-t-on mesuré ? Nous reviendrons sur ce problème plus tard, lorsque nous discuterons de l'âge de la Terre. Qu'il nous suffise de remarquer ici que les processus physiques responsables de l'émission des rayons cosmiques solaires ont varié dans le passé et varieront dans le futur en fonction de l'âge du Soleil. Par ailleurs, et cet aspect est le plus important à l'échelle de temps de la vie humaine, l'activité solaire est cyclique et ces cycles d'activité sont associés à des variations, elles aussi cycliques, de l'intensité du rayonnement cosmique solaire. Enfin, et ce facteur ne doit pas être ignoré, le champ magnétique terrestre est différent de lieu en lieu à la surface de la Terre et variable aussi dans le temps. Ce champ magnétique terrestre défléchit les rayons cosmiques et partant détermine, lui aussi, l'intensité du rayonnement cosmique. Si donc on étudie la cinétique d'une réaction radicalaire au laboratoire, il n'est pas exclu que, dans certains cas, il faille tenir compte du « temps de l'histoire » pour justifier une non reproductibilité des résultats. Ceci étant, il est certainement préférable de tout mettre en œuvre pour protéger le réacteur des rayons cosmiques. Il faut insister sur le fait que l'influence des rayons cosmiques sur la cinétique des réactions correspond à des situations exceptionnelles et qui d'ailleurs sont souvent, pour ne pas dire toujours, l'objet de controverses. Pour un chimiste expérimentateur, habitué à répéter l'expérience dans des conditions semblables afin de s'assurer de la reproductibilité des résultats qu'il obtient et en vue de définir une marge d'erreurs, il est difficile d'accepter que puisse intervenir des facteurs qu'il ne peut maîtriser. Pour l'expérimentateur, ce qui était vrai hier doit l'être aussi aujourd'hui et le sera encore dans mille ans : dans la très grande majorité des cas, le « temps de l'histoire » ne le concerne pas !

Bien évidemment, la chimie s'intéresse aussi à des réactions qui se déroulent spontanément en milieu naturel, qu'il s'agisse de l'atmosphère, de l'hydrosphère, des sols ou encore des organismes vivants. Dans ces cas, la

cinétique chimique dépend évidemment du « temps de l'histoire » : les milieux naturels évoluent et ils évoluent généralement de manière irréversible. A titre d'exemple si l'on s'intéresse à la chimie de l'ozone dans la stratosphère et à la problématique dite du « trou de l'ozone », il faut tenir compte du caractère saisonnier de ce phénomène qui dépend de l'intensité du rayonnement solaire puisque certaines étapes de cette chimie complexe sont photochimiques. A cette variation saisonnière, s'ajoute une variation cyclique ou non liée à l'activité solaire et ceci pour les raisons précédemment évoquées (la chimie de l'ozone est une chimie radicalaire). Enfin, la chimie de l'ozone stratosphérique est dépendante de la présence, dans la stratosphère, de molécules produites par l'industrie (les CFC), molécules dont la production et l'utilisation est aujourd'hui interdite (du moins en principe), dans le cadre d'un protocole international. Ceci introduit un autre facteur qui justifie que soit pris en compte le « temps de l'histoire » par celui qui s'intéresse à la chimie de l'ozone stratosphérique.

Le chimiste s'intéresse de manière évidente au « temps de l'histoire » lorsqu'il aide le paléontologue pour la datation d'échantillons fossiles comme des os ou des dents. Les mesures absolues du « temps de l'histoire » en paléontologie sont fondées le plus souvent sur des mesures physiques et plus précisément sur des mesures de la quantité d'éléments radiogéniques c'est à dire d'éléments provenant, par fission nucléaire, d'éléments parents. La fission nucléaire spontanée correspond à un processus irréversible et cette irréversibilité est une condition nécessaire pour que l'on puisse retracer l'évolution antérieure du système sur base d'une connaissance de son état présent et atteindre ainsi le « temps initial », celui qui marque le point de départ du processus évolutif. Pour retracer l'évolution antérieure, il faut aussi que soit connue la loi d'évolution du système et que cette loi soit, si possible, indépendante des conditions physiques et physico-chimiques (température, pression, pH...). Le système en évolution irréversible doit être fermé (ne pas échanger de matière avec le monde extérieur) pour que les mesures de concentrations des éléments radiogéniques et des éléments fissiles (s'ils existent toujours) puissent conduire à la connaissance du temps initial.

La chimie, elle aussi, permet des datations d'échantillons, datations basées dans ce cas sur des réactions chimiques et non pas sur des réactions nucléaires. Parmi les réactions chimiques utilisées figure la racémisation des acides aminés protéiniques. Rappelons ici que les protéines sont des polymères obtenus par condensation d'acides aminés. Par souci de simplicité, nous décrirons donc une protéine comme faite d'un

enchaînement d'acides aminés. Le nombre de ces acides aminés dans une protéine particulière peut atteindre plusieurs centaines ce qui implique nécessairement que les acides aminés soient présents chacun en plusieurs exemplaires puisqu'il n'existe que vingt acides aminés différents. Sur ces vingt acides aminés, dix-neuf sont chiraux. Par chiral, on entend un objet et donc aussi une molécule, qui présente la propriété de ne pas être superposable à son image (matérialisée) dans un miroir plan (comme une main droite qui peut être vue comme l'image matérialisée de la main gauche correspondante). Une des caractéristiques de tous les êtres vivants tient à ce que leurs acides aminés protéiniques soient homochiraux en ce sens qu'ils sont présents uniquement sous forme de molécules « main gauche » (ou de configuration L pour utiliser une terminologie plus conforme, mais moins imagée). Dans les protéines, on ne trouve aucun acide aminé « main droite » (de configuration D) ou tout au moins en est-il ainsi lorsque la protéine est un élément constitutif d'un organisme vivant. En revanche, si l'être vivant meurt, une dégradation voire une fossilisation est observée et en ce qui concerne les acides aminés protéiniques, la dégradation se traduit notamment par une racémisation. On entend par là que les acides aminés L se transforment en D et les D en L jusqu'à atteindre, si la racémisation est complète, un nombre égal de molécules L et de molécules D. Cette équipartition correspond à l'état d'entropie maximum et la « force motrice » de la racémisation est dans ce cas la croissance de l'entropie. La vitesse de la réaction de racémisation dépend des conditions physiques et physico-chimiques et cette caractéristique, propre d'ailleurs à toute réaction chimique, constitue un désavantage certain de la méthode de datation basée sur la racémisation si on la compare aux méthodes basées sur la radioactivité. Néanmoins, cette méthode chimique est parfois utilisée pour dater des os et des dents (qui contiennent des protéines), pour autant que l'on ait des indications concernant la stabilité des conditions de température et de pH durant toute la période séparant la mort de l'organisme et l'étude de l'échantillon. Ces datations portent sur des échantillons qui ont de quelques milliers à quelques dizaines de milliers d'années. Pour les périodes plus reculées, d'autres méthodes absolues ou relatives doivent être utilisées pour effectuer les datations et, ainsi que nous allons le voir, l'association des « dates » ainsi mesurées avec des événements significatifs de l'histoire de la Terre ou de l'histoire de la vie n'est pas toujours chose aisée. Nous allons nous intéresser plus particulièrement à un événement singulier dont l'importance est évidente pour qui s'intéresse au problème « chimie et temps de l'histoire ». Il s'agit de l'origine de la vie sur Terre.

L'origine de la vie sur Terre ou encore la transition du non vivant au vivant relève de la chimie puisqu'il s'agit d'évolution moléculaire ; le temps à prendre en compte est ici est très évidemment le « temps de l'histoire » mais l'éloignement dans le temps est, dans ce cas, si grand qu'il convient de bien définir ce que l'on entend par « temps de l'histoire ». Il s'agit d'un temps qui s'écoule de manière constante depuis la « naissance du temps ». Certes, l'expression « s'écoule » doit être prise comme une image en s'interdisant toute question du type « s'écoule dans quoi ? » Il faut se souvenir que dans le cadre du modèle cosmologique standard, dit modèle du « Big Bang » (que le chanoine Lemaître, père de ce modèle, décrivait comme le modèle de « l'atome primordial »), il existe un point singulier (le Big Bang) en terme d'espace, de temps et du couple énergie-matière. Ce point singulier est souvent décrit comme l'origine du temps ou du moins de notre temps. Bien évidemment, cette dernière phrase mériterait d'être longuement explicitée : des ouvrages entiers sont consacrés à ce point singulier que la physique moderne ne permet pas encore de cerner parfaitement. Peut-être même faudra-t-il une nouvelle théorie, plus générale encore que le modèle standard, pour décrire de manière quantitative l'origine de notre Univers. Ceci étant, personne ne conteste la description évolutionniste de notre Univers et l'existence d'une flèche du temps, c'est-à-dire d'un temps orienté du passé vers le futur, d'un temps qui « s'écoule ». Notre Univers est en évolution et la preuve la plus tangible de cette évolution réside dans l'évolution de la matière elle-même. A titre d'exemple, des éléments comme le carbone, l'azote, l'oxygène qui, avec l'hydrogène, sont les éléments constitutifs majeurs de la matière dite organique, n'existaient pas aux premiers temps de l'Univers. Si l'on excepte l'hydrogène, ces éléments ont été synthétisés, par des réactions nucléaires, dans les réacteurs naturels que sont les étoiles. Bien évidemment, les étoiles qui ont donné naissance à ces éléments ont aujourd'hui disparu mais, à la fin de leur vie, elles ont éjecté dans l'espace les éléments qui s'étaient formés en leur sein. Ce qui est vrai pour le carbone, l'azote et l'oxygène, l'est pour tous les autres éléments de la classification périodique : en effet et mis à part l'hydrogène, l'hélium et un très petit nombre d'éléments dits « légers », tous les éléments proviennent de nucléosynthèses. Celles-ci sont toujours associées à des processus stellaires sans pour autant qu'il s'agisse toujours de fusion nucléaire. Puisque notre système solaire contient tous les éléments de l'hydrogène à l'uranium, les éléments dits lourds ne peuvent provenir que de processus synthétiques qui se sont déroulés, antérieurement, dans des étoiles dites de première génération. Depuis qu'il

est une étoile, le Soleil, quant à lui, transforme de l'hydrogène et hélium et ce ne sera qu'en fin de vie, dans 4 milliards d'années environ, lorsqu'il deviendra une géante rouge, qu'il sera à même de synthétiser des éléments plus lourds tel le carbone et ceci par fusion de l'hélium.

