

CAHIERS FRANÇOIS VIÈTE

Série III – N° 7

2019

*La fin du monde,
de la théorie à l'expérience vécue*

sous la direction de
Frédéric Le Blay

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

Cahiers François Viète

La revue du *Centre François Viète*
Épistémologie, Histoire des Sciences et des Techniques
EA 1161, Université de Nantes - Université de Bretagne Occidentale
ISSN 1297-9112

cahiers-francois-viete@univ-nantes.fr
www.cfv.univ-nantes.fr

Depuis 1999, les *Cahiers François Viète* publient des articles originaux, en français ou en anglais, d'épistémologie et d'histoire des sciences et des techniques. Les *Cahiers François Viète* se sont dotés d'un comité de lecture international depuis 2016.

Rédaction

Rédactrice en chef – Jenny Boucard

Secrétaire de rédaction – Sylvie Guionnet

Comité de rédaction – Delphine Acolat, Hugues Chabot, Colette Le Lay, Cristiana Oghina-Pavie, François Pepin, Olivier Perru, David Plouviez, Pierre Savaton, Valérie Schafer, Josep Simon, Alexis Vrignon

Comité scientifique

Yaovi Akakpo, David Baker, Grégory Chambon, Ronei Clecio Mocellin, Jean-Claude Dupont, Luiz Henrique Dutra, Hervé Ferrière, James D. Fleming, Catherine Goldstein, Alexandre Guilbaud, Pierre Lamard, François Lê, Frédéric Le Blay, Baptiste Mèlès, Rogério Monteiro de Siqueira, Philippe Nabonnand, Karen Parshall, Viviane Quirke, Pedro Raposo, Anne Rasmussen, Sabine Rommevaux-Tani, Aurélien Ruellet, Martina Schiavon, Pierre Teissier, Brigitte Van Tiggelen



ISBN 978-2-86939-250-8

SOMMAIRE

- FRÉDÉRIC LE BLAY 5
Avant-propos – Se confronter à la pensée complexe : la fin du monde, de la théorie à l'expérience vécue
- JAMES D. FLEMING 25
“At the end of the days”: Francis Bacon, Daniel 12: 4, and the possibility of science
- PIERRE SAVATON 45
La catastrophe dans les discours géologiques de Georges Cuvier et Léonce Élie de Beaumont
- DAVID BAKER 71
Scientific Doomsday Scenarios: Foresight Projections for the Near and Deep Future
- KATSUHIRO MATSUI..... 95
Long-term Evacuation Due to the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident and Its “Invisibility”
- NAOYA HATAKEYAMA & FRÉDÉRIC LE BLAY 107
avec la collaboration de CORINNE QUENTIN – Entretien

La catastrophe dans les discours géologiques de Georges Cuvier et Léonce Élie de Beaumont

Pierre Savaton*

Résumé

Les premiers discours géologiques ont eu fréquemment recours à la catastrophe pour tenter d'expliquer des phénomènes jugés comme dépassant nécessairement l'ampleur des phénomènes observés à l'époque des auteurs. Georges Cuvier en observant des ossements fossiles concluait à la succession de faunes au cours de l'histoire de la Terre et imaginait que ces disparitions résultaient de catastrophes à l'échelle du globe. La Terre aurait ainsi connu une succession de révolutions biologiques. Léonce Élie de Beaumont en observant les couches déformées des chaînes de montagnes concluait que leur disposition était causée par des soulèvements liés au refroidissement séculaire du globe. L'échelle de ces dislocations de la croûte terrestre le conduisait lui aussi à penser en termes de catastrophes et de révolutions. Ces deux auteurs marquent le discours catastrophiste de la géologie du début du XIX^e siècle sans doute parce que le recours à la catastrophe était une facilité interprétative face à la complexité des phénomènes mis en jeu.

Mots-clés : catastrophe, catastrophisme, révolutions du globe, Cuvier, Élie de Beaumont.

Abstract

Early geological discourses frequently resorted to catastrophe in an attempt to explain phenomena considered to necessarily exceed the magnitude of the phenomena observed at the time of the authors. Georges Cuvier, observing fossil bones, concluded that there was a succession of fauna throughout Earth's history and imagined that these extinctions were the result of disasters on a global scale. The Earth would have thus known a succession of biological revolutions. Léonce Élie de Beaumont, observing the deformations of the mountain ranges, concluded that their disposition was caused by upheavals related to the secular cooling of the globe. The scale of these dislocations of the earth's crust also led him to think in terms of catastrophes and revolutions. These two authors mark the catastrophist discourse of geology at the beginning of the 19th century, probably because the use of catastrophe was an interpretative facility in the face of the complexity of the phenomena observed.

Keywords: catastrophe, catastrophism, global revolutions, Cuvier, Élie de Beaumont.

* Département Biologie et Sciences de la Terre, UFR des Sciences, Université Caen Normandie & Centre François Viète (EA 1161), Université de Nantes.

Les fondateurs de la Geological Society en 1807, comme ceux de la Société géologique de France en 1830 entendaient promouvoir une science nouvelle dont le discours devait être construit à partir de l'observation et détaché des systèmes spéculatifs qui avaient tant discrédité depuis le XVII^e siècle les discours sur la Terre et ses origines. Cette géologie, entendait dépasser les discours minéralogiques, trop orientés vers l'inventaire et la classification de la diversité des corps inorganiques, rompre avec les théories de la Terre, construites le plus souvent indépendamment de l'observation du terrain, se démarquer à la fois de la géognosie d'Abraham Gottlob Werner et de la thèse de James Hutton marquées par une opposition peu heuristique, sinon stérile. Cette science nouvelle émergeait au moment où l'idée d'une transformation des espèces agitait les esprits naturalistes, et au moment où les fossiles s'imposaient comme marqueurs chronologiques. Autour de la stratigraphie paléontologique cristallisait une science nouvelle qui cherchait à reconstituer l'histoire de la Terre.

L'observation déjà ancienne d'une inclinaison des couches, de leur redressement ou déformation à partir de leur dépôt à l'horizontale, contribuait à cette reconstitution comme marqueur d'événements et interrogeait de manière insistante sur leurs causes. La géologie, comme science historique, cherchait dans les archives de la Terre la trace d'événements, d'autant plus marqués qu'ils devaient rendre compte de quelques accidents, de quelques catastrophes.

La catastrophe est indissociable de l'histoire de l'émergence de la géologie, voire de géologie elle-même. Le paradigme actualiste, uniformitariste, qui marque fondamentalement la géologie jusqu'à aujourd'hui, s'est structuré dès le milieu du XIX^e siècle dans une réfutation des thèses catastrophistes construites sur l'existence supposée de causes exceptionnelles. Le catastrophisme n'a pas sa place en géologie. Le terme catastrophe n'a pas pour autant disparu du champ des discours sur les sciences de la Terre, et son utilisation régulière depuis les années 1980 peut interroger sur l'émergence d'un nouveau catastrophisme.

L'ambition de cet article¹ est de rappeler l'importance de l'idée de la

¹ Le propos de cette communication, lors du 3^e colloque du programme Atlantys à Nantes en novembre 2017, était d'abord de rappeler à un auditoire ne comportant pas d'historiens de la géologie, l'importance historique des discours sur les catastrophes ou révolutions du globe dans la période d'émergence de cette science. Le poids scientifique et institutionnel de Cuvier et d'Élie de Beaumont, auteurs majeurs de ces discours, justifiait de réduire l'exposé de cette situation à leurs seules personnes. Le temps réduit d'une intervention ne permettait guère de discuter très

catastrophe dans les discours de Cuvier et d'Élie de Beaumont. Elle permet au premier d'interpréter ses observations d'une succession de faunes fossiles et donne au second une cause formatrice des chaînes de montagnes. L'échelle stratigraphique en parlant de coupures dans l'échelle des temps géologiques a éloigné des discours le spectre du catastrophisme ; la caractérisation de crises biologiques majeures (les cinq grandes crises ou Big Five)² a contribué sans doute à le faire resurgir dans les esprits (Babin, 2005) ; la question de l'état actuel de la biodiversité ou du réchauffement atmosphérique, en faisant un grand usage du terme de catastrophe, pourrait conduire à un retour de quelques discours catastrophistes et à une confusion historique et épistémologique. L'article qui suit est une invitation à lire et relire les écrits de Cuvier et d'Élie de Beaumont et les études historiques qui leur ont été consacrées, pour réfléchir à nouveau aux justifications avancées par ces discours catastrophistes ou néocatastrophistes.

