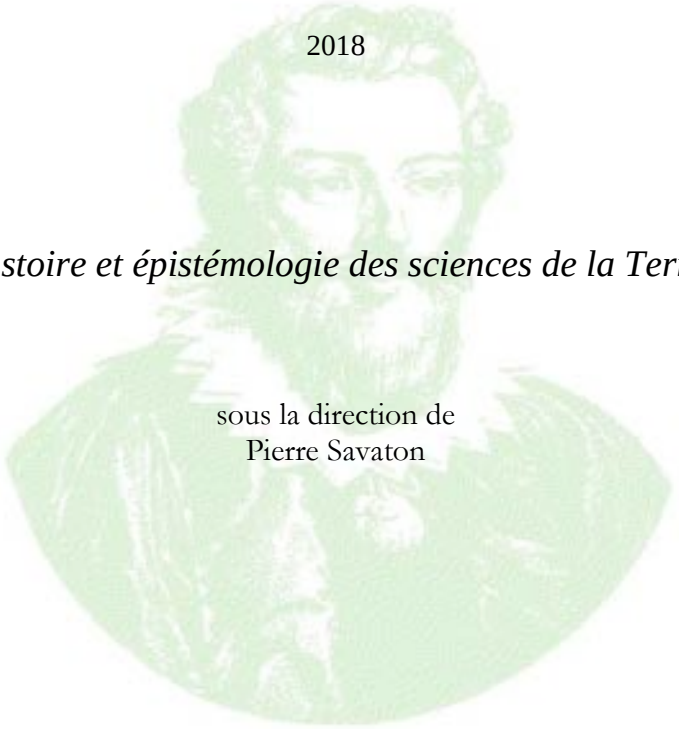
CAHIERS
FRANÇOIS VIÈTE

Série III – N° 5

2018

Histoire et épistémologie des sciences de la Terre

sous la direction de
Pierre Savaton



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

Imprimerie Centrale de l'Université de Nantes
Novembre 2018

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, Alexandre Guilbaud, Catherine Goldstein, Pierre Lamard, Frédéric Le Blay, Baptiste Mélès, Philippe Nabonnand, Karen Parshall, Viviane Quirke, Pedro Raposo, Anne Rasmussen, Rogério Monteiro de Siqueira, Sabine Rommevaux-Tani, Aurélien Ruellet, Martina Schiavon, Pierre Teissier, Brigitte Van Tiggelen

ISBN 978- 2-86939-248-6

SOMMAIRE

Introduction – L'histoire et l'épistémologie des sciences de la Terre : un champ de recherche à cultiver – Pierre Savaton

- GUILLAUME COMPARATO..... **11**
  De la pierre à la presse : pratiques du voyage, de l'analyse et de l'écriture chez Barthélemy Faujas de Saint-Fond (1741-1819)

- FRANÇOISE DREYER **33**
  L'émergence de la notion de limite dans la géologie du XIX^e^ siècle : d'une vision catastrophiste à un cadre transformiste

- MARIE ITOÏZ **55**
  Observer le monde minéral : analyse de la construction de pratiques autour de l'identification des roches et des minéraux au milieu du XIX^e^ siècle

- DELPHINE ACOLAT **73**
  Le Vésuve et la photographie au XIX^e^ siècle, quel apport à l'histoire des sciences de la Terre ?

- MATHIAS ROGER **131**
  Des sciences de la Terre au service de l'atome ? Le rôle de Jean-Pierre Rothé, entrepreneur scientifique (1945-1976)

Introduction
L'histoire et l'épistémologie des sciences de la Terre : un champ de recherche à cultiver

*Pierre Savaton**

Les cinq contributions de ce volume III-5 des *Cahiers François Viète* sont issues de communications présentées lors du sixième congrès de la Société française d'histoire des sciences et des techniques (SFHST) en mai 2017 à Strasbourg. Cette manifestation comportait une session dédiée à l'histoire des sciences de la Terre, où furent présentées huit communications. Les sessions intitulées « L'environnement : enjeu de savoir(s) et de pouvoir(s) » et « Photographie et histoire des sciences » accueillirent également trois communications en lien avec l'histoire des sciences de la Terre mais autour de questions plus transversales. La possibilité offerte par ces congrès d'organiser des sessions thématiques permet ainsi régulièrement (en 2014 à Lyon, en 2011 à Nantes) de réunir des chercheurs en histoire des sciences de la Terre, peu nombreux dans le paysage universitaire français et disséminés dans des projets de recherche identifiés comme relevant de différents champs disciplinaires. Des travaux sont ainsi conduits en histoire, histoire de la littérature, histoire de l'art, histoire de l'enseignement, didactique des sciences, sociologie des sciences, sciences de la Terre, géographie, lettres classiques ou philosophies des sciences. Cette dispersion rend l'établissement d'un bilan difficile.

Une rapide interrogation de l'annuaire de la recherche du Comité National Français d'Histoire et de Philosophie des Sciences et des Techniques[1] ne permet d'identifier que onze chercheurs et huit laboratoires référant leurs travaux au thème de recherche « Histoire des sciences de la Terre, géologie, minéralogie, paléontologie ». La lecture des orientations de recherche de ces laboratoires conduit même à revoir ce chiffre à la baisse car quatre seulement affichent cette thématique dans leurs projets de recherche. Les annonces de soutenances de thèses sur le site web Theuth[2] ou l'étude des dossiers des candidats à la qualification aux fonctions de maître de con-

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

1 http://www.cnfhpst.org/annuaire/annuaire-de-la-recherche

2 http://theuth.univ-rennes1.fr/

férences en 72e section du Conseil national des universités (Épistémologie, histoire des sciences et des techniques) confirment la rareté de cette orientation de recherche. Il en est de même en ce qui concerne les enseignements dispensés dans des masters d'histoire et épistémologie des sciences ou les séminaires réguliers. Il ne s'agit certes là que d'indicateurs partiels, auxquels échappent les travaux de recherche conduits dans le seul champ de l'histoire ou des lettres classiques par exemple, mais ils illustrent rapidement le faible développement universitaire français des recherches en histoire des sciences de la Terre et plus encore leur faible visibilité. En 1976, la création du Comité français d'histoire de la géologie (COFRHIGEO), avait pour but « de promouvoir les recherches historiques relatives à la naissance et au développement des différentes disciplines entrant dans le cadre des sciences de la Terre », et « d'assurer, dans les limites de sa compétence, la représentation de la France auprès des organisations internationales responsables des questions d'histoire et de philosophie des sciences ». Quarante ans après, le comité est toujours actif à travers ses trois sessions annuelles de communications et la publication de celles-ci au sein des *Travaux du COFRHIGEO*[3], mais ses activités, comme association de type loi 1901, restent extra-universitaires. L'orientation et la conduite de ses travaux de recherche relèvent des seuls choix individuels de ses membres, et la formation initiale et diplômante à la recherche n'est pas de son ressort.

L'histoire des sciences de la Terre est un objet d'étude partagé, mais ce partage ne facilite guère paradoxalement les croisements, les collaborations et la construction d'une culture commune. Ceci s'explique probablement par l'ampleur des travaux propres qui restent encore à développer dans ces champs avant que ne vienne le temps des travaux croisés. Les congrès de la SFHST sont donc à saluer et la publication d'actes regroupant cette diversité d'approches est à encourager pour améliorer la visibilité de ces recherches et favoriser des convergences et croisements ultérieurs.

Les *Cahiers François Viète* en acceptant le projet d'un numéro spécial réunissant des articles écrits à partir des communications au Congrès SFHST 2017 nous offrent la possibilité d'une publication à même de refléter une partie de la diversité et du dynamisme de travaux actuels : quatre des cinq articles en effet sont issus de thèses en cours ou récemment soutenues et la diversité des questionnements, des objets, des périodes, des matériaux... est tout à fait significative.

Guillaume Comparato à travers son article « De la pierre à la presse : pratiques du voyage, de l'analyse et de l'écriture chez Barthélemy Faujas de Saint-Fond (1741-1819) » revient aux origines de la géologie revendiquée

[3] http://bupmc.ent.upmc.fr/fr/cadist_geosciences/cofrhigeo_hal.html

dès la fin du XVIIIe siècle comme une science positive, en rupture avec les théories spéculatives du XVIIe siècle sur l'origine et l'évolution de la Terre. Faujas, titulaire de la première chaire de géologie créée en 1793 au Muséum national d'histoire naturelle, entendait baser cette science et sa pratique sur l'étude préalable du terrain et cela passait nécessairement par de longues pérégrinations à pied ou à cheval. L'auteur, par une étude des écrits et manuscrits de Faujas, nous fait entrer dans la pratique méthodologique du savant, de ses observations à la construction de la trace du terrain, de la rédaction à la publication d'articles et d'ouvrages. Au-delà du cas de Faujas, l'article interroge aussi la nature de l'écrit au moment de l'émergence de cette science géologique, entre récit de voyage, fiction, vulgarisation et description méthodique d'observations au service de l'établissement de faits scientifiques.

Françoise Dreyer dans son étude de « L'émergence de la notion de limite dans la géologie du XIXe siècle : d'une vision catastrophiste à un cadre transformiste » discute d'un moment déterminant de l'histoire de la stratigraphie prise entre une conception catastrophiste, portée par George Cuvier, et une vision uniformitarienne, défendue par Charles Lyell. Pour Cuvier les espèces se succèdent au cours de l'histoire de la Terre, séparées par de brusques catastrophes ou révolutions du globe, alors que Lyell affirme que la nature et l'ampleur des phénomènes géologiques sont restées semblables au cours des temps géologiques et que les changements ne peuvent être que progressifs, sans ruptures. L'auteure base son propos sur l'étude des débats historiques sur la détermination de l'appartenance au Secondaire ou au Tertiaire de terrains aujourd'hui placés dans le Danien. L'étude des arguments montre la difficulté qu'il y eut à s'accorder sur les critères d'établissement des limites et expose la tension entre apparition d'espèces et extinction massive.

Marie Itoïz dans « Observer le monde minéral : analyse de la construction de pratiques autour de l'identification des roches et des minéraux au milieu du XIXe siècle » nous expose le développement de la pratique de l'observation microscopique à partir du milieu du XIXe siècle. La minéralogie, tournée à la fin du XVIIIe siècle vers des tentatives de classifications de ses objets appuyées sur l'observation macroscopique des formes, des couleurs et des régularités géométriques, mais aussi sur l'analyse de poudres, était insuffisante pour reconstruire l'histoire des roches. L'auteure nous expose le développement à partir de 1840 d'une pratique nouvelle d'observations de lames minces de roches au moyen d'un microscope équipé d'un polariseur, et discute les rôles de pionniers, voire d'initiateurs en ce domaine joués par Henry Sorby puis Alfred Des Cloizeaux.

Delphine Acolat dans « Le Vésuve et la photographie au XIXe siècle, quel apport à l'histoire des sciences de la Terre ? » questionne la place de la photographie dans les discours géologiques sur le Vésuve de la seconde moitié du XIXe siècle. Elle montre comment la photographie a contribué à la construction du témoignage, de la trace de l'observation de terrain (série stéréoscopique de Plaut en 1859, séquençage de Sommer en 1872, instantanés à partir de 1880), en permettant notamment de saisir l'évènement furtif et la succession d'évènements. Elle montre également comment l'image a rapidement contribué à la construction du spectaculaire, de l'effroi, de la destruction, mais aussi du message du contrôle ordonné de l'homme sur la nature.

L'article de Mathias Roger, « Des sciences de la Terre au service de l'atome ? Le rôle de Jean-Pierre Rothé, entrepreneur scientifique (1945-1976) », étudie la place des sciences géologiques dans le développement du nucléaire civil et militaire français de la Libération aux années 1970, à travers la figure historique du sismologue Jean-Pierre Rothé, directeur de l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg durant toute cette période. L'auteur centre son propos sur la circulation des savoirs et des pratiques entre le Commissariat à l'énergie atomique (CEA) et Électricité de France (EDF) d'une part, et le milieu universitaire français d'autre part, en reprenant le concept d'entrepreneur scientifique de Dominique Pestre et François Jacq. L'article expose également l'émergence et le développement durant ces mêmes années d'une cartographie du risque sismique en lien avec la construction d'installations nucléaires françaises.

Ces cinq articles se suivent dans ce cahier par ordre chronologique des moments historiques étudiés. Si celui-ci a été retenu c'est sans doute parce qu'il était le plus aisé et le moins artificiel pour présenter la diversité de ces études, ancrées chacune plus spécifiquement dans une période du développement historique des sciences géologiques : l'émergence de la géologie à l'articulation XVIIIe-XIXe siècles, sa diversification et sa spécialisation disciplinaire au XIXe siècle, son renouvellement au contact de la physique, de la chimie et des mathématiques au cours du XXe siècle... Il aurait été possible de proposer un autre ordre ou des regroupements en favorisant une perspective plus historique, plus sociologique ou plus épistémologique, centrée sur un concept, une pratique, un objet ou un dispositif, un ou plusieurs acteurs, appuyée sur des corpus variés de manuscrits, d'articles, d'ouvrages, de photographies. Nous aurions pu chercher à confronter les approches de ces articles autour de la question du moment et des conditions d'émergence qu'ils travaillent tous : émergence d'un discours positif sur la Terre, émergence du concept de limite stratigraphique, émergence de la pétrographie microscopique, émergence de l'enregistrement de phénomènes géologiques

actuels, émergence d'une prise en compte du risque sismique dans la question des installations nucléaires. Les articles auraient également pu être regroupés selon la place qu'y occupent des acteurs individuels ou institutionnels ou les interactions entre développement des savoirs scientifique et diffusion/vulgarisation de ces savoirs ou entre science et société.

L'histoire et l'épistémologie des sciences géologiques restent encore largement à explorer et à écrire, et ces quelques mots d'introduction sont à saisir comme une invitation au développement de recherches universitaires dans cette thématique. La lecture des articles qui suivent devrait y inviter encore plus fortement.

Cahiers François Viète, série III, 5, 2018, p. 11-31

De la pierre à la presse : pratiques du voyage, de l'analyse et de l'écriture chez Barthélemy Faujas de Saint-Fond (1741-1819)

Guillaume Comparato*

Résumé

La pratique de l'histoire naturelle au tournant des Lumières est mue par une envie de découvrir le monde à travers ses propres yeux. Les sciences de la Terre sont portées par cet amour pour les ballades géologiques et les explorateurs naturalistes se plaisent à marcher dans le laboratoire à ciel ouvert qu'est la montagne. C'est le cas de Barthélemy Faujas de Saint-Fond (1741-1819), savant dauphinois originaire de Montélimar, protégé de Buffon et premier professeur de géologie en France. Il passe sa vie à parcourir les chemins de France et d'Europe avec pour objectif de justifier son travail de géologue et ses théories.

Mots-clés : Lumières, voyage, géologie, écriture, manuscrit.

Abstract

During the Enlightment, the Natural History practices were driven by a single scientists' wish : to discover the world through their own eyes and not as a static science. To reach this aim, naturalists and explorers used to walk in mountains as if they were wandering in natural and opened laboratories. Earth sciences as we know them during the Enlightment were built on these specific practices. Barthélémy Faujas de Saint-Fond (1741-1819) was one of this scientists' new wave. Dauphinois scientist from Montélimar, he was sponsored by Buffon and was the first French professor of geology. As a life purpose, Faujas de Saint-Fond walked through the entire France and Europe to think and justify his own geological theories.

Keywords: Enlightenment, travel, geology, writing, manuscript.

* Laboratoire Universitaire Histoire Culture Italie Europe (LUHCIE), Université Grenoble-Alpes.

LA PRATIQUE de l'histoire naturelle au tournant des Lumières est mue par une envie de découvrir le monde à travers ses propres yeux. Que ce soit Jean-Étienne Guettard, Horace-Bénédicte de Saussure, Déodat de Dolomieu, Antoine de Genssane, ou Jean-Louis Giraud-Soulavie, tous ces explorateurs aiment marcher dans ce laboratoire à ciel ouvert que sont les montagnes.

Les sciences, depuis la révolution philosophique et épistémologique de Robert Boyle et Isaac Newton, de l'expérience la condition première de la preuve dans le discours scientifique. L'histoire naturelle, et en particulier la géologie, ne s'affranchit pas de ce désir de prouver. Ainsi se développe, dans la seconde moitié du XVIII^e^ siècle, une pratique particulière alliant l'observation de terrain (des sols, des roches et des paysages) et les récits de voyage. Dans ce type d'ouvrages, la pratique discursive de la preuve se constitue autour de l'attestation d'un véritable contact avec le terrain. Il faut avoir vu, il faut avoir touché, goûté et testé la nature pour avoir ensuite la légitimité d'en parler et d'en débattre.

La pratique du voyage savant n'est pas que sensible. C'est du bout de sa plume que le savant transmet, d'abord pour lui, parfois pour les autres, les observations et les expériences qu'il réalise durant ses voyages.

Comment Barthélemy Faujas de Saint-Fond représente-t-il cette dualité dans la pratique des sciences de la Terre ? Entre l'exigence scientifique de la pratique du terrain et la construction d'un récit *a posteriori*, comment construit-il son discours savant ?

Cette géologie pérégrine, nous l'étudierons à travers la confrontation des écrits, manuscrits et imprimés de Barthélemy Faujas de Saint-Fond (1741-1819). Ce savant dauphinois, originaire de Montélimar, se prend de passion pour les montagnes lors de ses études à Grenoble. C'est à force de travail qu'il devient en quelques années un collaborateur de Guettard avec qui il se brouille rapidement, puis un des protégés de Georges-Louis Leclerc de Buffon. Grâce à l'intendant du Jardin du roi, il est nommé commissaire aux Mines (1785), puis adjoint à la garde du Cabinet d'Histoire naturelle (1787). Pendant la Révolution, il participe à l'élaboration du Muséum national d'histoire naturelle et obtient la première chaire de géologie créée en France par l'arrêté du 10 juin 1793.

Pendant une grande partie de sa vie, il parcourt les paysages de France et d'Europe afin de lire de ses propres yeux les archives de la Terre. Il voyage d'abord pour lui, puis pour Buffon, son mentor, et enfin pour la couronne, la République et l'Empire.

Ainsi, nous étudierons d'abord la manière dont Faujas voyage réellement sur le terrain grâce à l'étude de ses pratiques d'analyse et à sa manière de parcourir les routes. Puis nous observerons sa façon d'écrire et de réutiliser ses notes de voyage dans ses ouvrages.

Les expériences de terrain

Le voyage naturaliste, au temps de Faujas, est déjà ancré dans une tradition solide. Les grandes explorations savantes, notamment celles de La Condamine de Maupertuis ou de Cook ont façonné toute une génération de savants (Broc, 1969 ; Marcil, 2006 ; Venayre, 2012). Faujas, qui est un lecteur assidu de récit de voyages savants est influencé par cette tradition voyageuse[1] ainsi que par l'évolution du discours sur les montagnes (Bertrand, 2006). Il fait partie intégrante de ce champ naturaliste qui se lit, se conforte, se copie et parfois se déchire (Ellenberger, 1994). De plus, dans le champ des voyageurs naturalistes géologues, Faujas est en concurrence avec d'autres savants, plus aventuriers. C'est notamment le cas de Horace Bénédicte de Saussure qui publie ses voyages alpins entre et 1779 et 1796, en plein pendant la période d'activité de Faujas. L'intérêt de Faujas pour les travaux de Saussure est certain. D'une part, la bibliothèque de Faujas comporte une édition in°4 sur papier vélin et relié en marocain, ce qui prouve l'intention d'avoir en main un beau livre, et les deux hommes sont en correspondance. En 1777, Faujas demande même à Saussure d'intercéder en sa faveur dans une affaire de procès avec l'éditeur des Œuvres de Bernard Palissy. Après Saussure, Faujas est également très influencé par Dolomieu qui en plus d'être son ami intime devient une source d'informations très importante pour lui dès 1778 (quelques semaines après leur première rencontre). Les lectures du naturaliste montrent également qu'il se tient alors bien au courant des publications de ses confrères. Il possède l'*Histoire naturelle de la France méridionale* (Soulavie, 1780), ou encore l'*Histoire naturelle du Languedoc* (Genssane, 1776), cependant, au regard des écrits de Faujas, ces deux auteurs très intéressants sont très peu utilisés[2].

Tout au long de sa carrière, Faujas est influencé par de nombreuses études de terrain ainsi que par de nombreux récits de voyage qui, sans modifier véritablement sa méthodologie, influencent sa perception de la science et de la nature.

---

[1] L'étude de la bibliothèque relève qu'il possède plus d'une trentaine de récits de voyage des XVII^e^, XVIII^e^ et XIX^e^ siècles.

[2] Genssane est pourtant un compagnon de voyage de Faujas.

Cependant, et ce dès ses premiers écrits, Faujas de Saint-Fond, se fixe une ligne de conduite à laquelle il ne déroge que peu au cours de sa carrière. Simple amateur de science et amoureux de la nature à ses débuts, il est poussé par la proximité des montagnes et des cavernes vers l'histoire naturelle qu'il voit d'abord comme une science de terrain. Avant d'étudier les procédés discursifs employés par Barthélemy Faujas de Saint-Fond dans ses ouvrages, nous devons, pour appréhender la réalité du travail savant, comprendre sa méthode d'observation.

Pour ce faire, il faut étudier les manuscrits de voyage. Cette source brute, écrite à chaud, le soir ou pendant les jours de repos, est en lien direct avec le terrain. C'est elle qui nous permet de comprendre la relation du savant avec son terrain. Parfois, c'est même au-delà des mots que le voyageur se révèle. Marie-Noëlle Bourguet, dans son récent ouvrage sur le carnet de voyage de Humbolt en Italie (Bourguet, 2017), exploite également la matérialité du carnet tenu au jour le jour (ratures, différents tracés du plume, numérotation des pages, coupes, etc.) comme une donnée supplémentaire à la compréhension du voyage savant.

- *Une méthode d'observation bien précise*

Dans ses différentes études sur les géologues, Ezio Vaccari (1998, 2007, 2011) montre que le voyage savant est une pratique qui se généralise dans le courant du XVIII^e^ siècle. Celui-ci distingue plusieurs types de voyages savants. Ces déplacements peuvent aller de l'excursion pédestre et solitaire, près de chez soi, au « voyage régional seul ou en couple », ou « inter régional » dans le but de réaliser des « parcours morphologiques » et enfin jusqu'aux grands voyages internationaux. De plus, pour François Ellenberger (1994), le voyage scientifique devient, notamment aux XVII^e^ et XVIII^e^ siècles la condition d'une véritable rencontre avec l'inconnu, il faut, dit-il « aller coûte que coûte devant les faits », c'est-à-dire que l'expérience de terrain est devenue la condition première de la preuve. Selon lui, le voyage permet aussi aux savants de sortir des grands systèmes pour se reconnecter à la réalité.

Faujas, au cours de sa vie de pérégrin, s'inscrit dans presque toutes les typologies érigées par cet historien. Ses voyages sont généralement trans régionaux, mais il a l'habitude de faire des bonds entre plusieurs camps de base et de se rendre à pied dans des lieux choisis pour parfaire les observations rapides prises sur la route. Cela lui permet de voyager vite et lentement à la fois et de multiplier les expériences précises.

Cette condition d'expérimentation, Faujas en fait son credo dès le début de sa carrière. En 1773, il publie son premier article dans le *Journal de*

Physique de l'abbé Rozier. Ce texte sonne comme un véritable manifeste pour le voyage géologique et pour l'étude précise et répétée de lieux ciblés.

D'abord, il fustige les « faiseurs de cabinets » (qu'il est pourtant lui-même) qui, d'après lui, ne font qu'enjoliver la nature sans en montrer la véritable beauté brute. Il charge vivement les « faiseurs de systèmes » qui « voyagent à grands frais » pour voir le monde, mais sans se soucier de ce qu'ils ont devant eux :

> On commence à s'apercevoir seulement qu'on a été chercher bien loin, & à grands frais, ce qu'on avoit, pour ainsi dire sous la main, qu'on a pris le change, en donnant toute son attention à ce qui nous vient des climats lointains, tandis qu'on dédaigne de jeter les yeux sur ce qui s'offre de tous côtés à nos regards dans notre propre sol. N'est-ça pas un abus en effet que nous ayons des notions détaillées, des nomenclatures suivies de tout ce qui se trouve dans les diverses parties du Globe, tandis que nous ne connoissons que très superficiellement les productions de nos montagnes, de nos cavernes, de nos plaines, de nos côtes maritimes ?[3] (Faujas de Saint-Fond, 1773, p. 416-418)

Au début de sa carrière, Faujas est très influencé par l'enclavement de Grenoble entre la Chartreuse, le Vercors et Belledonne, ainsi que par les grottes de Sassenage qu'il est en train d'explorer (Faujas de Saint-Fond, 1774). Il est alors plus proche de la cartographie de Guettard, qui reste malgré tout son premier mentor, que de la philosophie de l'*Histoire naturelle* (Ellenberger, 1982).