Le système solaire, comme le Soleil, a une histoire. Selon le modèle théorique communément accepté, le système solaire provient de la condensation ou, mieux, de l'accrétion d'un nuage de gaz et de poussières que l'on décrit comme la protonébuleuse solaire. Bien évidemment, cette protonébuleuse qui était composée d'éjectats d'étoiles de première génération, a disparu lors de l'accrétion mais le phénomène d'accrétion a pu être daté, de manière indirecte. La datation se fait en prenant le temps présent comme zéro de l'échelle des temps ; l'indication bp (pour « before present ») est souvent utilisée dans ce cas. Dans cette échelle de temps, la valeur la plus récente pour l'âge de la Terre est de 4,568 milliards d'années ou encore 4,568 Ga (où « G » est le symbole pour Giga c'est-à-dire milliard et où « a » est le symbole pour année). En réalité, cet âge est déduit de celui d'inclusions riches en calcium et en aluminium (CAIs) trouvées dans des météorites de type chondrites. Les chondrites étant des objets d'origine extraterrestre, il pourrait sembler paradoxal de dater l'âge de la Terre sur base de mesures faites sur de tels objets. En réalité, cette mesure de l'âge de la Terre est dépendante du modèle théorique qui décrit le processus d'accrétion. Selon le modèle communément admis, l'accrétion du système solaire a été un phénomène extrêmement rapide qui a conduit à la formation de l'étoile (le Soleil), des planètes (ou du moins d'embryons planétaires), des astéroïdes et des comètes. Les chondrites sont des fragments d'astéroïdes d'un type particulier et les CAIs, dont l'âge de 4,566 Ga a été déterminé par des méthodes classiques de géochronologie isotopique, sont les échantillons les plus anciens que l'on ait pu dater. Comme il s'agit de minéraux dits réfractaires qui se sont solidifiés à haute température et donc parmi les premiers dans le système solaire naissant, on assimile l'âge de la Terre à l'âge de ces minéraux d'origine météoritique (à une petite correction près dont il semble inutile de discuter). Cette assimilation est acceptable dans la mesure où le modèle d'accrétion du système solaire aujourd'hui accepté comme le plus plausible, conduit à considérer que les astéroïdes, les planètes et le Soleil se sont formés simultanément. Certes, les planètes n'avaient pas dès l'origine la masse actuelle : durant des centaines de millions d'années après l'accrétion, elles ont été bombardées par des comètes, des astéroïdes, des météorites : l'accrétion se poursuivait (et se poursuit d'ailleurs encore aujourd'hui) mais ces apports de matière étaient mineurs par rapport à la masse initiale (de

l'ordre de quelques pourcents de cette masse initiale). La jeune Terre (elle avait alors moins de cents millions d'années) a été frappée par un objet qui avait sans doute la taille de Mars et qui lui a arraché une quantité importante de matière. Cette matière, d'abord rassemblée en un disque circumterrestre, s'est à son tour condensée pour former la Lune. Notre satellite était initialement beaucoup plus proche de la Terre qu'il n'est aujourd'hui : depuis sa formation, la Lune s'écarte de la Terre.

La Terre est un corps différencié dans la mesure où elle est composée d'un cœur dense essentiellement métallique, d'un manteau qui entoure ce cœur et enfin d'une écorce externe. Cette différenciation jointe à la géométrie approximativement sphérique de la Terre sont des preuves de ce que dans les premiers millions d'années de son existence, la Terre était suffisamment meuble pour qu'elle puisse adopter une forme qui optimise les interactions gravitationnelles en son sein et pour que puisse se dérouler des transferts de matière, les matériaux les plus denses se retrouvant au centre et les moins denses en surface. Cette Terre meuble devait être chaude et ne pas posséder d'hydrosphère (ni océans, ni lac, ni rivières).

La découverte récentes de minéraux appelés zircons (ZrSiO_4) dans certains terrains sédimentaires anciens amène à penser que de l'eau liquide existait déjà sur Terre il y a 4,40 Ga d'années environ et c'est ce qui conduit à l'affirmation selon laquelle les océans primitifs sont apparus tôt sur la Terre. Remarquons ici un même type de décalage entre la chose effectivement mesurée (l'âge de zircons) et la chose affirmée (l'âge probable de la plus ancienne hydrosphère) que ce que nous avons vu précédemment pour l'âge de la Terre assimilé à l'âge de minéraux réfractaires d'origine météoritique.

Dater la formation des premiers océans est chose importante pour qui s'intéresse à l'origine de la vie parce qu'il semble certain qu'il ne peut y avoir de vie sans eau à l'état liquide. Cette affirmation mériterait une longue justification. Dans le cadre de ce texte, nous nous limiterons à faire remarquer que la vie implique une structuration très forte de la matière et que l'eau a un effet structurant sur ce qui est dissous dans l'eau pour autant que les solutés soient hydrophobes. Par hydrophobe, on entend une molécule qui « n'aime pas être dans l'eau » et plus précisément, en utilisant le langage de la chimie-physique, une molécule est qualifiée d'hydrophobe si sa dissolution dans l'eau s'accompagne d'une perte d'entropie de l'eau. Cette perte d'entropie est généralement d'autant plus grande que la surface de la molécule hydrophobe est grande. Si des molécules hydrophobes identiques ou différentes s'accolent, la surface qu'elles offrent à l'eau est moindre que lorsqu'elles étaient séparées. Ainsi peut-on considérer que

l'eau « aide » les molécules hydrophobes à s'accoler puisque de cet accollement résulte un gain d'entropie pour le système soluté solvant. L'entropie croît et donc l'énergie libre décroît ; le système évolue spontanément et irréversiblement vers un état plus structuré. La formation spontanée de membranes qui, très certainement, a constitué une étape importante dans l'évolution de la matière du non-vivant vers le vivant constitue un exemple d'auto assemblage qui peut-être observé au laboratoire lorsque l'on dissout des molécules amphiphiles dans l'eau. Par molécules amphiphiles, on entend des molécules constituées d'une partie hydrophile et d'une partie hydrophobe (et donc lipophile au sens de « qui aime les graisses »). Au-delà d'une concentration limite dans l'eau, on peut observer que les molécules amphiphiles s'auto-organisent pour donner des assemblages constitués d'un nombre élevé de molécules. Parmi les assemblages qui sont observés, certains de ceux-ci nommés vésicules ou liposomes, présentent une analogie certaine avec les cellules vivantes en ce sens qu'il existe un milieu interne et un milieu externe séparés par une membrane. Cette membrane a une structure en bicouche, avec les « têtes » hydrophiles en contact avec l'eau interne et avec l'eau externe et les « queues » hydrophobes pointant les unes vers les autres. Bien évidemment, un liposome ou d'autres structures que peuvent former des molécules amphiphiles comme les micelles, sont des systèmes infiniment plus simples que le plus simple des unicellulaires mais, comme déjà dit précédemment, la formation spontanée de ces structures a certainement constitué l'une des étapes de l'évolution de la matière qui a conduit à la transition du non vivant au vivant. Cette formation spontanée d'objets complexes ne viole en rien le deuxième principe de la thermodynamique : il y a croissance de l'entropie du système constitué par les molécules amphiphiles et les molécules d'eau. Si on se limite aux seules molécules amphiphiles considérées comme formant un sous-système, leur agrégation s'accompagne évidemment d'une perte d'entropie de ce sous-système. Ceci étant, la croissance de l'entropie de l'autre sous-système constitué par les molécules d'eau surcompense la perte enregistrée au niveau du premier sous-système. Le couplage entre les deux sous-systèmes est l'élément déterminant qui conditionne l'évolution du système global. On mesure, par cet exemple simple, l'importance de la présence de l'eau liquide dans le processus d'émergence des premières cellules vivantes et pourquoi la découverte de preuves attestant l'existence précoce d'eau liquide sur la Terre est importante. Puisqu'il semble impossible d'envisager une vie sans eau, la présence constante d'eau liquide sur Terre depuis plus de 4 Ga a permis non seulement l'apparition de la vie mais aussi sa longue évolution

depuis les unicellulaires procaryotes initiaux jusqu'aux pluricellulaires eucaryotes. Cette phrase ne doit pas être interprétée comme signifiant que les unicellulaires procaryotes contemporains n'ont pas, eux aussi, évolué : tous les organismes présents aujourd'hui sur Terre sont le résultat d'une évolution biologique qui a débuté avec l'apparition des premières cellules, voire de la première cellule dotée des propriétés communes à tous les êtres vivants et qui nous conduisent à les reconnaître comme tels. Il est en effet intéressant de constater qu'il n'y a aucune difficulté à s'accorder sur ce qui est vivant et sur ce qui ne l'est pas alors que la définition de la vie constitue un sujet de débats sans fin au sein de la communauté scientifique.

Dater (de manière indirecte) la formation des premiers océans et observer que l'eau liquide est indispensable à la vie ne signifie pas pour autant que la vie soit présente sur Terre depuis 4,4 Ga. La présence d'eau est une condition nécessaire, mais elle n'est pas une condition suffisante ! Certains articles de presse à propos de la planète Mars ou du satellite de Jupiter Europe montrent que la nécessité d'établir cette distinction n'est pas claire pour tout le monde.