Georges Cuvier : succession des faunes et révolutions du globe

Dans *Recherche sur les ossements fossiles de Quadrupèdes où l'on rétablit les caractères de plusieurs espèces d'animaux que les révolutions du globe paroissent avoir détruites*, ouvrage publié en 1812, Georges Cuvier (1812, Tome 1, p. 5) écrit dans un discours préliminaire :

Lorsque le voyageur parcourt ces plaines fécondes où des eaux tranquilles entretiennent par leur cours régulier une végétation abondante [...], il n'est pas tenté de croire que la nature ait eu aussi ses guerres intestines, et que la surface du globe ait été bouleversée par des révolutions successives et des catastrophes diverses ; mais ses idées changent dès qu'il cherche à creuser ce

en profondeur la portée historique de ces discours et la réponse actualiste qui leur fut apportée. L'article qui suit, en cherchant à ne pas trop s'éloigner de cette communication a conservé cette volonté de présentation synthétique des thèses de Cuvier et d'Élie de Beaumont. La bibliographie sur un sujet aussi vaste que la place du catastrophisme dans l'histoire de la géologie a été réduite à quelques publications majeures que nous ne pouvons que recommander au lecteur qui souhaiterait creuser cette question (Hooykaas, 1970 ; Rudwick, 2005, 2008 ; Babin, 2005).

² Les paléontologistes reconnaissent classiquement cinq grandes extinctions massives au cours de l'histoire de la Terre. Ils désignent ainsi de courtes périodes marquées par la disparition de plus de 75 % des espèces. La dernière en date, il y a 65 millions d'années, est la plus médiatisée car elle s'est soldée par la disparition des dinosaures.

sol aujourd'hui si paisible, ou qu'il s'élève aux collines qui bordent la plaine...

Ce discours préliminaire est repris et publié séparément en 1825 sous le titre *Discours sur les révolutions de la surface du globe* (Cuvier, 1825, p. 4). Il renferme déjà l'essentiel de sa thèse sur la disparition d'espèces, arguments paléontologiques à l'appui, suite à des bouleversements majeurs de la surface du globe, qu'il nomme catastrophes. Elle est l'aboutissement de ses observations et réflexions depuis ses premiers travaux au Muséum d'histoire naturelle et il convient d'en rappeler rapidement la nature et la chronologie. Les travaux sur Cuvier (1769-1832) sont trop nombreux pour être énumérés ici, aussi nous contenterons de renvoyer aux biographies de Cuvier de William Coleman (1964) et Philippe Taquet (2006) et aux incontournables ouvrages de Martin Rudwick (1992, 2005, 2008). Gardons à l'esprit pour bien mesurer le poids et la diffusion de ses thèses, qu'il fut l'un des scientifiques les plus en vue en France et en Europe au début du XIX^e siècle, secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences, professeur au Collège de France, pair de France, plusieurs fois ministre, etc. « Couvert d'honneurs et de distinctions, Cuvier a traversé de 1769 à 1832, l'Ancien Régime, la Révolution, l'Empire, la Restauration sans que jamais ne soient remis en cause ni son pouvoir, ni son influence » (Taquet, 2006, p. 10).

Dès son arrivée au Muséum en 1798, Cuvier s'intéresse aux os de mammifères et aux ossements fossiles et démontre par une comparaison ostéologique que l'éléphant d'Afrique diffère de l'éléphant d'Asie et que tous deux diffèrent du mammouth. Les défenses de ce dernier, découvertes dans les sols gelés de Sibérie, étaient connues et commercialisées sur le marché de l'ivoire depuis le XVII^e siècle. Un mammouth complet, congelé, fut découvert en 1799 dans le delta de la Léna, mais il fallut attendre 1806 pour que les restes soient examinés scientifiquement et qu'une reconstitution soit proposée. Le mammouth était fort différent morphologiquement des éléphants. Au-delà de l'espèce nouvelle, la conclusion de Cuvier avait un autre impact. Elle remettait en question une conclusion de Georges-Louis Buffon dans ses *Époques de la Nature* en 1778. Pour Buffon l'existence d'ossements de mammouth (alors confondus avec ceux d'éléphants actuels) dans les contrées gelées de Sibérie était en accord avec sa théorie du refroidissement séculaire de la Terre. Dans son modèle à l'appui de son calcul expérimental de l'âge de la Terre, Buffon supposait une Terre initialement en fusion, puis refroidie jusqu'aux températures actuelles (en surface et au fond des mines). L'existence ancienne d'éléphants, synonyme de faune chaude, dans une contrée aujourd'hui glaciaire illustre ce refroidissement. La détermination de Cuvier pouvait également conduire à penser l'existence

de formes spécifiques d'éléphants propres aux régions froides. La description en 1806 du Mammouth comme une forme à la peau très épaisse et couverte de longs poils confortait cette interprétation d'une adaptation au froid.

Selon Martin Rudwick (1997), Cuvier se place dès ses premiers écrits dans un cadre catastrophiste largement influencé par sa lecture de Jean-André De Luc. Pour François Ellenberger et Gabriel Gohau (1980, 1981) il n'y a aucun doute à avoir également sur la référence au modèle du savant genevois. Nous y reviendrons plus loin pour discuter des origines intellectuelles de son catastrophisme.

Cuvier base sa caractérisation des espèces sur de minutieuses comparaisons anatomiques des ossements. Il reprend ainsi une approche déjà défendue par Geoffroy Saint-Hilaire, et Friedrich Blumenbach, mais la porte au rang d'une méthode incontournable qu'il entend opposer aux conclusions qu'il juge trop spéculatives de beaucoup trop d'auteurs. Il souhaite, au moins à ce stade de sa carrière, ne s'appuyer que sur ses observations personnelles et rejeter toutes théories établies autrement que sur la base solide d'observations multiples et méthodiques. Les collections du Muséum, mais rapidement également les collections d'autres musées et les découvertes de fossiles de vertébrés à l'occasion de l'exploitation de carrières ou de fouilles fortuites lui fournissent du matériel pour son entreprise de description systématique des espèces. Il décrit ainsi une espèce fossile d'Amérique du Sud, parente des paresseux et fourmiliers actuels, qu'il nomme *Megatherium*, puis une espèce fossile proche du tapir (*Palaeotherium*) et une autre proche du lama (*Anoplotherium*) trouvées dans les gypses du bassin de Paris. Dans son mémoire sur les ossements du *Palaeotherium*, lu à la séance publique de l'Institut le 6 octobre 1798, Cuvier affirme : « Il n'est plus personne qui ne sache que la terre que nous habitons présente de toutes parts des traces manifestes de grandes et violentes révolutions » (cité dans Rudwick, 1997, p. 285). Chaque espèce fossile qu'il examine le conforte dans sa thèse : ces espèces sont différentes des espèces connues actuellement. Elles sont à considérer comme des espèces perdues, disparues.

L'intérêt de Cuvier porte à la fois sur les fossiles de vertébrés trouvés dans des terrains rapportés au Tertiaire et sur les os de mammifères trouvés en surface dans les terrains d'alluvions considérés comme des terrains récents. La question de l'âge des espèces perdues renvoie à celle de l'âge des terrains qui les renferment.

- *Les fossiles marqueurs chronologiques*

Cuvier comme ses contemporains inscrit sa représentation de la surface du globe dans un modèle neptuniste où les roches proviennent de dé-

pôts de débris de roches plus anciennes transportés par l'eau ou de cristallisation et précipitation de solutions aqueuses. Il rejette la théorie de la Terre de Hutton, au motif que les suppositions y dominent les observations et ne retient donc pas l'origine ignée des granites. Ceux-ci restent des dépôts primordiaux, datant d'une période où la composition de l'océan primordial permettait encore la cristallisation de quartz et feldspaths. Toutes les roches ont une origine aqueuse, à l'exception des roches volcaniques récentes. Cuvier se réfère explicitement au neptunisme d'Abraham Gottlob Werner (1749-1817), professeur à l'École des mines de Freiberg, et à son modèle de géognosie largement diffusé en Europe par ses élèves. En France, où ceux-ci sont professeurs à l'École des mines et au Muséum, la géognosie porte les entreprises de description et de classification des terrains. L'existence de roches volcaniques anciennes est source d'une importante controverse à la fin du XVIII^e siècle, mais leur absence de contenus fossilifères, en fait des terrains de peu d'intérêt pour Cuvier³. Il souhaite que l'on laisse de côté la question de l'histoire des roches dépourvues de fossiles car leur interprétation reste spéculative. Werner défend un modèle de formation des terrains au cours des temps géologiques par dépôt au sein d'un océan primordial de couches successives observables aujourd'hui à la faveur du retrait progressif des eaux et de l'émergence des terres. L'évolution de la composition de cet océan suite aux extractions détermine une évolution de la nature lithologique des dépôts. Dès lors, pour remonter aux origines, il est nécessaire de reconstituer spatialement la pile des couches superposées au cours du temps. L'entreprise de Werner est descriptive et la description locale des terrains superposés doit permettre l'établissement de corrélations à distance car la pile est universelle. L'étude de la superposition des terrains commencée dans les provinces allemandes doit être prolongée en Europe et dans le monde et c'est le programme de recherche que suivent ses élèves. La géognosie de l'école wernerienne s'appuie sur la description lithologique des terrains, et la présence de fossiles à l'intérieur des couches n'est qu'un complément, certes du plus grand intérêt pour distinguer et nommer les terrains dits stratifiés (secondaires et tertiaires). En Grande-Bretagne, William Smith (1769-1839) par ses observations de terrain destinées à l'établissement de la carte géologique de l'Angleterre, du Pays de Galle et d'une partie de l'Écosse, publiée en 1815 mais levée dès 1801, était arrivé à la conclusion que la description des faunes fossiles était le plus sûr moyen pour décrire et

³ La fin du XVIII^e siècle est marquée par une controverse sur l'origine des basaltes et roches semblables observées en Europe loin de tous volcans actifs. S'agit-il d'un volcanisme ancien, comme le défendent les vulcanistes ou de roches sédimentaires comme l'affirment les neptunistes ?

identifier une couche (Smith, 1815, 1816, 1817). Cuvier allait faire du fossile un marqueur chronologique.