Ensuite, à la manière de Woodward ou de Linné, il décrit minutieusement la méthode à adopter pour réaliser des explorations (ici spéléologiques) avec précision et en toute sécurité. Il faut, selon lui, voyager en « caravanes » composées de savants, de guides et d'hommes forts. Tous les avis sont bons et multiplier les paires d'yeux est un avantage non négligeable pour le naturaliste. De plus, le savant doit posséder matériel adéquat pour faire face aux nombreuses éventualités. Il faut des cordes, des flambeaux, des briquets, un levier de fer, de l'eau plate et de l'eau-de-vie pour la survie en milieu hostile, ainsi que beaucoup de papier et de quoi écrire pour ne rien rater. Il ne doit pas non plus négliger les appareils de mesure dont l'utilisation est devenue systématique depuis la fin du XVII^e^ siècle (Bourguet & Licoppe, 1997). Avec tout cet attirail, l'explorateur peut aisément prendre des notes, récolter des roches, de l'eau et se mouvoir le plus aisément possible. Ces conseils matériels rejoignent parfaitement les dispositions que

[3] Les citations sont retranscrites à l'identique, mis à part les noms propres et toponymes auxquels nous avons mis les majuscules.

Saussure détaille minutieusement dans son *Agenda*. Inséré à la fin du *Voyage dans les Alpes* et republié par les Mines en 1796, ce texte est une véritable check-list destinée à aider les naturalistes à bien organiser leurs voyages. D'ailleurs, l'*Agenda* est complété dans le journal des Mines par celui de Berchtold sur la manière « de diriger les voyages dans l'intérêt de la patrie » (Berchtold, 1789). Le chapitre XXIII rejoint les points abordés ici par Faujas sur le matériel à transporter pendant les voyages. L'explorateur helvète est bien plus exhaustif. Feuilles, cordes, loupes, acides et nourriture adaptée au terrain y sont détaillés. Chaque exploration nécessite une organisation différente que Saussure explique sur plusieurs pages. Le point n° 17, consacré au bâton de marche, permet d'ailleurs de bien se représenter la démarche du savant en voyage. Quoi qu'il en soit, ces textes nous montrent que les savants des Lumières adoptent finalement des méthodes assez similaires.

Enfin, le jeune naturaliste fait du voyageur un être à part qui a à cœur l'étude des montagnes et qui doit ressentir la nature à travers son propre corps. C'est une expérience qui se vit. Cette science est palpable, car elle repose sur un engagement physique et un goût pour l'aventure.

Pour lui, le comportement du naturaliste se doit d'être exemplaire. Faujas dresse enfin une typologie des vertus du voyageur naturaliste. Il doit être « sagace » c'est-à-dire fin observateur, « patient » pour ne pas rechigner à reprendre inlassablement les mêmes chemins pour tout voir et « courageux » s'il veut mener à bien ses observations paysagères en milieu hostile.

L'important est de montrer que l'on est présent dans le milieu naturel que l'on étudie et que l'on connaît son objet.

Ce plaidoyer pour le voyage géologique, écrit par un Faujas jeune et plein de rêves, reste, quand on regarde de près l'intégralité de sa carrière, assez proche de la méthode d'analyse qu'il adopte tout au long de sa vie. Jusqu'à ses 60-65 ans, il continue à voyager en voiture et à pied pour rester au plus près de son objet d'étude.

- *L'analyse à chaud*

Le travail de terrain se compose de trois temps : d'abord un émerveillement devant la nature, ensuite une prise de conscience de l'intérêt scientifique des milieux et enfin l'analyse des paysages. Deux exemples illustrent parfaitement ce schéma.

Le 21 octobre 1777, Faujas est en route pour Le Puy-en-Velay et suit le chemin depuis Pradelles qui le fait monter en altitude. Il se retourne en contemplant les sucs du Vivarais et il note que ce paysage s'apparente « à une mer agitée par les vagues ». Faujas est un savant catastrophiste. Il considère que c'est par des révolutions violentes et multiples que les territoires ont pu se construire et en particulier les zones volcaniques qu'il apprend

alors à connaître. Cette analogie traduit l'omniprésence diluvienne dans la pensée de ce volcaniste. Toutefois, ce diluvianisme n'est pas unique et surtout il n'est pas divin.

Plus tard dans la journée, il tombe sur une butte rocheuse et saillante : le Rocher de Flayac. Il se lance alors dans une étude stratigraphique directement sur place :

> En revenant de Saint Paulien, j'ai voulu passer par une autre route et j'ai dirigé ma marche vers le village de Polignac. […] J'ai aperçu au couchant des grandes montagnes qui font face à la tour du château de Polignac un vaste terrain d'un blanc verdâtre qui a fixé mon attention, je n'avoit encore rien vu de pareil dans un pays absolument volcanisé tel que celui-ci. M'étant rendu au pied de la montagne j'ai joui d'un spectacle qui m'a véritablement intéressé.[4]

Première étape : l'observation. Faujas marche sur un chemin et promène son œil sur les paysages alentours, puis quelque chose le frappe et il commence à se rapprocher :

> 1° argile gris clair et teinté de vert, elle âpre fortement la langue, elle est posée par grands bancs, elle ne contient absolument aucun corps étranger. 2° au-dessus de cette couche, on voit une autre espèce de banc qui n'est composé que de laves poreuses très légères, qui au lieu d'être noires ou rouges sont d'un très beau blanc, ce qui prouve le séjour de la mer, dont l'acide marin a décoloré ces laves, et les a presque fait passer en l'état d'argile blanche ; […] la mer a fait ici de longs séjours. 3° après les laves poreuses blanches et friables, on voit une masse énorme de laves légères, poreuses toutes pétries et mêlées ensemble.[5]

Dans ce paragraphe, nous pouvons observer le mode opératoire d'analyse des milieux que ce naturaliste traverse. Après s'être rapproché, Faujas touche, goûte et constate l'évolution des couches. Après cela, il émet des hypothèses.

Deuxièmement, cet extrait nous montre que ce savant est très attaché à la présence de la mer dans les régions continentales. Il accepte tout à fait un épisode de montée des eaux comme élément constitutif des paysages, mais celui-ci fait partie des variations terrestres. Les « révolutions terrestres » peuvent être multiples et répétées. Il reporte cette analyse presque

---

[4] Barthélemy Faujas de Saint Fond (1777), *Voyages dans le Vivarais et le Velay*, f. 48r, Bibliothèque nationale (Richelieu), NAF 749, manuscrit relié.

[5] *Ibid.*

in extenso dans son ouvrage sur les volcans qui paraît un an plus tard, preuve qu'entre ses observations de terrain et ses écrits, il n'entend pas édulcorer ses théories comme l'avait fait Buffon avec sa première estimation de l'âge de la Terre (Seguin, 2001).

Après sa brouille avec Guettard en 1775, Faujas, qui se rapproche de Buffon, devient très sensible au triptyque élémentaire eau/feu/terre et à la théorie du phlogistique. Il cherche alors à justifier son système par l'influence conjointe ou disjointe de l'eau et du feu, créatrices de terre. Ici, cette théorie est très clairement exprimée dans la chronologie de transformation du rocher. Au début, un volcan explose et emporte avec lui les couches présentes vers le haut. Puis, après solidification, une révolution aquatique occupe cet espace et avec le temps transforme la lave en argile. Pour le Faujas de 1777, l'argile du Velay est une lave désagrégée. De la même façon, il est très attentif aux incrustations de fossiles marins dans les roches calcaires qui lui permettent de savoir où l'eau a fait de longs séjours. De fait, il passe le plus clair de son temps sur les routes et les chemins de montagne à détacher et à étiqueter des morceaux de laves et de calcaires fossilifères pour les lier et prouver que c'est par l'eau et le feu que la terre naît.

Un second exemple de ces séances de travail sur le terrain se trouve dans un manuscrit de 1784. Faujas est en voyage en Angleterre et en Écosse. Cette mission, qui a aussi bien pour objectifs de découvrir la géologie de l'Écosse que d'espionner tous les fleurons de l'industrie britannique, le mène sur l'île de Mull, dernière terre avant de s'embarquer pour Staffa et la grotte de Fingal. Après de nombreuses hésitations dues à sa peur panique de l'eau, il embarque le lundi 27 septembre 1784.

Pendant son séjour en Grande-Bretagne, Faujas tient, comme à son habitude, un journal de voyage très détaillé. Celui-ci, conservé au Muséum national d'histoire naturelle, est bien plus fourni que la publication qu'il en fait en 1797, soit douze ans plus tard.

Quoi qu'il en soit, la grotte est pour lui source d'un véritable émerveillement. Une formation faite intégralement de prismes basaltiques ne pouvait le laisser de marbre :

> Staffa est la plus curieuse montagne basaltique que je connoisse. La grotte de Fingal offre un spectacle d'autant plus étonnant, qu'une mer furibonde s'y engouffre et fait un fracas épouvantable, dans ce palais magique, ouvrage admirable du feu.[6]

[6] Barthélemy Faujas de Saint Fond (1784), *Voyages en Angleterre*, f. 69r, Bibliothèque centrale du Muséum national d'histoire naturelle, non coté, manuscrit relié.

Après s'être extasié devant ce lieu si particulier, Faujas se met au travail. Il mesure et analyse les prismes qui composent la grotte avec précision :

> Les colonnes qui supportent la voute, sont parfaitement verticales a angles bien conservés, il y en a d'un seul jet qui [ont] plus de 40 pieds de hauteur. Quelques unes en s'enfonçant dans la caverne du coté gauche entrant de la grotte sont coupées comme au puits de la Balme en Vivarais, d'autres sont aussi coulées en partie concave et convexe et l'articulation n'a guère plus de 6 à 7 pouces d'épaisseur.
> Les prismes, ont depuis, un pied, 2 pieds, 3 pieds et jusqu'à 4 pieds de diametre. Il y en a 3.4.5.6.7 et à 8 cotés mais ces derniers sont très gros. Les prismes sont bien séparés les uns des autres, l'on voit seulement dans les gros, des divisions d'autres petits prismes.
> Le dome de la grotte est un massif composé de petits prismes tantot très réguliers tantot comprimés qui divergent en plusieurs sens.
> L'on en voit sur les grands prismes de l'entrée du coté gauche, qui sont posés absolument horizontalement et qui sont bien égaux, et bien caractérisés le fond de la grotte, et d'un sombre qui inspire à l'ame de la terreur par le bruit éprouvant qui fait la mer, et qu'en même tems de l'admiration par la beauté, la hardiesse, et la régularité de cette espèce de sanctuaires.[7]

La méthode de Faujas sur le terrain est avant tout descriptive et comparative. En général, les analyses chimiques sont réalisées le soir ou pendant les jours de repos avec les ustensiles adéquats. Ici, il décrit ce qu'il voit et compare avec ce qu'il connaît. Cela lui permet d'affirmer ou d'infirmer les observations qu'il a réalisées en Vivarais pendant les années 1770. Faujas tente en effet de trouver des corrélations entre les différentes zones volcaniques du globe, comme il l'introduit dans les « Discours sur les volcans brûlants » de son *Histoire naturelle des Volcans* (Faujas, 1780).

Outre les quelques considérations sensibles en fin de paragraphe, qui nous rappellent l'aspect préromantique du voyageur, nous pouvons noter que dès la prise de notes, le savant s'évertue à engranger le plus d'informations possible. De plus, ce passage a ceci de particulier qu'il comporte la mention « Fait sur les lieux le 27 [rature] 7bre 1784 »[8].

C'est l'unique mention de ce genre que nous avons retrouvée dans les journaux manuscrits du naturaliste[9]. Faujas désire garder en mémoire

---

[7] Barthélemy Faujas de Saint Fond (1784), *Voyages en Angleterre*, f. 69r à 70r, Bibliothèque centrale du Muséum national d'histoire naturelle, non coté, manuscrit relié.
[8] *Ibid.*, f. 70v.
[9] Nous avons recensé au cours de nos recherches sur Faujas de Saint-Fond huit journaux de voyage manuscrits.

l'aspect extraordinaire de cette grotte, comme une photo mentale dont les éléments sont reliés dans son texte. En outre, la différence flagrante entre l'écriture de ces lignes et le reste du manuscrit montre que le contexte est particulier. Le naturaliste réussit à nous transmettre une scène directement prise sur le terrain et sur l'instant. Suivre la trace de sa plume nous permet de suivre son regard, sa graphie hasardeuse illustre son excitation et par le truchement de l'encre vieillie, c'est nous qui la ressentons.

- *Des voyages collectifs face aux dangers de la montagne*

Alors que ses ouvrages sont généralement écrits à la première personne du singulier, les manuscrits eux sont beaucoup plus honnêtes et intègrent la première personne du pluriel. Cela change fondamentalement la façon de percevoir le récit qui devient tout de suite moins héroïque. Cela nous montre le caractère collectif des voyages savants.

D'abord, Faujas est généralement accompagné par un domestique. Quelques mentions d'ordre pratique ou comptable dans ses journaux nous informent qu'il voyage très rarement seul. Pendant son séjour à Paris en 1782, quand il calcule ses coûts de transport, il ajoute combien lui coûte son domestique[10]. Lors de son périple de Londres jusqu'en Écosse, il écrit que ses compagnons et lui sont contraints de louer une voiture supplémentaire rien que pour leur personnel[11]. Au cours de sa mission en Italie en 1805, Faujas et son élève Giuseppe Marzari réalisent un long trajet de Nice à Gênes par la route de la corniche à dos de mulet. Ils sont alors suivis par un domestique qui s'occupe du matériel et des bêtes[12].

Ensuite, un autre compagnon d'importance accompagne généralement le savant voyageur : son dessinateur. Le rôle de ce dernier est primordial dans les excursions savantes, car c'est lui qui fixe ce que l'œil du savant voit et ce que son esprit désire montrer dans ses futures publications. Par exemple, après avoir analysé le rocher de Flayac, Faujas précise un autre détail d'importance dans la construction de sa géologie :

---

[10] Barthélemy Faujas de Saint Fond (1782), *Voyages de Paris*, p. 7, Archives départementales de l'Isère, Fonds Chaper, J546, manuscrit relié. Les pages de ce manuscrit ayant été numérotées par Faujas, nous avons privilégié cette numérotation plutôt que de calculer les folios.

[11] Barthélemy Faujas de Saint Fond (1784), *Voyages en Angleterre*, f. 30r, Bibliothèque centrale du Muséum national d'histoire naturelle, non coté, manuscrit relié.

[12] Barthélemy Faujas de Saint Fond (1805), *Voyages en Italie*, f. 7r, AD Isère, Fonds Chaper, J546, manuscrit relié.

> J'ai fait prendre deux différents dessins dans cette partie propre à démontrer que les eaux de la mer couvroient les montagnes, ou postérieurement à l'incendie de ces volcans, ou pendant le tems même qu'ils étoient en feu.[13]

On remarque que Faujas « fait prendre » des images à son compagnon. C'est bien lui qui décide, en fonction de ce qu'il voit et de ce qu'il pense utile à ses ouvrages à venir, de garder ou non une trace visuelle des lieux qu'il parcourt. Parfois, quand il est seul, il dessine lui-même quelques rochers pour se souvenir.

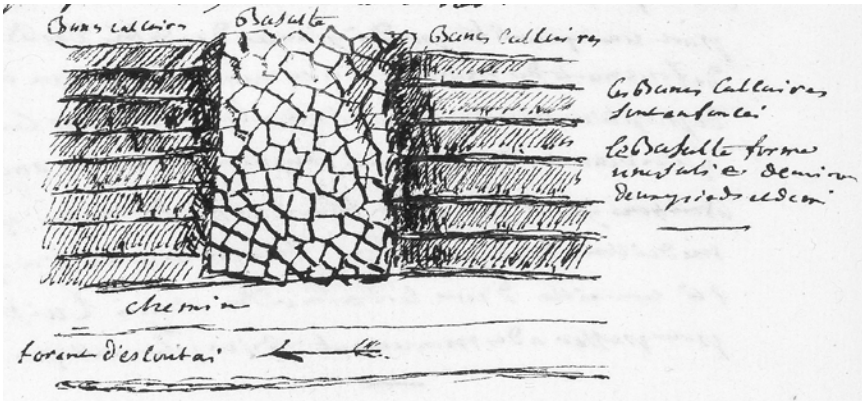


Figure 1 - Dessin d'un escarpement basaltique du Vivarais par Faujas, Dixième Voyage en Vivarais, 1779, BN NAF, 749 (Photo personnelle)

Ce poste de dessinateur est tellement important que la Convention, lors de la création du Muséum en 1793, puis le Directoire exécutif en 1797, accordent un crédit de 3 000 francs par an à Faujas rien que pour emmener un dessinateur lors de ses voyages[14]. De plus, lors de la constitution de la

[13] Barthélemy Faujas de Saint Fond (1777), *Voyages Vivarais*, f. 48v, AD Isère, Fonds Chaper, J546, manuscrit relié.

[14] Directoire Exécutif, arrêt concernant la liquidation, le nouveau salaire de Faujas de Saint-Fond ainsi que la gestion de ses frais de voyage, 7 fructidor an V (24 août 1797), Archives Nationales, AF/III/7 dossier n° 23.

Commission des sciences et des arts de l'armée du nord[15], une troupe de six dessinateurs accompagne les quatre commissaires. C'est d'ailleurs à Nicolas Maréchal que l'on doit les magnifiques dessins du *mausasorus offmani* et des différents fossiles de l'*Histoire naturelle de la montagne de Saint-Pierre de Maestricht*[16] (Faujas, 1799).

Enfin, dans des lieux peu pratiqués, le payement de guides locaux est monnaie courante. Ce sont donc des troupes entières, des « caravanes » comme il les appelle, qui cheminent à travers les montagnes et qui parfois doivent attendre que le savant ait terminé son travail avant de repartir. Plus tard, c'est avec les représentants du peuple et les armées républicaines puis impériales que Faujas voyage. Ce dernier est missionné par l'État pour inventorier et récupérer des objets d'histoire naturelle en Belgique, aux Pays-Bas et en Italie.

Les savants du XVIII^e^ siècle, qui se représentent souvent seuls devant la nature, ne voyageaient presque jamais sans escorte. Les montagnes restent d'ailleurs dangereuses et les caravanes permettent aussi aux savants de se sortir de mauvais pas. Dans une lettre du 7 juillet 1800 qu'il adresse au Muséum pour justifier son absence, Faujas raconte en détail une de ces mésaventures :

> J'avais à faire terminer avant de partir un fort beau plan topographique d'une partie de montagne […], arrivés sur les lieux avec mon fils Alexandre[17] et tout mon monde, nous escaladions un escarpement très rapide au milieu des colonnes de basalte lorsque voulant m'accrocher à un prisme dans un passage difficile, cette masse […] à l'instant où je la saisis se renversa sur moi. Je n'eus le temps que de sauver ma personne, mais mon pied gauche fut écrasé par cette masse de 300 livres ce qui faillit tuer mon pauvre Alexandre. […] le mal que j'éprouvai quoi que fort grave ne fut pas extrêmement douloureux au commencement, mais je fus mis hors

[15] Cette commission est créée en 1793 pour inventorier et rapatrier les productions littéraires, scientifiques et artistiques des territoires nouvellement conquis : Belgique, Pays-Bas et Allemagne ouest-rhénane.

[16] Les originaux de ces dessins se trouvent malheureusement dans une collection privée au Pays-Bas, mais on peut en voir la reproduction de certains d'entre eux dans un article d'Arnault Grignon (2015).

[17] Alexandre Faujas de Saint-Fond est ingénieur géographe. Il est fait prisonnier par l'Angleterre en 1799, mais il est relâché grâce à J. Banks, correspondant de Faujas. Il termine sa vie et sa carrière militaire comme maréchal de camp en Guadeloupe.

> de combat. Nos domestiques et nos compagnons me portèrent, ou plutôt me traînèrent comme ils purent.[18]

Malgré les talents d'alpiniste du savant, la géologie reste une pratique dangereuse. La mention « tout mon monde » nous montre bien que les excursions se font en présence de nombreuses personnes. Son fils, des amis, des élèves, des relations ou des curieux : Faujas décidément ne voyage que rarement seul. Cet épisode nous permet aussi de comprendre que la réalité de la route n'est pas faite que de l'héroïsme dont Faujas s'affuble souvent dans ses ouvrages. Les manuscrits de Faujas sont constitués de petits détails comme celui-ci qui nous permettent de comprendre la réalité du terrain et que la création scientifique en histoire naturelle n'est pas seulement une vue de l'esprit ou un agrégat de travaux épars.

Cette pratique scientifique qu'il décrit au fil de nombreux journaux de voyage nous fait découvrir le quotidien des naturalistes. Faujas est très attaché à ses anecdotes d'excursions qu'il égrène ensuite dans ses ouvrages en précisant parfois : « les naturalistes qui veulent s'instruire sur… », ou « voici l'ordre que j'ai suivi dans ma marche », invitant alors ses lecteurs à reproduire ses expériences. C'est pour lui le moyen de former les futures générations d'explorateur. Ses conseils aux naturalistes sont d'ailleurs reconnus par ses collègues, car à la création du Muséum d'histoire naturelle, le premier intitulé de son poste était : « Géologie et instructions aux voyageurs naturalistes. »

Une fois de plus, la méthode de terrain de Faujas s'apparente, à bien des égards, à celle de ses collègues. Dans la même veine que Saussure, Dolomieu ou même François-Paul Latapie (Montègre, 2017), les excursions sont généralement notées de façon chronologique. C'est l'ordre de la marche qui dicte l'ordre des observations. L'exemple du rocher de Flayac est d'ailleurs très représentatif de cette méthode. Cependant, comme le montre bien Albert Carozzi (2005), le géologue suisse prépare ses voyages de façon extrêmement organisée. Il suit scrupuleusement ses agendas, préparés en avance, pour être sûr de ne rien manquer. Sur ce point, le cas de Faujas est quelque peu différent car il ne semble pas tout prévoir de façon si précise. Il se perd, rebrousse chemin et souvent refait plusieurs fois le même itinéraire pour voir si de nouvelles choses apparaissent. Son côté bohème et littéraire l'emporte donc parfois sur l'aspect organisationnel.

---

[18] Barthélemy Faujas de Saint-Fond, lettre au Muséum, 07/07/1800, Archives nationales : AJ/15/546.

Pour pouvoir restituer ses journées de voyage, Faujas a aussi besoin de moments de calme pendant lesquels il peut composer et analyser ses trouvailles.

Le temps de l'écriture

Le passage du terrain à la plume revêt globalement trois étapes. La première concerne l'écriture. Nous avons vu que le passage à l'écriture est parfois réalisé directement sur le terrain. Toutefois, c'est souvent à l'auberge, le soir ou pendant qu'il se repose de ses aventures que Faujas est le plus à même d'écrire. Par ailleurs, il n'est pas rare qu'il réalise les premières expériences sur les pierres ramassées en route grâce au matériel scientifique qui le suit, comme des fioles d'acide, une loupe, etc.

La deuxième étape a lieu, chez lui, dans son riche cabinet de Saint-Fond ou dans celui de Paris. Il peut alors se livrer à toutes les expériences en vigueur dans le domaine des sciences de la Terre. Les acides, bien sûr, sont la base des tests réalisés, mais il effectue également des expériences électriques et soumet ses échantillons au feu pour observer leurs changements d'état.

La troisième étape est celle qui précède le passage de la plume à la presse. Elle a trait aux références littéraires. Faujas se sert des travaux de ses amis et de ses ennemis, consulte Buffon, Romé de l'Île, Vauquelin ou Lamarck avant d'envoyer ses ouvrages à l'imprimeur. En bon écrivain des Lumières, amoureux de la nature, mais également des Belles Lettres, il aime illustrer ses théories grâce à ses anecdotes de voyage, parfois cocasses, parfois aventureuses, dans le but de détendre et de captiver ses lecteurs. Réal Ouéllet explique parfaitement ce processus dans l'introduction de son ouvrage sur *Les relations de voyage en Amérique* (2010, p. 1-2). Selon lui, la relation de voyage emprunte autant à l'encyclopédie qu'au roman. Faujas se trouve bien au centre de ces deux genres, entre les listes de pierres et le roman d'aventures.

- *Scènes de la vie d'écrivain*

Un exemple de ce travail d'écriture apparaît dans un manuscrit de voyage rédigé pendant l'hiver 1779. Le 1er décembre, Faujas, en route pour le Midi, s'arrête dans une auberge de Carpentras. Il nous offre une scène de travail, la seule véritable description de ce qu'il a vécu quand il a réalisé ses analyses le soir en rentrant d'excursion :

> J'arrivai fort tard à Carpentras, l'on m'indique comme le meilleur cabaret la Croix d'or, hors de la ville en face de l'hôpital […] Quoique ce lit ne soit pas

> excellent j'en fus dédommagé par une hôtesse aimable et jolie nommée Solèl, […] toutes les faveurs de la belle à mon égard se réduisirent à me préparer un soupé simple et frugal, mais fait avec propreté, et à venir me faire compagnie au dessert dans une chambre, où j'avais, mes livres, mes papiers, mon écritoire, des pierres, et mon souper sur la même table ce qui intriguait bien assez la belle dame.[19]

On peut parfaitement bien imaginer cette scène. De la même façon que dans *La cena di San Carlo Borromeo* de Daniele Crespi[20], Faujas est assis devant une table encombrée, non pas d'une bible, mais d'objets d'histoire naturelle d'un côté et de son assiette de l'autre. La plume à la main, il est en train d'écrire sur ses trouvailles du jour, noircissant les grandes feuilles volantes, éparpillées sur la table. Entre alors sa charmante hôtesse. Elle franchit la porte de la chambre avec le dessert de son client en interrompant sa séance de travail et le mettant dans l'embarras. C'est à cause de ce sentiment de gêne que le naturaliste peint cette scène et nous permet de faire fonctionner notre imagination.