Quelles sont les conditions suffisantes pour que la vie apparaisse nécessairement ? Il faut avouer avec humilité que nous n'en savons rien et que nous ne savons même pas si l'apparition d'êtres vivants, dans des conditions environnementales pourtant adéquates, correspondait ou non à une nécessité. Dans l'état actuel de nos connaissances, il n'y a pas moyen d'effectuer un choix entre hasard et nécessité qui soit uniquement basé sur des arguments scientifiques contraignants. Chacun peut exprimer des préférences mais ce faisant, il doit ou devrait reconnaître qu'il s'agit d'un avis subjectif. On peut évidemment affirmer sans risque de se tromper que l'apparition des premiers êtres vivants nécessitait la présence des constituants du vivant que sont l'eau et les molécules organiques comme les acides aminés, les sucres, les graisses. Sans matériaux de construction, on ne peut construire une maison ! Il faut néanmoins observer que cette affirmation n'est exacte que pour LUCA (notre « Last Universal Common Ancestor »). Nous ne savons rien en ce qui concerne une éventuelle forme de vie antérieure à LUCA, à jamais disparue sur Terre, et qui pour certains auteurs particulièrement imaginatifs, aurait pu être fondée sur des constituants inorganiques et notamment des sulfures métalliques. Les molécules organiques constitutives de LUCA étaient très probablement présentes sur Terre depuis qu'existaient des océans. Qui plus est, elles étaient présentes essentiellement sous forme dissoute ou en suspension dans les océans, l'eau agissant comme filtre ultraviolet qui limitait la destruction

de ces molécules par le rayonnement solaire. Il faut en effet se souvenir que l'atmosphère de la Terre primitive ne contenait ni oxygène en quantité abondante ni donc ozone et les terres émergées devaient constituer un environnement peu propice à l'accumulation de molécules organiques.

L'origine de ces molécules organiques prébiotiques reste l'objet d'opinions contradictoires selon que l'on considère que l'essentiel de la réserve initiale de molécules organiques est d'origine exogène ou, qu'au contraire, il est d'origine endogène. Par origine exogène, on entend un apport de ces molécules par les astéroïdes, comètes, météorites et surtout micrométéorites qui tombaient sur la jeune Terre avec une fréquence sans doute beaucoup plus élevée qu'aujourd'hui. Cette fréquence plus élevée s'explique simplement : elle correspondait à l'accrétion finissante. Les planètes et donc la Terre mais aussi les satellites attiraient des corps de petite taille qui continuaient leur course autour du Soleil et ces corps étaient plus nombreux qu'ils ne sont aujourd'hui (la réserve s'épuise lentement !). L'importance des micrométéorites du point de vue des apports exogènes tient à deux facteurs : tout d'abord, il semble qu'en masse, cet apport ait pu être le plus important mais il faut prendre en compte, aussi, que l'énergie dégagée lors de l'impact de corps plus gros est susceptible d'atomiser les molécules constitutives de ces corps et particulièrement les molécules organiques. Contentons-nous de rappeler ici que l'énergie associée à l'impact d'un corps d'une dizaine de kilomètres de diamètre moyen équivaut approximativement à l'énergie dégagée par un milliard de bombes d'Hiroshima. Cette énergie élevée est due à la masse de l'impacteur mais aussi à sa vitesse relative par rapport à celle de la Terre, vitesse généralement supérieure à 20 Km/sec. La présence de molécules organiques très diverses dans les comètes et dans certains astéroïdes (C-astéroïdes) ainsi que dans leurs fragments que sont les météorites et micrométéorites tient à ce que ces corps sont non différenciés. Lors de leur accrétion ou après celle-ci, ils n'ont jamais été chauds au point de devenir meuble et de permettre la migration des éléments lourds vers leur centre. Une preuve qui sous-tend cette affirmation est la suivante : les comètes et les C-astéroïdes ne sont pas sphériques parce que ils n'ont jamais été suffisamment malléables pour adopter la forme qui optimise les interactions en leur sein. N'ayant jamais été portés à des températures supérieures à 400-500 K, ces corps contenaient des molécules organiques il y a 4,5 Ga comme ils en contiennent toujours aujourd'hui. Cette affirmation est basée sur des observations fiables : les fragments de C-astéroïdes que sont les météorites appelées chondrites carbonées contiennent des acides aminés, des bases azotées (celles que l'on trouve dans les acides nucléiques), des

acides et hydroxy-acides carboxyliques, des hydrocarbures et de nombreuses autres molécules organiques. Les météorites de Murchison et Murray constituent des exemples connus de chondrites carbonées qui ont donné lieu à de nombreuses analyses. Il y a de très sérieux arguments pour affirmer que ces molécules préexistaient déjà dans le nuage protosolaire puisque celui-ci devait être semblable à certains nuages interstellaires tels qu'on peut les observer dans la galaxie. Certes, les moyens d'observation utilisés pour étudier ces nuages (essentiellement la radioastronomie et la spectroscopie infrarouge) n'ont pas encore permis de détecter des acides aminés ou des bases azotées mais la variété des molécules déjà observées permet de faire l'hypothèse que ces constituants des êtres vivants sont bien présents dans ces nuages et que dès lors ils devaient être présents dans la protonébuleuse. Notre compréhension de la chimie interstellaire est encore imparfaite mais on connaît déjà le rôle des poussières agissant comme concentrateur par adsorption, de troisième corps¹ pour absorber l'énergie lors de formation de liaisons chimiques et peut-être aussi de catalyseurs. On sait aussi le rôle joué par les rayons cosmiques pour initier une chimie en phase gazeuse faisant intervenir l'espèce $(H_3)^+$. La Terre primitive a sans doute été ainsi « ensemencée » par des molécules venant de l'espace et c'est ce que l'on désigne par « apport exogène » des molécules constitutives de LUCA.

L'apport endogène des constituants de LUCA sur la Terre primitive est associé, lui, à la synthèse de ces constituants sur la Terre primitive et plus précisément dans des microenvironnements réducteurs qui devaient exister sur cette jeune Terre. En effet et contrairement à ce que pensaient Oparine, Urey ou Miller, l'atmosphère terrestre dans son ensemble n'a jamais été réductrice. Ceci limite les synthèses en phase gazeuse atmosphérique que l'on peut envisager comme scénarios plausibles en chimie prébiotique. Toutefois, rien n'empêche de limiter cette synthèse *in situ* à des microenvironnements réducteurs comme le sont aujourd'hui les sources hydrothermales et plus particulièrement les fumeurs noirs sous-marins. En fait, il semble de plus en plus vraisemblable que des microenvironnements de ce type ont joué un rôle en chimie prébiotique.

¹ Par troisième corps, on entend une particule, mais parfois aussi une molécule, susceptible d'accepter de l'énergie libérée lors d'une réaction exoénergétique. Sans accepteur l'énergie ne pourrait être libérée et la réaction ne pourrait se produire (sauf, dans les cas rares où la réaction s'accompagne de l'émission de lumière).

Si l'on en revient au thème central de ce chapitre et au « temps de l'histoire », il faut reconnaître que demeurent totalement inconnus la durée de ce processus d'accumulation des molécules organiques constitutives de LUCA (acides aminés, sucres, molécules amphiphiles,...) et surtout le temps nécessaire à l'auto structuration de ces « éléments de construction de base » en superstructures de type polymères ou de type assemblages supramoléculaires (micelles, vésicules...). On peut uniquement fixer une fourchette de temps : l'accumulation et l'auto structuration n'ont pu débiter que lorsque existait une hydrosphère permanente sur la Terre primitive et elles se sont probablement achevées avec l'apparition de LUCA. En effet, dès que des unicellulaires se sont multipliés sur Terre, ils ont dû consommer la matière organique accumulée. Ils étaient vraisemblablement hétérotrophes même si rien ne permet d'exclure formellement que les premiers organismes aient pu être des autotrophes capables de synthétiser leur matière constitutive, en tout ou en partie, à partir de CO_2 et de H_2S ou de H_2O . De toute manière, LUCA lui-même devait être constitué de molécules et de systèmes supramoléculaires qui préexistaient dans le milieu. Si l'on peut dater approximativement l'apparition des premiers océans, en revanche on ne peut préciser la date de naissance de LUCA ni même affirmer qu'avant LUCA, une autre et très hypothétique forme de vie n'ait pu exister sur Terre. Il est courant de faire coïncider la date de l'apparition de la vie sur Terre avec l'âge des plus anciens fossiles de micro-organismes connus même si des rapports isotopiques $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ observés dans des sédiments datant de plus de 3,8 Ga (Isua, Groenland) sont parfois considérés comme une preuve indirecte de ce que la matière organique très métamorphisée trouvée dans ces sédiments était d'origine biologique et témoignait donc de l'existence d'une vie microbienne à l'époque où ces sédiments se sont déposés. Les plus anciens fossiles connus dateraient de 3,5 Ga mais ces conclusions ont été récemment contestées. Ce que certains considèrent comme des microfossiles est vu par d'autres comme des microformations minérales d'origine abiotique. Les premiers microfossiles ont donc peut être 3,5 Ga ou peut-être 2,9 Ga « seulement ». Quoi qu'il en soit ces premiers microfossiles sont ceux d'organismes unicellulaires sans noyau (procaryotes). Dès que les premiers unicellulaires sont apparus sur Terre, l'évolution biologique a pris le relais de l'évolution chimique ; un code génétique susceptible de se modifier à l'occasion de la division cellulaire devenait la cause première de l'évolution. Quand a eu lieu ce changement de régime d'évolution ? Personne ne le sait et peut-être ne le saura-t-on jamais. On peut constater seulement que l'évolution chimique a pris probablement un milliard d'années au maximum. Ceci étant, ce serait

certainement une grave erreur que d'imaginer cette évolution comme un processus toujours lent et progressif. Au contraire, tout permet d'affirmer que l'évolution chimique a dû connaître aussi des phases stationnaires, séparées par des évolutions brusques de type bifurcation, comme on l'observe pour tout système ouvert maintenu loin de l'équilibre par ses échanges de matière et d'énergie avec le monde extérieur.