- *Cartographie et biostratigraphie*

À ses travaux sur les fossiles trouvés dans les carrières de gypse de Paris s'ajoute alors de 1804 à 1808 son étude des terrains des environs de Paris en collaboration avec Alexandre Brongniart (1770-1847)⁴. Minéralogiste, ingénieur en chef du corps des mines, nommé directeur de la manufacture de porcelaine de Sèvres en 1801, puis professeur de minéralogie à la faculté de Paris et au Muséum, Brongniart explore les environs de Paris avec la volonté d'y trouver des kaolins pour la fabrication des porcelaines, mais aussi d'y établir la succession des terrains postérieurs à la Formation de la Craie de la pile wernérienne. Leur étude de terrain se traduit par un *Essai sur la géographie minéralogique des environs de Paris*, présenté dès 1808 devant l'Institut avant d'être publié dans le *Journal des mines* et les *Annales du Muséum*, puis comme ouvrage avec une carte et des coupes en 1811 (Cuvier & Brongniart, 1811). Si leur travail s'inscrit dans la tradition géognostique, en reconstituant précisément l'empilement des couches, en les décrivant par leur lithologie et leurs fossiles (ils distinguent neuf formations successives), ils la dépassent. Cuvier et Brongniart en effet relèvent l'existence de variations latérales de faciès : une couche peut passer latéralement à une couche différente par sa lithologie et ses fossiles, mais de même âge, conclusion en rupture avec l'idée géognostique d'une pile universelle. Ils observent que des terrains à fossiles d'eau douce sont recouverts par des terrains à fossiles marins et vice versa et concluent au remplissage du Bassin de Paris par une alternance de dépôts marins et de dépôts d'eau douce. Le modèle wernérien de retrait continu de l'océan est battu en brèche. Ils dépassent la conclusion de Smith sur l'importance stratigraphique de l'étude des fossiles. Les fossiles ne doivent pas seulement être utilisés pour caractériser une formation lithologique (distinguer deux formations gréseuses ou calcaires à lithologie semblables), ils sont des marqueurs temporels utilisables pour dater une couche. Leur travail cartographique, modeste par son étendue géographique, est majeur par ses conclusions et par le programme de recherche qu'il annonce. La détermination des fossiles devient une condition nécessaire à la caractérisation des Formations. Des couches de lithologie différente mais de même contenu fossilifère sont à considérer comme de même âge, qu'elles soient contiguës ou séparées par de grandes distances. La carte géognostique des environs de Paris marque un tournant dans l'histoire de la cartographie géologique française et internationale (Rudwick, 2005).

⁴ Sur la collaboration entre les deux hommes, lire (Taquet, 2009).

Pour Cuvier la stratigraphie des environs de Paris et les successions de faunes qu'il y a observées, traduisent sans ambiguïté l'existence de catastrophes soudaines. Ses nouvelles observations confortent ses conclusions antérieures et lui permettent désormais de penser les vertébrés fossiles qu'il avait précédemment décrits dans un cadre stratigraphique. La publication en 1812 de son ouvrage *Recherche sur les ossements fossiles de Quadrupèdes...* est l'occasion d'exposer cette thèse dans un discours préliminaire. Cuvier se revendique comme un pionnier dans l'exploration de l'histoire des formes de vie successives :

J'essaie de parcourir une route où l'on n'a encore hasardé que quelques pas, et de faire connoître un genre de monumens presque toujours négligé, quoique indispensable pour l'histoire du globe.

Antiquaire d'une espèce nouvelle, il m'a fallu apprendre à déchiffrer et à restaurer ces monumens, à reconnoître et à rapprocher dans leur ordre primitif les fragmens épars et mutilés dont ils se composent ; à reconstruire les êtres antiques auxquels ces fragmens appartenoient ; à les reproduire avec leurs proportions et leurs caractères ; à les comparer enfin à ceux qui vivent aujourd'hui à la surface du globe : art presque inconnu, et qui supposoit une science à peine effleurée auparavant, celle des lois qui président aux coexistences des formes des diverses parties dans les êtres organisés. (Cuvier, 1812, p. 1)

En développant l'ostéologie comparée initiée par Geoffroy Saint-Hilaire, Cuvier revendique en avoir fait une science à même de reconstituer des formes de vie disparues et par croisement avec la géognosie, à même de reconstruire l'histoire de leur succession. Son approche par l'anatomie comparée est au service d'une géologie qu'il revendique positive, c'est-à-dire construite sur la base d'observations et non de théories spéculatives. Ses observations dans les environs de Paris sont pour lui autant de preuves de l'existence de révolutions nombreuses et subites.

Mais, si l'on compare entre elles, avec plus de détail, les diverses couches, et les produits de la vie qu'elles recèlent, on aperçoit bientôt des différences encore plus nombreuses, qui indiquent des changemens d'état encore plus multipliés. Cette mer n'a point constamment déposé des pierres semblables entre elles. Il s'est fait une succession régulière dans la nature de ses dépôts ; et plus les couches sont anciennes, plus chacune d'elle est uniforme dans une grande étendue ; plus elles sont nouvelles, plus elles sont limitées, plus elles sont sujettes à varier à de petites distances. Ainsi les grandes catastrophes qui produisoient des révolutions dans le bassin des mers, étoient précédées, accompagnées et suivies de changemens dans la nature du liquide et des matières qu'il tenoit en dissolution ; et, lorsque la surface des mers

eut été divisée par des îles, par des chaînes saillantes, il y eut des changemens différens dans chaque bassin particulier. (Cuvier, 1812, p. 8-9)

Les emprunts à De Luc sont manifestes. À la révolution à l'échelle du globe, sur le modèle du Déluge, s'ajoutent chez Cuvier des révolutions locales nécessaires à l'interprétation des variations latérales de faciès et des alternances de dépôts d'eau douce et d'eau de mer postérieures à la formation de la Craie dans le bassin de Paris.

Et ces irruptions, ces retraites répétées, n'ont point été lentes, ne se sont point faites par degrés ; la plupart des catastrophes qui les ont amenées ont été subites ; et cela est surtout facile à prouver pour la dernière de toutes, celle dont les traces sont le plus à découvert. Elle a laissé encore, dans les pays du Nord, des cadavres de grands quadrupèdes que la glace a saisis, et qui se sont conservés jusqu'à nos jours avec leur peau, leur poil, et leur chair. S'ils n'eussent été gelés aussitôt que tués, la putréfaction les auroit décomposés. Or cette gelée éternelle n'a pu s'emparer des lieux où ces animaux vivoient que par la même cause qui les a détruits ⁽¹⁾ : cette cause a donc été subite comme son effet. Les déchiremens, les bouleversemens de couches arrivés dans les catastrophes antérieures, montrent assez qu'elles étoient subites et violentes comme la dernière ; et des amas de débris et de cailloux roulés, placés en plusieurs endroits entre les couches solides, attestent la force des mouvemens que ces bouleversemens excitoient dans la masse des eaux.

⁽¹⁾ Les deux phénomènes de ce genre les plus remarquables, et qui détruisent pour toujours toute idée de révolution lente, sont le *rhinocéros* découvert en 1771, sur les bords du Vilhouï, et l'*éléphant* que M. Adams vient d'observer vers l'embouchure de la Léna. Celui-ci avoit encore sa peau, ses chairs, et son poil de deux espèces : l'un court, fin et frisé comme de la laine ; l'autre semblable à de longs crins. Ses chairs étoient si bien conservées, qu'elles ont été mangées par les chiens. (Cuvier, 1812, p. 10-11)

L'exceptionnel état de conservation des mammifères (rhinocéros et mammoths) trouvés dans les glaces sibériennes conduit Cuvier à penser une immédiateté de la catastrophe et à en faire une règle générale. Les disparitions ne peuvent qu'avoir été brutales. Elles sont le fait de brusques refroidissemens ou d'inondations, de submersions diluviennes. Ses preuves de la rapidité de ces révolutions s'arrêtent là ce qui n'est pas sans interroger sur la nécessité de ce qualificatif. L'idée de révolutions, de catastrophes et d'une succession des faunes avait déjà été avancée par De Luc et il est manifeste que Cuvier lui emprunte (Ellenberger & Gohau, 1980 ; Rudwick, 1997).