Parfois, quand il manque de papier, le désir d'écrire est trop fort, et il doit se contenter de ce qu'il a sous la main pour garder une trace de ses voyages. Pendant un séjour à Vaucluse[21] au printemps 1807, c'est sur des cartes à jouer qu'il prend ses notes sur la maison de Pétrarque et sur la nature environnante.

- *Du manuscrit à la publication : quand le savant se met en scène et modifie son récit à des fins littéraires*

Dès que l'on rentre dans un processus éditorial, le but de l'auteur, de surcroît lorsqu'il s'agit d'un « passeur de sciences » (Bertrand & Guyot, 2011) tel que Faujas, est de faire entrer son lecteur dans son propos et d'étayer un discours scientifique par des anecdotes choisies. Dans le cas de Faujas, c'est aussi un moyen d'apporter une vision littéraire à ses ouvrages empreints de pittoresque[22]. Le manuscrit est plus brutal, il est écrit pour soi comme base en vue d'un travail éditorial ou simplement comme pratique

---

[19] Barthélemy Faujas de Saint Fond (1779), Voyage dans le Midi, f.85r, B.N.F, NAF 749.

[20] Daniele Crepi, *La cena di San Carlo Borromeo*, Huile sur toile, Santa Maria della Passione, Milan.

[21] Il s'agit de la commune de Fontaine-de-Vaucluse (84800), département du Vaucluse.

[22] Faujas de Saint-Fond est d'ailleurs un collaborateur de l'Abbé de Saint-Non. Cf. (Tuzet, 1947).

privée. Il nous permet donc de suivre le savant, d'accompagner ses pas et de comprendre sa méthode et sa vie sur les chemins.

Les manuscrits fournissent davantage d'informations et d'anecdotes que les imprimés. En revanche, leur comparaison permet d'appréhender la manière dont s'écrit la science au tournant des XVIII^e^ et XIX^e^ siècles, c'est-à-dire ce que l'auteur choisit de raconter et, à l'inverse les éléments qu'il élimine. Cette confrontation fait ressortir deux éléments : d'abord la mise en scène du savant et des risques qu'il prend pour accomplir son devoir, ensuite l'embellissement ou la variation du récit.

Premièrement, le procédé discursif qu'emploie Faujas dans ses ouvrages montre une réelle intention de mettre en scène son corps et sa personne. L'intégration du corps du savant dans ses observations scientifiques est assez classique chez les naturalistes. Bien entendu, les journaux manuscrits de Faujas sont écrits à la première personne du singulier, mais on pourrait croire que le passage à l'imprimé est relativement remanié et plus axé sur les faits géologiques étudiés. Chez d'autres auteurs comme Guettard ou Villars, le savant expose ses observations en s'intégrant totalement à son milieu naturel. Faujas s'intègre aussi dans cette mouvance et utilise la même méthode d'écriture. Cette forme de récit, entre journal de voyage et argumentaire purement scientifique, est un moyen de donner de la vie à son sujet d'étude. De plus, comme le rappelle Gabriel Gohau (1990), Faujas est un précurseur des études régionalistes par des « examens et études réfléchies » sur des objets précis récoltés durant des « voyages multiples ». Il faut prouver que l'on voit, que l'on touche et que l'on vit son milieu pour être un bon géologue. Le but du savant est de se présenter seul face à la nature et avec ses outils à la main.

Dans la publication de son récit de *Voyage en Écosse*, Faujas (1797) introduit l'histoire naturelle de l'île de Mull en mettant en scène son propre itinéraire comme base de la description : « Je vais faire connaître les parties que j'ai visitées, suivant le même ordre que j'ai mis dans ma marche ». Sa véritable marche est en vérité bien plus chaotique qu'il ne le laisse entendre. Ce n'est donc pas selon une démarche thématique que Faujas procède, mais bien par une mise en scène de sa propre expérience.

Un autre exemple assez évocateur de ces scènes intégrées aux analyses se trouve dans un « voyage géologique » que Faujas fait à Oberstein (1797), après une journée riche en observation et collecte de pierres :

> En retournant à la ville, je me proposois d'y revenir par la rive opposée, dans l'intention de reconnoître une ancienne galerie de mine […]. Je m'engageai imprudemment dans ce défilé, c'est-à-dire, sur le talus étroit et rapide qui règne d'une manière inégale […]. Je n'aurois jamais pu m'en ti-

> rer, si je n'avais pas l'habitude des montagnes, et si je ne m'étois pas accroché plusieurs fois à des ronces qui me prêtoient secours aux dépens de quelques piqûres qui m'occupoient peu dans ce moment. (Faujas de Saint-Fond, 1804, p. 297-298)

Cette scène plutôt anodine relève la manière dont s'opère le procédé de cette intégration corporelle aux discours scientifiques : ici en plus de prévenir le lecteur de ses qualités d'alpiniste, Faujas insiste sur le fait que quelques blessures ne sont rien face à l'avancée des sciences. Ce type de discours n'apparaît pas dans les manuscrits où Faujas se serait contenté d'un petit commentaire. Bien entendu, à chaque voyage géologique il appuie très souvent sur ses talents d'alpiniste ce qui semble pour lui être une condition à son métier.

Deuxièmement, il lui arrive aussi de modifier le cours des événements pour paraître plus aventurier qu'il ne l'est vraiment. Lors de la publication du *Voyage en Angleterre*, il y a un fossé temporel entre les deux textes. En douze ans, il s'est passé beaucoup de choses. Pour ceux qui suivent Faujas et ses écrits depuis le début de sa carrière, la mise en scène de son intrépidité de voyageur est une constante dans tous ses écrits. Dès 1773, Faujas prône le « Courage », vertu indispensable au naturaliste. La comparaison entre son journal et un passage du second tome de son voyage, pour le moins romanesque, révèle une autre facette du naturaliste :

Manuscrit (1784)	*Publication (1797)*
Aujourd'hui lundy 27. La matinée étant très belle, le temps doux, et n'étant gaté que par un peu de brouillard, une barque avec quatre rameurs étant toute petite, j'ai pris mon parti, et je me suis mis en route avec mr Thorton et mr Macdonald. Le bateau étoit petit en mauvais état, faisoit de l'eau, mais je ne voulus pas reculer, j'y entrois assis sur un paquet d'herbes, et nous partimes. Nous ne restames qu'une heure pour gagner l'isle voisine de Mull, qu'on vu tourner, ce fut après avoir passé cette isle qu'on entre dans le grand océan. Le	Le lendemain, à quatre heures du matin, un de nos matelots vint nous avertir que le tems paroissoit se mettre au beau ; qu'il étoit probable que nous aurions une belle journée. Nos dispositions étoient faites dès la veille ; nous fûmes bientôt prêts, et rendus au bord de la mer avant le lever du soleil. […] Les chants commencèrent et durèrent longtems ; c'étoient des récitatifs monotones, terminés par des chœurs aussi monotones : une sorte de dignité, mêlée de tons plaintifs et mélancoliques, formoit le caractère principal

tems étoit superbe, le soleil brillant, la mer avoit été calme jusqu'alors, mais en entrant dans l'Atlantique, la mer quoi que sans orage, rouloit de grandes lames, elle étoit dans un balancement continuel, et le fond étoit sans cesse, ce roulis, ces grandes lames, me fatiguèrent, et m'inspirèrent de la terreur, enfin après trois heures de navigation nous arrivames heureusement.[23]

de ces chants ; les rames, qui tomboient toujours en mesure, rendoient la monotonie plus complète. Je m'assoupis, et je dormis bientôt d'un profond sommeil. Je ne sais combien de tems il dura ; mais je fus éveillé par du mouvement et du bruit, et l'on m'annonça que nous étions dans les eaux de l'île de Staffa, et auprès des écueils qui exigeoient de nouvelles manœuvres. (Faujas, 1797, p. 34 à 37)

D'un côté, Faujas exprime sa terreur de l'eau et de la mer et compte précisément le temps passé en mer, brassé par la houle. De l'autre, il apparaît serein et s'endort bercé par les chants traditionnels écossais. Il enchaîne d'ailleurs avec un autre mensonge en reprenant l'anecdote du sauvetage de la première expédition de ses amis à Staffa et en fait une histoire qu'il a vécue. Il veut, bien entendu, prouver son courage et montrer qu'il ne recule devant rien pour la science.

Il faut également bien garder à l'esprit qu'une partie de ces savants et en particulier Faujas, pendant une bonne partie de leur vie, tentent de vivre de leur plume. Ils ont donc tout intérêt à vendre des livres. Pour cela, ils doivent les rendre intéressants, non seulement pour les savants, mais également pour les riches nobles et bourgeois des salons parisiens. De fait, si l'on veut toucher un public large et varié, il faut savoir se faire comprendre, se faire respecter et se faire aimer par ses lecteurs. Sur ce point, Faujas reste très fidèle à cet idéal de formation intellectuelle. Il est favorable à une large diffusion des écrits des Lumières. Au cours du XIX^e^ siècle, ce positionnement épistémologique devient un des principaux sujets de controverse avec les tenants de la « nouvelle chimie », Cuvier en tête (Corsi, 2001). Malgré tout, ce double jeu, analytique et romancé, pourtant répandu, fait dire à Charles Coulston Gillespie (1998) que les ouvrages de Faujas tiennent plus du guide touristique que de l'étude scientifique.

En guise de conclusion, nous pouvons revenir sur cette remarque de l'historien américain. Si Faujas se met abondamment en scène dans ses ouvrages, ses travaux se basent sur des observations de terrain. De plus, Faujas ne se limite pas aux livres. Il publie des lettres, des mémoires et des ar-

[23] Barthélemy Faujas de Saint Fond (1784), *Voyages en Angleterre*, f. 68v, Bibliothèque centrale du Muséum national d'histoire naturelle, non coté, manuscrit relié.

ticles dans plusieurs revues, dont le *Journal de Physique*, le *Journal des Mines* et les *Annales du Muséum*. Et bien que toujours attaché à ce que Jean-Luc Chappey (2004) nomme le style « naturaliste », Faujas y est beaucoup plus empirique que dans ses ouvrages.

Grâce à ces quelques exemples, nous pouvons maintenant constater que la construction des travaux géologiques de Faujas de Saint-Fond s'effectue en trois étapes. D'abord, il se rend sur le terrain et touche littéralement son sujet. Il note ensuite sur place ou à l'auberge ses observations de la journée et y apporte quelques précisions. Enfin, il les monte et les romance dans ses ouvrages afin de donner à ses longues listes de roches une empreinte littéraire.

Barthélemy Faujas de Saint-Fond, comme le définissent Gilles Bertrand et Alain Guyot, est donc bien « un passeur ». Il représente un pont entre les sciences, les lettres et la culture. Amateur de sciences, il réussit à se forger un nom et une carrière grâce à ses passions : la nature, les voyages et les Belles Lettres.

Références

BERCHTOLD Leopold (von) (1797), *Essai pour diriger et étendre les recherches des voyageurs qui se proposent l'utilité de leur patrie*, Paris, Du Pont (1re édition, Londres, 1789).

BERTRAND Gilles (2006), « Le laboratoire montagnard de l'astronome Lalande. Du voyage en Italie à ses comptes rendus dans le Journal des Savants », dans Sophie LINON-CHIPON & Daniela VAJ, *Relations savantes : voyage et discours scientifiques*, Paris, Presses de l'Université Paris-Sorbonne, p. 299-326.

BERTRAND Gilles & GUYOT Alain (dir.) (2011), *Des « passeurs » entre science, histoire et littérature : contribution à l'étude de la construction des savoirs, 1750-1840*, Grenoble, Éditions Littéraires et Linguistiques de l'Université de Grenoble.

BOURGUET Marie-Noëlle, *Le monde dans un carnet. Alexander von Humbolt en Italie (1805)*, Paris, Éditions du Félin.

BOURGUET Marie-Noëlle & LICOPPE Christian (1997), « Voyages, mesures et instruments : une nouvelle expérience du monde au Siècle des lumières », *Annales. Histoire, Sciences Sociales*, vol. 52, no 5, p. 1115-1151.

BRIGNON Arnaud (2015), « Faujas de Saint-Fond, Reinwardt, Cuvier et les poissons fossiles du Crétacé de la "Montagne Saint-Pierre" de Maastricht (Pays-Bas) », *Geodiversitas*, vol. 37, no 1, p. 59-77.

BROC Numa (1969), *Les montagnes vues par les géographes et les naturalistes du XVIII^e siècle*, Paris, Bibliothèque Nationale.

CAROZZI Albert V. (2005), *Horace-Bénédict de Saussure (1740-1799), un pionnier des sciences de la Terre*, Genève, Slatkine.

CHAPPEY Jean-Luc (2004), « Enjeux sociaux et politiques de la "vulgarisation scientifique" en Révolution (1780-1810) », *Annales historiques de la Révolution française*, Paris, Armand Colin, p. 11-51.

CORSI Pietro (2001), *Lamarck : genèse et enjeux du transformisme, 1770-1830*, Paris, CNRS Éditions.

ELLENBERGER François (1982), « Les premières cartes géologiques en France : projets et réalisations », *Travaux du Comité français d'histoire de la géologie,* sér. 1, vol. 45, p. 45-65, En ligne https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00951376/document

ELLENBERGER François (1994), *Histoire de la géologie*, Volume 2, Cachan, Lavoisier, p. 169-170.

FAUJAS DE SAINT-FOND Barthélemy (1773), « Essai sur l'étude des montagnes », dans Abbé ROZIER (dir.), *Observations sur la Physique et l'Histoire Naturelle*, Volume 2, Paris, Hôtel de Thou, Ruault, p. 416-432.

FAUJAS DE SAINT-FOND Barthélemy (1778), *Recherches sur les Volcans éteints du Vivarais et du Velay*, Grenoble, Cuchet.

FAUJAS DE SAINT-FOND Barthélemy (1780), *Histoire naturelle de la province de Dauphiné*, Grenoble, Veuve Giroud.

FAUJAS DE SAINT-FOND Barthélemy (1784*), Minéralogie des volcans, ou Description de toutes les substances produites ou rejetées par les feux souterrains*, Paris, Cuchet.

FAUJAS DE SAINT-FOND Barthélemy (1804), « Voyage géologique depuis Mayence jusqu'à Oberstein… », *Annales du Muséum d'histoire naturelle*, t. 5, p. 293-305.

GENSSANE Antoine de (1776-1779), *Histoire naturelle de Languedoc*, Montpellier, Rigaud.

GILLISPIE Charles Coulston (1989), *Les Frères Montgolfier et l'invention de l'aéronautique*, Arles, Actes Sud.

GOHAU Gabriel (1990), *Les sciences de la Terre aux XVII^e et XVIII^e siècles : naissance de la géologie*, Paris, Albin Michel.

LATAPIE François (de Paul) & MONTÈGRE Gilles (éd.) (2017), *Éphémérides romaines, 24 mars-24 octobre 1775*, Paris, Classique Garnier.

MARCIL Yasmine (2006), *La fureur des voyages. Les récits de voyage dans la presse périodique (1750-1789)*, Paris, Honoré Champion.

OUELLET Réal (2010), *La relation de voyage en Amérique (XVI-XVIII^e siècles) au carrefour des genres*, Laval, Presses de l'Université de Laval.

SAUSSURE Horace-Bénédicte de (1779-1794), *Voyages dans les Alpes*, Neuchatel, Fauche.

SAUSSURE Horace-Bénédicte de (1796), « Agenda, ou tableau général des observations et des recherches dont les résultats doivent servir de base à la théorie de la Terre », *Journal des Mines*, n° 20, p. 1-70.

SEGUIN Maria Susana (2001), *Science et religion dans la pensée française du XVIII^e siècle : le mythe du déluge universel*, Paris, Champion.

SOULAVIE Jean-Louis (1780-1784), *Histoire naturelle de la France méridionale*, Nîmes, Belle.

TUZET Hélène (1947), « Une querelle littéraire en 1785 : l'abbé de Saint-Non et ses collaborateurs », *Revue de littérature comparée*, n° 21, p. 428-435.

VACCARI Ezio (1998), « Quelques réflexions sur les instructions scientifiques destinées aux géologues voyageurs aux dix-huitième et dix-neuvième siècles », *Travaux du Comité français d'histoire de la géologie*, sér. 3, t. 12, p. 39-57.

VACCARI Ezio (2007), « The organized traveller: scientific instructions for geological travels in Italy and Europe during the eighteenth and nineteenth centuries », *Geological Society*, Special Publications, vol. 287, n^o 1, p. 7-17.

VACCARI Ezio (2011), « Travelling with Instruments: Italian Geologists in the Field in the 18th and 19th Centuries », *Centaurus*, vol. 53, n^o 2, p. 102-115.

VENAYRE Sylvain (2012), *Panorama du voyage, 1780-1920*, Paris, Belles Lettres, p. 216-218.

Cahiers François Viète, série III, 5, 2018, p. 33-54

L'émergence de la notion de limite dans la géologie du XIX^e^ siècle : d'une vision catastrophiste à un cadre transformiste

Françoise Dreyer*

Résumé

Au début du XIX^e^ siècle, une discontinuité paléontologique majeure est établie entre terrains crétacés et tertiaires, évoquant une catastrophe. À cette époque, s'opposent deux conceptions de l'histoire de la vie sur Terre : l'une catastrophiste et l'autre uniformitarienne supposant des changements progressifs de faunes. La découverte de terrains intermédiaires pose tout d'abord la seule question de leur appartenance à l'une ou l'autre formation puis se dégage l'idée d'une limite à placer entre elles, idée à l'origine de vifs débats en absence de critères bien définis et acceptés par tous. En 1878, Edward Cope propose le critère extinction d'espèces pour définir une limite.

Mots-clés : notion de limite, paléontologie stratigraphique, faunes intermédiaires, extinction, limite Crétacé-Tertiaire, Danien, catastrophisme, uniformitarisme, XIX^e^ siècle, histoire de la géologie.

Abstract

At the beginning of the 19th century, a major paleontological discontinuity evocative of a catastrophic event, was identified between Cretaceous and Tertiary formations The discontinuity was discussed along the then two main conceptions of the history of life on Earth, catastrophic changes opposed to progressive modifications of fauna. The discovery of intermediary formations raised the question of their association to either one formation. The idea of a limit between the two emerged later, resulting in hot debates in the absence well-defined criteria until in 1878, Edward Cope proposed the extinction of species to define a limit.

Keywords: notion of limit, stratigraphic paleontology, transition faunas, extinction, K/T limit, Danian, catastrophism, uniformitarianism, 19th century, history of geology.

* Centre François Viète d'épistémologie et d'histoire des sciences et des techniques (EA 1161), Université de Nantes.

L'ÉTUDE de la position attribuée aux terrains daniens au cours du XIXe siècle, crétacée pour les uns, tertiaire pour les autres (actuellement premier étage du Tertiaire), conduit tout naturellement à s'interroger sur la notion de limite en stratigraphie. Si maintenant les grandes limites stratigraphiques, notamment celles des ères géologiques, sont définies par l'évidence d'une extinction de masse, il n'en a pas été toujours ainsi. Nous montrons ici que la question se posait au début du XIXe siècle en termes d'appartenance à un terrain, à une formation. L'idée de limite n'apparaît qu'autour des années 1840 sans critère bien défini. Ce n'est qu'au premier Congrès international de géologie en 1878 que le critère « d'extinction des types » (Cope, 1880, p. 151) sera proposé.

Une question d'appartenance à une formation

La première moitié du XIXe siècle est surtout marquée par une intense activité de description. Les géologues décrivent les roches, classent les dépôts et les regroupent en étages et formations. Les roches sont nommées selon leurs caractères lithologiques dominants comme la craie et le calcaire grossier. Leur contenu paléontologique est établi autant que faire se peut. Comme les fossiles sont généralement les mêmes dans une couche donnée mais changent d'une couche à l'autre, ils permettent de reconnaître cette couche (Cuvier & Brongniart, 1808). Travaillant aux « quatre coins » du continent et du monde, les géologues tentent de comparer les terrains et de faire des corrélations à grande distance. La continuité des couches n'étant pas réalisée, seules la lithologie et la paléontologie peuvent servir et Alexandre Brongniart (1770-1847) montre en 1821, exemple à l'appui, qu'il est possible de corréler deux terrains fort éloignés à partir de la paléontologie, là où la géologie et la minéralogie ne le permettent pas. Cependant, dans les années 1820-1830, la validité de l'utilisation de la paléontologie en géologie est vivement discutée. Les objections fréquentes mettent en cause le mauvais usage de la paléontologie lié à l'insuffisance et à l'incertitude des données.

C'est à ce moment que sont découverts de nouveaux terrains entre craie et argile plastique (base des terrains tertiaires tels que décrits à l'époque), découverte qui pose la question de leur appartenance à la formation de la craie ou aux terrains tertiaires. S'opposent alors deux conceptions de l'histoire de la vie liées à la répartition des fossiles.

- *Une discontinuité marquée*

Prenons comme point de départ de cette étude l'année 1822, année de la publication par Georges Cuvier (1769-1832) et Alexandre Brongniart de leur *Description géologique des environs de Paris*, description très détaillée et approfondie des terrains autant du point de vue lithologique que paléontologique. Cet ouvrage est accompagné d'une carte de la *Géognosie des terrains de Paris* montrant une nette discontinuité entre « terrains de sédiments moyens » et « terrains de sédiments supérieurs ou tertiaires » (figure 1).

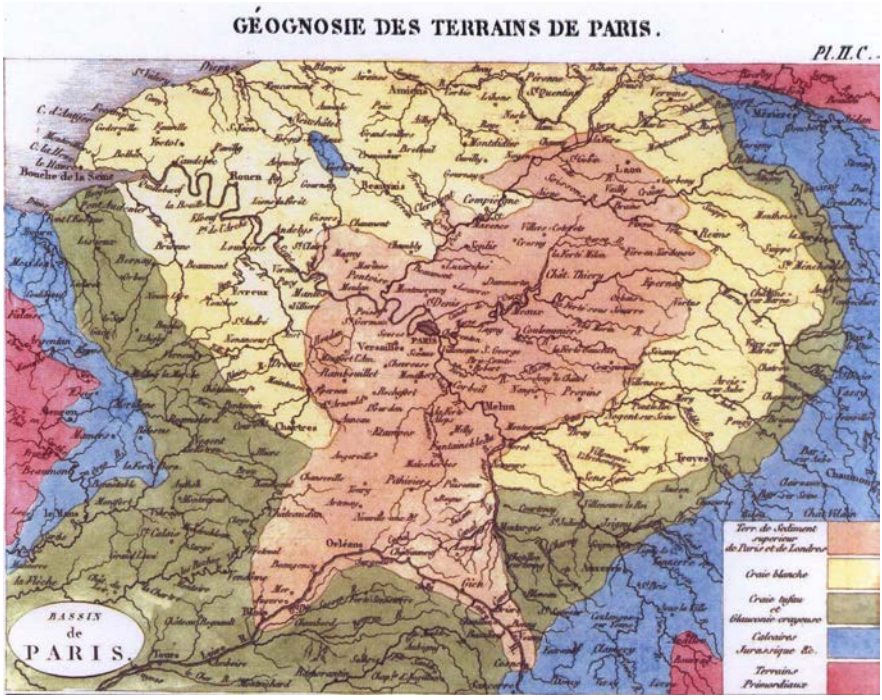


Figure 1 - Carte géognostique du bassin de Paris (Cuvier & Brongniart, 1822)
(Source : Bibliothèque de la Société géologique de France, photo personnelle)

Cette discontinuité est de trois ordres :

– stratigraphique : la craie, dernier terme des terrains de sédiments moyens (qui ne sont pas encore appelés crétacés ni secondaires), forme un bassin, « un golfe sur lequel se sont déposés » les terrains tertiaires commençant avec l'argile plastique et le calcaire grossier. La surface de la craie présente

des traces de dénudation et est érodée. L'argile plastique et le calcaire grossier reposent en discordance plus ou moins marquée sur la craie ;
– lithologique : craie versus argile et calcaire ;
– paléontologique : la craie se caractérise par la présence de nombreux bivalves — mais aucun univalve (Cuvier & Brongniart, 1811) sauf un *Trochus* (Cuvier & Brongniart, 1822) — et de céphalopodes dont des bélemnites, fossiles caractéristiques de la craie. Le calcaire grossier contient de nombreux univalves dont des cérithes, et parmi les céphalopodes ne subsistent que des nautiles. Surtout, aucun fossile de la craie n'est présent dans le calcaire grossier et inversement. Ainsi, deux faunes totalement distinctes, exclusives, se succèdent dans les environs de Paris, observation alimentant l'idée d'une « catastrophe », ce que Cuvier et Brongniart appellent « une grande révolution ».

À ce stade, la question de limite ne se pose pas. Les deux formations sont si différentes qu'un nouveau terrain décrit ne peut qu'appartenir à la craie ou au terrain tertiaire. La question, en 1822, est donc celle de l'appartenance à une formation à l'exclusion de toute autre hypothèse.

L'usage scientifique que l'on peut faire de cette discontinuité et d'éventuels terrains observés entre une craie « franche » et un calcaire grossier non moins franc, se place dans le contexte de deux visions différentes de l'histoire de la Terre, deux visions qui, lorsque poussées à l'extrême, sont essentiellement inconciliables dans le contexte de l'époque, avant 1850, pour simplifier. Il s'agit là davantage de tensions, de mouvements de pensée que de catégories exclusives bien définies.