Comme on peut le constater, le « temps de l'histoire » joue un rôle central dans la transition du non vivant au vivant sans qu'il soit possible de jalonner un long espace de temps par des dates précises. Cette situation tient évidemment au manque de traces, de vestiges d'un passé si lointain. Elle tient aussi au lien étroit qui existe toujours (et dans toutes les sciences historiques) entre datation et choix conventionnel de l'évènement à dater et il est utile d'insister sur ce point. En histoire, l'accord concernant ce choix conventionnel est si aisément atteint que l'on semble souvent oublier même qu'il s'agit d'une convention. Personne aujourd'hui ne défendrait l'idée que le début de la dernière guerre mondiale correspond à l'envahissement de l'Autriche par l'Allemagne parce que tout le monde « sait » que le début correspond à l'invasion de la France et de la Belgique et pourtant il est bien évident qu'il s'agit là d'une convention. On aurait pu convenir d'ailleurs que la guerre n'est devenue vraiment mondiale qu'après l'entrée en guerre du Japon, de l'Amérique et de l'Union Soviétique et que l'invasion de l'Autriche, mais aussi celle de la France et de la Belgique n'étaient que des épisodes préliminaires. Si l'accord quant à l'évènement à dater semble souvent ne pas faire problème en histoire, il n'en est plus de même dès qu'il s'agit de préhistoire ou d'anthropologie. Dater l'apparition de l'*Homo sapiens* fait l'objet de débats sans fin entre spécialistes et ceci notamment parce qu'il faut s'entendre sur les critères permettant d'affirmer que tel squelette est celui d'un « vrai » *Homo sapiens* alors que tel squelette (généralement fragmentaire) correspond à un individu qui n'était pas « vraiment » un *Homo sapiens* ! Il ne faut donc pas être surpris devant l'impossibilité de dater des évènements aussi lointains que l'apparition de la vie. Incontestablement, les scientifiques et surtout les chimistes éprouvent des difficultés majeures à s'entendre sur une définition arbitraire de l'évènement à dater. Il faut constater que lorsque les cosmologistes, les astronomes ou les géologues sont confrontés à des problèmes de datation, il semble qu'ils aient moins de difficultés à s'accorder à trouver un consensus en leur sein. Peut-être est-ce parce que leurs sciences sont historiques: ils connaissent mieux que les chimistes les règles du jeu et savent notamment que sans consensus sur un choix conventionnel voire arbitraire de

l'évènement singulier à dater, tout discours sur les origines perd en clarté. Les chimistes privilégient une description de l'apparition de la vie en tant qu'enchaînement de processus qui, finalement, ont permis l'émergence d'un système auquel tout le monde s'accorde à attribuer le qualificatif de vivant. Ce faisant, ils accentuent l'impression que les scénarios proposés pour décrire l'évolution prébiotique sont extrêmement hypothétiques. On peut regretter cette situation voire même considérer qu'elle constitue la preuve de l'incapacité des chimistes à prendre en compte le « temps de l'histoire ». On peut aussi considérer cette attitude des chimistes comme une manifestation d'humilité devant un problème d'une immense difficulté. Cette difficulté est d'autant plus grande que l'approche scientifique à mettre en œuvre ne peut être uniquement réductionniste. Comme cela a déjà été souligné, l'évolution chimique ne doit pas être vue comme une très longue succession de petites étapes innombrables. Tout au contraire, certaines de ces étapes ont dû correspondre à des bifurcations au sein d'un système au comportement non linéaire, bifurcation qui se sont accompagnées de l'apparition soudaine de propriétés vraiment nouvelles. Face à ce type de comportement, il est souvent nécessaire d'utiliser une approche globale, holistique qui ne jouit pas nécessairement encore d'un jugement positif dans le milieu des chimistes et qui exige surtout une approche supra disciplinaire difficile à bien pratiquer. Des progrès substantiels ont néanmoins été faits durant ces dernières décennies, les mentalités évoluent, les préjugés s'affaiblissent et on doit être optimiste quant à la prise en compte de plus en plus efficace du « temps de l'histoire » par les chimistes.

Académie des Sciences de Belgique,
Université Libre de Bruxelles, jreisse@ulb.ac.be

BIBLIOGRAPHIE

Compte tenu de la diversité des sujets traités, il a semblé préférable de renvoyer à quelques ouvrages et articles généraux qui, eux-mêmes, peuvent donner accès aux articles spécialisés.

- [4] BRACK André et RAULIN François, *L'évolution chimique et les origines de la vie*, Masson, Paris, 1991.
- [5] BRACK André, « Les traces du vivant », in *La chimie et l'origine de la vie*, M. Gargaud, D. Despois, J-P. Parisot, J. Reisse. (Editeurs), Presses Universitaires de Bordeaux, Bordeaux, 2003, pp. 61-82.
- [6] CAIRNS-SMITH Graham A. , *Genetic takeover and the mineral origin of life*, Cambridge University Press, Cambridge, 1982.
- [7] DEAMER David W. and FLEISCHEKAER Gail R., *Origins of Life: the Central Concepts*, Jones and Barlett Publ., Boston, London, 1994. Cet ouvrage correspond à un recueil d'articles originaux.
- [8] HAASE R., *Thermodynamics of Irreversible Processes*, Dover Pub. Inc., New York, 1990.
- [9] MAUREL Marie-Christine, *La naissance de la vie, de l'évolution prébiotique à l'évolution biologique*, Dunod, Paris, 3^{ème} édition, 2003.
- [10] NICOLIS G. and PRIGOGINE I., *Exploring Complexity, an introduction*, W. H. Freeman and Company, New York, 1998.
- [11] PETIT J.M., « Chronologie de la formation du Système Solaire », in *Les traces du vivant*, M. Gargaud, D. Despois, J-P. Parisot, J. Reisse (Editeurs), Presses Universitaires de Bordeaux, Bordeaux, 2003, pp.19-38.
- [12] PINTI D., « La formation des océans », in *Les traces du vivant*, M. Gargaud, D. Despois, J-P. Parisot, J. Reisse (Editeurs), Presses Universitaires de Bordeaux, Bordeaux, 2003, pp. 39-57.
- [13] REISSE Jacques, « A propos de l'origine de la matière organique sur la Terre primitive et de son évolution durant la période prébiotique », in *L'environnement de la Terre primitive*, M. Gargaud, D. Despois et J-P. Parisot (Editeurs), Presses Universitaires de Bordeaux, Bordeaux, 2001, pp. 323-342.

A ces articles spécialisés, il convient d'ajouter l'excellent dossier hors-série de *Pour la science* (janvier-mars 2004) ayant pour titre « Le temps des datations ».

STRATIGRAPHIE ET BIOMARQUEURS

Claude BABIN

Résumé

La stratigraphie étudie l'agencement des couches sédimentaires dans le but d'établir des corrélations à distance entre elles et de leur attribuer un âge. Elle dispose pour cela de différents types de signaux. Parmi ceux-ci les biomarqueurs que sont les fossiles, témoins d'un processus d'évolution irréversible, ont été depuis longtemps sollicités. Leur utilisation rencontre de nombreuses difficultés, elle permet néanmoins l'établissement d'une échelle temporelle standard, continuellement améliorable mais déjà remarquablement efficiente.

La stratigraphie est l'étude de l'agencement géométrique des strates dans l'espace et dans le temps, elle établit des corrélations entre celles-ci et recherche leur âge relatif. Ce faisant, elle participe aux reconstitutions paléogéographiques et paléoenvironnementales. Elle constitue ainsi le fondement de ce qu'il est convenu d'appeler géologie historique avec toutes les ambiguïtés qui peuvent s'attacher à ce qualificatif.

La stratigraphie utilise différents signaux ce qui permet de distinguer :

- Une lithostratigraphie qui débute par une analyse élémentaire, purement lithologique, permettant la définition d'unités lithostratigraphiques identifiables en 3D, base de toute synthèse régionale. Une analyse séquentielle conduit ensuite à reconnaître les séquences de faciès et leurs relations ainsi que les discontinuités. On aboutit à une stratigraphie génétique qui rend compte des variations de l'environnement sédimentaire. Dans les carottages, on utilise des diagraphies qui consistent en l'enregistrement en continu de diverses caractéristiques physiques des roches traversées en fonction de la profondeur.

Quatre unités formelles sont définies en lithostratigraphie, ce sont en ordre ascendant : la couche, le membre, la formation, qui est l'unité de référence, et le groupe.

- Une chimiostratigraphie qui s'est développée tardivement, après 1970, et qui fut entravée à ses débuts par des méthodes inappropriées (analyses réalisées sur roches totales donnant des résultats peu interprétables), par une surévaluation des processus diagénétiques et par une conception uniformitarienne de la composition des eaux océaniques. Elle est aujourd'hui en plein essor avec une véritable stratigraphie isotopique, notamment pour les variations du rapport isotopique de l'oxygène qui renseignent sur les modifications climatiques et fournissent une bonne échelle pour le Quaternaire.

- Une magnétostratigraphie qui consiste en la mise en évidence de la succession des inversions de polarité du champ magnétique terrestre. On dispose désormais d'une échelle de polarité magnétique bien documentée de l'Actuel jusqu'au Jurassique supérieur ; pour les périodes plus anciennes, les fonds océaniques manquent. L'échelle est calibrée (calée dans le temps) par la biostratigraphie et la radiométrie.

- Une biostratigraphie (terme proposé en 1909 par le Belge Louis Dollo) qui utilise les fossiles, témoins de l'évolution biologique, comme indicateurs temporels : nous pouvons donc qualifier ceux-ci de biomarqueurs.

- Une géochronologie isotopique, dite parfois radiochronométrie, dont les datations basées sur les isotopes radioactifs sont précieuses, notamment pour le Précambrien dépourvu de fossiles, mais dont l'application aux matériels sédimentaires reste controversée.

L'aboutissement de ces diverses contributions constitue la chronostratigraphie qui a pour objectif l'établissement d'une échelle chronostratigraphique mondiale de référence, succession continue sans lacunes ni chevauchements. Les unités chronostratigraphiques sont concrètes et tangibles (systèmes, séries, étages), les unités géochronologiques sont abstraites et expriment directement des tranches de temps (périodes, époques, âges).