- *L'influence de la thèse de De Luc*

Jean-André De Luc (1727-1817) développe, à travers ses lettres à Delamétherie, un modèle de genèse et d'évolution de la Terre à orientation apologétique, qu'il revendique construit sur une large base d'observations de terrain⁵. Sa thèse explique l'origine de la Terre par un amas initial de poussières (les pulvicules) liquéfié dans un second temps de l'extérieur vers l'intérieur du globe (De Luc, 1790). Ce liquide primordial, comparable à l'océan primordial des différentes thèses neptunistes, aurait alors produit par précipitations successives toutes les différentes couches superposées de terrains observables à la surface du globe. Les précipitations successives modifiant la composition initiale du liquide, De Luc explique alors la répétition dans le temps de couches semblables par un renouvellement de celui-ci par des apports profonds. Ces extractions de matière des profondeurs du globe sont génératrices de cavités et d'effondrements à l'origine en surface de la déformation des terrains et de la formation des chaînes de montagnes. Ces effondrements en facilitant la remontée des fluides profonds permettent le renouvellement du liquide initial et l'entretien d'une précipitation de couches diversifiées. Ce modèle de déformation par affaissements, commun depuis Nicolas Sténon, peut être d'ampleur locale ou globale, mais est nécessairement brutal. L'allure actuelle de la surface du globe résulte du dernier effondrement global, décrit dans la *Genèse* sous le nom du Déluge. Du fond de l'océan ancien ont alors émergé les continents actuels exposant les couches déposées et déformées au cours des temps antérieurs. Ces événements géologiques relèvent de la catastrophe et se traduisent par des modifications des faunes. De Luc observe que les contenus fossilifères varient d'une couche à une autre et envisage un changement des espèces au cours du temps, mais ne discute pas les causes de ces changements (Ellenberger & Gohau, 1980, 1981). Nos observations des phénomènes actuels nous permettent d'expliquer le présent (les temps post-diluviens), mais ne peuvent expliquer les événements anciens. Il envisage toutefois que les changements de faunes puissent être en relation avec les changements chimiques de l'océan. Pour De Luc, l'étude des strates et des changements de faunes doit permettre de reconstituer deux histoires collatérales : une histoire lithologique et une histoire paléontologique (Ellenberger & Gohau, 1980, 1981).

Cuvier sur le modèle de De Luc découpe les temps géologiques en six périodes. Il lui emprunte l'idée de catastrophes, de révolutions, à l'échelle locale ou globale, cela ne fait aucun doute, mais il y ajoute une dimension brutale et destructrice plus proche des thèses de Deodat Gratet de

⁵ Les lettres de De Luc à Delamétherie sont publiées de 1790 à 1793 dans les *Observations sur la physique, sur l'histoire naturelle et sur les arts*.

Dolomieu (1791) et d'Horace Bénédicte de Saussure (1779). Cuvier reprend également à De Luc l'idée d'une insuffisance des causes actuelles pour expliquer les révolutions.

- *Le catastrophisme de Cuvier*

Certains ont cru pouvoir expliquer le catastrophisme de Cuvier par sa proximité supposée aux thèses apologetiques, mais ces affirmations sont discutables et discutées. Pour Laurent Goulven (1985, p. 27) l'intérêt de Cuvier pour les fossiles était uniquement porté par sa volonté de confirmer la réalité du Déluge : « Cuvier ne s'est intéressé aux fossiles que parce qu'ils lui permettaient de proclamer le catastrophisme ». Stephen Jay Gould (1990, p. 182) au contraire voit dans Cuvier « un enfant des Lumières, qui tenait la dogmatique religieuse pour une abomination dans la science ». La traduction anglaise de son *Discours préliminaire* par Robert Jameson en 1813 a sans doute beaucoup contribué outre-Manche à construire cette image apologetique de Cuvier. Jameson, élève de Werner, professeur de géologie à l'université d'Édimbourg et farouche opposant de Hutton, en accompagnant sa traduction du travail de Cuvier d'une préface et de notes, le présentait comme la démonstration scientifique de l'historicité du Déluge. « The subject of the *deluge* forms a principal object of this elegant discourse » (Jameson, 1813, p. IX). Cinq éditions avec des commentaires toujours plus volumineux se succédèrent. Cette traduction de Jameson était reprise aux États-Unis dès 1818 par Samuel Latham Mitchill (1818) avec un ajout de notes sur la géologie de l'Amérique du Nord. Cuvier apparaissait alors aux lecteurs anglophones comme le défenseur de l'autorité du texte biblique, ce que ne traduit pas la lecture de son texte original. Si Cuvier associe la dernière grande révolution du globe au déluge biblique, on ne peut pas affirmer que ses observations visent à établir des éléments de preuve du récit biblique.

Cuvier après ses travaux sur la stratigraphie des environs de Paris, poursuit ses descriptions et interprétations de fossiles en étudiant des formes plus anciennes extraites de couches antérieures à la Craie. Il décrit et interprète comme des formes disparues de reptiles plusieurs squelettes trouvés dans la craie crétacée (le Mosasaure du Calcaire de Maastricht) ou les calcaires jurassiques (les crocodiles du calcaire bathonien de Caen, le Pterodactyle des calcaires du Malm de Solnhofen. Les mammifères fréquents dans le Tertiaire sont absents des terrains du Secondaire où abondent des formes de reptiles aujourd'hui disparues. Un âge des reptiles aurait précédé un âge des mammifères. Ses études d'ossements récents (post-diluviens) trouvés en grande abondance dans des grottes, notamment en Bavière, le conduisent à affirmer l'existence récente de mammifères proches

mais différents des espèces actuelles (ours, hyène, lion, loup...). Mais, la présence d'ossements de ruminants actuels dans des tourbières en association avec des ossements de mammifères disparus le laisse perplexe. Les ossements de cerf géant trouvés en Irlande pourraient provenir de couches plus anciennes. Des mélanges sont peut-être à envisager.

Cuvier publie en 1821 une deuxième édition augmentée, en sept volumes de ses *Ossements fossiles...*, toujours accompagnée de son discours préliminaire. La troisième édition augmentée, publiée en 1825, est en revanche séparée de ce discours qu'il publie comme un ouvrage propre sous le titre *Discours sur les révolutions de la surface du globe et sur les changemens qu'elles ont produits dans le règne animal*.

Sa thèse n'a pas varié. Ses années d'observation et de description d'espèces fossiles n'ont fait que conforter son modèle de successions de faunes au cours des temps géologiques par disparition brutale dans une catastrophe naturelle d'ampleur locale ou globale produite par des causes anciennes qui restaient à préciser mais qui relevaient probablement de refroidissements subits et de submersions. Ses arguments sur la nécessité que ces disparitions soient brutales ne se sont pas étoffés au cours du temps. Cuvier n'a pas cherché d'autres explications que celle de son idée première refusant d'envisager que les causes actuelles puissent être suffisantes pour expliquer ces changements. En insistant sur la disparition définitive de ces espèces, Cuvier donnait à ces fossiles une dimension de marqueur chronologique propre à reconstituer l'histoire de la Terre. Il lançait un programme de recherche aussitôt repris par les géologues cartographes qui disposaient désormais de médailles fiables pour leurs corrélations à grandes distances entre terrains parfois de lithologie différente, mais surtout il offrait à la stratigraphie un outil paléontologique beaucoup plus puissant que les critères géométriques de la géognosie.

Léonce Élie de Beaumont : formation des chaînes de montagnes et révolutions du globe

En 1827, alors qu'il explore le massif de l'Oisans pour la réalisation de la carte géologique générale de France, dont nous reparlerons dans la suite de cet article, Léonce Élie de Beaumont (1798-1874) observe que des granites et des gneiss du massif des Ecrins-Pelvoux reposent sur des terrains du Secondaire, qui reposent à leur tour sur des terrains du Tertiaire. Cette disposition anormale illustre selon lui le concept de cratère de soulèvement que vient de proposer Leopold von Buch pour expliquer l'origine du pic volcanique du Teide dans les îles Canaries. Les masses de granites

auraient repoussé les couches de gneiss et de roches secondaires sus-jacentes.