- *Discontinuité et catastrophisme*

L'observation de la discontinuité entre la craie et les terrains tertiaires dans les environs de Paris, de la disparition brutale et totale de la faune et de son remplacement par une nouvelle faune, conduit Cuvier à évoquer une « grande révolution de la surface du globe », une catastrophe, un cataclysme dont il n'explique pas les causes, prenant soin de séparer paléontologie et théologie. Soucieux d'une science empirique, bien qu'homme religieux, il évite toute évocation biblique dans ses écrits (Rudwick, 1997, 2005). Tous n'ont pas la même retenue et l'idée du Déluge ou d'un dessein de création pour les nouvelles espèces circule aussi bien en Angleterre (James Parkinson (1755-1824), William Buckland (1784-1856) par exemple) qu'en France (Rainger, 2009).

En France, Gérard-Paul Deshayes (1795-1875) compte cinq catastrophes avec « extinction de toutes les races et leur remplacement subit par d'autres spécifiquement différentes », une à la fin de chaque grande période de l'histoire de la Terre, la dernière étant celle de la fin du Crétacé. « Par con-

séquent, il y a eu dans l'espace et dans le temps cinq créations successives » dit-il sans pour autant préciser davantage ce qu'il entend par « création » (Deshayes, 1838). Quant à Alcide d'Orbigny (1802-1857), suivant son présupposé philosophique d'« une création à chaque nouvel étage », il dénombre vingt-sept catastrophes d'origine géologique, une à la fin de chacun des étages qu'il a décrits, et chacune suivie d'une création. Le terme de « création » est assez ambigu, jamais défini si ce n'est par l'apparition soudaine et simultanée sur tous les points du globe d'un ensemble d'espèces nouvelles dans le registre paléontologique. La création des espèces, elle-même, quoique certaine, demeure un « mystère surhumain » incompréhensible. Il suggère une « force créatrice qui a eu cette toute-puissance si extraordinaire » (Orbigny, 1852, p. 251).

Chaque catastrophe est donc accompagnée de l'extinction totale des espèces et la création d'une faune entièrement nouvelle. Ceci impose des discontinuités absolues des terrains et des faunes. Si aucune espèce ne passe d'une formation à l'autre, les faunes sont totalement distinctes. Le corollaire est l'impossibilité de l'existence d'une faune mixte, intermédiaire. Un terrain contenant une espèce crétacée appartient donc nécessairement au Crétacé.

Il en va tout autrement pour les partisans de la continuité et de l'uniformité.

- *Continuité et uniformitarisme*

Charles Lyell (1797-1875), théoricien de l'uniformitarisme, développe dans ses *Principles of Geology* en 1830-32 l'idée déjà émise par James Hutton (1726-1797) en 1785 (Hooykas, 1963/1970, p. 48) que les causes actuellement en action, « *now in operation* », permettent d'expliquer les changements passés de la surface de la Terre. Cet actualisme méthodologique est soutenu par Lyell et de nombreux géologues dont Constant Prévost (1787-1856) et Adolphe d'Archiac (1802-1868) en France et Adam Sedgwick (1785-1873) et Roderick Murchison (1792-1871) en Angleterre. Lyell le pousse à son extrême en postulant que ces causes ont toujours eu la même intensité et la même vitesse (Rudwick, 1985, p. 75). Cette théorie uniformitarienne qui ne fait cependant pas l'unanimité, suppose donc continuité et uniformité des phénomènes géologiques, continuité et uniformité que Lyell étend au « domaine de la vie » (cité dans Hooykas, 1963/1970, p. 195 ; Rudwick, 2008, chap. 24). Elle sous-tend un passage progressif d'un terrain à l'autre et des changements progressifs des faunes au cours des temps géologiques[1]. Par

[1] D'abord séduit en 1826 par la théorie de la transformation des espèces de Lamarck, Lyell la récuse dans le volume 2 de ses *Principles* en 1832, à cause de ses implications quant à l'origine de l'Homme. Pour Lyell, les espèces éteintes sont remplacées par de

conséquent, si l'on observe une discontinuité entre les terrains crétacés et les terrains tertiaires, c'est que des terrains et des faunes intermédiaires sont encore inconnus (Lyell, 1830). Il doit, dans ce cas, exister quelque part sur le globe un endroit où l'on observe le passage insensible de la craie aux terrains tertiaires.

Un terrain connu depuis des années va dans ce sens, le calcaire de Maastricht constituant la falaise de la Montagne Saint-Pierre de Maastricht et reposant sur la craie (figure 2).

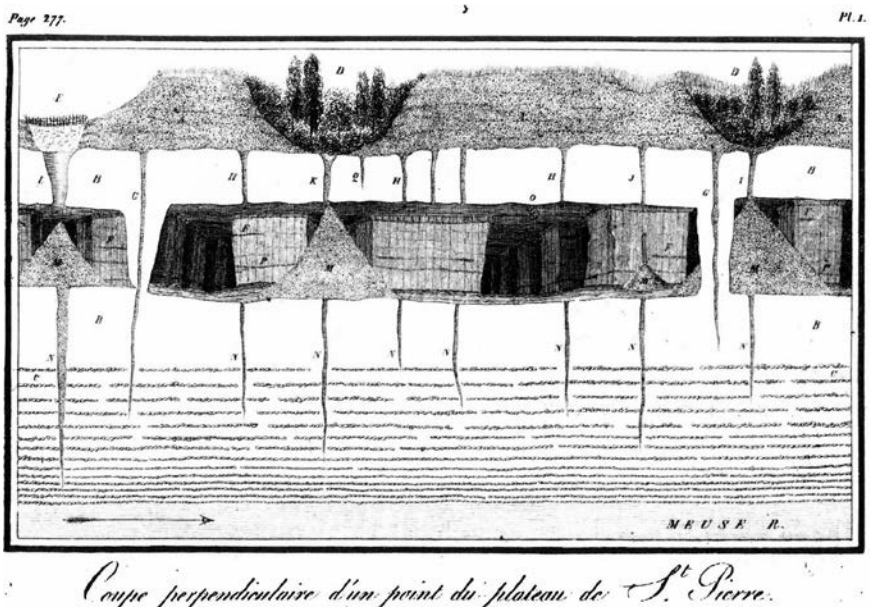


Figure 2 - Coupe perpendiculaire d'un point du plateau de Saint-Pierre de Maastricht (Bory de Saint-Vincent, Colonel, 1821) (Source : Bibliothèque de la Société géologique de France, photo personnelle)

Ce calcaire a servi à extraire des pierres de construction et leur exploitation a laissé de grandes « cryptes » selon Jean-Baptiste Bory de Saint-Vincent (1778-1846). Celui-ci décrit ce calcaire comme un calcaire grossier au niveau des cryptes et de plus en plus fin vers le bas. Puis il passe insensiblement à un

nouvelles espèces, de même genre et de même niveau d'organisation, sans progression. L'« introduction », la création de ces nouvelles espèces se produit en tout temps et en tout lieu (Corsi, 1978).

calcaire crayeux, à une craie calcaire puis enfin à la craie blanche au niveau de la Meuse. De la même façon, la faune change progressivement (Bory de Saint-Vincent, 1821, p. 182). Cependant la présence de bélemnites, fossiles caractéristiques de la craie selon Cuvier et Brongniart, leur a permis de penser dès 1811 que ce « calcaire de la montagne de Maëstricht […] appartient à la formation de la craie »[2] (Cuvier & Brongniart, 1811, p. 12), appartenance au Crétacé qui ne fait guère de doute.

Pourtant, malgré l'existence de ce calcaire, demeurent, comme le reconnait Lyell, des « ruptures remarquables dans les séries de formations superposées » et un hiatus entre les terrains secondaires et les terrains tertiaires. « L'élucidation de ce point singulier est d'autant plus importante que les géologues d'une certaine école font appel à des phénomènes de ce genre à l'appui de leur doctrine des grandes catastrophes, hors du cours ordinaire de la nature, et des révolutions soudaines du globe. » (Lyell, 1833, p. 26)[3]. Ainsi, Lyell a-t-il considérablement développé les théories de l'actualisme et de l'uniformitarisme afin de contrer le catastrophisme trop souvent teinté de présupposé religieux.

La découverte de terrains entre la craie et l'argile plastique va ranimer ce débat : le calcaire de Faxe découvert en 1825 par Georg Forchhammer (1794-1865) à Stevns Klint au Danemark et le calcaire pisolithique en France à Meudon, calcaire décrit par Adolphe d'Archiac et Charles d'Orbigny (1806-1876) en 1836. Ces deux calcaires seront corrélés et réunis par Édouard Desor (1811-1882) en 1846 dans un étage qu'il nommera l'étage danien.

- *Le Danien relance le débat*

Lors de la première description de la falaise de Stevns Klint en 1825, Forchhammer note dans le calcaire grossier jaune au-dessus de la petite couche d'argile à poissons qui le sépare de la craie, la présence de nombreux univalves dont des cérithes lui permettant de rapprocher ce calcaire à Cérithes du calcaire grossier de Paris et de l'attribuer aux terrains tertiaires (en gris, figure 3).

---

[2] Il est à noter que Cuvier et Brongniart, comme Bory de Saint-Vincent, parlent d'un « calcaire ». Ce terme va rapidement disparaître au profit de celui de « craie » plus propre à rattacher ce terrain à la formation de la craie c'est-à-dire au Crétacé. Dès le milieu des années 1830, il est question de « craie supérieure de Maastricht ».

[3] Traduction personnelle : « The elucidation of this curious point is the more important, because geologists of a certain school appeal to phenomena of this kind in support of their doctrine of great catastrophes, out of the ordinary course of nature, and sudden revolutions of the globe. »

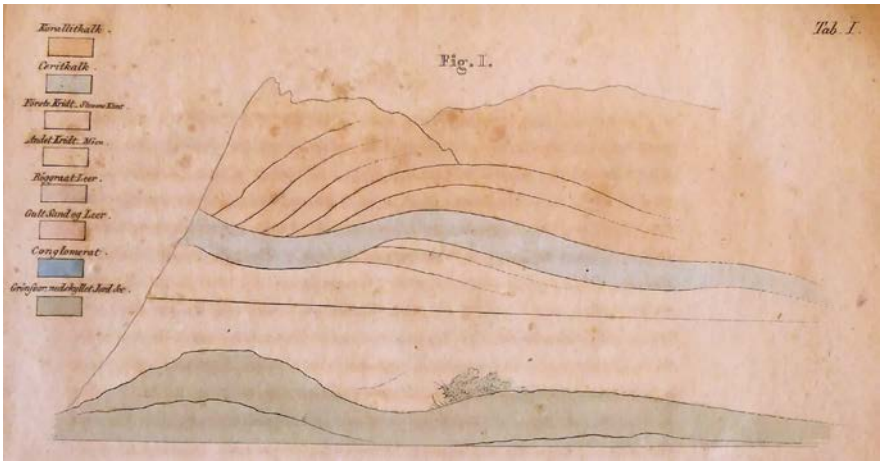


Figure 3 - De nouveaux terrains intermédiaires : la falaise de Stevns Klint (Forchhammer, 1826) (Source : Statens Naturhistoriske Museum, Copenhague, photo personnelle)

La fine couche d'argile, la lithologie et les fossiles très différents soulignent une discontinuité marquée qui tend à corroborer le catastrophisme. Cependant la présence, parmi les fossiles, de 20 % d'espèces crétacées contre 80 % d'espèces inconnues mais de genres plutôt tertiaires, et surtout la découverte de *Belemnites mucronatus* et de *Baculites faujasii* dans ce calcaire incitent Lyell venu sur le terrain en 1834, à considérer ce calcaire à Cérithes comme crétacé (Lyell, 1837-1840). Il le nomme calcaire de Faxe par corrélation avec un calcaire semblable que l'on trouve dans les carrières de Faxe à 35 kilomètres de Stevns. Pour Lyell, uniformitarien, la faune du calcaire de Faxe si différente de celle de la craie aurait pu être une de ces faunes intermédiaires qu'il suppose exister mais il affirme qu'il s'agit d'un récif corallien au milieu de la mer crétacée, préférant ainsi une explication biogéographique. Il lui est donc impossible, à cette époque, de penser sa propre théorie sur le terrain (Dreyer, 2017, p. 201).

À la différence du calcaire de Faxe, le calcaire pisolithique de Meudon, entre craie et argile plastique (figure 4), contient des fossiles en mauvais état et souvent sous forme d'empreinte, mais aucune espèce crétacée.

D'abord attribués à des espèces tertiaires par Deshayes lui-même, ces fossiles, retrouvés en bon état dans d'autres sites, s'avèrent appartenir à des espèces nouvelles non encore décrites, donc ni crétacées, ni tertiaires (au sens de l'époque, c'est-à-dire du calcaire grossier) mais de genres plutôt tertiaires. Dès lors, à quel terrain appartient le calcaire pisolithique ? La discontinuité stratigraphique, lithologique et paléontologique est telle que Deshayes, Ar-

chiac et Charles d'Orbigny l'attribuent au terrain tertiaire. Par contre, Léonce Élie de Beaumont (1798-1874) et Armand Dufrénoy (1792-1857) sur des bases purement géologiques puis Édouard Hébert (1812-1890) en y associant les fossiles affirment que les terrains tertiaires commencent avec le soulèvement des Pyrénées marqué par le dépôt de l'argile plastique (Dreyer, 2017, p. 163-166). Situé sous l'argile plastique, le calcaire pisolithique appartient dès lors à la craie.

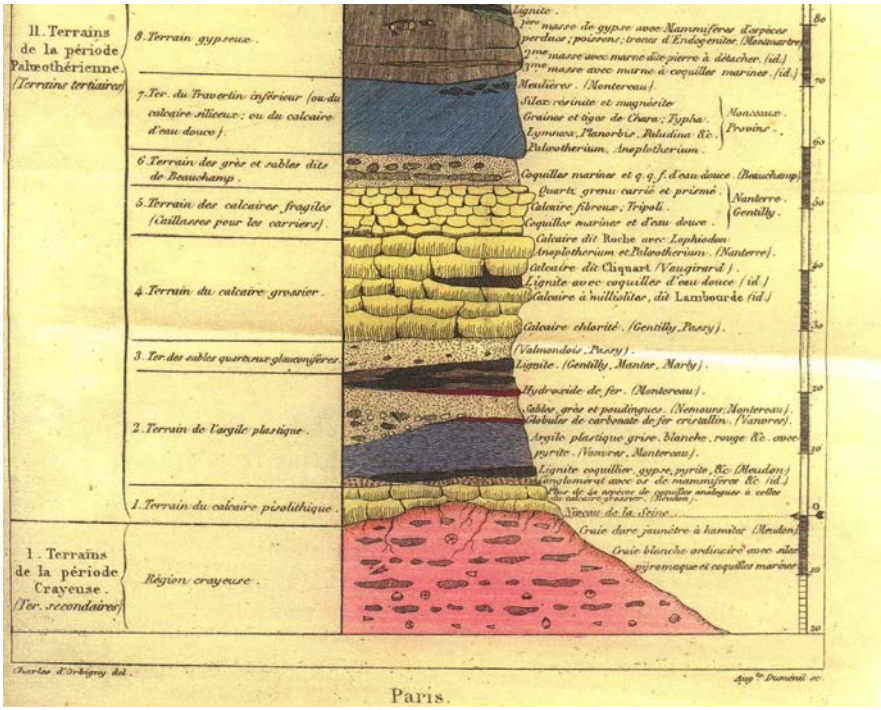


Figure 4 - De nouveaux terrains intermédiaires : extrait de la coupe théorique des terrains du bassin de Paris, dressée par Charles d'Orbigny en 1838 à l'appui d'un article sur les terrains parisiens publié dans le Dictionnaire pittoresque d'Histoire Naturelle*, Volume 7, p. 126-141 (Source : collection de la SGF, photo personnelle)*

On le voit ici, il n'est question que d'appartenance à l'une ou l'autre des formations. Les critères utilisés sont si disparates qu'il est impossible de trancher mais l'absence de continuité et la différence entre les terrains et les faunes sont telles que l'idée de limite s'impose à Deshayes.

Une limite entre grands systèmes

Ainsi, dans ces observations qui sont à l'origine d'un débat qui s'est poursuivi jusqu'à maintenant, il n'est question que de l'appartenance du Danien à la formation crétacée ou tertiaire. En outre le critère paléontologique, en supposant que l'on puisse utiliser cette notion, ne permet pas d'arbitrer. Il n'en reste pas moins que la différence entre les faunes de la craie et du calcaire (pisolithique et de Faxe) est telle qu'il faudra bien l'interpréter en d'autres termes qu'une appartenance et lui attribuer une valeur intrinsèque. C'est poser, fut-ce de manière implicite, que cette discontinuité ne s'inscrit pas dans un pur cadre uniformitarien, mais souligne un évènement temporel majeur.

- *La première occurrence : 1831*

Il ne s'agit pas encore de limite entre les terrains crétacés et tertiaires. Cette notion se dégagera progressivement. Deshayes évoque pour la première fois l'idée de limite lors d'une discussion théorique sur ce que l'on doit entendre par le terme « formation » :

> Il faudra en conséquence que la définition la plus simple d'une formation soit celle-ci : *Un espace de temps représenté par un certain nombre des couches de la terre, déposées sous l'influence des mêmes phénomènes.*[4] […] on ne peut limiter une formation, sans avoir apprécié préalablement […] les phénomènes et leur valeur respective. (Deshayes, 1832, p. 89)

Deshayes pose ainsi le problème de trouver les limites d'une formation, de préciser dans quelles conditions on pourra dire qu'une formation commence et qu'elle finit. Comme les caractères lithologiques d'une couche sont très variables alors que ceux des « êtres organisés » qu'elle contient le sont infiniment moins, Deshayes conclut :

> […] que, si l'on veut trouver un moyen, une mesure pour déterminer les limites d'une formation, on doit les chercher dans ce qui est le moins variable, on doit les prendre aussi dans ce qui présente quelque chose à l'esprit. […] Dès lors une formation est une période zoologique. […] Il faut donc con-

[4] Il est à noter ici la notion de temps tout à fait explicite contrairement aux habitudes de l'époque. Il est rare en effet, dans cette première moitié du XIX[e] siècle, de trouver en France l'expression du temps. Les tournures employées sont davantage liées aux roches : par exemple une roche appartient « à la craie » ou « à la formation de la craie ». Même le terme « crétacé » est utilisé comme adjectif associé au terme terrain et non dans le sens d'une période de temps.

> naître les corps organisés pour décider les limites des formations. (Deshayes, 1832, p. 90)

L'histoire de la Terre est alors scandée par l'histoire des êtres organisés et les limites des couches, des formations sont déterminées par les changements de faunes. Cette notion de limite est ainsi sous-tendue par celle de catastrophe et de renouvellement total des espèces. Deshayes est à ce propos très explicite dans son raisonnement. En effet, il affirme :

> Quand on pourra dire : Un tel ensemble d'êtres organisés a commencé à telle couche et a fini à telle autre couche, et à cet ensemble en a succédé un autre qui ne lui ressemble pas, on aura fixé définitivement la longueur d'une période de vie ou d'une formation ; et il n'en faut pas douter, dans l'ensemble des couches de la terre il y a plusieurs de ces périodes. (Deshayes, 1832, p. 90)

Deshayes compte effectivement cinq grandes catastrophes dans l'histoire de la Terre correspondant aux cinq plus grandes discontinuités paléontologiques mises en évidence jusque-là.

À ce panégyrique de la zoologie et de la paléontologie à l'usage des géologues, Dufrénoy (1832, p. 92) oppose « qu'en géologie, le nom de formation est donné à une série de couches déposées dans les mêmes circonstances ; comme, par exemple, entre deux soulèvemens. » Aucune notion de temps ni de zoologie n'est avancée par Dufrénoy ; seuls des marqueurs géologiques sont proposés pour déterminer une formation : les soulèvements de montagnes, théorie chère à son collègue de la carte géologique Élie de Beaumont. Dufrénoy pense que géologie et paléontologie donneront le même résultat dans la mesure où les évènements géologiques comme les « révolutions qui ont suivi les soulèvemens » sont à l'origine des changements de faunes. Pour lui donc « l'étude des superpositions lui parait la base actuelle de la séparation des terrains […] ».

Il n'est pas question pour Dufrénoy de parler de limite. Il préfère le terme « séparation », revenant aux expressions géographiques et topographiques les plus communément utilisées : « ligne de contact », « ligne de séparation », « ligne de jonction », « ligne de démarcation », ou aux périphrases comme « le passage de la craie aux terrains tertiaires », etc.

- *Une limite sans critère bien défini*

En juin 1836, Deshayes utilisera à nouveau le terme de limite lors de la discussion sur la place à donner au calcaire pisolithique, plaçant la limite entre terrains crétacés et terrains tertiaires à la base du calcaire pisolithique (Deshayes, 1836, p. 292). Nous pouvons considérer que c'est à partir de cette

discussion que le problème de la distinction entre craie et terrains tertiaires se pose, en France, en termes de limite même si le terme n'est pas encore employé de façon systématique. La différence majeure vient de ce que les géologues décrivent avant tout les couches et leur localisation. Ce n'est qu'à partir du moment où ils commencent à penser la succession des couches en périodes de l'histoire de la Terre et de la vie, qu'ils emploient le terme de « limite ». La conception spatiale des couches est remplacée progressivement par une conception temporelle. Il en résulte que la discontinuité observée traduit une rupture, une catastrophe dans l'histoire de la vie à la surface de la Terre marquant une limite entre deux périodes de cette histoire alors que pour les uniformitariens, aucun évènement marquant ne ponctue l'histoire de la vie et aucune limite ne s'impose. C'est toutefois cette théorie qu'Élie de Beaumont pourtant catastrophiste, utilise en 1847 pour poser la question de l'existence même de limite et proposer un critère à utiliser. À partir d'un schéma très explicite (figure 5), il suppose l'existence de lacunes entre la craie et le calcaire pisolithique et entre celui-ci et l'argile plastique (Éocène).

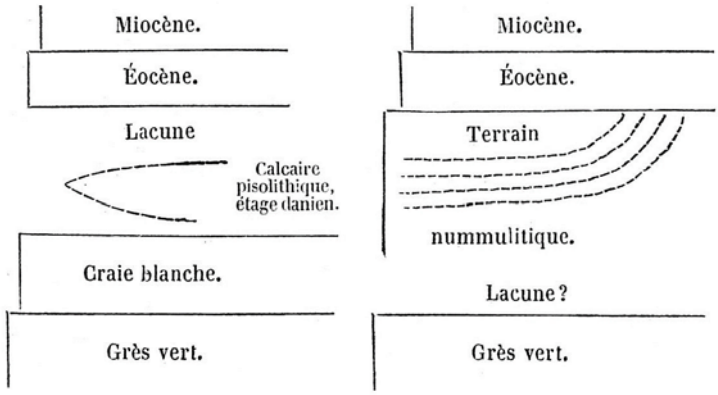


Figure 5 - Relations de gisement entre les terrains crétacés et supra-crétacés, dans le nord de la France, à gauche, et dans le bassin de la Méditerranée, à droite (Élie de Beaumont, 1847) (Source : jubilothèque de l'Université Pierre et Marie Curie, http://jubilotheque.upmc.fr/)

Il pense que si la série s'avérait continue, plus aucune limite ne serait nécessaire et si l'on tient à distinguer terrains tertiaires et terrains crétacés, alors il faudrait prendre comme limite la révolution qui a « détruit et remanié les couches du calcaire pisolithique [… et] la craie […]. Cette révolution a coïncidé avec le soulèvement des Pyrénées » (Élie de Beaumont, 1847, p. 569). Soulignons ici l'ambiguïté d'Élie de Beaumont qui adopte la doctrine

uniformitarienne pour affirmer qu'il n'y a pas de limite et propose dans le même temps la révolution liée au soulèvement des Pyrénées, évènement pour le moins catastrophique dans la description qu'il en donne, pour donner une limite entre terrains crétacés et tertiaires.

En définitive, quel critère utiliser pour établir la limite entre les terrains crétacés et les terrains tertiaires : un critère géologique comme le pense Élie de Beaumont, ou un critère paléontologique comme le pensent Archiac, Deshayes, Charles et Alcide d'Orbigny ? Selon le critère choisi, la position de la limite change et il leur est impossible de trouver un consensus faute de critère bien établi et accepté pour déterminer une limite stratigraphique

- *À la recherche de critère(s)*

Le critère stratigraphique avec ses relations de superposition, demeure essentiel quand il est accessible mais il sera démontré au cours des décennies suivantes qu'il peut ne pas exister, alors même qu'il y a une limite entre deux périodes géologiques.

Les caractères lithologiques étant extrêmement variables d'un point à l'autre d'une couche, le critère lithologique disparait peu à peu au profit du critère paléontologique.

Le critère paléontologique devient prédominant et la définition de la formation par Deshayes en 1831 trouve toute sa valeur. Cependant ce critère est utilisé très différemment selon les géologues et il leur est bien difficile de s'y retrouver dans ce désordre.