La démarche correspond ainsi à différentes phases d'approche : stratigraphie géométrique pour établir des corrélations locales et régionales sans prise en compte du temps ; stratigraphie événementielle qui peut conduire, à l'aide de divers repères (éruptions volcaniques, impacts météoritiques), à des corrélations temporelles très précises parce qu'il s'agit de phénomènes quasiment instantanés à l'échelle des temps géologiques ; stratigraphie chronologique établissant des datations relatives des terrains et des événements ainsi que des corrélations synchrones entre unités

géologiques ; stratigraphie chronométrique qui fournit des datations numériques dites, souvent abusivement, datations absolues

Bref historique des biomarqueurs

On sait combien l'interprétation exacte des fossiles en tant que vestiges d'organismes anciens a suscité de longues controverses et qu'il en fut de même pour que s'imposât la notion d'évolution biologique. Il est alors très remarquable de constater que l'idée d'utiliser des fossiles pour identifier des couches de terrains sédimentaires ait pu émerger dès le XVII^e siècle. C'est bien de cela qu'il s'agit lorsque Martin Lister, contemporain de Sténon, mais hostile à une origine organique pour les fossiles, remarque que ceux-ci diffèrent d'une strate à l'autre. On peut voir là un germe implicite de la notion de fossile stratigraphique... L'étonnant Robert Hooke, qui interprète correctement les fossiles, envisage, pour sa part, qu'il se pourrait que ces « *médailles de la nature* » puissent contribuer à bâtir une chronologie.

Puis à la fin du XVIII^e siècle, Giraud-Soulavie propose (1780) de distinguer époques à espèces disparues, époques comportant des espèces actuelles et époque à espèces uniquement actuelles. Giovanni Arduino note (1782) que les fossiles changent de strate en strate. Jean-André Deluc constate (1790-1794), dans le Sud de l'Angleterre, que des variations des faunes accompagnent celles des couches (huîtres et ammonites dans argiles et calcaires puis oursins dans la craie) et il en conclut qu'il est « deux histoires collatérales, celles des couches et des êtres organisés ». William Smith, le « père de la stratigraphie » selon les Anglais, propose (1796) de caractériser chaque formation par ses propres fossiles.

Notons qu'au cours de la même période, mais sans souci des fossiles, Abraham G. Werner introduisait (1788) le terme « formation » dans sa colonne géognosique universelle tandis qu'Antoine Laurent de Lavoisier corrélait (1789) latéralement des successions sédimentaires verticales dans le Bassin parisien.

Démarches et concepts se précisent progressivement au XIX^e siècle, la notion de fossile caractéristique apparaissant avec Georges Cuvier et Alexandre Brongniart ; ce dernier critique (1821) la « détermination géognosique », notre lithostratigraphie, en relevant qu'actuellement des dépôts différents sont contemporains, et il lui préfère le contenu paléontologique pour les corrélations à distance. En 1822, William Conybeare définit le Carbonifère et Brongniart le Jurassique qui sont ainsi les premiers systèmes baptisés. En 1827, Alcide d'Orbigny décrit 27 étages.

Tous ces auteurs sont des catastrophistes et c'est donc dans un tel cadre de « révolutions » successives que les fossiles deviennent des horloges, des dateurs.

Albert Oppel qui, en 1858, distingue 33 zones d'ammonites dans le Jurassique, procède, comme d'Orbigny, du plus grand vers le plus petit, par un découpage de plus en plus fin des éléments de la colonne stratigraphique.

D'importantes crises, indiquées par des réductions drastiques de la biodiversité paléontologique, ayant marqué l'évolution permettent à John Phillips, dès 1860, de diviser les temps fossilifères, le Phanérozoïque, en trois grandes ères qu'il nomme Paléozoïque, Mésozoïque et Cénozoïque (fig. 1).

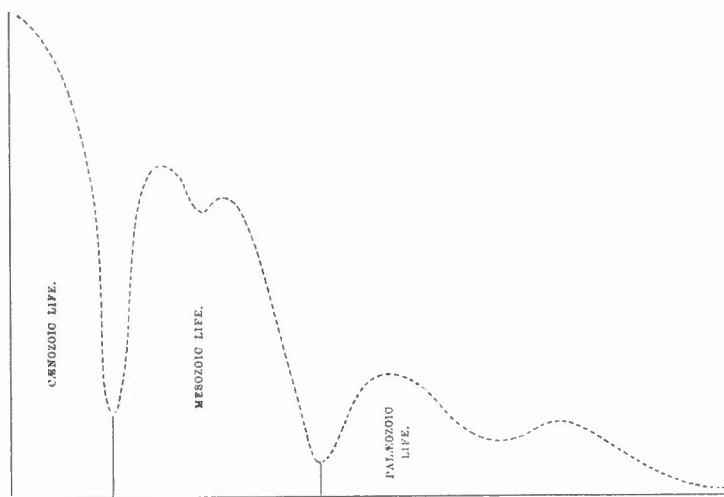


Fig. 1 - Ce graphique de J. Phillips (*Life on the Earth : its origin and succession*, 1860, p. 66, fig. 4) montre que l'auteur distingua, d'après les faunes marines fossiles, de grandes césures dans leur succession que l'on interprète aujourd'hui comme correspondant à d'importantes crises biologiques. Cela lui permit d'introduire les termes de paléozoïque, mésozoïque et cénozoïque qui qualifient depuis les trois ères des temps fossilifères.

En 1862, Thomas Huxley, l'ami de Charles Darwin, introduit un débat sur l'homotaxie et les non synchronismes. Pour lui, la seule possibilité dont dispose la géologie est, certes, celle de l'ordre de succession des faunes, mais la similitude d'ordre entre deux aires

différentes n'implique pas la contemporanéité car elle résulte de migrations. Etages et zones deviennent illusoires. Il peut ainsi conclure que des flores et faunes, dévoniennes en Grande-Bretagne, pourraient avoir été siluriennes en Amérique du Nord ou carbonifères en Afrique ! Le concept d'homotaxie, qui correspond à la prise en compte de l'ordonnancement d'événements, est, au contraire, réutilisé aujourd'hui de façon positive en considérant qu'une séquence constante des mêmes événements ne doit pas être dépourvue de signification temporelle.

Quoi qu'il en soit, on voit que tout ne fut pas simple dans les démarches de nos prédécesseurs.

Les biomarqueurs

Les fossiles que l'on peut utiliser en tant que marqueurs du temps sont couramment qualifiés de « fossiles stratigraphiques » ou de « taxons-indices ». Quelques qualités sont requises pour cela :

- courte répartition temporelle donc une évolution rapide.

- vaste répartition spatiale : les faunes marines pélagiques s'avèrent être ainsi les plus efficaces tandis que les formations continentales, toujours partielles et discontinues, présentent les difficultés majeures. Il a souvent été opposé aux fossiles stratigraphiques des « fossiles de faciès », inféodés à des environnements limités ce qui les rend impropres aux corrélations à distance ; de tels fossiles peuvent pourtant avoir quelquefois un réel intérêt stratigraphique régional comme cela est le cas des rudistes (curieux mollusques bivalves) pour les plates-formes carbonatées du Crétacé supérieur méditerranéen.

- abondance suffisante : microfossiles et nanofossiles se trouvent ainsi privilégiés, notamment dans les carottages, depuis les années 1950 avec le perfectionnement des instruments d'investigation (microscopie électronique à balayage).

Des fossiles marqueurs appartiennent parfois à des groupes énigmatiques, notamment au Paléozoïque (acritarches, chitinozoaires, conodontes, tentaculites) ou peuvent être même de simples traces d'activité biologique (ichnofossiles).

Il est intéressant de relever, à propos des fossiles, qu'il existe parfois une certaine barrière de pensée entre les biostratigraphes et les paléobiologistes qui se préoccupent d'évolution et de construction d'arbres phylogénétiques ; les cladistes, en particulier, jugent que la « précedence géologique » constitue un argument contestable dans l'élaboration des phylogénies. Il n'en demeure pas moins qu'elle constitue un élément

fondamental de chronologie relative pour le biostratigraphe. Les deux préoccupations ne sont, en réalité, pas contradictoires mais largement indépendantes car leurs objectifs diffèrent. Les schémas classiques de répartition temporelle des taxons en témoignent car si, comme le dit P. Tassy (1991), la « mosaïque de courts segments sans parentés respectives » constitue un obstacle à la construction de l'arbre phylogénétique, de tels segments qui illustrent les répartitions verticales connues des taxons sont, en revanche, de précieux repères pour le biostratigraphe et représentent l'outil de référence pour la construction des tableaux de corrélations. Le paléobiologiste sera, par ailleurs, particulièrement intéressé par des formes rares mais à signification évolutive importante (*Archaeopteryx*, faune de Burgess,...) qui sont évidemment, en raison de leur rareté, dépourvus d'intérêt biostratigraphique. Les deux démarches ne sont donc pas incompatibles et des paléontologues s'adonnent avec succès à l'une et à l'autre.

A l'épreuve de la pratique

L'analyse biostratigraphique connaît de nombreuses difficultés. Certaines sont liées à la fossilisation qui constitue une « exception conjoncturelle » comme peut le dire C. Denys (2002). La conservation est très souvent partielle pour les macrofossiles et elle nécessite parfois des interprétations (moules internes et externes très dissemblables par exemple). Des remaniements trompeurs ont pu intervenir : acritarches de l'Ordovicien inférieur dans la coupe type du Caradoc (Ordovicien supérieur) au Pays de Galles ou foraminifères planctoniques du Crétacé supérieur transportés sur 2 000 km par le Mississippi et déposés dans le Quaternaire littoral de la Louisiane.

Les taux et durées de sédimentation sont des paramètres qui ont été autrefois trop souvent négligés. Or, beaucoup des anciennes échelles standards ont été établies sur des cycles sédimentaires avec des dépôts peu profonds, très incomplets (dépôts de tempêtes par exemple) ; il en résulte des lacunes de sédimentation c'est-à-dire du temps non matérialisé et de durée inconnue. Ce sont les séries dites dilatées, régulières, correspondant à des dépôts généralement profonds, qui sont les plus propices à l'obtention des meilleures données.