On donnerait une idée assez exacte de la disposition des roches sur presque tout le pourtour du système, en disant que, pris dans son ensemble, il présente quelque chose qui rappelle la forme d'une fleur à moitié éclose, dont les étamines sont représentées par des masses granitiques non stratifiées et des lambeaux irrégulièrement disloqués de gneiss, et dont la corolle entr'ouverte est figurée par les couches de gneiss qui, sur presque toute la circonférence du groupe, s'appuient sur les masses granitiques de l'intérieur, pour s'enfoncer sous les dépôts secondaires, relevés à l'entour en forme de calice. Le mont Pelvoux forme pour ainsi dire le pétale le plus développé de la fleur. La connexion qui existe entre la disposition des couches de la ceinture extérieure de gneiss de ce groupe et la forme des cimes qu'elles composent, montre que ces cimes n'ont subi depuis qu'elles existent que de faibles dégradations. L'intérieur du cirque de la Bérarde n'a évidemment pu subir lui-même que des dégradations du même ordre ; il n'a donc pu être creusé par l'action érosive des eaux. Cette action n'a pu que modifier légèrement quelques parties de sa forme dont les traits généraux datent sans aucun doute de l'époque du soulèvement des Alpes.

La forme que je viens de signaler rentre presque dans celles que, dans des contrées volcaniques, M. de Buch a nommées cratères de soulèvement. (Élie de Beaumont, 1834a, p. 13-14)

Il expose ses conclusions devant la Société philomathique de Paris le 7 mars 1829, puis le 20 mars devant la Société d'histoire naturelle de Paris : une première version est publiée quelques semaines plus tard dans les *Mémoires de la Société d'histoire naturelle de Paris*, une seconde, complétée, est publiée en 1834 dans les *Annales des mines* (Élie de Beaumont, 1834a, 1834b). En juin 1829, c'est devant l'Académie des sciences qu'il présente les conclusions plus générales qu'il en a tirées sur la formation des chaînes de montagnes. Il titre son intervention « Recherches sur quelques-unes des révolutions de la surface du globe ». Son modèle constitue en quelque sorte un premier essai de tectonique globale (Durand-Delga, 2006).

Les chaînes de montagnes résulteraient de soulèvements des terrains localisés le long de grands accidents dessinant comme des arcs de cercles à la surface du globe. Des poussées d'origine profonde expliqueraient comment les terrains les plus anciens et donc les plus profonds se retrouveraient propulsés vers le haut dans les parties les plus hautes des chaînes. Les terrains déformés se retrouvant inclinés, les terrains déposés après la déformation (donc à l'horizontale) s'en distingueraient géométriquement par une discordance entre plans de stratification. L'âge des chaînes pourrait donc être déterminé à partir de l'étude de ces contacts. L'âge des terrains

pouvant déjà être déterminé à partir de leur faune et de leur flore fossiles, Élie de Beaumont se propose de reconstituer la succession des révolutions connues par le globe au cours de son histoire, enregistrées parallèlement dans la disposition des couches et les disparitions d'espèces. Cette ambition allait le conduire par la suite à proposer une détermination de l'âge d'une chaîne par son orientation au motif que tous ces arcs de cercles dessinaient à la surface du globe un réseau pentagonal, expression d'un déterminisme géométrique. Son système s'enfermait dans une logique sourde à bien des observations de terrain et critiques. L'emprise institutionnelle d'Élie de Beaumont conduisait la géologie française et le discours tectonique encore en émergence dans une impasse d'où elle ne devait s'extraire qu'après sa mort. Ce système de révolution du globe s'appuyait fondamentalement sur un discours de la catastrophe. Mais avant d'examiner celui-ci, revenons à la référence faite par Élie de Beaumont aux travaux de Léopold von Buch (1774-1853).

- *Des cratères de soulèvement aux révolutions du globe*

De ses voyages en Italie, aux îles Canaries et en Auvergne, von Buch (1825) a tiré une nouvelle interprétation de la formation des cônes volcaniques. Les magmas issus de la Terre profonde en se rapprochant de la surface déformeraient les couches qui les surmontent entraînant la formation d'un cône volcanique ou de chaînes de cônes. Il propose donc de parler de *cratères de soulèvement*. Ses études sur les massifs montagneux allemands le conduisent à généraliser ce modèle à la formation des montagnes en imaginant des poussées d'ampleur régionale. Bien des auteurs du XVIII^e siècle avaient relevé que les chaînes de montagnes présentaient au centre des terrains primordiaux (granites) puis vers l'extérieur des terrains primitifs recouverts par des terrains stratifiés renfermant des fossiles. Cette disposition était interprétée comme résultant du retrait continu d'un océan primordial et du dépôt successif des granites, des gneiss puis des terrains stratifiés fossilifères. Von Buch détermine quatre épisodes de déformations, quatre révolutions successives. La reconnaissance de quatre âges de montagnes n'est pas nouvelle, là non plus. Giovanni Arduino (1714-1795) distinguait déjà en 1760, à l'issue de ses voyages dans les Alpes de Vénétie, quatre ordres de montagnes ou de terrains (montagnes primaire, secondaire, tertiaire et alluvions des plaines) sur des critères de disposition, de lithologie et de contenus fossilifères (Vaccari, 2008). Johann Gottlob Lehmann (1719-1767) avait également proposé en 1756 de distinguer des montagnes primitives (Ganggebirge) et des montagnes secondaires (Flötzgebirge) recouvertes par les terrains récents (Lehmann, 1756), et Georg Christian Füchsel (1722-1773) reprenant ce modèle dans son *Histoire de la Thuringe* avait créé le terme de

scientia geognostica (Füchsel, 1761) bientôt mis en œuvre comme on le sait par l'École des mines de Freiberg autour de Werner. Von Buch, élève de Werner, ajoutait à cette chronologie une interprétation causale en termes de soulèvements déterminés par la remontée d'un magma profond, marquant ainsi sa rupture avec les neptunistes. Élie de Beaumont, élève à l'École des mines de Paris d'un autre disciple de Werner, André Brochant de Villiers (1772-1840), en adoptant le modèle de soulèvement de von Buch, s'éloignait également du cadre interprétatif wernérien.

Von Buch datait des épisodes de déformations et de fracturations régionales en s'appuyant sur le principe de recoupement de Sténon et le concept de discordance angulaire de Hutton. Une couche reposant sur des terrains déformés indique un nouveau dépôt (horizontal) après un épisode de déformation des terrains précédents. Élie de Beaumont reprend ce modèle de soulèvement et le généralise en se replaçant dans le modèle d'une Terre primitivement en fusion, modèle attribué à Descartes, exploité par Buffon, et à nouveau à l'honneur en ce début de XIX^e siècle avec notamment les travaux de Louis Cordier (1777-1861) sur la chaleur interne du globe. L'écorce terrestre se serait formée par refroidissement et reposerait sur un intérieur encore en fusion. Le refroidissement se poursuivant, la Terre se contracterait et sa surface rigide serait soumise à des déformations cassantes et plastiques : des dislocations. Il en résulterait des mouvements de soulèvement localisés le long de fractures rectilignes déterminant la formation des chaînes de montagnes. L'orientation majeure d'une chaîne de montagnes serait ainsi un témoin d'une période de déformation génératrice d'une chaîne, d'une révolution à la surface du globe. L'orientation serait un indicateur chronologique.

Le système des soulèvements d'Élie de Beaumont est publié en quatre parties dans les *Annales de sciences naturelles* des années 1829 et 1830 (Élie de Beaumont, 1829, 1830). La géologie de l'Europe serait marquée par une succession de quatre déformations majeures. La première aurait eu lieu à la fin du Jurassique (système de l'Erzgebirge ou de la Côte d'Or), la seconde après le dépôt de la Formation de la Craie (système des Pyrénées), la troisième vers la fin du Tertiaire (système des Alpes occidentales) et la dernière serait postérieure aux dépôts superficiels plus anciens que les alluvions actuelles des fleuves et rivières (système principal des Alpes).

La première exposition de son système était dépourvue d'étude des causes. Elle décrivait, d'après ses observations, les caractéristiques des terrains qui le conduisaient à penser chaque épisode de déformation. Il s'agissait d'établir et de justifier une chronologie. Le redressement des couches, l'émersion des terrains, devant avoir des conséquences évidentes

sur les faunes, Élie de Beaumont proposait de dater les époques de soulèvements par les changements de faunes.