La présence d'une seule espèce fossile suffit à certains pour faire des corrélations ou attribuer un âge relatif. C'est, par exemple, sur la seule espèce *Cidaris forchhammeri* que Desor établit, en 1846, la corrélation entre le calcaire de Faxe et le calcaire pisolithique en un étage qu'il appelle étage danien, corrélation que réfute violemment Archiac (1851, p. 243). Le calcaire de Faxe contenant bélemnites et baculites caractéristiques de la craie, cette corrélation est à l'origine du ralliement des catastrophistes à ceux qui attribuent le calcaire pisolithique au Crétacé.

Un ensemble d'espèces fossiles (présentes ou absentes) jugées caractéristiques est le plus souvent nécessaire, cependant tous n'utilisent pas les mêmes espèces ou les mêmes groupes pour établir leurs subdivisions qui peuvent, de ce fait, ne pas coïncider. Ainsi, pour Alcide d'Orbigny, toutes les espèces présentes dans un étage le caractérisent puisqu'elles apparaissent au début de l'étage et disparaissent à la fin. Pour les grandes subdivisions, il utilise les genres qui passent d'un étage à un autre. Par une analyse de leur abondance, il interprète la chute du nombre de genres qui précède l'étage danien par une dégénérescence de la faune crétacée qui culmine au Danien. La période tertiaire commence alors avec l'apparition de nouveaux genres,

après le Danien. Il va donc plus loin que tous les autres et utilise explicitement le critère « apparition » pour établir la limite entre les périodes crétacée et tertiaire (Orbigny, 1852a, b).

Dans le même temps, le hiatus entre craie et terrains tertiaires est tel que Lyell rassemble l'ensemble des couches entre la craie de Maastricht (à laquelle il rattache le calcaire de Faxe) et l'Éocène, du calcaire pisolithique inclus aux sables de Thanet[5], « dans un nouveau système qu'il propose de placer entre la période crétacée et la période tertiaire » (Hébert, 1852, p. 862) mais sans le rattacher ni à l'un ni à l'autre de ces deux systèmes.

Jusqu'aux années 1870, demeure ainsi la difficulté de trouver des critères solides pour établir les limites. Le problème du choix des critères est clairement posé au premier Congrès international de géologie qui se tient à Paris du 29 août au 4 septembre 1878.

Une première définition de la limite

Le premier Congrès international de géologie à Paris en 1878 marque un tournant dans l'approche de la notion de limite.

Ce congrès se tient à un moment clé des sciences naturelles du XIXe siècle. La publication par Darwin de *L'Origine des espèces* en 1859 et le débat Pasteur-Pouchet à l'Académie des Sciences, mettant fin à l'idée de la génération spontanée, imposent celle de la transformation des espèces par modifications successives ou théorie de la descendance avec modification. C'est aussi une période où se produit l'élargissement des connaissances géologiques au monde entier. Il devient dès lors nécessaire de s'accorder sur les grands principes, la nomenclature et les représentations.

Le programme du congrès est éloquent. Sur les cinq grands thèmes abordés, deux concernent la notion de limite.

Le premier aborde l'étude de limites entre les couches sédimentaires les plus anciennes — les limites des terrains cambrien et silurien, des terrains carbonifères et le permien et enfin la limite entre le trias et le lias. Il semble donc qu'au moment du premier congrès international la limite entre terrains crétacés et tertiaires ne pose pas de problème ; elle est probablement admise. À la suite de la présentation de Peter Lesley (1819-1903) sur les limites du terrain carbonifère et du terrain permien en Amérique, Hébert observe :

---

[5] Ainsi, Lyell, comme Archiac, ne conserve pas la corrélation entre le calcaire de Faxe — contenant bélemnites et baculites donc, pour lui, crétacé — et le calcaire pisolithique qui n'en contient pas et serait par conséquent plus récent.

> Ce changement si considérable dans la vie des animaux et des végétaux n'a été accompagné d'aucune modification notable dans la nature et la disposition des sédiments. […] Ainsi, quelles que soient la concordance des couches et la continuité apparente de la sédimentation, la paléontologie est toujours là pour indiquer les limites des époques géologiques. (Hébert, 1880, p. 135-136)

En conséquence, alors que la sédimentation est continue et que la stratigraphie n'en donne aucun indice, la paléontologie indique clairement une limite entre deux terrains. Le critère paléontologique est donc le seul indicateur fiable. Mais comment l'utiliser ?

- *Les extinctions, seul critère possible*

Lors de la séance du 2 septembre, Edward D. Cope (1840-1897), paléontologiste du *Geological Survey* des États-Unis, remarque :

> Nous sommes à présent habitués à établir nos définitions sur toutes les particularités de faunes que nous pouvons saisir, par exemple : la période d'apparition, la durée et la disparition de certains types, en nous appuyant sur les ordres, les familles, les genres pour les grandes divisions, et sur les espèces dans une localité donnée, pour les subdivisions. (Cope, 1880, p. 150)

Jusqu'ici les limites entre les terrains sont appuyées sur des faits paléontologiques, certes, mais il n'y a pas de consensus sur la manière de les utiliser. Pour obtenir un système stable, il est nécessaire pour Cope de préciser enfin « la nature de l'évidence sur laquelle nous pourrions fonder une classification des faunes et des dépôts qui les contiennent. » Puis il discute la valeur relative des changements de faunes caractérisés par les apparitions et disparitions d'espèces.

> Mais, […] il y a un fait patent, reconnu à la fois par les partisans et par les adversaires de la doctrine de dérivation. Il est notoire que le monde, à chaque âge de son histoire, a vu s'éteindre d'importants types d'êtres vivants. (Cope, 1880, p. 150)

Quelle que soit l'idée que l'on se fasse de la manière dont disparaissent et apparaissent les espèces, l'histoire de la vie montre des discontinuités, des extinctions importantes d'espèces.

Par conséquent, si l'on considère « le principe de descendance », des modifications successives permettent l'apparition d'une espèce. Il est donc impossible de « déterminer exactement le temps auquel on peut attribuer l'apparition de tel ou tel type », rendant par là même le critère « apparition »

d'Alcide d'Orbigny caduc. Plus caractéristique est le moment de la disparition des espèces. « Pour ces raisons, je dois regarder le dernier criterium comme le véritable dans la distinction des subdivisions du temps géologique ». Ainsi donc, la disparition des espèces peut seule être suffisamment précise. Cependant, il existe deux causes à la disparition d'une espèce, l'extinction et la modification.

> Le cas de disparition par modification est identique à celui d'apparition par modification, et ne peut être employé autrement dans la classification. C'est donc aux périodes d'extinction des types que nous devons avoir égard. (Cope, 1880, p. 151)

Ainsi, est proposé pour la première fois un critère précis et fiable pour déterminer les limites entre les terrains : une période d'extinction des espèces.

Cope utilise alors ce critère dans sa communication afin de corréler les « niveaux de vertébrés » entre l'Amérique du Nord et l'Europe. Cependant, l'utilisation de ce critère sera-t-elle suffisante ?

- *Une extinction de masse à la limite du Crétacé et du Tertiaire*

Albert de Grossouvre (1849-1932) utilise magistralement ce critère en 1897 pour placer la limite du Crétacé et du Tertiaire à la base du Danien juste après l'extinction d'un grand nombre de groupes d'êtres vivants.

> Placée où je viens de l'indiquer, cette coupure correspond à une date importante dans l'histoire du développement de la vie animale à la surface du globe (1). À ce moment précis s'éteignent toute une série d'êtres qui avaient joué un rôle considérable dans la faune des terrains secondaires. Les Ammonites, dont les dépouilles remplissent certaines couches crétacées, disparaissent subitement, sans que rien, dans les événements qui avaient précédé cet instant, soit de nature à faire présager leur fin prochaine. Avec elles s'éteignent tous les Céphalopodes à cloisons persillées, Scaphites, Baculites, Hamites et aussi les Bélemnites qui avaient jonché de leurs rostres tant de lits jurassiques. Les Rudistes, Hippurites, Sphérulites, Radiolites, dont les coquilles avaient édifié des couches puissantes, s'éclipsent au même moment. Bien d'autres groupes sont aussi atteints : Inocérames, etc.
>
> Il y a donc eu là pour certains groupes d'êtres un arrêt brusque et en quelque sorte instantané qui n'est pas sans causer une vive surprise à l'observateur habitué à constater d'ordinaire l'enchaînement et la continuité des faunes. On peut dire, sans exagération, qu'on est en présence d'une des dates les plus remarquables de l'histoire de la terre. (Grossouvre, 1897, p. 72 et suiv.)

Pour Grossouvre, il s'agit d'une extinction de masse à la fin du Crétacé, un moment très particulier de l'histoire de la Terre, brutal, somme toute catastrophique, détonnant quand jusque-là les faunes s'enchainent en continu. Mais il ne s'agit pas d'une extinction totale comme il le fait remarquer dans une note de bas de page ajoutée lors de l'impression du Mémoire.

> (1) Il est bien évident d'ailleurs qu'il n'existe pas en ce point un hiatus complet et un renouvellement intégral des faunes. On sait, en effet, qu'un certain nombre d'espèces passent du Crétacé dans le Tertiaire, mais leur présence ne suffit pas pour autoriser à dire que la zone à *N. danicus* se rattache plus naturellement au premier qu'au second, car les espèces en question, douées d'une grande longévité, n'ont aucune valeur au point de vue stratigraphique : ce sont ce que l'on appelle des espèces indifférentes : telles sont par exemple *Pecten quadricostatus* qui est apparu à l'époque turonienne et se retrouve dans le calcaire pisolithique ; *Ostrea lateralis* qui a commencé à se montrer dans le Néocomien et se retrouve dans le Tertiaire incontesté, etc.
> Au contraire, les données paléontologiques basées sur la disparition de groupes entiers de fossiles importants conduisent nécessairement à placer la limite au point proposé et elle se justifie d'autant mieux qu'elle coïncide avec l'apparition des Nummulites (Voir in Seunes, p. 109). (Note ajoutée pendant l'impression). (Grossouvre, 1897, p. 72)

Certains fossiles peuvent passer du Crétacé au Tertiaire et ont une longue durée de vie ce qui leur enlève toute valeur stratigraphique. On voit poindre ici la notion de fossile stratigraphique, fossile de durée de vie suffisamment courte pour être caractéristique d'une période donnée. Parmi ces fossiles sans signification stratigraphique, il cite *N. danicus* et *Pecten quadricostatus* deux fossiles utilisés justement par Hébert pour rattacher le calcaire pisolithique et l'étage danien au Crétacé.

L'affaire est convaincante mais à la fin de la lecture de ce mémoire, lors de la discussion, Henri Douvillé (1846-1937) met en doute la validité de ses choix concernant la *zone litigieuse à N. danicus et Micraster* du fait même que cette zone, ce terrain « ne présente pas encore de Nummulites ». Sur la base de cette observation et préférant le critère « apparition », dans la continuité d'Alcide d'Orbigny, Douvillé (1897, p. 81) estime qu'« il serait préférable de continuer à ranger cette zone dans le Crétacé ». Grossouvre répond à cet argument dans sa note sur épreuves. Mais, Douvillé est aussitôt appuyé par Ernest Munier-Chalmas (1843-1903) :

> Les limites tracées entre les terrains tertiaires et crétacés par son savant confrère, ne sont pas imposées par des nécessités d'ordre stratigraphique et […] elles ont le désavantage, au moins en apparence, étant donné nos connais-

> sances actuelles, d'être peu ou pas en harmonie avec les données paléontologiques. (Munier-Chalmas, 1897, p. 81)

À une extinction de masse, critère proposé par Grossouvre, Douvillé et Munier-Chalmas opposent deux autres critères dont on a déjà démontré le peu de valeur, l'absence de Nummulites et l'absence d'une limite stratigraphique. Le critère proposé par Cope au cours du premier Congrès international de géologie est donc encore loin d'être communément admis en cette fin de XIXe siècle. Munier-Chalmas impose la grande transgression thanétienne comme marqueur du début du Tertiaire.

Du catastrophisme à l'extinction de masse

Ainsi, au début du XIXe siècle, la description et la classification des terrains, la discontinuité entre la craie et l'argile plastique, ont conduit Cuvier et Brongniart à distinguer les terrains de la craie des terrains tertiaires. À ce moment, tout nouveau terrain découvert dans le Bassin de Paris appartient à l'une ou l'autre de ces formations.

L'évidence que les faunes changent d'une couche à l'autre permet de passer d'une conception essentiellement spatiale des différentes couches à une conception temporelle de la succession des couches qui racontent ainsi l'histoire de la vie à la surface de la Terre. La discontinuité marquée entre les formations crétacée et tertiaire est interprétée très différemment selon les auteurs. Les uniformitariens comme Lyell pensent que, les faunes ayant changé très progressivement, il existe et que l'on trouvera des terrains intermédiaires. Le calcaire de Maastricht en continuité avec la craie en est un bon exemple. Cependant les terrains daniens ne présentent pas une telle continuité et comme le calcaire pisolithique ne contient aucune espèce crétacée ni aucune espèce tertiaire, ils renforcent une idée de catastrophe entre le dépôt de la craie et celui des terrains tertiaires. Les catastrophistes comme Deshayes et Alcide d'Orbigny sont confortés dans leur position : c'est bien une catastrophe qui crée une limite entre terrains crétacés et terrains tertiaires.

L'idée de limite entre les formations s'est imposée vers 1840 en France. Mais en l'absence de consensus sur les critères à utiliser (stratigraphiques, lithologiques ou paléontologiques) pour en établir la position, celle-ci reste indécise, avant ou après le Danien selon les auteurs. Cependant au cours du XIXe siècle, le critère paléontologique s'impose alors que de nombreux débats au sujet de la position des diverses limites fleurissent en France, en Angleterre comme aux États-Unis. Ces débats résultent de l'utilisation de critères paléontologiques différents. Le critère d'une limite est-il la disparition ou l'apparition d'espèces nouvelles ? C'est l'une des préoccupations majeures

du premier Congrès international de géologie qui se tient à Paris en 1878. Cope rappelle que, selon le principe de descendance, les espèces apparaissent par modifications successives. Leur disparition peut se faire par modification ou par extinction. Mais, leur apparition — comme leur disparition par modification — ne peut pas être établie aussi sûrement que leur disparition par extinction. Par conséquent, selon Cope, seules les extinctions d'espèces et de groupes permettent d'établir clairement les limites des formations.

C'est ainsi que procède Grossouvre en 1897 pour placer la limite du Crétacé et du Tertiaire à la base du Danien, là où se produit l'extinction (un arrêt brusque et en quelque sorte instantané) d'un grand nombre de groupes (Ammonites, Bélemnites, etc.). L'étage danien est *de facto* tertiaire et suit l'extinction massive de la faune crétacée. Le catastrophisme du début du XIX^e^ siècle, empreint de présupposé religieux, qui avait laissé la place à un transformisme supposant des changements progressifs de faunes, refait surface à l'appui des faits mais sans être nommé et, cette fois-ci, débarrassé de toute connotation religieuse ou philosophique (Dreyer, 2017). Mais les réticences de la communauté scientifique sont grandes et l'influence de Grossouvre ne sera pas suffisante pour imposer le critère d'une extinction de masse et changer le statut du Danien. Celui-ci restera crétacé pour quelques décennies encore.

Références

ARCHIAC Adolphe d' (1836), « Présence d'un banc de calcaire grossier, placé entre l'étage de l'argile plastique et la formation crayeuse dans la colline de Meudon, contre la montée des Moulineaux », *Bulletin de la Société géologique de France,* t. 7, p. 272-276.

ARCHIAC Adolphe d' (1851), *Histoire des Progrès de la Géologie de 1834 à 1850*, *Tome 4. Formation crétacée*, 1re partie, Paris, Au Lieu des Séances de la Société.

ARCHIAC Adolphe d' (1866), *Géologie et Paléontologie,* Paris, Savy.

BORY DE SAINT-VINCENT (Colonel) (1821), *Voyage souterrain, ou description du plateau de Saint-Pierre de Maestricht et de ses vastes cryptes,* Paris, Ponthieu.

BRONGNIART Alexandre (1821), « Sur les caractères zoologiques des formations, avec l'application de ces caractères à la détermination de quelques terrains de la craie », *Annales des Mines,* vol. 6, p. 537-572.

COPE Edward (1880), « Sur les relations des niveaux de vertébrés éteints dans l'Amérique du Nord et en Europe », *Congrès international de géologie : comptes rendus sténographiques du Comité central des Congrès et Conférences*, Paris, Imprimerie nationale, p. 144-163.

CORSI Pietro (1978), « The Importance of French Transformist Ideas for the Second Volume of Lyell's Principles of Geology », *The British Journal for the History of Science*, vol. 11, p. 221-244, doi : 10.1017/S0007087400043788

CUVIER Georges & BRONGNIART Alexandre (1808), « Essai sur la géographie minéralogique des environs de Paris », *Annales du Muséum d'histoire naturelle*, t. 11, p. 293-326.

CUVIER Georges & BRONGNIART Alexandre (1811), *Essai sur la géographie minéralogique des environs de Paris, avec une carte géognostique, et des coupes de terrain,* Paris, Baudoin.

CUVIER Georges & BRONGNIART Alexandre (1822), *Description géologique des environs de Paris*, *Nouv. éd., dans laquelle on a inséré la description d'un grand nombre de lieux de l'Allemagne, de la Suisse, de l'Italie etc. qui présentent des terrains analogues de ceux du Bassin de Paris, par M. Alex. Brongniart,* Paris, G. Dufour et E. d'Ocagne.

DESHAYES Gérard-Paul (1832), « Observations sur un mémoire pour apprécier les avantages de la paléontologie appliquée à la géologie et à la géogénie de M. Boué », *Bulletin de la Société géologique de France,* t. 2, p. 88-91.

DESHAYES Gérard-Paul (1836), « Réponse aux observations de M. Élie de Beaumont à la communication de M. Ch. d'ORBIGNY : note sur le Terrain nouvellement découvert à Meudon », *Bulletin de la Société géologique de France,* t. 7, p. 292-293.

DESHAYES Gérard-Paul (1838), *Notes sur des publications faites par M. G.-P. Deshayes, (4août 1838)*, Paris, Bourgogne et Martinet.

DESOR Édouard (1847), « Sur le terrain danien, nouvel étage de la craie », *Bulletin de la Société géologique de France*, sér. 2, t. 4, p. 179-182.

DOUVILLÉ Henri (1897), « Observations », *Bulletin de la Société géologique de France,* sér. 3, t. 25, p. 80-81.

DREYER Françoise (2017), *La controverse sur l'étage danien dans la fixation de la limite entre terrains crétacés et tertiaires : émergence de la notion de limite dans la géologie du XIX^e^ siècle*, Thèse de doctorat, Université de Nantes.

DUFRÉNOY Armand (1832), « Observations à la réponse de M. Deshayes au mémoire de M. Boué sur les avantages de la paléontologie... », *Bulletin de la Société géologique de France,* t. 2, p. 92.

ÉLIE DE BEAUMONT Léonce (1847), « Note sur la manière de classer la partie de la série des terrains stratifiés qui s'étend du grès vert au calcaire grossier », *Bulletin de la Société géologique de France,* sér. 2, t. 4, p. 562-569.

FORCHHAMMER Georg (1826), « Om de geognostiske Forhold i en Deel af Sjelland og Naboeöerne » [« Sur les relations géognostiques dans une partie de la Sjelland et des îles environnantes »], *Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskabs Naturvidenskabelige og Mathematiske Afhandlinger,*

[*Mémoires de l'Académie royale danoise des Sciences section sciences naturelles et mathématiques*], Partie II, p. 245-280.

GAUDANT Jean (1982), « Actualisme, antiprogressionnisme, catastrophisme et créationnisme dans l'œuvre d'Alcide d'Orbigny (1802-1857) », *Travaux du Comité français d'histoire de la géologie*, sér. 1, n° 46, p. 66-75.

GROSSOUVRE Albert de (1897), « Sur la limite du Crétacé et du Tertiaire », *Bulletin de la Société géologique de France,* sér. 3, t. 25, p. 57-80.

HÉBERT Edmond (1852), « Note sur la limite qui sépare le terrain crétacé du terrain tertiaire », *Comptes Rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences*, t. 35, p. 862-865.

HÉBERT Edmond (1880), « Remerciements à M. le professeur Lesley », *Congrès international de géologie : comptes rendus sténographiques du Comité central des Congrès et Conférences*, Paris, Imprimerie nationale, p. 135-136.

HOOYKAAS Reijer (1963), *The Principle of Uniformity in Geology, Biology and Theology. Natural Law and Divine Miracle*, Leiden, E. J. Brill (2e édition). Traduction française par René Pavans : *Continuité et discontinuité en géologie et biologie,* Paris, Seuil, 1970.

LYELL Charles (1830), *Principles of Geology, being an attempt to explain the former changes of the Earth's surface, by reference to causes now in operation*, Volume 1, Londres, J. Murray.

LYELL Charles (1832), *Principles of Geology, being an attempt to explain the former changes of the Earth's surface, by reference to causes now in operation*, Volume 2, Londres, J. Murray.

LYELL Charles (1833), *Principles of Geology, being an attempt to explain the former changes of the earth's surface, by reference to causes now in operation*, Volume 3, Londres, J. Murray.

LYELL Charles (1837-1840), « On the Cretaceous and Tertiary Strata of the Danish Islands of Seeland and Möen », *Transactions of the Geological Society of London,* serie 2, vol. 5, p. 243-257.

MUNIER-CHALMAS Ernest (1897), « Observations », *Bulletin de la Société géologique de France,* sér. 3, t. 25, p. 81.

ORBIGNY Alcide d' (1852a), *Cours élémentaire de Paléontologie et de Géologie stratigraphiques,* Tome 2, Fascicule 1, Paris, Victor Masson.

ORBIGNY Alcide d' (1852b), *Cours élémentaire de Paléontologie et de Géologie stratigraphiques,* Tableaux, Paris, Victor Masson.

ORBIGNY Charles d' (1836), « Note sur le Terrain nouvellement découvert à Meudon », *Bulletin de la Société géologique de France,* t. 7, p. 280-293.

PRÉVOST Constant (1830), « Considérations sur la valeur que les géologues modernes donnent à diverses expressions fréquemment employées par eux », *Bulletin de la Société géologique de France,* t. 1, p. 19-26.

RAINGER Ronald (2009), « Paleontology », dans Peter J. BOWLER et John V. PICKSTONE (éds.), *Cambridge History of Sciences*, Volume 6, New York, Cambridge University Press, p. 185-204.

RUDWICK Martin J. S. (1985), *The Great Devonian Controversy: The Shaping of Scientific Knowledge among Gentlemanly Specialists*, Chicago, University of Chicago Press.

RUDWICK Martin J. S. (1997), *Georges Cuvier, Fossil Bones, and Geological Catastrophes*, Chicago, University of Chicago Press.

RUDWICK Martin J. S. (2005), *Bursting the limits of time: the reconstruction of geohistory in the age of revolution*, Chicago/Londres, University of Chicago Press.

RUDWICK Martin J. S. (2008), *Worlds before Adam: the reconstruction of geohistory in the age of reform*, Chicago/Londres, University of Chicago Press.

Cahiers François Viète, série III, 5, 2018, p. 55-72

Observer le monde minéral : analyse de la construction de pratiques autour de l'identification des roches et des minéraux au milieu du XIX^e^ siècle

Marie Itoïz*

Résumé

Le début du XIX^e^ siècle est une période particulièrement riche en développement pour la minéralogie. L'étude des minéraux s'effectue par l'utilisation d'une multitude de caractères distinctifs, comme autant d'exemples des diverses pratiques mobilisées par les savants à cette époque. Le propos de cet article est d'aborder plus spécifiquement les usages qu'ont les savants du microscope pour étudier les roches et les minéraux et de questionner entre 1840 et 1860 la manière dont son usage combiné avec des sections fines de roche contribue à modifier son statut.

Mots-clés : microscope, minéralogie, XIX^e^ siècle, pratiques, sections fines, roches, cristaux.

Abstract

The early nineteenth century is a particularly rich period of development for mineralogy. The study of minerals is carried out by the use of a multitude of distinctive characters, as an example of the various practices mobilized by scientists at that time. The purpose of this article is to address more specifically the uses that scientists have of the microscope to study objects of the mineral kingdom and to question between 1840 and 1860 the way in which its use combined with thin sections of rock contributes to change his status.

Keywords: microscope, mineralogy, 19th century, practices, thin sections, rocks, crystals.

* Équipe d'accueil « Études sur les Sciences et les Techniques » (EA 1610), Groupe d'Histoire et Diffusion des Sciences d'Orsay (GHDSO), Université Paris-Sud, Université Paris Saclay.

LES ÉTUDES en géologie au début du XIXe siècle s'attachent à décrire et comprendre les formations géologiques par la cartographie, la stratigraphie et la paléontologie, mais également à partir de la composition des roches. Cette dernière spécialité est liée à la minéralogie qui a pour but « l'étude des corps inorganisés qui existent naturellement dans la terre ou à sa surface » (Brongniart, 1807). La minéralogie est donc une branche de l'histoire naturelle dont l'objectif est la connaissance des propriétés des minéraux dans le but de les distinguer les uns des autres. Cependant, les minéraux ne sont pas les seuls objets d'étude de la minéralogie. Les roches, elles-mêmes composées de minéraux, en font également partie. L'étude des méthodes d'identification des minéraux et des roches ne pouvait donc pas être éludée dans le cadre du travail plus général sur l'émergence de la pétrographie microscopique et de ses fondements techniques (Itoïz, 2017) dont est issu cet article. En effet, les travaux de David Young dans *Mind over Magma* (2003), mais également ceux de Jacques Touret (2004, 2006, 2012) traitent de la question de la pétrographie microscopique sous l'angle de la constitution des savoirs, tout en abordant les instruments constitutifs de la pétrographie microscopique. La pétrographie microscopique est actuellement définie par le *Trésor de la langue française informatisé* comme la « Science ayant pour objet l'étude de la composition chimique et minéralogique des roches et des minéraux, et celle de leur formation […] ».