D'autres difficultés sont liées à la détermination des fossiles à cause d'éventuelles convergences morphologiques ou d'itérations évolutives selon lesquelles des taxons retrouvent une morphologie identique à celles de formes ancestrales de leur groupe. Mais c'est surtout la diversité des

conceptions taxinomiques et celle concernant les processus évolutifs (modèle gradualiste avec transients et chronoespèces ou modèle ponctualiste des équilibres intermittents) qui varient avec les auteurs et peuvent aboutir à des déterminations différentes d'un même matériel. S'il y a rapidité de transition entre espèces distinguables dans les processus évolutifs, la confiance dans la corrélation biostratigraphique en est accrue. Mais il faut convenir qu'il y a eu parfois précipitation de certains auteurs dans la description de « nouveautés » aboutissant à la production d'une multitude d'« espèces » sans réalité biologique et aussi des raisonnements circulaires chez certains autres qui ne se sont pas résolus à voir une espèce franchir une limite stratigraphique, pourtant conventionnelle par définition ! Il subsiste donc une part indéniable de subjectivité dans les déterminations spécifiques ce qui peut fragiliser certaines propositions de corrélations.

L'environnement enfin apporte parfois des restrictions, ainsi la première apparition connue d'une espèce (FAD ou First Appearance Datum) comme sa dernière occurrence repérée (LAD ou Last Appearance Datum) peuvent se trouver associées à des lithofaciès et différer ainsi suivant les localités. Diverses pressions sélectives locales, pas toujours repérables par ces lithofaciès, sont, en outre, susceptibles d'avoir exercé leur action sur la répartition spatiale des espèces. Ces événements dateurs que constituent apparitions et disparitions des taxons, souvent utilisés en micropaléontologie depuis 1963, peuvent aussi se trouver désynchronisés par des phénomènes de migrations. S'il semble que la dispersion de beaucoup des espèces en milieu océanique soit communément assez rapide pour ne pas altérer profondément les essais de corrélations temporelles, il n'en est pas de même pour de nombreuses espèces de vertébrés continentaux avec lesquelles l'application de cette méthode a connu de nombreux déboires.

Là encore, on le voit, le nombre et les interactions complexes des paramètres en cause dans la répartition temporo-spatiale des biomarqueurs nécessitent toujours un examen critique des données.

Résultats : les unités biostratigraphiques

En biostratigraphie classique, on procède à l'établissement d'une hiérarchie des unités parmi lesquelles l'étage est considéré comme l'unité fondamentale mais où la biozone constitue, en réalité, l'unité de base. La notion de zone, réapparue, après une éclipse, au Congrès de Paris en 1901, et définie alors comme « un ensemble de couches caractérisées par un ou plusieurs fossiles index » correspond à la biozone qui est une entité

concrète, matérialisée par une couche (ou un ensemble de couches) et distinguée des couches voisines par son contenu biologique.

Des difficultés surgissent qui résultent de la qualité de l'échantillonnage, de la discontinuité de l'enregistrement sédimentaire et biologique, du diachronisme dans les observations. En outre, plusieurs catégories de biozones sont utilisées avec des acceptions parfois variables, ce qui ne facilite pas toujours la compréhension :

a. biozone d'association ou d'assemblage qui est définie par la coexistence d'au moins trois taxons (on parle parfois de faunizone ou de florizone), elle est dite aussi quelquefois zone d'Oppel car c'est avec une conception de ce type que ce géologue travailla au XIX^e siècle ;

b. biozone d'extension ou de distribution qui correspond à la distribution stratigraphique d'un taxon ; elle est souvent d'un grand intérêt régional mais ses limites peuvent être modifiées du fait de découvertes nouvelles ou de simples révisions taxinomiques ;

c. biozone de coexistence ou de concomitance dont la limite inférieure est définie par l'apparition d'un taxon, la limite supérieure par la disparition d'un autre taxon ;

d. biozone d'apogée ou d'abondance qui correspond à l'épanouissement d'un taxon, ce qui peut relever de l'appréciation subjective de l'observateur et qui est liée aux conditions locales ;

e. biozone d'intervalle, portion de la colonne stratigraphique sans critère biologique propre mais délimitée par deux événements biologiques tels disparition à la base et apparition au sommet de taxons.

La biozone peut être divisée en sous-zones, en biohorizons. Les résultats des biozonations sont finalement exprimés dans des tableaux de corrélations.

Diverses tentatives de stratigraphie quantitative ont été présentées. L'une des plus intéressantes, dite de biostratigraphie logicienne ou déterministe, a été développée par le Suisse Jean Guex à partir de 1977. Le géologue se propose d'établir une échelle biochronologique discrète dont l'unité de base est l'association unitaire (A.U.) que caractérise un assemblage de taxons mutuellement compatibles ou exclusifs. Il repère les intervalles de coexistence des fossiles d'un groupe donné, construit un protoréférentiel qui donne une représentation exacte des coexistences et des superpositions, et établit une matrice de reproductibilité. Il définit finalement des biochronozones qui correspondent aux subdivisions reproductibles. Cette méthode quantitative, qui nécessite des faunes abondantes, est efficace, en particulier, avec les microfossiles mais elle

connaît évidemment les mêmes difficultés taxinomiques de déterminations que la méthode conventionnelle.

La méthode de *grade-datation*, élaborée en 1983 par le Français Yves Gourinard, conjugue l'usage de datations isotopiques et d'indices biométriques d'une lignée afin d'extrapoler des âges numériques pour les niveaux qui livrent des représentants de la lignée considérée. Elle fut inaugurée avec des microfossiles (globigérines du Miocène). Cette méthode a connu peu de succès car elle postule une évolution anagénétique, c'est-à-dire parfaitement graduelle, de la lignée pour que les indices biométriques utilisés aient une réelle signification temporelle, ce qui reste théorique et indémontrable.

On peut, enfin, utiliser diverses autres méthodes quantitatives (analyse de groupe, analyse factorielle des correspondances, etc.) pour objectiviser des regroupements d'espèces (zones d'association), une approche probabiliste pour circonscrire l'ordre de succession d'événements (zones d'extension), des approches statistiques pour corrélérer des associations. Ces méthodes, lourdes à manipuler, restent d'utilisation exceptionnelle car l'expérience montre qu'elles ne font, en général, que confirmer des résultats déjà obtenus par ailleurs.

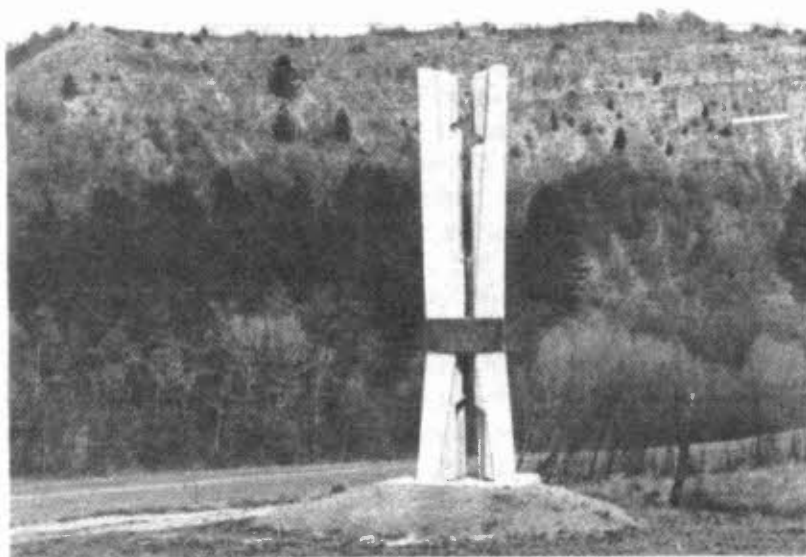
Synthèse : les unités chronostratigraphiques

On cherche à concrétiser les divisions des temps géologiques par leur contenu paléontologique et par leurs limites afin d'établir une échelle mondiale standard indispensable notamment pour des reconstitutions paléogéographiques cohérentes. Il est convenu de matérialiser les étages et les limites des diverses unités chronostratigraphiques (étages, systèmes, ératèmes) par des localités de référence. Ce choix de localités-types exposant un ensemble de strates-types (stratotype d'étage) ou la limite conventionnelle entre deux étages ou deux systèmes dans une succession (limitostratotype, fig. 2) fait l'objet de longues discussions, voire de tergiversations, au sein de commissions internationales ad hoc. Les décisions, desquelles n'est malencontreusement pas exclu tout chauvinisme, résultent de votes des membres officiels de ces commissions et elles restent parfois vivement contestées. De façon générale, on définit la base d'une telle unité par l'apparition dans une succession sédimentaire continue d'un taxon spécifique, c'est le « *golden spike* » (clou d'or) des auteurs anglo-saxons. Malgré le choix qui est fait d'une espèce pélagique à vaste répartition géographique, mais celle-là ne peut néanmoins être planétaire, les corrélations à distance, à partir de ces lieux-clés demeurent,

le plus souvent, difficiles et fragiles. Il en résulte que l'utilisation généralisée d'une échelle standard reste un objectif assez utopique comme le montre bien l'emploi persistant d'échelles stratigraphiques diverses suivant les continents et les embarras rencontrés pour les corrélés.



A



B



Fig. 2 - Deux exemples de stratotypes de limite.

Le limitostratotype siluro-dévonien a été, historiquement, le premier défini selon les conventions de la Commission internationale de Stratigraphie. Il a été choisi, en 1972, à Klonk en Bohême et correspond au banc 20, en surplomb au-dessus du marteau (A) avec l'apparition d'un graptolite, *Monograptus uniformis*. L'ancienne Tchécoslovaquie, on le voit (B), érigea un monument commémoratif ! (cl. I. Chlupac).

Le stratotype pour la base du système ordovicien a été désigné, en 2000, à Green Point, à Terre-Neuve (C) ; elle coïncide avec l'apparition d'un conodonte, *Iapetognathus fluvigatus*, dans le banc 23 de l'affleurement (cl. G.S. Nowlan).

Conclusion

La stratigraphie, discipline fondamentalement événementielle, dispose aujourd'hui, nous l'avons vu en introduction, d'une panoplie de méthodes dont les applications conjointes introduisent à une stratigraphie dite intégrée ou globale. Historiquement pourtant, les premiers « diviseurs des temps géologiques » ont été des paléontologues, dont d'Orbigny reste un prototype, et aujourd'hui, malgré les progrès des autres approches, c'est celle relevant de la paléontologie qui offre le meilleur pouvoir de résolution (on montre, par exemple, que la durée moyenne des sous-zones

d'ammonites dans le Toarcien ou le Callovien, est inférieure à 200 000 ans). Les autres méthodes de chimio- ou de magnétostratigraphie nécessitent d'être calibrées et restent ainsi tributaires des apports de la biostratigraphie.