Les deux grandes conceptions d'une suite de révolutions violentes et de la formation des chaînes de montagnes par voie de soulèvement ayant été successivement introduites dans la géologie, il était naturel de se demander si elles sont indépendantes l'une de l'autre ; si des chaînes de montagnes ont pu se soulever sans produire sur la surface du globe de véritables révolutions ; si les convulsions qui n'ont pu manquer d'accompagner le surgissement de masses aussi puissantes et d'une structure aussi tourmentée que les hautes montagnes, n'auraient pas été la même chose que les révolutions de la surface du globe constatées d'une autre manière par l'observation des dépôts de sédiment et des races aujourd'hui perdues dont ils recèlent les débris ; si les lignes de démarcation qu'on observe dans la succession des terrains, et à partir de chacune desquelles le dépôt des sédiments semble avoir, pour ainsi dire, recommencé sous des influences nouvelles, ne seraient pas tout simplement les résultats des changements opérés dans les limites et le régime des mers par les soulèvements successifs des montagnes. (Élie de Beaumont, 1833, p. 616)

Élie de Beaumont inscrivait son système de datation des déformations dans la continuité à la fois de la géognosie wernerienne, portée à identifier toute absence de concordance géométrique entre les plans de dépôt de deux couches successives, et dans le programme de recherche de Cuvier (dont il fut élève). La dimension et la portée cartographique de son système sont majeures pour la cartographie et la stratigraphie, et l'histoire de la cartographie géologique de la France au XIX^e siècle est indissociable de son œuvre et de sa gouvernance.

- *Cartographie géologique et révolutions du globe*

Co-auteur de la première carte géologique générale de la France, Élie de Beaumont est l'initiateur puis le directeur du Service national de la carte géologique créé en 1868. Ingénieur des mines, professeur de géologie à l'École des mines, vice-président du Conseil général des mines, successeur de Cuvier à la chaire d'histoire naturelle du Collège de France, membre de l'Académie des sciences puis secrétaire perpétuel, membre de diverses académies étrangères, sénateur à vie, ses titres et ses positions institutionnelles assuraient une très large diffusion de ses idées. Ils assurèrent également un efficace filtrage, voire blocage des idées contraires. L'origine de son système des révolutions du globe est à replacer dans un premier temps dans le cadre cartographique où il l'élabore.

En 1822, Louis Becquey, directeur général des ponts et chaussées et des mines, accédait à la requête déjà ancienne de Brochant de Villiers de

faire établir une carte géologique générale de la France (Gaudant, 1991). Brochant devait diriger ce projet : Ours-Armand Dufrénoy et Léonce Élie de Beaumont, deux de ses anciens élèves ingénieurs des mines, étaient chargés du travail de prospection. Après six mois de voyage en Angleterre en 1823, le temps de rencontrer les géologues cartographes anglais (l'Angleterre disposait déjà à cette date de deux cartes géologiques générales, celle de William Smith de 1815 et celle de George Greenough Bellas de 1819) et de discuter avec eux de leurs subdivisions des terrains secondaires notamment, les trois hommes étaient prêts à se lancer dans cette entreprise. Brochant découpa la France en deux parties de part et d'autre d'une ligne passant par Honfleur, Alençon, Avallon, Châlons-sur-Saône, puis suivant la Saône et le Rhône jusqu'à la Méditerranée. Élie Beaumont fut chargé des levés de la moitié Nord et Est, et Dufrénoy de l'autre moitié. Les travaux débutèrent en 1825. En cinq ans l'exploration était achevée. Après quelques campagnes de vérification et de comparaison des observations, la carte était prête en 1835 et Brochant la présentait aussitôt à l'Académie des sciences. Mais, la gravure et des problèmes de financement de l'impression retardèrent la publication à décembre 1841. Sans attendre cette publication, Dufrénoy et Élie de Beaumont avaient publié régulièrement leurs observations sous forme de mémoires dans les *Annales des Mines*. Les deux hommes pour reconnaître les roches et établir leur carte avaient parcouru à pied plus de 20 000 lieues et récolté plus de 30 000 échantillons. Ils avaient également rencontré la plupart des érudits locaux qui travaillaient déjà aux levés de cartes départementales détaillées. Leur expertise était déjà unanimement reconnue et la rapide avancée de leur travail avait convaincu dès 1830 Alexis Legrand, directeur général des mines et des ponts-et-chaussées et sous-secrétaire d'État aux travaux publics, de lancer la seconde phase de cette entreprise cartographique, la réalisation de cartes géologiques à l'échelle des départements (Savaton, 2004, 2007). Elle fut essentiellement confiée aux ingénieurs des mines guidés par les travaux de Dufrénoy et d'Élie de Beaumont.

Lorsqu'Élie de Beaumont expose son système des révolutions en 1829, il dispose déjà d'une forte légitimité scientifique et institutionnelle. Son modèle en intégrant le programme de recherche biostratigraphique lancé par Cuvier était assuré d'un large soutien. En y ajoutant une dimension mathématique, il emportait également la confiance de François Arago, alors secrétaire perpétuel de l'Académie. Les critiques, d'abord discrètes, se multiplièrent au fur et à mesure que le dogmatisme du modèle l'emportait sur les observations de terrains contradictoires. Le système se révéla rapidement comme irréfutable car l'auteur interprétait toute découverte d'une nouvelle orientation de déformation au sein d'une chaîne, non comme une

remise en cause du modèle (une orientation = un épisode de dislocation = une révolution du globe), mais comme l'indication d'une révolution supplémentaire. L'inflation du nombre des systèmes trahissait sa fragilité, mais Élie de Beaumont convaincu de la pertinence de son intuition géométrique n'était pas décidé à le modifier si ce n'est pour l'appuyer sur un hypothétique réseau pentagonal (1850) censé expliquer la disposition géographique des dislocations successives⁶. Cette thèse le discrédita et discrédita la tectonique française qu'il contrôlait. Le jugement de Jacques Touret (2007, p. 147) est sans appel : « ...Élie de Beaumont, entraînant tous ceux qui l'ont suivi plus ou moins aveuglément, quitte progressivement le monde réel pour rentrer dans un univers géométrique qui, bientôt, lui fera perdre le contact avec la réalité ».

Aux quatre systèmes de montagnes exposés en 1829, il en ajoutait huit dans son texte de 1833 inséré dans le *Manuel de géologie* de De la Beche, puis en citait seize dans un article du *Bulletin de la Société géologique de France* en 1847, puis vingt-deux dans son article de 1849 du *Dictionnaire d'Histoire naturelle* de Charles d'Orbigny sur les Systèmes de montagnes (Élie de Beaumont, 1847). « Alfred Potier indique qu'Élie de Beaumont lui avait déclaré en avoir inventorié 96 en 1867 et que la liste était loin d'être close » (Touret, 2007, p. 147). Gabriel Gohau (1998) relève qu'il en envisageait près d'une centaine dans un courrier à Constant Prévost. L'inflation toucha également la longueur de son écrit. Sa *Notice sur les systèmes de montagnes* est publiée comme un ouvrage propre en 1852 : il tient en trois tomes totalisant 1543 pages (Élie de Beaumont, 1852).

- *Le catastrophisme d'Élie de Beaumont*

Pour Élie de Beaumont la fracturation de l'écorce est nécessairement un phénomène brutal à l'image des séismes et des éruptions volcaniques. Ces déformations, ces dislocations, sont des catastrophes, des révolutions à l'échelle du globe. La Terre est une longue histoire caractérisée par des dépôts sédimentaires entrecoupés de déformations catastrophiques. Il utilise les mots de catastrophes et de révolution, comme bien d'autres avant lui, et comme Cuvier il les qualifie de violentes et de *quasi* instantanées à l'échelle de l'histoire de la Terre. Pourquoi ? Le texte de 1829, publié dans les *Mémoires de la Société d'histoire naturelle de Paris* ne dit rien sur cette nécessité. Le texte publié dans les *Annales des Mines* en 1834 est un peu plus précis :

⁶ Nous ne développerons pas cette thèse complexe dans cet article et nous renvoyons le lecteur qui souhaiterait prendre connaissance de cette thèse, à la lecture de l'article de Jacques Touret (2007).

[...] il est *parfaitement évident* que les roches granitiques observées en contact avec les assises jurassiques, n'étaient pas complètement réduites à l'état de masses froides et inertes, lorsque les superpositions décrites ci-dessus se sont définitivement opérées [car les observations de terrains laissent supposer à Élie de Beaumont une certaine plasticité nécessitant un état visqueux]. Or cette seule circonstance est inconciliable avec l'idée que les montagnes de l'Oisans se seraient élevées peu à peu, par une série de secousses de tremblements de terre de la force de celles qui arrivent de nos jours, mais répétées pendant un laps de temps immense. C'est donc dans un temps très court, ou par la succession d'un petit nombre de très grandes secousses, que les masses de montagnes, ont pris les positions respectives et les formes générales qu'elles nous offrent aujourd'hui.