Ainsi, pour étudier l'émergence de la pétrographie, il est nécessaire de s'attacher aux pratiques d'observation des roches et des minéraux mais aussi d'identifier la manière dont cette nouvelle méthode d'analyse se met en place. La pétrographie microscopique se constitue en méthode dès lors qu'un ensemble technique est établi par les savants (Itoïz, 2017). Il comprend l'usage combiné et indissociable du microscope, de sections fines de roches et de deux dispositifs de polarisation.

Cet article traitera plus spécifiquement du microscope. Ainsi, nous allons interroger les usages du microscope par les savants et les nouvelles pratiques d'observation dans lesquelles il est mobilisé des années 1840 aux années 1860.

Cette périodisation et les questionnements associés proviennent d'un faisceau d'éléments liés à des modifications de pratiques microscopiques à partir des années 1840 mais aussi à une anecdote, reprise notamment par David Young (2003, p. 150). Ainsi, à la suite d'une de ses communications autour de 1850, à propos de l'usage du microscope pour observer des sections fines de roches, l'anglais Henry Clifton Sorby se voit répondre par ses

collègues géologues, qui citent Horace Bénédict de Saussure, qu'il est impossible d'observer une montagne à travers un microscope.

Cette remarque suscite de nombreuses interrogations. L'usage du microscope pour l'observation des roches est-il si récent, qu'il n'a pas encore convaincu de son intérêt ? Sinon, quelle est la spécificité de la pratique de Sorby qui engendre un tel commentaire ?

Pour tenter de répondre à ces questions, il est nécessaire dans un premier temps de caractériser les pratiques d'observation savantes courantes au cours des années, puis dans un second temps d'identifier les innovations apportées par Sorby.

L'ancrage de cette recherche dans les pratiques savantes et notamment l'attention portée aux instruments que les savants utilisent s'appuie principalement sur des sources imprimées. Ce corpus de journaux, traités, mémoires ou catalogues de fabricants est analysé pour en extraire des informations sur les instruments utilisés par les savants, éventuellement les manipulations effectuées ou bien encore les gestes rapportés. Il ne faut cependant pas omettre les limites de ces sources imprimées. Les comptes rendus de travaux ainsi publiés sont parfois allégés de bien des informations sur les pratiques effectives. Les traités en organisant les informations selon un but didactique, s'éloignent parfois de la réalité des pratiques. De plus, certaines pratiques considérées comme évidentes ne sont pas rapportées par les savants. Cette absence d'informations ne permet pas alors d'identifier l'ensemble des détails d'une pratique.

Par ailleurs, la diversité des publications, notamment les articles extraits des journaux, met à jour un nombre important d'acteurs de cette période, la plupart minéralogistes ou géologues, comme Herman Abish, Léonce Élie de Beaumont, ou encore Alexandre Brongniart et Auguste Daubré.

Ainsi, nous aborderons, dans une première partie, les origines des pratiques d'observations microscopiques en cours dans les années 1840, puis dans une seconde partie, nous analyserons les pratiques d'observations mises en place par Henry Sorby, pour terminer par questionner en quoi ces nouvelles pratiques sont susceptibles de modifier le statut du microscope en minéralogie.

Utiliser le microscope dans les années 1840

Dès les années 1800, les minéraux sont identifiés à l'aide d'une multitude de caractères. Ces caractères sont exposés dans les traités de minéralogie comme celui de René-Just Haüy (1801) ou bien celui d'Alexandre Brongniart (1807) en deux catégories principales, les caractères physiques et

les caractères chimiques. Les caractères sont le plus souvent présentés à la suite les uns des autres, dans les parties introductives des traités de minéralogie.

Les figures 1 et 2 ont été construites par l'auteure du présent article à partir de l'introduction structurée en titres, intertitres, et du contenu de l'ouvrage de Brongniart de 1807. Brongniart n'utilise pas de représentations graphiques des caractères, seul un tableau méthodique des minéraux est présent dans son ouvrage. Comme le montrent les deux représentations, la diversité des caractères est grande et s'accentue au fur et à mesure des déclinaisons. Par exemple, le caractère de la fusion est dans un premier temps identifié, par la fusibilité ou non de l'échantillon. Puis dans un second temps, cette fusibilité est décrite avec la présence de scorie ou d'émail opaque.

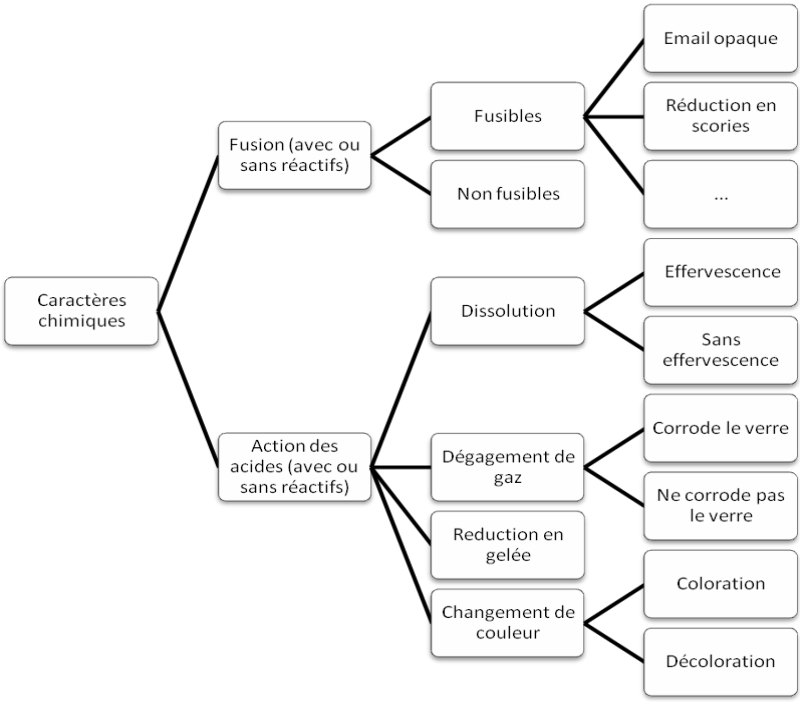


Figure 1 - Représentation des caractères chimiques (d'après Brongniart, 1807)

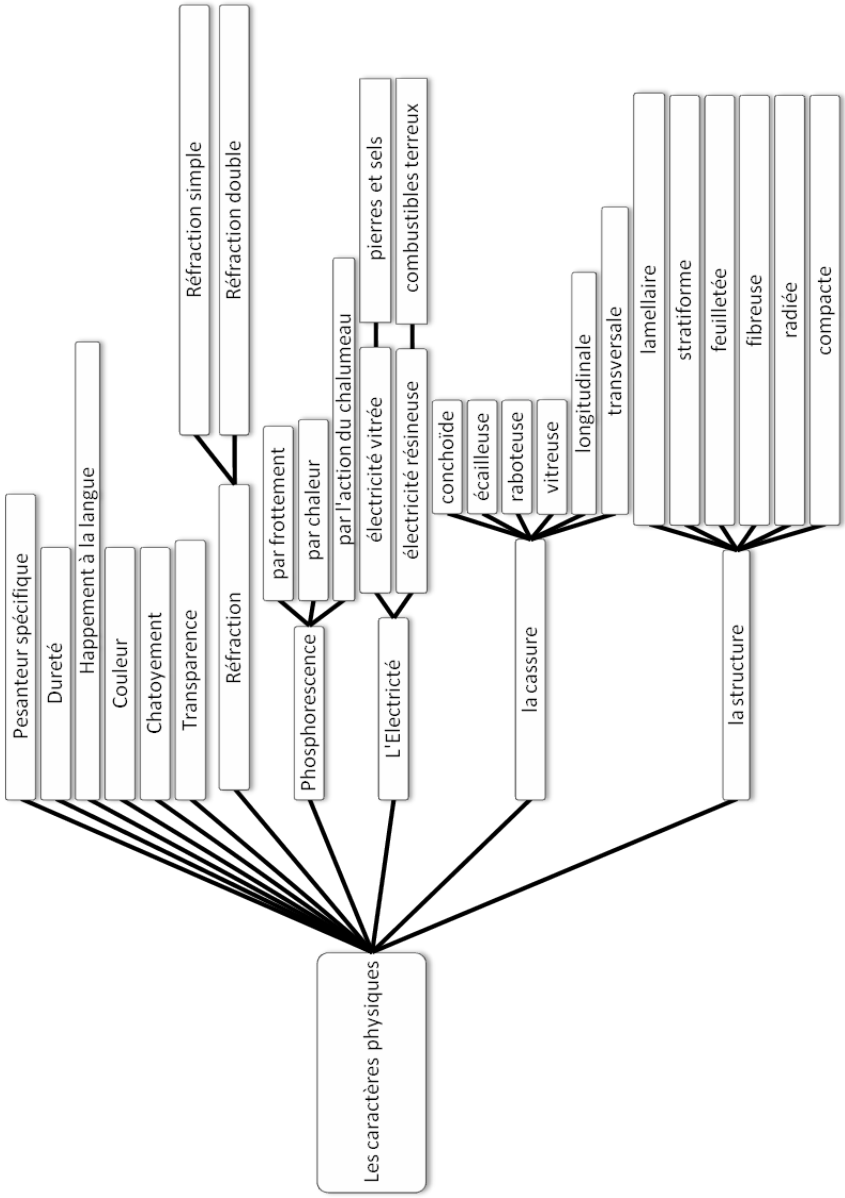


Figure 2 - Représentation des caractères physiques (d'après Brongniart, 1807)

À partir des années 1810, une troisième catégorie de caractères se distingue des deux précédentes, celle des caractères cristallographiques. Ces caractères font suite aux travaux cristallographiques de René-Just Haüy et aux caractères d'identification géométriques que sa publication de 1801 met en avant. Ils vont jusqu'à apparaître en 1826 comme une nouvelle catégorie dans *Elemens de Minéralogie* de Louis Girardin et Henri Lecoq (1826), ouvrage qui se donne pour objet de faire un état des connaissances du domaine à cette période.

Comme le montrent les traités, les caractères physiques, chimiques et géométriques sont généralement appréhendés par les minéralogistes sur les minéraux naturellement isolés ou isolés par fragmentation préalable de la roche puis séparation des différents minéraux. Dans le cadre de l'identification des composants d'une roche, il est nécessaire de réduire en poudre cette dernière. Cette étape permet alors de trier puis d'identifier les minéraux qui la composent. Il arrive également que les minéralogistes recueillent directement sur le terrain des poudres ou sables issus de la décomposition naturelle des roches afin d'éviter l'étape de broyage.

La détermination de ces caractères passe par l'observation, mais aussi par des manipulations. Certaines de ces manipulations sont assez brèves, comme pour la dureté, où le savant tente de rayer des matériaux dont la dureté est connue. La mesure de la pesanteur spécifique[1] ou de l'électricité nécessitent l'utilisation d'instruments, comme un électromètre ou une balance de Nicholson.

Les essais chimiques ou au chalumeau quant à eux, impliquent l'utilisation de verreries et de réactifs. Les minéralogistes observent par exemple la dissolution d'un échantillon sous acide et en décrivent l'apparence. Ils peuvent également le mélanger à d'autres produits dans le but d'identifier les éléments constitutifs. De même, pour les essais au chalumeau, le résultat de la fusion peut être observé, tout comme la couleur que peut prendre la flamme en présence ou non de réactifs.

L'ensemble de ces caractères participent à l'identification et à la classification des minéraux mais aussi des roches au sein de tableaux méthodiques. La reconnaissance des caractères s'effectue par l'intermédiaire de manipulations et d'observations se résumant sous l'appellation générale de méthode minéralogique. Ces actions visant à mettre à jour les caractères sont spécifiques, elles sont variables et mobilisent des instruments ou encore une variété de réactifs. Ainsi, la diversité des caractères va de pair avec la diversité des méthodes utilisées par les savants, permettant également d'identifier avec précision la nature d'un échantillon.

[1] La pesanteur spécifique correspond actuellement à la densité.

À partir des années 1820, cette méthode minéralogique s'appréhende à travers les publications savantes. Certains minéralogistes comme Nils Nordenskiold (1824) ou Léonce Élie de Beaumont (1837) décrivent l'aspect extérieur des roches ou celui des cendres. Chez Armand Dufrénoy (1837) ou Herman Abish (1841), ces descriptions incluent aussi les minéraux visibles à l'œil nu dans les roches étudiées.

Cependant, à la différence de ce qui est décrit dans le traité de Brongniart par exemple (1807), les articles d'autres minéralogistes signalent l'utilisation du microscope pour effectuer ces observations. Ainsi, Nicolas Vauquelin (1824), Léonce Élie de Beaumont (1837) ou encore Link (1840) l'utilisent régulièrement pour étudier les cendres et les roches, comme le montre cet extrait de l'article d'Armand de Quatrefages :

> En examinant un fragment préparé comme nous venons de le dire, avec la loupe ou au mieux avec un microscope donnant un grossissement de 30 à 35 diamètres, on observe qu'elles semblent elles-mêmes formées de couches secondaires ondoyantes, et dont la direction est généralement inclinée relativement à l'axe de la couche principale. (Quatrefages, 1842, p. 605)

Par ailleurs, Élie de Beaumont (1837, p.746) précise la manière dont l'instrument est utilisé : « Cette détermination exigeait des essais chimiques et un examen fait avec un microscope d'un fort grossissement. M. Dufrénoy a bien voulu s'en charger […] ».

Dans cet exemple, le grossissement utilisé est de x 200, voire x 350 et permet d'observer les clivages. Gabriel-Auguste Daubré (1846) soumet également du minerai de Bienwald au microscope et Achille Delesse (1847) l'utilise lorsque la texture cristalline des roches n'est pas visible, dans le but d'identifier la nature des minéraux.

Les pratiques identifiables à travers ces différents articles montrent que l'observation des échantillons se fait systématiquement à l'œil nu. Mais, le microscope est aussi mobilisé pour effectuer des observations lorsque les sens humains sont insuffisants. En effet, le mémoire de 1800 de Benjamin Fleuriau de Bellevue, participe à l'insertion de l'instrument pour observer les minéraux. Le naturaliste met en lumière le fait qu'une partie importante du contenu des roches est invisible à l'œil nu. Ces éléments ne sont nullement pris en compte dans la description ni la classification des objets, et conduisent à des erreurs. Pour Fleuriau de Bellevue, l'utilisation du microscope pour accéder aux cristaux microscopiques est alors cruciale.

Ainsi, à partir des années 1820, l'instrument est cité dans les sources imprimées et son usage est lié aux observations[2]. Ces dernières se déclinent en deux pratiques principales issues de deux méthodes : la méthode des poudres de Louis Cordier et la méthode chimique.

Dans le cadre de la première méthode, le microscope permet alors après réduction en poudre des roches, de trier les différents constituants selon leur nature. C'est un usage signalé dans le mémoire de Fleuriau mais qui est présenté comme une méthode d'identification par Cordier (1815) dans ses *Mémoires sur les substances minérales dites en masses, qui entrent dans la composition des Roches Volcaniques de tous les âges*. Le savant construit une méthode, qu'il appelle analyse mécanique (p. 11). Elle se base sur la comparaison de poudres témoins avec celles issues d'un échantillon. L'idée est alors d'identifier les minéraux composant la roche.

La réduction en poudre des roches permet principalement de dépasser l'obstacle de la complexité de l'objet et des différents minéraux qui la composent. Cette étape peut être contournée en étudiant des cendres ou les résultats d'érosion. Le format de ces dernières facilite les observations et évite une étape parfois fastidieuse de réduction en poudre. Par exemple, Élie de Beaumont (1837) comme Dufrénoy décrit la couleur et la finesse des cendres. Il les examine au microscope et décrit les grains qui les composent, les anneaux colorés[3] qui sont observables. Dufrénoy utilise également un barreau aimanté dans le but d'identifier du « fer oxidulé titanifère »[4]. Le barreau aimanté peut faciliter l'étape de triage des poudres en attirant les poudres magnétiques.

L'instrument permet également d'observer les résultats provenant des essais chimiques et par conséquent d'identifier les caractères chimiques, issus des essais au chalumeau ou aux acides. L'extrait ci-après de Dufrénoy le montre :

> L'isolement de chacune de leurs parties (sables fins rejetés par les volcans) permet de faire subir à ces sables des opérations successives qui offrent l'avantage de fractionner les analyses, et si on le soumet alternativement aux

---

[2] Les sources n'indiquent pas distinctement par exemple si les essais chimiques sont effectués sous le microscope ou bien si les seuls résultats sont observés à l'aide de l'instrument. Il semblerait que les résultats des essais soient observés à l'aide du microscope. Nous touchons ici aux limites des sources utilisées dans lesquelles les questionnements à propos des pratiques savantes ne trouvent pas de réponse tranchée.

[3] Les anneaux colorés sont un phénomène optique d'anneaux concentriques de différentes couleurs.

[4] Actuellement, ce minéral est plus connu sous le nom de magnétite.

> réactions chimiques et à l'examen microscopique, on parvient souvent à séparer la plupart des éléments qui les composent. (Dufrénoy, 1837, p. 76-77)

Cet exemple n'est pas unique puisque Vauquelin (1824) soumet notamment les cendres qu'il observe au chalumeau ainsi qu'aux acides. Nordenskiold (1824) utilise le chalumeau pour les aérolithes[5] et tente de caractériser les éléments des aérolithes en déterminant l'aspect de la roche après fusion. Pour ce faire, il ajoute aux poudres des réactifs[6]. Élie de Beaumont (1837) à l'aide de Dufrénoy soumet des cendres aux essais au chalumeau et aux acides.

Le microscope est alors régulièrement utilisé pour observer les résultats de ces essais. La combinaison du microscope avec l'observation de ces caractères contribue à mieux appréhender les échantillons et à faciliter la caractérisation des petits éléments autrefois inaccessibles par l'observation à l'œil nu. Ainsi, le microscope bien qu'étant un instrument d'observation, dépasse les sens de l'observateur, prend le statut d'instrument d'analyse dans le sens où il permet en raison de la fragmentation des objets d'en identifier le contenu et de parvenir à évaluer la composition d'une roche.

Quelles pratiques microscopiques dans la décennie 1850-1860 ?

Les savants du milieu du XIX^e^ siècle ne modifient pas leur pratique microscopique. Le microscope leur permet toujours d'identifier les minéraux microscopiques contenus dans les roches réduites en poudre, mais aussi d'observer les résultats d'essais au chalumeau ou aux acides. Les articles de Charles Martins (1851) et Charles Sainte Claire (?) Deville[7] (1851) en sont deux exemples. Parallèlement à ces méthodes microscopiques bien ancrées, certains savants mobilisent l'instrument dans une configuration différente d'observations microscopiques des roches et des cristaux. C'est le cas de Henry Clifton Sorby au début des années 1850 mais aussi d'Alfred Des Cloizeaux.

Dans un article de 1851, *On the microscopical structure of the calcareous grit of the Yorkshire Coast,* Sorby travaille à de nombreuses reprises ses échantil-

---

5 Un aérolithe est défini comme une « Pierre tombée du ciel », d'après le *Dictionnaire de l'Académie française*, Tome 1, Paris, Firmin-Didot frères, 1835, p. 32, 6^e^ édition.

6 Il ajoute par exemple de la soude, du borax et décrit l'aspect pris par l'ensemble (Nordenskiold, 1824, p. 78).

7 La source ne mentionne que le nom de Deville. Le point d'interrogation signale le fait que nous supposons que l'auteur de l'article est Charles Sainte Claire Deville.

lons dans un but descriptif et pour en comprendre l'origine. En effet, Sorby souhaite en savoir davantage sur la proportion des coquilles dans la roche ainsi que la composition chimique de cette dernière. Le savant commence tout d'abord par dissoudre cette dernière dans de l'acide et constate que le résidu est composé de coquilles agatisées et de sable. Sorby va également séparer par décantation dans l'eau, toutes les parties de la roche afin de procéder à des analyses.

Il propose alors une alternative à cette manipulation, l'observation microscopique. Il prépare une section fine de la pierre, dont la taille ne doit pas être plus fine qu'1/1000e de pouce. Cette dernière est observée au microscope. Lorsque la section fine est montée dans du baume, la structure interne est plus facilement observable. En effet, le baume a un indice de réfraction proche de celui de l'agate et la lumière passe à travers ces corps comme s'ils étaient en section fine. Le savant observe que les grains de sable et les corps réniformes sont très étroitement entremêlés. Il va les observer en lumière réfléchie, mais également en lumière transmise.

Une partie des méthodes décrites par le savant sont similaires à celles précédemment évoquées. Elles consistent à réduire en poudre l'échantillon de roche et à y appliquer des acides pour en déduire les composants. Cependant Sorby ne se contente pas uniquement de la réduction en poudre, il transforme en sections fines ses échantillons :

> Des échantillons plus tendres peuvent être étudiés en mélangeant les particules dans de l'eau ; mais des sections fines de calcaires plus durs doivent être préparées, et les faits qui peuvent être extraits de ces dernières sont sur de très nombreux aspects bien supérieurs et d'après elles, la proportion relative des différents constituants peut être déterminée avec une très grande précision. (Sorby, 1853, p. 345)

Cette technique permet d'accéder à des configurations qu'il était jusqu'alors impossible d'observer en réduisant en poudre les roches.

Les matériaux que Sorby réduit en sections fines et qu'il étudie, sont de natures différentes. Par exemple, il fabrique et observe des sections fines d'ammonites (Sorby, 1851, p. 4), de dents, de coquilles, mais aussi de végétaux fossiles. Il décrit et tente d'identifier un échantillon : « J'ai fait de nombreuses sections de bois qui appartiennent à différents ordres naturels, en vue d'apprendre si le lien naturel du fossile pourrait être déterminé à partir de sa structure […] » (Sorby, 1852, p. 92). Sorby applique sur ces différents matériaux une méthode commune : « C'est la même méthode que j'ai appliquée à l'étude de la structure physique de toutes les roches et elle m'a conduit à plusieurs résultats nouveaux et intéressants ». (Sorby, 1860, p. 571)

Cette technique de réduction en section fine est appliquée depuis les années 1820-1830, non pas à des roches mais à des végétaux fossiles. Henry Witham (1831) et William Nicol (1834) mettent en avant dans leurs publications l'utilisation de sections fines.

La technique de fabrication des sections fines d'objets opaques, comme les végétaux fossiles ou bien encore des dents ou des roches calcaires, est assez connue dans les années 1840, comme en témoigne sa commercialisation par Andrew Pritchard (1804-1882) dans son catalogue *A list of two thousand microscopic objects* en 1842, qui propose des préparations microscopiques de végétaux, d'animaux, de restes fossiles ou encore de minéraux.

Sorby s'essaye à la technique et la perfectionne au contact de William Williamson sur les objets traditionnels de l'époque, comme le bois, les fossiles ou bien les roches calcaires. Il observe les roches par transparence au microscope et élargit le champ d'application de cette technique aux roches dites ignées. Sorby réduit en sections transparentes des roches volcaniques et métamorphiques dans le but de les observer. Ces sections fines sont transparentes, car observées systématiquement avec un microscope :

> Lors de l'examen de la structure microscopique des roches et des minéraux, j'ai dans de nombreux cas préparé des sections suffisamment fines pour permettre l'utilisation de lumière transmise à un fort pouvoir grossissant, qui je le suppose va de 1/100^{e} à 1/1000^{e} de pouce d'épaisseur. (Sorby, 1858, p. 468)

D'autres éléments comme « fort pouvoir grossissant », « structure microscopique » ou encore « lumière transmise » dans ses autres publications confirment l'usage par Sorby d'un microscope pour effectuer ses observations. Robert Nuttal (1981) a d'ailleurs caractérisé avec précision le type de microscope qu'utilise Sorby pour conduire ses différentes observations. La pratique microscopique de Sorby n'inclut que marginalement l'usage de la lumière polarisée dans cette période, dont il mentionne son usage une seule fois. Sorby annonce en 1861 avoir produit près de 1000 sections fines. Dès lors, Sorby ne s'inscrit plus dans la pratique de réduction en poudre des roches et met en avant l'usage du microscope pour la conduite d'observation sur les roches.