Les succès de la micropaléontologie et de la nanopaléontologie et de leurs applications ont été indéniables (prospections pétrolières, datations en océanologie, relations avec le paléomagnétisme et la tectonique des plaques) dans la seconde moitié du XX^e siècle.

La démarche du biostratigraphe est essentiellement inductive dans l'acception baconienne ou laplacéenne de l'induction. L'inférence inductive joue ici un rôle important dans la construction d'une continuité (l'échelle biostratigraphique) à partir de successions discontinues de données, d'événements. Mais ces inférences inductives acquièrent progressivement une justification par une série d'autocorrections.



Fig. 3 - Désaccord entre deux biostratigraphes à propos du repérage d'une limite, chacun se référant, on le voit, à un groupe différent de fossiles. Mais le choix des archives et des événements significatifs n'est-il pas un problème pour de nombreuses démarches historiques ? (Couverture d'une publication de la Commission de stratigraphie du Crétacé).

La poursuite des investigations biostratigraphiques est donc indispensable pour affiner l'échelle standard et les corrélations. Cela paraît incompris de certains spécialistes des sciences de la Terre dont des jugements lapidaires, réductionnistes et simplistes peuvent étonner, car s'il est vrai que les biostratigraphes sont parfois aisément caricaturés dans leurs démarches (fig. 3), on peut soupçonner surtout dans ces propos le désir d'évacuer la paléontologie vers le seul champ biologique où elle ne fait pourtant pas non plus l'objet d'une particulière considération. La qualité de biomarqueurs que revêtent certains fossiles montre qu'il convient de distinguer une paléontologie stratigraphique d'une paléontologie évolutive, deux activités qui ne sont d'ailleurs pas antagonistes nous l'avons souligné, mais qui démontrent explicitement que la paléontologie relève à la fois des sciences de la Terre et de celles de la Vie.

Cette position d'interface, inconfortable, lui est certainement préjudiciable et explique, sans doute, l'ignorance dans laquelle elle est tenue, exception faite des propos médiatisés consacrés aux dinosaures et aux hommes fossiles. La recherche en paléontologie stratigraphique, qui nécessite la formation de spécialistes extrêmement « pointus » dans des groupes d'organismes peu spectaculaires mais ayant une réelle efficacité de marqueurs, se trouve actuellement menacée dans de nombreux pays. Il est vrai que la fin du XIX^e et une partie du XX^e siècles ont connu, lors du développement de la géologie, une certaine hégémonie de cette paléontologie stratigraphique qui se trouvait être la seule discipline capable de fournir un cadre temporel pour la reconstitution de l'histoire de la Terre. Il est possible que, localement au moins, un certain impérialisme s'ensuivit – n'a-t-on pas pu parler, un peu sottement certes mais cela est révélateur, de la « *dictature des fossiles* » ? – entravant parfois l'émergence d'autres activités plus récentes des sciences de la Terre. Pourtant après être tombé ainsi d'un excès dans son inverse, on voit désormais régner une certaine inquiétude chez nombre de géologues qui souhaitent pouvoir soumettre leur matériel, à des fins de datations, à des biostratigraphes ; mais ces derniers, hélas, représentent désormais une espèce en voie d'extinction et ils risquent de devenir eux-mêmes les biomarqueurs d'une période révolue des sciences géologiques.

POST-FACE

Claire SALOMON-BAYET*

Il est plusieurs manières de refermer un livre, plusieurs manières d'être après avoir lu le dernier chapitre. Le roman policier vous laisse l'esprit en paix, quelles que soient les horreurs et les meurtres : l'énigme est résolue. Le roman d'analyse, outre les beautés de l'écriture, ne cesse de vous accompagner dans le décryptage des êtres et des choses. L'ouvrage savant, didactique ou heuristique, vous fournit leçons à retenir, interrogations à poursuivre. En me demandant une postface plutôt qu'une préface à ce volume collectif dont ils sont responsables – préface que mon incompétence dans leur domaine ne m'aurait d'ailleurs pas permis d'écrire – Gabriel Gohau et Stéphane Tirard me poussent à m'interroger sur la manière dont j'ai refermé ce beau livre, après d'autres qui depuis des années explorent le temps de la terre et le temps du vivant, démentant le mot d'un Diderot jeune, vite revenu sur cette proposition : « Si le temps n'est rien pour la nature... »¹

Un livre né de deux colloques quasi simultanés – 24 septembre 2003, 3 octobre 2003 – dans des espaces différents, au Muséum d'histoire naturelle de Nantes pour l'un, à l'Université Paris VII pour l'autre. Deux espaces-temps différents et datés, qui rejoignent symboliquement des thèmes différents : « La naissance des sciences historiques » à Nantes, dans

* Conférence donnée le 19 février 2002 au Centre François Viète.

¹ Gerhardt Stenger citant Diderot dans ce volume, p. 56.

l'ancien Hôtel de la Monnaie devenu Muséum d'histoire naturelle en 1875, « Les sciences historiques contemporaines » à Paris VII, sur la dalle des Olympiades datant des années 60-70 du vingtième siècle. Des différences subtiles dans les titres des deux parties, sémantiquement ambigus et paradoxaux. Tout gravite autour du passage de l'expression « sciences historiques » à l'expression « sciences historiques contemporaines », tout gravite autour du double sens implicitement donné à l'expression « sciences historiques ». De quelle histoire s'agit-il ? De quel temps ?

Double sens, en effet, qui relève d'un jeu sur le temps, sur le savoir du temps, en dehors du temps humain dont l'histoire et la préhistoire se sont fait une spécialité. Le temps est-il inscrit dans l'objet du savoir – le sédiment, le fossile, l'entropie ? Le temps est-il constitutif du savoir lui-même – du mythe à la science, de l'hypothèse à la preuve, de la permanence à l'évolution ? Cette double interrogation est un marqueur chronologique implacable. Lorsque le temps s'inscrit dans l'objet même de la connaissance, nous entrons dans le siècle des Lumières : les chronologies bibliques ou autres s'effondrent ; la terre compte plus de 4.000 ans, et les médailles de la nature, fossiles et roches, sont autant de « marqueurs » d'un temps dont il serait vain de prétendre connaître l'origine, mais qui est inscrit et déchiffrable. Telle pierre, tel fossile, tel cristal, dans nos mains aujourd'hui, sont les témoins de l'histoire de la terre, qu'elle soit histoire linéaire ou cyclique : double archivage, archives lithologiques, archives paléontologiques, auxquelles s'ajoutent les archives tectoniques.²

Les phénomènes humains eux-mêmes n'échappent pas à cette inscription du temps : les langues, les monuments qui attestent, les pouvoirs, les comportements, sont datés et jouent le jeu du même et de l'autre, du changement et de la permanence. Rousseau disait au tout début du *Discours sur l'origine et les fondements de l'inégalité parmi les hommes* (1755), « A force de temps, ces changements... ». Le sage, ou le radoteur, pourrait tout aussi bien dire : « plus ça change, plus c'est la même chose ». On ne cesse de commenter le choc scientifico-philosophique qu'a représenté le désastre de Lisbonne en 1758, symboliquement transcrit dans l'échange de lettres entre Voltaire et Rousseau, le tremblement d'une terre, étrangère aux morts et à la misère des hommes, l'évocation d'un Dieu indifférent ou vengeur, l'entrecroisement de séries causales

² Gabriel Gohau (2003) *Naissance de la géologie historique*, La terre, des théories à l'histoire, Collection « Inflexions » (Paris : Vuibert-Adapt).

indépendantes...Mais il serait bon de commenter avec la même vigueur le choc intellectuel qu'ont provoqué, à peu près à la même date, les fouilles d'Herculanum et de Pompéi, entre un désastre volcanique au cours duquel Pline l'Ancien, poussé par son désir de savoir, a perdu la vie, et la découverte de lieux intacts, préservés grâce au désastre lui-même, lieux d'une civilisation passée, 1700 ans plus tard. Lord Hamilton, vulcanologue et archéologue, en témoigne. Pompéi, l'antiquité sont à la mode pour un bout de temps, et l'archéologie transforme les objets destinés jadis aux cabinets de curiosité en objets de sciences.

Mais l'homme ne peut se définir uniquement comme *homo faber*, il est un vivant parmi d'autres vivants, un être organisé comme tant d'autres, de la cellule au mammifère, et nous entrons dans un autre registre. L'individu dans sa durée, l'espèce dans sa stabilité, l'évolution sans retour à l'état initial ne donnent-ils pas une image métaphorique de ce que nous disent les sciences physiques aujourd'hui ? Le paradoxe du vivant, son originalité n'est-ce pas que « l'homme engendre l'homme », pour citer Aristote, dans un recommencement qui n'est en aucun cas une réversibilité ? Stéphane Tirard écrit : « Les êtres vivants sont des structures historiques ».³ Ne sont-ils pas « avec cela » pour parler comme Descartes issus d'un temps pré-chronique, le temps d'une émergence énigmatique, auquel s'attaquent aussi bien les biologistes, les chimistes que les auteurs de science-fiction ?⁴

« Sciences historiques », « sciences historiques contemporaines », revenons sur ces deux titres donnés aux deux parties du livre. Un « intermède » de trois pages les distingue et les rassemble. Ces deux titres proches renvoient à deux réalités différentes. Tout s'organise autour du terme commun « sciences », ces savoirs qu'une longue tradition a constitués sous le signe de l'universalité, de la causalité et du déterminisme, de la logique et de la réversibilité. La classification d'Auguste Comte traduit la longue histoire de la science occidentale : logique et mathématique, astronomie, science des choses intangibles, physique, chimie, biologie et, *ad finem*, une sociologie qui risque de troubler l'ordre, simultanément logique et historique.

³ Stéphane Tirard, dans ce volume, p 118.

⁴ Descartes, *Règles pour la direction de l'esprit*, XII. « Toutes les règles de la mécanique appartiennent à la physique, en sorte que toutes les choses qui sont artificielles sont avec cela naturelles ».