Aussi des observations de nature très différente nous conduisent également à conclure que les phénomènes dont les formes actuelles des montagnes de l'Oisans sont le résultat, ne sont pas susceptibles d'être fractionnés dans la pensée en un très grand nombre de petites parties ; ils ont été peu nombreux mais énormes, et il ne me semble pas qu'il y ait rien d'exagéré à donner à des évènements de cette grandeur et qu'il serait si difficile de concevoir isolés, le nom de *Révolutions de la surface du globe*. (Élie de Beaumont, 1834b, p. 63)

L'argumentaire s'appuie sur une série de modèles géologiques connus et compris des géologues de son époque et d'un public averti. Si des roches comme les granites, normalement enfouies sous les autres couches de roches (couche primordiale des modèles neptunistes), présentent à l'affleurement des déformations nécessitant une certaine plasticité c'est qu'elles étaient encore très chaudes au moment de leur arrivée en surface. Sédimentés dans le fond de l'océan primordial, puis enfouis sous les couches de roches ultérieures, les granites ont été réchauffés par la chaleur de la Terre profonde. Pour qu'ils puissent ensuite être remontés en surface tout en conservant encore une plasticité, c'est que la remontée fut rapide. La remontée d'un magma et l'épanchement de laves, phénomènes associés à l'activité volcanique, imprègnent le modèle d'Élie de Beaumont, même si dans son esprit il n'est pas question de considérer ces granites comme fondus. Une remontée trop lente fige le magma avant qu'il atteigne la surface. Les déplacements de terrains générés par les tremblements de Terre sont quasi instantanés, mais ils ne dépassent pas quelques mètres. S'ils étaient responsables de cette remontée des granites, il faudrait imaginer des déplacements de beaucoup plus grande ampleur dans un temps tout aussi court pour éviter le trop grand refroidissement des roches profondes lors de leur remontée vers la surface. Élie de Beaumont reprend également à von Buch l'idée d'une poussée gazeuse, forcément apparentée à une explosion donc à

un phénomène brutal et extrêmement rapide. L'ampleur des phénomènes actuels ne suffit pas selon Élie de Beaumont pour expliquer ses observations. La somme de petites modifications lentes ne peut être la cause du soulèvement des montagnes. Il imagine donc des causes exceptionnelles. L'opposition au modèle catastrophiste d'Élie de Beaumont, comme de celui de Cuvier, viendra logiquement des partisans d'une interprétation des observations géologiques par recours aux seules causes actuelles. Pour Élie de Beaumont les phénomènes géologiques rapides actuels (volcanisme et tremblements de terre) s'ils rendent compte du processus ne sont pas d'ampleur suffisante : il faut donc les imaginer dans le passé comme d'une toute autre ampleur, ils constituaient alors de véritables révolutions du globe.

L'argumentaire d'Élie de Beaumont en faveur de la dimension catastrophique de ces soulèvements et contre l'idée d'un lent soulèvement ne se développe guère par la suite. En faisant de ces soulèvements la cause des extinctions de faunes et de flores et des révolutions de Cuvier, il faisait de cette nécessité paléontologique un argument supplémentaire à l'appui de sa propre thèse.

La catastrophe comme nécessité épistémologique ?

Le propos de notre article était de rappeler les thèses catastrophistes de deux personnages majeurs de l'histoire de la géologie française (et indirectement internationale) et d'en étudier la construction et les implications. Étudier leur réception puis leur réfutation dans le temps aurait dépassé les objectifs de notre communication d'origine et la longueur des textes de ce *Cahiers François Viète*. Discuter en conclusion de cet article de la dimension épistémologique des discours catastrophistes dans l'émergence de la géologie dans la première moitié du XIX^e siècle serait sans doute ambitieux, aussi nous nous limiterons à formuler seulement quelques observations en guise d'invitation à la réflexion.

De l'observation d'une succession des faunes au cours des temps géologiques Cuvier concluait à l'existence de moments de rupture dans l'histoire de la vie sur Terre. Le long fleuve tranquille était ainsi interrompu par quelques chutes avant de reprendre son cours. Les espèces fossiles étaient des espèces disparues et ces disparitions étaient totales et définitives. Jean-Baptiste Lamarck (1744-1829) par ses observations arrivait à une autre conclusion : les espèces s'étaient transformées. Le transformisme contestait le catastrophisme de Cuvier (Laurent, 1986). Envisager une destruction, une disparition était sans doute une hypothèse plus simple que de penser une transformation. En affirmant la catastrophe à partir de son étude des

fossiles encore limitée en nombre, Cuvier offrait involontairement aux paléontologues et au spécialiste qu'était Lamarck une hypothèse falsifiable. En affirmant la disparition totale des espèces fossiles, Cuvier en faisait des marqueurs chronologiques indispensables à la construction d'un récit de l'histoire de la vie sur Terre et de l'histoire des dépôts sédimentaires. La strate de William Smith avait désormais un âge et mieux encore, sa lithologie pouvait varier sans que cet âge soit remis en question. Là aussi, en affirmant de manière erronée que toutes les espèces fossiles étaient des marqueurs chronologiques, Cuvier lançait un programme de recherche qui eut tôt fait de nuancer cette affirmation. Il y a quelque chose de paradoxal dans le fait que Cuvier n'ait vu que des catastrophes dans la disparition d'espèces au sein de couches de roches alors qu'il avait lui-même observé avec Brongniart l'alternance de terrains d'eau douce et d'eau de mer et l'existence de variations latérales de faciès. Les espèces au lieu de disparaître pouvaient avoir migré. Or, cette idée d'une migration figure dans sa thèse quand il s'agit d'expliquer l'origine des nouvelles espèces. Il écrit : « [...] je ne prétends pas qu'il ait fallu une création nouvelle pour produire les espèces aujourd'hui existantes ; je dis seulement qu'elles n'existaient pas dans les lieux où on les voit à présent, et qu'elles ont dû y venir d'ailleurs. » (Cuvier, 1825, p. 64). Contrairement à ce que certains ont prétendu en effet, Cuvier n'envisage pas des créations successives mais des migrations depuis quelques lieux reculés d'espèces aux effectifs jusque-là très réduits. Affirmer la disparition et l'envisager comme résultant de quelque catastrophe, penser toutes les espèces fossiles comme des marqueurs chronologiques, laisser de côté la possibilité d'une fluctuation des effectifs dans le temps et dans l'espace... était plus immédiat et plus simple peut-être que d'autres hypothèses interprétatives. Son rejet des systèmes, même si finalement Cuvier en construit un, peut être mis en parallèle avec son rejet d'hypothèses sans doute plus complexes.

Si pour Cuvier les disparitions de faunes à l'échelle du globe ne pouvaient qu'être des événements exceptionnels dans une histoire du vivant par ailleurs « sans histoire », leur(s) cause(s) ne pouva(en)t également être qu'exceptionnelle(s). À situation exceptionnelle, cause exceptionnelle ! L'hypothèse de la catastrophe associée à des causes exceptionnelles (c'est-à-dire différentes des phénomènes géologiques observés ou de leur ampleur actuelle) soulevait moins d'objections immédiates. Elle permettait l'économie momentanée d'un argumentaire plus poussé ; elle était une proposition *a minima*. Le recours au discours de la catastrophe est une facilité.

Élie de Beaumont n'agit guère autrement lorsqu'il cherche à réduire la diversité des caractéristiques des déformations d'une chaîne de montagnes à l'expression du refroidissement de la Terre selon une règle géomé-

trique. La disposition des chaînes de montagnes à la surface du globe ne peut échapper à quelques lois physiques et mathématiques simples. Sa formation de polytechnicien le prédisposait sans doute à rechercher en géologie des lois comparables à celles établies alors dans les autres sciences. Arago se réjouissait d'ailleurs à cette occasion que la géologie avec le système d'Élie de Beaumont soit entrée si rapidement dans le champ des sciences exactes. L'identification de régularités, l'interprétation par quelques causes simples semblent bien sinon porter, au moins guider son système de révolutions du globe. L'exploration géologique de la France pour l'établissement de sa carte générale devait servir de canevas pour la réalisation ultérieure de cartes géologiques détaillées à l'échelle des départements. Élie de Beaumont et Dufrénoy devaient donc réussir à dépasser les spécificités locales et extraire de la complexité apparente quelques lignes directrices aptes à penser la structuration géologique de la France. Leur modélisation synthétique n'était possible qu'au prix de choix de regroupements, de choix de limites d'étendues des terrains, de choix de dispositions géométriques des couches et masses rocheuses. Elle privilégiait par nécessité l'unité et la simplicité. Il était logique et sans doute nécessaire d'envisager un mécanisme unique de formation des chaînes de montagnes, mais pourquoi en faire un événement catastrophique sinon là aussi par facilité explicative ? Seuls les phénomènes volcaniques et sismiques, par l'ampleur des transformations réalisées à la surface du globe en un temps exceptionnellement court, permettaient de penser l'échelle des reliefs et déformations observés dans les chaînes de montagnes. Il restait toutefois à penser un temps long, or les projections d'âge de la Terre étaient encore trop limitées pour cela. Avec un âge réduit, il était plus simple de penser une accélération des phénomènes et processus. Les causes actuelles ne pouvant alors suffire, il devenait nécessaire d'avoir recours à des causes exceptionnelles.