Dans un registre similaire, un savant français, Alfred Des Cloizeaux introduit le microscope pour observer des cristaux rendus transparents et en identifier les propriétés optiques. Alfred Des Cloizeaux dans la continuité des travaux de ses contemporains, comme David Brewster ou Jean Baptiste Biot, étudie les propriétés des cristaux à l'aide de la lumière polarisée. En effet, les deux savants utilisent la lumière polarisée dans le but

d'identifier les caractéristiques optiques de ces derniers pour en faciliter l'identification. Des Cloizeaux, qui travaille au sein du laboratoire de Biot n'y utilise pas de microscope d'après Caroline Kaspar (2003, p. 110). Il mesure les angles des cristaux à l'aide d'autres instruments, comme le goniomètre. Le microscope est absent. Cette pratique microscopique n'est pas signalée non plus dans les premiers articles de Brewster sur ce type d'observations. Des Cloizeaux propose alors une méthode différente, qu'il juge plus efficace, basée sur la détermination de caractères optiques à l'aide du microscope. Il modifie le microscope pour en faire un microscope polarisant dans le but de caractériser les minéraux en fonction de leur capacité à polariser la lumière. L'usage systématique du microscope, surtout en lumière convergente ou même parallèle, conduit le savant à utiliser une lumière transmise et non plus réfléchie[8]. La lumière traverse donc les échantillons. Des Cloizeaux observe ses cristaux en plaques transparentes et l'épaisseur des plaques est mentionnée dans le *Manuel de Minéralogie.* Elles ont une épaisseur supérieure ou inférieure à 3 mm selon les échantillons utilisés.

La lumière qui traverse ces lames de cristaux n'est pas une lumière classique, puisque le savant utilise de la lumière polarisée[9]. Par cet usage, il constitue une méthode d'identification basée sur l'usage combiné de la lumière polarisée et du microscope. Ainsi, Des Cloizeaux participe à l'introduction du microscope en cristallographie optique.

La pratique d'observation des roches de Sorby est certes nouvelle pour les roches magmatiques, mais l'usage combiné des sections fines et du microscope est bien implanté en Grande-Bretagne depuis les travaux de Nicol et de Witham dans les années 1830. De plus, l'idée de modifier la structure d'un échantillon est également ancrée dans les pratiques. En effet, la réduction en poudre d'une roche réduit son intégrité de manière irrémédiable et c'est une méthode répandue pour étudier les roches. En quoi la taille en section fine diffère-t-elle ? Par ailleurs, l'observation microscopique d'échantillons de roches n'est pas nouvelle non plus et rien n'indique dans les sources consultées qu'il y ait eu une opposition à cette méthode d'observation. Dans ce cas, qu'est-ce qui motive alors cette remarque à Sorby, comme quoi les montagnes ne peuvent être observées à travers un microscope ?

---

[8] Notons qu'il n'y a pas d'indications explicites concernant l'usage d'une lumière transmise ou réfléchie pour l'observation des échantillons réduits en poudre.

[9] La lumière polarisée est une altération de la lumière naturelle. Dans le cadre de ce travail, nous ne traitons que de polarisation linéaire, ce qui implique que le champ magnétique et électrique de la lumière polarisée est orienté dans un seul plan.

De nouvelles questions ou un nouveau statut pour l'instrument ?

Les publications de Sorby montrent que le microscope est utilisé à la fois pour observer des roches réduites en poudre, mais également taillées en sections fines. Les deux modes d'observation coexistent. Pourquoi alors cette remarque ? Par ailleurs, la méthode de Des Cloizeaux, qui utilise également le microscope, introduit tout comme pour Sorby un autre contexte d'usage de l'instrument que celui qui transparaît dans les pratiques d'observation déjà en place dans les années 1850. La centralité du microscope dans ces deux méthodes interroge quant à l'éventualité d'un renouvellement de son statut dans les pratiques d'observation des roches.

À travers la publication de ses articles, Sorby construit un discours en faveur de l'usage du microscope en géologie. À titre d'exemple, les intitulés des articles de Sorby incluent systématiquement le mot microscope ou bien commencent par « Sur la structure microscopique de […] »[10]. Par la formulation choisie, Sorby décide de mettre en avant la technique qu'il utilise pour étudier ses objets. Il met alors en valeur dans son titre l'utilisation du microscope et le relie de façon systématique à l'étude des roches qu'il effectue. Par ailleurs, Sorby lie l'usage du microscope et des sections fines aux avancées permises en géologie :

> Voici donc les principes généraux que je propose d'appliquer dans la recherche de l'origine des minéraux et des roches. Ils seront perçus d'une manière ou d'une autre qu'ils peuvent être amenés à être utilisés dans presque toutes les branches de la géologie physique et chimique. (Sorby, 1858, p. 16)

Le contexte des pratiques d'observation nous permet d'avancer l'hypothèse selon laquelle cette célèbre remarque lui est faite, non pas en raison de l'utilisation du microscope, mais bien des questions que souhaite résoudre Sorby grâce à l'instrument. Ainsi, l'usage du microscope est admis dans une pratique d'identification des minéraux d'une roche, mais semble poser problème dès lors qu'il est question de s'en servir pour déterminer l'origine.

En dehors de la résistance faite à la pratique microscopique qu'introduit Sorby, son usage du microscope questionne également l'éventualité d'un nouveau statut pour l'instrument. En effet, avant l'usage de Sorby, le microscope avait un statut d'instrument d'analyse. Il permettait de conduire des observations et des expériences dans le but d'identifier les minéraux et d'apprécier qualitativement certains composants chimiques de la roche. Sous la main de Sorby et associé aux sections fines, il devient un

[10] Traduit par l'auteure : « On the microscopical structure of […] ».

instrument de synthèse dans le sens où il permet d'observer un objet entièrement, structure comprise. En effet, Sorby associe l'usage du microscope à celui des sections fines, donnant accès à des informations difficilement observables jusqu'à présent. Ainsi, les proportions des éléments sont accessibles plus facilement et les intrications entre les minéraux sont révélées ouvrant des pistes de recherche foisonnantes, notamment en Allemagne à partir de 1866, avec par exemple les travaux de Zirkel (1866).

Sorby combine un instrument lié aux pratiques minéralogiques d'identification, le microscope, à un nouvel objet d'observation dont il peaufine le procédé de fabrication, les sections fines, dans le but de répondre à des questions sur l'origine des roches, qui appartiennent davantage au domaine de la géologie.

Cette pratique d'observation est critiquée, comme en témoigne la reprise de la remarque de Saussure, mais participe également à renouveler les pratiques d'observation des roches dans les années 1850.

Il en est de même pour Des Cloizeaux, qui par la méthode qu'il construit pour déterminer les caractères optiques des cristaux, renouvelle les pratiques d'observation et associe le microscope à l'usage de la lumière polarisée. Pour autant, nous sommes en droit de nous demander si le changement de statut du microscope n'est pas lié au statut d'outil de la lumière polarisée dans la méthode de Des Cloizeaux. Ainsi, l'usage de la lumière polarisée comme outil d'identification participe à ce changement de statut du microscope, qui deviendrait un instrument de synthèse et non plus d'analyse.

Or, l'analyse de travaux de Brewster, ou bien de Biot dans les années 1810-1820 (Itoïz, 2017), montre que la lumière polarisée est à la fois un outil d'identification et un objet d'étude, les minéraux ayant également alternativement ce même statut. En effet, la lumière polarisée est utilisée pour étudier des minéraux et en parallèle étudiée comme phénomène physique. De plus, la lumière polarisée est utilisée dans d'autres montages ne nécessitant pas de microscope, comme le saccharimètre (Soleil, 1847).

Ainsi, Des Cloizeaux en construisant sa méthode pense le microscope comme un instrument susceptible de fournir un autre usage que celui pour lequel il est utilisé en minéralogie. Il le combine alors à un outil, la lumière polarisée et à une technique, permettant d'optimiser ces observations, la taille en plaque transparente.

Ce sont les questionnements de Des Cloizeaux sur l'identification des minéraux qui l'amènent à changer l'usage du microscope. De même, Sorby par ses questionnements sur la nature des roches utilise différemment le microscope. Les deux savants participent alors par leurs pratiques distinctes à modifier le statut du microscope en minéralogie.

Conclusion
Vers une pratique microscopique d'observation des roches

L'usage du microscope pour observer les roches est une pratique courante dans les années 1840. Les roches sont réduites en poudre et les minéraux les composant sont observés et testés dans le but de les identifier. Sorby dans les années 1850 décide de transposer l'usage des sections fines à un autre type de roche et mobilise alors le microscope. La pratique qu'il met en place ne remet pas en question les pratiques d'identification déjà existantes, mais permet d'apporter d'autres éléments complémentaires à ces dernières. En effet, l'observation par transparence de sections fines de roches permet de conserver l'intégrité de l'échantillon et d'observer les agencements entre les minéraux, même ceux microscopiques.

La pratique microscopique de Sorby vise également à répondre à des questions sur l'origine des roches et tend à modifier le statut du microscope pour en faire un objet de synthèse et non plus uniquement d'analyse.

Même si le changement de statut du microscope est soumis à des conditions strictes comme son association avec des sections fines et avec des pratiques d'observation des roches, il n'empêche que son usage par Sorby vient consolider la place du microscope dans les pratiques minéralogiques et ouvre de nombreuses perspectives aux géologues. Ainsi, Ferdinand Zirkel, qui rencontre Sorby en 1863, publie en 1866 *Lehrbuch der Petrographie*. De nombreux éléments tendent à montrer (Itoïz, 2017) que l'ouvrage de Zirkel est un ouvrage généraliste qui vise à présenter, voire à introduire une nouvelle méthode d'observation des roches, à savoir l'utilisation du microscope et des sections fines de roches. Par les propos qu'il tient, comme la difficulté d'identification de certaines roches, Zirkel ouvre à la fois un chantier de recherche en mettant en avant ce manque de travaux de recherche mais aussi un défaut de méthode pour y répondre de manière adéquate. La réponse qu'il propose est l'utilisation du microscope et des sections fines de roches, qu'il nomme pétrographie. Ce n'est qu'à partir de 1873 que la pétrographie prend le statut de méthode pour identifier les roches et les minéraux qu'elles contiennent.

Références

ABISCH Herman (1841), « Recherches sur la nature du feldspath », *Annales des Mines*, sér. 3, vol. 19, p. 619-650.

BRONGNIART Alexandre (1807), *Traité élémentaire de Minéralogie avec des applications aux arts*, Tome 1 et Tome 2, Paris, Imprimerie de Crapelet.

CORDIER Pierre Louis (1815), *Mémoires sur les substances minérales dites en masses, qui entrent dans la composition des Roches Volcaniques de tous les âges*, Paris, Imprimerie de Mme Ve Courcier.

DAUBRÉE Gabriel Auguste (1846), « Recherche sur la formation du minerai de fer des marais et des lacs », *Annales des Mines*, sér. 4, vol. 10, p. 37-68.

DELESSE Achille (1847), « Mémoire sur la constitution minéralogique et chimique des roches des Vosges », *Annales des Mines*, sér. 4, vol. 12, p. 195-282.

DES CLOIZEAUX Alfred (1855), « Recherches physiques et cristallographiques sur le quartz » (Rapport sur un mémoire), *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences*, t. 40, p. 1132-1138.

DES CLOIZEAUX Alfred (1857), *De l'emploi des propriétés optiques biréfringentes en minéralogie*, Thèse de minéralogie, Faculté des sciences de Paris.

DES CLOIZEAUX Alfred (1859), « Nouvelles recherches sur les propriétés biréfringentes des corps cristallisés », *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences*, t. 48, p. 263-267.

DES CLOIZEAUX Alfred (1864), *Mémoire sur l'emploi du microscope polarisant et sur l'étude des propriétés optiques biréfringentes propres à déterminer le système cristallin dans les cristaux naturels ou artificiels*, Paris, Éditeur Dunod.

DES CLOIZEAUX Alfred (1868), « Sur la forme clinorhombique à laquelle on doit apporter l'harmotome et la Wöhlérite ; d'après de nouvelles recherches sur la dispersion de leurs axes optiques », *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences,* t. 66, p. 199-202.

DUFRÉNOY Armand (1837), « Examen chimique et microscopique de quelques cendres volcaniques », *Annales des Mines*, sér. 3, t. 12, p. 355-372.

DUFRÉNOY Armand (1838), « Nature minéralogique et composition chimique des cendres lancées par deux volcans de l'Amérique tropicale », *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences*, t. 6, p. 174-178.

ÉLIE DE BEAUMONT Léonce (1837a), « Remarques comparatives sur les cendres de l'Etna et sur celles du volcan de la Guadeloupe » *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences*, t. 4, p. 743-746.

ÉLIE DE BEAUMONT Léonce (1837b), « Note sur la composition des cendres du volcan de Cosiguina », *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences*, t. 5, p. 76-77.

FLEURIAU DE BELLEVUE Louis Benjamin (1800), « Mémoire sur les cristaux microscopiques et en particulier sur la séméline, la mélilite, la pseudo-somnite et le selce-romano », *Journal de Physique et de Chimie et d'Histoire Naturelle et des Arts,* t. 51, p. 442-461.

GIRARDIN Jean et LECOQ Henri (1826), *Elemens de Minéralogie appliquée aux sciences chimiques, ouvrage basé sur la méthode de M. Berzelius*, Tome 1 et Tome 2, Paris, Imprimerie de Huzard-Courgier.

HAÜY René Just (1801), *Traité de minéralogie*, Tome 1, Paris, Imprimerie de Delange.

ITOÏZ Marie (2017), *Génèse de la pétrographie microscopique. Les conditions de mise en œuvre d'une nouvelle pratique d'observation au cours du XIX^e siècle*, Thèse de doctorat, Université Paris-Sud, Université Paris-Saclay.

KASPAR Caroline (2007), *Optique et minéralogie au XIX^e siècle. L'approche interdisciplinaire d'Alfred Des Cloizeaux*, Thèse de doctorat, Université de Lyon 1.

LINK (1840), « Sur l'origine de la Houille et des lignites d'après l'observation microscopique », *Annales des Mines*, sér. 3, t. 17, p. 573-576.

MARTINS Charles (1851), « Note sur les roches volcaniques du bassin de Commentry (Allier) et la transformation de la houille en anthracite qui s'observe au contact de l'une d'elles », *Bulletin de la Société Géologique de France*, sér. 2, t. 8, p. 13-24.

NICOL William (1834), « Observations on the structure of recent and fossil conifers », *The Edinburg New Philosophical Journal,* vol. 16, p. 137-158 et planches.

NORDENSKIÖLD Nils Gustaf (1824), « Descriptions minéralogiques des aérolithes qui tombèrent près de Wiborg, en Finlande, le 13 décembre 1822 », *Annales de chimie et de physique*, t. 25, p. 78-80.

NUTTALL Robert H. (1981), « The first microscope of Henry Clifton Sorby », *Technology and Culture*, Volume 22, n° 2, p. 275-280.

PRITCHARD Andrew (1842), *A list of two thousand microscopic objects: with remarks on the circulation in animals and plants; the method of viewing crystals by polarized light*, Londres, Whittaker and Co, 2e édition.

QUATREFAGES Armand de (1842), « Sur un nouveau mode de décrépitation et sur les pierres qui produisent ce phénomène (pierres fulminantes de Dourgues), *Annales des Mines*, sér. 4, t. 2, p. 603-612.

SAINTE CLAIRE DEVILLE Charles (1851), « Mémoire sur les roches volcaniques des Antilles », *Bulletin de la Société Géologique de France*, sér. 2, t. 8, p. 423-430.

SOLEIL (1847), « Note sur un perfectionnement apporté au pointage du saccharimètre », *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences,* t. 24, p. 973-975.

SORBY Henry Clifton (1851), « On the microscopical structure of the Calcareous Grit of the Yorkshire Coast », *The Quartely Journal of the Geological Society of London,* vol. 7, n° 1/2, p. 1-6.

— (1852), « On the occurrence of non Gymnospermous exogenous wood in the Trias, near Bristol », *The Transactions of the Microscopical Society of London*, vol. 3, p. 91-92.

— (1853), « On the microscopical structure of some british tertiary and post-tertiary freshwater Marls and Limestones », *The Quartely Journal of the Geological Society of London*, vol. 9, p. 344-346.

— (1858), *On the microscopical structure of crystals indicating the origin of minerals and rocks*, Londres, Imprimeur Taylor & Francis.

— (1860), « Sur l'application du microscope à l'étude de la géologie physique », *Bulletin de la Société Géologique de France*, sér. 2, t. 17, p. 571-573.

— (1861), « Über die Anwendung des mikroskops zum studium der physikalischen geologie », *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geognosie, Geologie und Petrefaktenkunde*, p. 769-771.

TOURET Jacques (2004), « Hermann Vogelsang (1838-1874) "Européen avant la lettre" », dans Jacques TOURET & Robert P. W. VISSER (éds.), *Dutch pioneers of the earth sciences*, Amsterdam, Koninklijke Nederlandse Akademie van Welenschappen, p. 87-108.

TOURET Jacques (2006), « De la pétrographie à la pétrologie », *Travaux du Comité français d'histoire de la géologie*, sér. 3, t. 20, n° 8, p. 167-184.

TOURET Jacques (2012), « Le microscope polarisant à l'assaut des montagnes », *Travaux du Comité français d'histoire de la géologie*, sér. 3, t. 26, n° 4, p. 67-80.

VAUQUELIN Louis-Nicolas (1824), « Analyse des cendres du Vésuve, tombées le 22 octobre 1822 sur la terrasse du Consulat général de France à Naples et envoyées au muséum par Son Excellence le Ministre des Affaires étrangères », *Annales de chimie et de physique*, t. 25, p. 72-75.

VOGELSANG Herman (1867), *Philosophie der Geologie und Mikroskopische gesteinsstudien*, Bonn, Verlag von Max Cohen & Sohn.

WITHAM Henry Thomas (1831), *Observation on fossil vegetables accompagnied by representations of their internal structure, as seen through the microscope*, Édimbourg, Éditeur Neill & Co.

YOUNG David (2003), *Mind over magma. The Story of Igneous Petrology*, Princeton, Princeton University Press.

ZIRKEL Ferdinand (1866), *Lehrbuch der petrographie*, Bonn, Drock von Carl Georgi.

Cahiers François Viète, série III, 5, 2018, p. 73-130

Le Vésuve et la photographie au XIX^e^ siècle, quel apport à l'histoire des sciences de la Terre ?

Delphine Acolat*

Résumé

Le Vésuve, volcan très actif dans la seconde moitié du XIX^e^ siècle, a attiré les photographes, notamment ceux dont les studios étaient installés à Naples. En 1872, le séquençage de l'éruption du Vésuve marque l'histoire de la photographie. Les photographes de l'époque transmettent la curiosité croissante pour les sciences de la Terre, dont l'Observatoire du Vésuve est la preuve, mais comment, avec les contraintes techniques de l'époque, réussir à saisir le déroulement d'une éruption ou la variété des matériaux volcaniques ? Aux traditionnelles descriptions de l'aspect catastrophique et destructeur de l'éruption, avec coulées et cratères, s'ajoute une volonté de poser comme un paradigme la terrible éruption de 79 et la lecture toute nouvelle de l'instantanéité de la mort à Pompéi, révélée par une avancée technique en archéologie : les moulages de Giuseppe Fiorelli.

Mots-clés : histoire du volcanisme, photographie, Vésuve, vulcanologie, lave, éruption, sciences de la Terre, observatoire, catastrophe.

Abstract

Vesuvius, a very active volcano in the second half of the 1800's, at-tracted the photographers, in particular those whose studios were settled in Naples. In 1872, sequencing the eruption of Vesuvius is an important moment of history of photography. The photographers transmit the increasing curiosity for the Earth science : the Observatory of Vesuvius is a proof. But how could they manage to show the progress of an eruption or the variety of the volcanic materials? To the traditional descriptions of the catastrophic and destructive aspect of the eruption, with lava flows and craters, is added a will to use as paradigm the terrible eruption of 79 and the quite new reading of the the death in Pompeii, revealed by the casts of Giuseppe Fiorelli.

Keywords: history of volcanism, photography, Vesuvius, vulcanology, lava, eruption, Earth sciences, observatory, disaster.

* Centre François Viète, Université de Brest.

> « Où la plume est impuissante à saisir, dans la vérité et la variété de leurs aspects, les monuments et les paysages, où le crayon est capricieux et s'égare, altérant la pureté des textes, la photographie est inflexible. Son ambition s'est bornée à dresser un procès-verbal et à transcrire un pays […]. Là ni fantaisie ni supercherie, la vérité nue. »
> (*La Lumière*, 12 juin 1852)

Au moment du développement de la photographie (Hannary, 2013), le Vésuve est très actif : ses éruptions sont régulières dans la deuxième moitié du XIXe siècle[1], alternant des phases de croissance et de destruction de son cône éruptif. De violentes éruptions explosives détruisant régulièrement le sommet, qui s'effondre parfois sur lui-même, puis se reconstitue au travers de phases stromboliennes plus calmes. De grandes coulées de lave effusent parfois de fissures sur les flancs du Vésuve (figure 1), ce qui attire, outre les scientifiques, nombre de touristes qui viennent à la nuit tombée observer les coulées et ce spectacle volontiers qualifié de « théâtral » par les guides tels que le *Baedeker* ou le *Joanne*[2], qui mettent à jour leurs éditions pour narrer les éruptions récentes. Le cône fumant rappelle à tout visiteur ou observateur[3] la célèbre description littéraire de Pline le Jeune (*Lettres,* VI, 16 et 21) et le désastre de Pompéi et Herculanum, alors en pleines fouilles. Les photographes ne vont pas manquer de s'intéresser à ces phénomènes éruptifs et tenter de rendre compte des changements de forme et des éléments composant le volcan.

Dès la fin du XVIIIe siècle, la pensée scientifique s'est intéressée de près au Vésuve[4] et les publications se multiplient au XIXe siècle : nous ten-

---

[1] Voir en annexe un récapitulatif des principales éruptions de cette période.

[2] (Du Pays, 1853, p. 583) pour le Vésuve. On y rappelle ses précédentes éruptions, les voies de montée vers le cratère, la fertilité de la lave.

[3] Pourtant en 1871, l'abbé C. Chevalier (1871, p. 134-135) fait une remarque surprenante, en cherchant, depuis sa fenêtre à Naples, « à y surprendre du regard quelque reste d'activité ; mais le volcan s'enveloppait dans une inertie désespérante ». Il évoque « cet état actuel de repos et presque de candeur du Vésuve » alors qu'il décrit précisément les fumées, nommées « vapeur » ou « nuage », qui s'en échappent de façon irrégulière.

[4] Comme l'explique Émilie Beck (2004a), deux grandes entreprises éditoriales, menées à Naples par les meilleurs spécialistes des volcans, contribuent au succès de l'iconographie du Vésuve, tant auprès des artistes que des savants, et plus largement encore des touristes. Il s'agit de De Bottis Gaetano, *Ragionamento istorico intorno all'eruzione del Vesuvio che cominciò il 29 luglio dell'anno 1779 e continuò fino al giorno 15 del seguente mese di agosto,* et de Hamilton William, *Campi Phlegraei: Observations on*

terons de voir combien elles ont pu utiliser la photographie. On collectionne les pierres du Vésuve, qui documentent la diversité des produits éruptifs (Albore Livadie, 1998, p. 37).

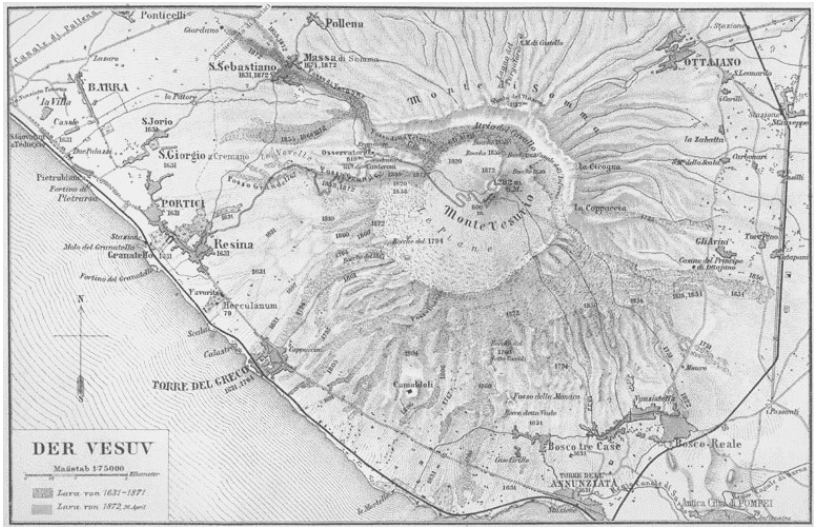


Figure 1 - Le Vésuve, carte de 1888, avec les coulées récentes et l'Observatoire[5]
(Source : Wikimedia commons)

La création de l'Observatoire du Vésuve en 1841, terminé en 1845 est une première dans le monde de la volcanologie[6] (Nazzaro, 2009, p. 119-122) ; il est inauguré lors du congrès des sciences italiennes[7], et fonc-

the Volcanoes of the Two Sicilies. Ces ouvrages ont initié un grand nombre d'ouvrages à vocation scientifique.

[5] « Der Vesuv », *Meyers Konversations-Lexikon*, 4 Aufl. Bibliographisches Institut in Leipzig.

[6] En 1856, son directeur, Luigi Palmieri, y construit et y installe son sismographe électromagnétique qui, pendant une vingtaine d'années, reste le meilleur sismographe enregistreur du monde.

[7] « Signori, noi abbiamo rapiti i fulmini al cielo; ma quel che è e quel che segue a poca profondità sotto questa terra che tutti calpestiamo e dove tutti abbiamo vita e morte, è ancora un gran mistero per noi. Dio mi guardi di presumer tanto di me stesso, ch'io ardisca promettermi di sollevare questo grave velo, dove mani sterminate più vigorose sentirono pur troppo la loro impotenza. » (Melloni Mace-

tionne à partir du 16 mars 1848 (carte, figure 1). La photographie va en montrer l'importance : il figure largement dans les catalogues des photographes professionnels de Naples.