D'un côté, la naissance des sciences historiques. Il ne s'agit pas de la constitution de l'histoire comme science, ce dont l'âge classique a posé les fondements et le XIX^e siècle formulé les règles, mais de l'introduction du temps dans les objets auxquels les sciences de la nature ont à faire : la géologie historique du « génial danois » Sténon (1669) en est le *primum movens*. De l'autre côté, les sciences historiques contemporaines. Il ne s'agit pas d'une métamorphose des sciences historiques entendues soit comme pourrait l'entendre l'Ecole des Annales, soit, comme nous venons de les définir, les disciplines dont les objets – fossiles, roches ou autres – relèvent du temps de la nature. Il s'agit de tout autre chose, d'une contamination par le temps de disciplines scientifiques fondamentales.⁵

Il faut sans doute marquer ici, pour le lecteur, ce que les titres des deux parties de ce livre recèlent d'ambiguïté, de provocation peut-être, mais certainement de pouvoir initiatique pour l'entrée dans des territoires scientifiques nouveaux. Les sciences historiques ont une longue histoire et, pour notre conscience occidentale, Clio est une des neuf muses, la première, qui distingue l'enquête de la légende, le récit véridique du mythe. Les premières lignes d'Hérodote marquent l'enjeu : « Hérodote d'Halicarnasse présente ici les résultats de son enquête, afin que le temps n'abolisse pas les travaux des hommes et que les grands exploits accomplis soit par les Grecs, soit par les Barbares, ne tombent pas dans l'oubli ; et il donne en particulier la raison du conflit qui mit ces deux peuples aux prises... »

La méthode depuis Hérodote n'a pas cessé de s'affiner, de s'affirmer dans la recherche d'une vérité des faits, attestée par la réalité des sources, ouvrant le champ aux interprétations qui affirment des causalités. Mais l'expérience historique n'est pas répétable. *L'expérience n'est pas l'expérimentation*. Sans doute est-ce un des points qui permet aux responsables de ce livre et à leurs collaborateurs d'utiliser l'expression « sciences historiques » pour les disciplines qui ont la terre et le cosmos pour objets, une aventure unique et non répétable. Et ce n'est pas hasard, sans doute, si l'analyse se poursuit au moment où, scientifiquement, non

⁵ En particulier, Marc Lachièze-Rey « Historicité de la cosmologie », dans ce volume et Etienne Klein « Faut-il distinguer la flèche du temps du cours du temps ? », dans ce volume.

scientifiquement, le problème est posé d'une catastrophe à l'horizon qui signifierait la fin de la terre comme la fin de l'histoire...

Du coup, l'intermède de trois pages proposé par Gabriel Gohau et par Stéphane Tirard prend tout son sens : « Intermède » dit le Littré, « ce qui est placé entre », « sorte de divertissement et de représentation ». Mais aussi « action de l'une sur l'autre des parties », mais encore « terme de pharmacie, facilite la mixtion des ingrédients d'un médicament ». Ces trois pages sont une succession de questions qui posent les règles d'un jeu, et le jeu est divertissement pour citer Littré : dans cette histoire des objets de la terre, en reprenant Cournot que Gabriel Gohau cite à l'envi, comme dans l'image de la partie d'échec, le géologue navigue entre l'état initial fixé par les règles du jeu et l'état final qui est l'état actuel, en étant condamné à ignorer les états intermédiaires et à être dans l'incertitude de l'avenir. A la certitude sereine, mais peut-être ennuyeuse, du déterminisme laplacien se substitue le jeu de savoirs indubitables et d'un avenir imprévisible. Et l'on retrouve des termes que l'on avait pensés relever du mythe et qui relèvent de la science contemporaine, chaos, trou noir... Jubilation ou angoisse ?

A ce jeu, l'*intermède* ajoute les discontinuités d'action et la difficulté d'un récit continu, causal, qui relierait des temps distants, différents. Ordre, désordre ? Passé réel, passé possible ? Action de l'une sur l'autre des parties, pour reprendre le sens 2 du Littré, ou discontinuité, indépendance ? Comment faire passer la potion (sens 3) ? Joué l'intermède, nous entrons dans une autre représentation, sur une autre scène : la révolution scientifique opérée aujourd'hui est aussi radicale que le décentrement copernicien. Au XVI^e siècle, l'héliocentrisme avait engendré le système planétaire, sa conceptualisation et, un peu plus tard avec Galilée, l'observation du système, outre la loi de la chute des corps et l'entrée en physique de la statique et de la dynamique. Au XX^e siècle, qui reste notre quasi contemporain, nous changeons d'échelle et nous changeons de temps. Les sciences sont autres.

Le point central du physicien-astronome n'est ni la terre comme au XVI^e siècle, ni le soleil qui règne en maître de Newton à Hubble, mais l'univers, le cosmos et au-delà. A la terre le devenir, au cosmos un temps qui n'implique pas le devenir. Pour l'une, une physique fondée sur la causalité, la répétition, la réversibilité, l'expérimentation, pour l'autre, une « flèche du temps », qui exclut la réversibilité et la prédictibilité. Il y a beau temps que le savant a rangé au rang de la rêverie la recherche du savoir des

origines. Aujourd'hui, à lire physiciens, chimistes, biologistes dans ce volume, nous vivons dans le paradoxe d'un commencement permanent qui est « avec cela » la suite d'une très longue histoire ; nous sommes à l'interface des sciences de la vie, des sciences de la terre et de l'histoire cosmique. Ce changement d'échelle, qui est de structure et non de mesure, ouvre ce que les spécialistes appellent l'ère de Planck. Marc Lachièze-Rey donne très clairement les repères fixés par la théorie comme par l'observation : un univers en expansion, à partir d'un univers primordial dense et chaud, d'une phase dont les modèles du *big-bang* rendent compte. Cet état initial n'est ni un commencement ni une origine, mais ce à partir de quoi le cosmologue enchaîne ses descriptions physiques, limitées dans la prédiction et la rétrodiction par la connaissance *partielle* que nous avons du système.

Il n'est pas question de conclure, mais bien au contraire de rester vigilants, nous qui sommes non pas toujours des acteurs de la science mais des observateurs attentifs. Ce n'est pas le moindre mérite de cet ensemble de textes d'être le produit d'acteurs qui analysent ce qu'ils font, ce qu'ils voient et ce qu'ils donnent à voir. En refermant ce livre, dont la lecture n'a pas toujours été facile pour la non-spécialiste que je suis, spécialiste des sciences de la vie et non de la terre, philosophe et historienne des sciences plus que scientifique, je constate.

Amateur de romans policiers à mes heures perdues, je constate une énigme en partie résolue : la clef de lecture de la terre telle que nous l'explorons et telle que nous la voyons, telle que nous tentons de la comprendre, est de l'ordre d'une histoire et d'une chronologie sans rapport avec l'ordre humain. L'enquête est couronnée de succès. A l'échelle du quaternaire, nos histoires, nos sensibilités, nos métamorphoses ne sont pas grand'chose, sinon rien. Amoureuse de l'œuvre littéraire, j'ai trouvé dans cette succession de textes différents des clefs de lecture du temps qui donnent autant d'accès à des temporalités vécues, parfois inconsciemment, dans des cadres déterminés par des savoirs imaginaires ou scientifiques. Idéologie, poésie, roman ? L'ouverture est là et elle est délectable. Enfin, l'historienne des sciences de la vie que je suis n'a pas cessé d'apprendre de la double enquête qui, du XVIIIème siècle au XXème siècle, analyse et confronte le cours du temps et la flèche du temps.

S'imposent à moi, pour conclure, des images, des images qui ne sont pas virtuelles mais bien réelles, puisqu'elles sont celles de randonnées, sur

des années, en France souvent. La descente dans le gouffre de Padirac est initiatique, plongée dans la géologie en acte, inoubliable expérience réitérée plusieurs fois à quarante ans de distance ; mais aussi la grotte de Lascaux que j'ai eu le privilège d'explorer « en vrai », en bonne élève de Leroy-Gourhan et en lectrice admirative de l'Abbé Breuil, avant qu'elle ne soit fermée au public : le temps de la préhistoire, celle où la représentation accompagne l'outil, ouvrant à un autre univers. Et puis, non moins initiatique, la familiarité du four solaire expérimental de Montlouis qui, trente ans plus tard, se métamorphosera à Odeillo en grand programme scientifique, soutenu puis délaissé par les pouvoirs publics, animé par la conviction du grand scientifique visionnaire qu'était Félix Trombe, qui était, aussi, spéléologue... D'un côté, l'ombre abyssale, de l'autre l'énergie solaire. De l'un à l'autre, le temps présent et passé, objet du savoir que l'on cherche à travers le temps et des disciplines qui se cherchent.

Claire Salomon-Bayet

Cahiers François Viète

La revue du *Centre François Viète*
équipe de recherche en
Épistémologie, Histoire des Sciences et des Techniques
de l'Université de Nantes
(EA 1161)
www.cfv.univ-nantes.fr

Les *Cahiers François Viète* publient chaque année les principales conférences du séminaire d'Histoire des sciences et des techniques du Centre. Des numéros spéciaux peuvent être consacrés à des thèmes particuliers, correspondant par exemple à des actes de colloque.

Responsable de publication - Stéphane Tirard

Comité de rédaction

Guy Boistel (Nantes)	Jacques Gapaillard (Nantes)
Céline Briée (Nantes)	Jean-Louis Kerouanton (Nantes)
Olivier Bruneau (Nancy)	Pierre Teissier (Nantes)

Secrétaire de rédaction - Sylvie Guionnet

Numéros Parus

Série I, N°1 (1999)	L'agro-alimentaire : histoire et modernité
Série I, N°2 (2001)	Varia
Série I, N°3 (2002)	Varia
Série I, N°4 (2002)	Exobiologie, aspects historiques et épistémologiques
Série I, N°5 (2003)	Innovation et culture technique
Série I, N°6 (2003)	Varia
Série I, N°7 (2004)	François Viète. Introduction à l'Art Analytique
Série I, N°8 (2004)	« Nouvelle théorie des taches du Soleil », Esprit Pezenas