Le retour à des discours catastrophistes marque sans doute notre incapacité momentanée à penser autrement le complexe.

Références

- BABIN Claude (2005), *Autour du catastrophisme. Des mythes et légendes aux sciences de la vie et de la Terre*, Paris, Vuibert/ADAPT.
- BROCHANT DE VILLIERS Jean-Marie (éd.) (1841), *Explication de la carte géologique de la France*, Tome 1, Paris, Imprimerie royale.
- COLEMAN William (1964), *Georges Cuvier Zoologist. A Study in the History of Evolution Theory*, Cambridge (MA), Harvard University Press.

- CUVIER Georges (1812), *Recherche sur les ossements fossiles de quadrupèdes où l'on rétablit les caractères de plusieurs espèces d'animaux que les révolutions du globe paroissent avoir détruites*, Paris, Deterville.
- CUVIER Georges (1825), *Discours sur les révolutions de la surface du globe et sur les changemens qu'elles ont produits dans le règne animal*, Paris/Amsterdam, G. Dufour et Ed. d'Ocagne.
- CUVIER Georges & BRONGNIART Alexandre (1811), *Essai sur la géographie minéralogique des environs de Paris avec une carte géognostique et des coupes de terrain*, Paris, Baudouin.
- CUVIER Georges & BRONGNIART Alexandre (1822), *Description géologique des environs de Paris*, Paris/Amsterdam, G. Dufour et Ed. d'Ocagne.
- DE LUC Jean André (1790), « Dixième lettre de M. De Luc à M. Delamétherie, Sur l'histoire de la Terre, depuis que cette planète... », *Observations sur la physique, sur l'histoire naturelle et sur les arts*, vol. XXXVII, p. 332-350.
- DOLOMIEU Deodat Gratet (de) (1791), « Mémoire sur les pierres composées et sur les roches », *Observations sur la physique, sur l'histoire naturelle et sur les arts*, vol. XXXIX, p. 374-407.
- DURAND-DELGA Michel (2006), « Trois essais de tectonique globale avant la lettre, par Léonce Élie de Beaumont, Eduard Suess et Alfred Wegener », *Travaux du COFRHIGEO*, sér. 3, tome 20, n° 5, p. 75-103.
- ÉLIE DE BEAUMONT Léonce
- (1829), « Recherches sur quelques-unes des révolutions de la surface du globe... », *Annales des sciences naturelles*, vol. 18, p. 5-25, 284-416.
 - (1830), « Recherches sur quelques-unes des révolutions de la surface du globe... », *Annales des sciences naturelles*, vol. 19, p. 5-99, 177-240.
 - (1833), « Recherches sur quelques-unes des révolutions de la surface du globe, présentant différents exemples de coïncidence entre le redressement des couches de certains systèmes de montagnes, et les changements soudains qui ont produit les lignes de démarcation qu'on observe entre certains étages consécutifs des terrains de sédiment », dans Henry de la BECHE, *Manuel géologique*, Traduction française revue et publiée par A. J. M. Brochant de Villiers, Paris, F.-G. Levrault, p. 616-617 (2^e édition).
 - (1834a), « Faits pour servir à l'histoire des montagnes de l'Oisans », *Mémoires de la Société d'histoire naturelle de Paris*, tome 5, p. 1-32.
 - (1834b), « Faits pour servir à l'histoire des montagnes de l'Oisans », *Annales des Mines*, sér. 3, vol. 5, p. 3-63.
 - (1847), « Note sur les systèmes de montagnes les plus anciens de l'Europe », *Bulletin de la Société géologique de France*, sér. 2, tome 4, p. 864-991.

- (1849), « Système de montagnes », dans Charles d'ORBIGNY, *Dictionnaire d'Histoire naturelle*, Paris, Renard, Martinet et Cie, Volume 12, p. 167-311.
- (1852), *Notice sur les systèmes de montagnes*, Paris, Bertrand (3 volumes).
- ELLENBERGER François & GOHAU Gabriel (1980), « Jean-André De Luc (1727-1817) et l'aurore de la stratigraphie paléontologique », *Travaux du COFRHIGEO*, sér. 1, vol. 31, p. 1-9.
- ELLENBERGER François & GOHAU Gabriel (1981), « À l'aurore de la stratigraphie paléontologique : Jean-André De Luc, son influence sur Cuvier », *Revue d'histoire des sciences*, vol. 34, n° 3-4, p. 217-257.
- FÜCHSEL Georg C. (1761), *Historia terrae et maris : ex historia Thuringiae, per montium descriptionem*, Acten der Erfurter Academic.
- GAUDANT Jean (1991), « Les cent-cinquante ans de la première carte géologique de la France », *Travaux du COFRHIGEO*, sér. 3, tome 5, n° 9, p. 79-83.
- GOHAU Gabriel (1998), « Léonce Élie de Beaumont (1798-1874). Pour le bicentenaire de sa naissance », *Travaux du COFRHIGEO*, sér. 3, tome 12, n° 6, p. 71-77.
- GOULD Stephen Jay (1990), *Aux racines du temps*, Paris, Grasset.
- HOOPYKAAS Reijer (1970), « Catastrophism in Geology, its Scientific Character in Relation to Actualism and Uniformitarianism », *Mededelingen der Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen*, vol. 33, n° 7, p. 271-316. Repris dans Claude C. ALBRITTON (éd.), *Philosophy of Geohistory, 1785-1970*, Stroudsburg, Dowden, Hutchinson & Ross, 1975, p. 311-356.
- JAMESON Robert (1813), *Essay on the Theory of the Earth by M. Cuvier, with Mineralogical Notes, and Account of Cuvier's Geological Discoveries*, Édimbourg, W. Blackwood ; Londres, J. Murray, R. Baldwin.
- LAURENT Goulven (1985), « Cuvier et le catastrophisme », *Travaux du COFRHIGEO*, sér. 2, tome III, p. 27-40.
- LAURENT Goulven (1986), « Cuvier et Lamarck : la querelle du catastrophisme », *La Recherche*, vol. 17, n° 186, décembre, p. 1510-1518.
- LEHMANN Johann (1756), *Versuch einer Geschichte von Flötz-Gebürgen: betreffenderen Entstehung, Lage, darinne befindliche Metallen, Mineralien und Fossilien*, Berlin, Lange.
- MITCHILL Samuel L. (1818), *Essay on the Theory of the Earth, by M. Cuvier, with Mineralogical Notes, and Account of Cuvier's Geological Discoveries by professor Jameson, to Which are Now Added Observations on the Geology of North America*, New York, Kirk and Mercein.
- RUDWICK Martin J.-S.
- (1992), *The Meaning of Fossils, Episodes in the History of Palaeontology*, Chicago, University of Chicago Press (2^e édition).

- (1997), *Georges Cuvier, Fossil Bones, and Geological Catastrophes*, Chicago, University of Chicago Press.
- (2005), *Bursting the Limits of Time*, Chicago, University of Chicago Press.
- (2008), *Worlds before Adam*, Chicago, University of Chicago Press.
- SAUSSURE Horace Bénédicte (de) (1779), *Voyages dans les Alpes*, Tome I, Neuchâtel, Samuel Fauche.
- SAVATON Pierre (2003), « Les cartes avant la carte. Les cartes géologiques départementales : la première cartographie de détail de la France », *Travaux du COFRHIGEO*, sér. 3, tome 17, p. 53-74.
- SAVATON Pierre (2007), « The First Detailed Geological Maps of France: Contributions of Local Scientists and Mining Engineers », *Earth Science History*, vol. 26, n° 1, p. 55-73.
- SMITH William (1815), *Map and Delineation of the Strata of England and Wales with Part of Scotland*, Londres, John Cary.
- SMITH William (1816), *Strata Identified by Organized Fossils*, Londres, s.n.
- SMITH William (1817), *Stratigraphical System of Organized Fossils*, Londres, s.n.
- TAQUET Philippe (2006), *Georges Cuvier, Naissance d'un génie*, Paris, Odile Jacob.
- TAQUET Philippe (2009), « Les contributions respectives de Georges Cuvier et d'Alexandre Brongniart à l'élaboration de l'*Essai sur la géographie minéralogique des environs de Paris*, d'après les manuscrits retrouvés d'Alexandre Brongniart », *Travaux du COFRHIGEO*, sér. 3, tome 23, p. 1-16.
- TOURET, Jacques (2007), « Élie de Beaumont (1798-1874), des systèmes de montagnes au réseau pentagonal », *Travaux du COFRHIGEO*, sér. 3, tome 21, p. 127-155.
- VACCARI Ezio (éd.) (2008), *Lettere di Giovanni Arduino (1714-1795), geologo*, Conselve, Edizioni Think ADV.
- VON BUCH Leopold (1825), *Physicalische Beschreibung der Canarischen Inseln*, Berlin, Druckerei der K. Akademie der Wissenschaften.