Bien avant la photographie, le Vésuve était présent sur des peintures et gravures[8] du golfe de Naples, telles celles de Volaire ou de De Vito au XVIII[e] siècle, qui montrent la grandeur et la somptuosité du spectacle offert par le volcan, en particulier de nuit. Il s'est développé une production artisanale locale en série des vues du Vésuve en éruption, qui exploitent le genre nocturne (Drahos, 2014, p. 65), vendues sur place aux voyageurs, qui veulent rapporter un souvenir de leur expérience exceptionnelle de montée au volcan et parfois de vécu d'une éruption[9] ; ces vues peintes avec des personnages auxquels s'identifient les voyageurs sont remplacées à partir de 1860 par les photographies qui, elles aussi, hormis la vue prise depuis Naples[10], comprennent souvent des touristes et/ou des guides au premier plan. Grâce aux techniques du collodion humide à partir de 1851 et du négatif sur papier ciré sec en 1852, alliant la précision du daguerréotype aux avantages de la multiplicité[11], les photos ont tous les avantages : la capacité reproductive et un faible coût économique, puisqu'elles sont éventuelle-

---

donio, *Discorso per l'inaugurazione dell'Osservatorio meteorologico Vesuviano Atti VII, Congresso Scienziati Italiani, Napoli, 1845)*. « Messieurs, nous avons arraché les éclairs au ciel, mais ce qui se trouve enfoui à peu de profondeur au-dessous de cette terre que nous piétinons et sur laquelle nous vivons et mourons, demeure toujours pour nous un grand mystère. Que Dieu me préserve de la tentation de prétendre autant de moi-même : d'oser me promettre de soulever cet épais voile, face auquel des mains bien plus ambitieuses et plus valeureuses constatèrent, hélas, toute leur impuissance. » (Traduction personnelle)

8 Beck (2004a, p. 150 et suiv.) fait la liste : « nombreuses sont les vues du Vésuve : de jour, de nuit, en activité ou au repos, vu depuis le Môle, depuis le Pausilippe, depuis le Pont de la Madeleine, depuis l'Atrio del Cavallo, ou depuis l'ourle du cratère... Leurs auteurs ont pour nom Vernet, Ruiz, Ricciardelli, Joli, Della Gatta, Cozens, Jones, Bonavia, Hackert, Antoniani, Volaire, Fabris, Wütky, Wright of Derby ».

9 Pour l'éruption de 1872, qu'il est allé voir de près, le docteur Guiraud parle de « belle horreur » : « cette nuit-là le Vésuve était un but de promenade où se dirigeait une partie de Naples ». À chaque virage de la montée, on leur offre des cigares, et des boissons (Guiraud, 1872, p. 14).

10 Les vues du Vésuve depuis Naples sont prises depuis la Villa Comunale, de la via Marina, de la Piazza Municipio, du port, de Santa Lucia, du Posilippe ou du Vomero (Certosa di San Martino).

11 Pour des détails sur les techniques, voir les sites : http://www.universalis-edu.com/encyclopedie/photographie-histoire-des-procedes-photographiques, http://expositions .bnf.fr/legray/reperes/histoire

ment collées sur un simple carton[12], à défaut d'être proposées au sein d'un album[13], la facilité de transport (légères et peu encombrantes par rapport à une toile peinte), la fidélité de la représentation du lieu visité à un moment précis, l'éventuelle présence d'éléments touristiques évoquant le parcours du voyageur et un intérêt documentaire. Il existe même des vues vendues accompagnées de morceaux de lave. Tous les ingrédients nécessaires sont alors réunis pour faire de la photographie sur papier une activité qu'on peut qualifier d'industrielle, avec le développement de studios professionnels installés à Naples (*Terra Viva,* 2004).

Les sources que nous avons étudiées permettent de confronter les récits de voyageurs, les écrits scientifiques et les pionniers, essentiellement professionnels installés à Naples, de la photographie du Vésuve. Nous avons étudié un récit des éruptions de 1858 et 1872, publié dans la revue *L'Illustration*, qui utilise justement des photographies pour appuyer le texte, l'étude scientifique de Joseph Bourlot (1867), l'utilisation de la photographie dans les observations et rapports de Luigi Palmieri[14], directeur de l'Observatoire du Vésuve[15], et le récit précis du docteur Guiraud (1872) pour l'éruption de 1872, qu'il a vécue, en plus des guides de l'époque, très précis dans leurs descriptions. Outre quelques photographies d'amateurs — rares avant 1880/1890 et ne formant que pour peu d'entre elles un dossier conséquent —, ce sont surtout des clichés de studios professionnels installés à Naples[16], Michele Amodio[17], Robert Rive[18] (Fanelli, 2010)[19], Al-

[12] Il y a plusieurs formats utilisés : grand (44 x 33 cm), moyen (*mezzana* : 19 x 25 cm environ : le plus répandu), cabinet (16,5 x 10,5 cm), stéréoscopique (images couplées, 7,5 x 7,5 cm), carte de visite (10,5 x 6,5 cm). Le format stéréoscopique a eu un grand succès à la fin du XIXe siècle et est observé avec un stéréoscope, appareil binoculaire adéquat pour recréer l'illusion du relief (Fanelli, 2013, p. 14-17). Le format moyen est le plus utilisé pour composer un album.

[13] Nous avons par exemple étudié l'album vendu par Sommer, « Naples et ses environs » (BNF, consultable sur Gallica), celui d'Amodio (INHA), celui de Mauri qui a appartenu à Reinach (INHA), celui de Majolino (INHA).

[14] Notamment sa publication sur l'éruption de 1872, publiée en 1873, où figurent quelques planches tirées de photographies.

[15] Bourlot (1867) cite comme sources « Messieurs Palmieri, Sacchi et Guarini ».

[16] (Hannavy, 2013), (Becchetti, 1978), (Fanelli & Mazza, 2013), (Pohlmann, 2009).

[17] Michele Amodio, bien qu'italien, installé à Naples, veut toucher un large public de touristes, et de ce fait, il légende ses photographies en français, sauf après 1890. Il n'a pas publié de catalogue. Il faut donc le recomposer pour ses années d'activité, entre 1860 et 1880 environ. Voir en ligne http://www.historyphotography.org./fotografi/, et nos annexes.

phonse Bernoud[20] (Fanelli, 2012), Giorgio Sommer[21] (Palazzoli, 1981 ; Fanelli, 2010b), et plus tard, les frères Esposito, Giacomo Brogi et ses fils[22] et la firme Alinari (Chiara, 1985 ; *Terra Viva,* 2004), de Florence, qui seront l'objet de notre analyse. Ces clichés, pour certains très diffusés et encore vendus sur le marché des collectionneurs à ce jour, sont archivés dans des fonds privés[23] ou dans les bibliothèques et musées[24], sous forme soit d'albums, soit de vues isolées, parfois collées sur carton et éventuellement légendées. Malheureusement, les légendes restent souvent imprécises[25]. Les numérotations évolutives des photographies au fil des catalogues consultables en archives dispersées[26], avec des prises de vues au cadrage identique

---

[18] Robert(o) Rive est actif à Naples et dans le reste de l'Italie, de 1860 à la fin des années 1890.

[19] Giovanni Fanelli a entrepris d'établir un catalogue par format pour Rive, qui est édité en ligne, avec des addenda, en 2015, 2016, 2017. En ligne http://www.historyphotography.org/fotografi_2.html

[20] Alphonse Bernoud est un pionnier de la photographie française, actif essentiellement en Italie de 1840 à 1873. Son studio fut repris par le photographe Achille Mauri, de Naples, qui prit sa succession.

[21] Giorgio Sommer, natif de Francfort, ouvre un studio à Naples. Associé d'abord à Behles, de 1860 à 1872, il a une production prolifique sur les paysages, les vestiges (notamment Pompéi) et les portraits, et est récompensé par une médaille de bronze à l'Exposition universelle de 1867.

[22] Il est actif à Florence, Rome et Naples.

[23] Nous remercions Rick Bauer de nous avoir envoyé un grand nombre de photographies scannées de sa collection personnelle, ainsi que Fanelli, pour certaines photographies de Rive, introuvables.

[24] Nous avons ainsi pu consulter les fonds patrimoniaux du musée d'Orsay, de l'Institut national d'histoire de l'art (INHA), de la Bibliothèque nationale de France (BnF), des archives Alinari (en ligne), du Victoria and Albert Museum (en ligne). Les albums peuvent présenter entre vingt et cinquante photographies, ils ne sont pas consacrés uniquement au Vésuve. Ils sont titrés « Naples et ses environs », « Souvenir de Naples ». Dans les albums « Souvenir de Pompéi » ou « Pompéi », il y a presque systématiquement des vues du Vésuve et des moulages.

[25] Voir les listes (non définitives) en annexe. Alors que les textes descriptifs donnent de bonnes définitions, distinguant par exemple cratère et cône de cendres (Baedeker, 1869, p. 109), les légendes des photos les confondent.

[26] Les catalogues consultés sont pour certains à l'INHA, d'autres au musée Alinari à Florence, d'autres ont été mis en ligne par le Kunsthistorisches Institut in Florenz à partir de la collection Malandrini : http://www.khi.fi.it/5201080/Fotokataloge. La liste des catalogues téléchargeables est consultable ici : http://wwwuser.gwdg.de/~fotokat/internet/index-en.html

mais de dates différentes[27], ne facilitent pas l'étude et la constitution de corpus avec des datations fiables des clichés. Pour Sommer, nous avons pu consulter plusieurs catalogues[28], qui prouvent qu'il y a une reprise de certaines numérotations, et, entre 1886, 1888 et 1912, un classement rigoureux et chronologique et typologique des descriptions éruptives et morphologiques du volcan, mais aussi des changements dans le catalogue (disparition de certains clichés, apparition de nouveaux, et conservation d'anciens avec parfois un nouveau numéro, parfois le même, même sujet avec des variantes de format et de numérotation).

Outre l'importance de certaines grandes éruptions destructrices[29], nous évaluerons dans quelle mesure les fonds des photographes professionnels ont pu servir l'histoire du volcan et nourrir les dossiers scientifiques sur les formes évolutives du cratère principal, sur la formation de cônes secondaires, sur les laves, sur l'aspect catastrophique et destructeur de l'éruption, sur la présence de l'Observatoire scientifique[30].

Pour tenter de comprendre les choix effectués et le parti scientifique qu'on pouvait tirer à l'époque de ce nouveau média, c'est-à-dire l'éventuel apport de la photographie au développement des sciences de la Terre, nous nous demanderons si l'on peut considérer la photographie des premières décennies comme un « témoin des sciences de la Terre, un moyen de découverte » (Tucker, 1997, p. 379-380) et de réflexion, plus qu'un simple souvenir destiné au voyageur du Grand Tour et lié au destin tragique et spectaculaire de Pompéi, cité paradigmatique de la destruction par un volcan.

---

[27] Les photographies de Rive n° 16, faites à quelques années d'écart mais identiques, sont successivement légendées : « Napoli. Veduta del Porto e Vesuvio » et « Napoli. Il Vesuvio veduta dal Molo ». Le problème est différent avec le corpus de Bernoud, repris par Mauri.

[28] Les sujets abordés par Sommer sont les suivants :
Catalogue de 1886 : cratère après 1872, puis 1880, puis 1881 ; funiculaire (datant de 1880) ; laves de 1872 ; observatoire (construit entre 1841 et 1845) ; destructions de 1872 à San Sebastiano.
Catalogue de 1888 (supplément) : ajout de laves de 1882 et 1885.
Catalogue de 1912 : cratère de 1872, 1880, 1881, 1882, 1884, 1888, 1889, 1892, 1895, 1897 ; éruptions : 1865, 1872, 1895, 1898 ; funiculaire ; laves de 1872, 1885 ; observatoire.

[29] Nous nous arrêterons, dans notre analyse, avant la grande éruption de 1906.

[30] Nous laisserons de côté le funiculaire ouvert en 1880, financé par l'agence Cook, qui permet de monter avec facilité au sommet.

« Une belle horreur »[31] : photo informative ou catastrophe spectacle ?

- *Un Vésuve emblématique*

Le Vésuve menaçant la baie de Naples

Au XIXe siècle, « on perçoit presque toujours une colonne de fumée qui couronne le sommet » (Bourlot, 1867, p. 10) du Vésuve, ce qui est caractéristique de l'activité menaçante et de l'activité permanente ; l'expression commune est que le Vésuve « fume sa pipe »[32]. Le premier type de photographie est une vue générale, prise toujours de loin, depuis Naples, par l'ouest : le volcan clôt la vue, sert de fond, la Somma est à gauche, le Grand Cône à droite[33]. Si la vue est prise depuis la colline du Pausilippe, un pin parasol sert parfois de premier plan dans des photos très construites, où il y a un contraste recherché entre le panache blanc (si nécessaire retouché et accentué sur le négatif) et le pin en noir avec un premier plan buissonneux (figure 2). C'est une vue très prisée des photographes[34], qui n'est pas novatrice, puisqu'elle est canonique depuis le XVIIIe siècle[35] : on parle de « vésuvisme » en ce XIXe siècle. Le deuxième type, qui nous intéressera davantage dans notre perspective d'étude du rapport avec les sciences de la Terre, est une vue du cône principal, appelé souvent « cratère », ou des cratères secondaires, avec ou sans premier plan humain, en général un touriste, ce qui permet une identification des acheteurs des photographies qui ont fait l'ascension (figures 21, 22, etc.). Le troisième type est un gros plan sur des laves, avec ou sans l'Observatoire du Vésuve derrière, qui est, par sa présence, un rappel de l'importance croissante de la vulcano-

---

[31] L'expression, antinomique, est de Guiraud, qui a observé et vécu l'éruption de 1872.

[32] En 1867 « On peut dire sans aucune exagération que le Vésuve est dans un état permanent d'activité, et que depuis bientôt deux siècles il n'est pas entré dans une véritable période de calme et de repos. Il feint de sommeiller. […] Il fuma sa pipe aussi tranquillement qu'à l'ordinaire » (Chevalier, 1871, p. 160 et 163).

[33] Il peut aussi y avoir un premier plan, en bas de la photographie, avec des rues, bateaux ou môles de Naples, ou au coin gauche ou droit de la photographie. Rive, n° 1, 2, 3 depuis San Martino, dont on voit le bâtiment à gauche et la terrasse pour le n° 3 ; n° 12 : bâtiment à droite.

[34] Rive, n° 88 A et 93 A.

[35] Gruet (2005, p. 34) parle d'iconisation. Le Vésuve « est présent en tant qu'élément du paysage. Il permet, en fermant l'horizon, de clore le champ visuel, mais il n'est pas le protagoniste essentiel de la vue topographique. Il peut être en revanche le sujet principal, lorsque l'éditeur décide d'accorder plusieurs planches à la ville de Naples et à ses environs. Le Vésuve constitue alors l'une de ces représentations » (Beck, 2004, p. 151-152).

logie et de cette étape sur le chemin de l'ascension vers le cratère[36] (figure 3).

L'évocation de l'éruption de 79 avec Pompéi au premier plan

Le dernier type, très particulier dans le domaine de la vulcanologie car lié à l'histoire de l'archéologie et à la catastrophe de 79 qui ensevelit les cités antiques d'Herculanum et Pompéi, présente le Vésuve vu depuis le sud (Grand Cône à gauche, Somma à droite) à l'arrière-plan des vestiges de Pompéi, de préférence avec le forum[37] (figure 4), l'amphithéâtre[38], ou un panorama du site avec ses rues et ses maisons fouillées[39], depuis le sud.

Figure 2 - Giorgio Sommer, n° 1167 : le Vésuve fumant depuis Naples[40]
(Source : Wikimedia commons)

[36] Les sources écrites attestent que les visiteurs s'arrêtent à l'Observatoire pour admirer la collection de minéraux et le sismographe, cependant cela n'est jamais photographié. Voir aussi les photographies de Rive, n° 293, 294, 294 A (variante).

[37] Sommer, n° 302, en stéréoscopie, pour une des plus anciennes photographies de ce type.

[38] Entre autres exemples, Sommer, n° 1218.

[39] Entre autres exemples, Sommer, n° 1259, datant d'avant 1865. Amodio, n° 4238.

[40] Selon la date du catalogue, il a présenté le même cadrage pour le même sujet, mais à des moments différents, qui, de ce fait, portent des numéros différents (n° 1101 = n° 6115 : Napoli : Panorama). Sommer propose d'autres photographies très proches de celle-ci, toujours prises depuis le Pausilippe, mais avec un cadrage qui diffère, soit plus large vers la gauche (n° 4091), soit plus reculé avec le pin à droite (n° 4049), soit avec le pin plus centré (n° 6115).

Figure 3 - Giorgio Sommer, n° 2530 : laves et Observatoire, 1872
(Source : Wikimedia commons)

Figure 4 - Giorgio Sommer, n° 1102 : le forum de Pompéi et le Vésuve fumant
(Source : Wikimedia commons)

Beaucoup plus rares sont les photographies qui, comme celles réalisées par Pierre Gusman à titre privé, montrent le volcan vu du sud, à l'arrière-plan de la « campagne pompéienne »[41], sans les vestiges, parce que Gusman s'est posté sur une zone non fouillée pour prendre son cliché, ce qui est loin d'être canonique.

Enfin, à partir de 1863 apparaissent des clichés qui vont avoir un grand succès, où les premiers moulages des corps de Pompéiens (Dwyer, 2010), réalisés par les équipes de Fiorelli, sont photographiés hors de leur contexte de découverte, placés en hauteur sur des tables ou un bloc de basalte. Les circonstances de la mort et la menace pesant toujours sur le site[42] sont alors significativement rappelées par le cadrage d'Amodio qui place le moulage exactement dans l'axe du volcan, montré à l'arrière-plan. Cette vue, jouant sur les contrastes chromatiques sur trois plans (moulage en plâtre blanc/pierres noires/Vésuve dans la brume claire), devient une référence puisqu'elle est choisie comme couverture du guide Scafati de Pompéi dans l'édition de 1877, où il est à noter que l'on a accentué, dans le dessin tiré de la photographie, la fumée du Vésuve (figure 5a et b).

Le corps est littéralement « sous la colère du Vésuve » : la photographie sert ici le spectaculaire, le sensationnel de la restitution, par l'archéologie, d'un moment ultime de l'agonie, et le pathétique ; elle sert d'appui à des développements lyriques où le Vésuve est personnifié[43].

- *Des dossiers de photographies pionnières analysant le phénomène éruptif en 1858 et 1872*

Le grand problème auquel les photographes du XIXe se heurtent, c'est qu'ils ne peuvent pas prendre l'éruption de nuit, ce qui était de loin préféré par les peintres avant l'invention de la photographie, à cause des

---

[41] Pierre Gusman est un graveur, historien de l'art et photographe à ses heures, qui a publié un riche guide thématique sur Pompéi et l'art romain, en s'appuyant sur des centaines de photographies qu'il a réalisées sur place lors de différents voyages (1894-1904), mais aussi sur des photographies qu'il a achetées aux studios professionnels de Naples (Sommer, Rive, Brogi) (Gusman, 1899, p. 6).

[42] Amodio, album de 1873 (collection particulière), photographie n° 4230 : « La femme enceinte, fouilles 1868 ». Photographie anonyme stéréoscopique de « Empreintes humaines de mère et fille », édition « Vues d'Italie ». « Empreinte humaine : un esclave, fouilles 1863 », format mezzana. Le n° 1616 est le même cliché en stéréoscopie.

[43] « on sent qu'elle s'est débattue longtemps dans d'horribles souffrances : son attitude est celle de l'agonie, non celle de la mort, […] on voit surtout sa dernière heure comme si on était là, sous la colère du Vésuve » (Monnier, 1864, p. 416).

laves en rouge/orangé. Les photographes ont donc du mal à rendre une activité éruptive de façon saisissante.

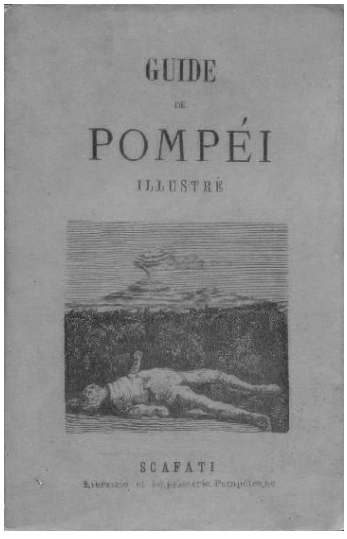


Figure 5a et b - Michele Amodio, 1868, n° 4230 : Pompéi, « Empreinte humaine : une femme enceinte. Fouilles 1868 » devant le Vésuve fumant ; couverture du guide Scafati de 1877 (Source : collection particulière)

De jour, c'est de la fumée blanche et éventuellement une masse noire (s'il y a de la lave qui est refroidie en surface) que l'on voit descendre les versants. Les photographies d'éruption[44] datent au mieux de 1858 et on ne montre que les laves coulantes, sans pouvoir prendre aucune projection de matériaux, à cause du temps de pose, et ce jusque dans les années 1880.

Des corpus photographiques, témoins documentaires de terrain en 1858

Alphonse Bernoud a photographié l'éruption du 26 mai 1858[45] et le séisme du 16 décembre 1857. C'est un exceptionnel reportage photographique sur place (Fanelli, 2012, p. 10), qui est une base servant aux comptes rendus d'actualité du monde scientifique. Il est tout à fait intéressant de constater que l'*Illustration* va acheter ses photographies pour un article de Marc Monnier (1858), publié le 19 juin sous forme de lettre[46] qui traite ensemble le tremblement de terre[47] et l'éruption, avec des illustrations xylo-

[44] Il n'y a pas, à ce jour, de daguerréotypes du Vésuve. John Ruskin, dont la collection représente l'ensemble le plus vaste de vues daguerréotypées d'Italie, et pour lequel c'est un media « plus valable du point de vue de l'information que n'importe quel croquis » (lettre de 1846), préfère par exemple dessiner le Vésuve, alors qu'il photographie Pompéi, Naples, Pouzzoles.

[45] En mai 1858 a lieu une forte éruption, où le grand cône se fend en deux, une fissure se crée sur le flanc nord. Une troisième bouche s'ouvre plus bas, avec quatre petits cônes. Le ravin du Fosso Grande est rempli en partie par les coulées. L'éruption dure jusqu'à fin juin. Voir Chevalier, 1871 p. 165-175 d'après le témoignage d'un guide local et Bourlot, 1867, p. 172.

[46] La date de la lettre est le 31 mai 1858. Voir la revue *L'Illustration* : 1843-1880, Giovanni Fanelli, décembre 2015 : http://www.history photography.org/doc /illustration.pdf

[47] Le séisme a tué 3000 personnes sur 7000 habitants de Montemurro (épicentre). Robert Mallet, ingénieur irlandais, fait un rapport scientifique d'une mission de terrain sur le tremblement de terre, financée par la Royal Society de Londres, *The Earthquake Catalogue of the British Association*, avec 341 illustrations : toutes sont tirées des photos de Bernoud et d'un autre photographe français, sans doute Claude Grillet (écorché en Grellier dans l'ouvrage anglais). Selon le manuscrit de Mallet, 120 vues stéréoscopiques et 36 vues monoscopiques, dont la plupart de Bernoud, furent utilisées. *The Illustrated London News* publie le 23 janvier 1858 un article de son correspondant local (anonyme) sur le séisme, avec deux illustrations tirées des photos de Bernoud, qui n'est pas cité nominativement (légendées « from photograph » : photographies prises à Potenza) (*The great earthquake in Naples*, p. 76*)*. Un second dossier est publié le 20 février 1858 (*Effects of the last earthquake in Naples, from photographs*, p. 181).

graphiques tirées des stéréoscopies de Bernoud[48]. Si l'on recense ses photos d'après les catalogues publiés à Florence (Fanelli, 2012, p. 9), Bernoud a fait deux séries concernant l'éruption du 26 mai 1858, qui apparaissent respectivement dans le catalogue de 1864[49] aux dates du 15 janvier 1863 et du 15 mars 1863. La liste des légendes de Bernoud montre le souci de faire un compte rendu précis et scientifique de l'éruption de 1858 : cadre et différents sites touchés par l'éruption (avec la limite des coulées), formation de nouveaux cratères secondaires, événements précis (coulées qui coupent la route « royale » en plusieurs endroits, formation d'une fissure, risques et dégâts humains et matériels, n° 88), formations géologiques (n° 80), et même vitesse de la lave[50]. L'Observatoire scientifique est dûment montré en arrière-plan des laves de la coulée en cours ou comme sujet principal (n° 80, 91). Il est en effet une étape importante des montées au Vésuve[51]. Les photos originales sont en stéréoscopie (8,4 x 17,3 cm), et elles sont peu contrastées : la lave en fusion apparaît apparaît sous la forme d'une zone blanche et/ou de fumée (n° 90, 99, 105) (figure 6), en contraste avec des laves refroidies, en noir[52].

L'insistance est mise sur la masse des laves et leurs formes selon leur fluidité ou viscosité (n° 106) (laves cordées, tunnels), et sur le tracé des coulées et les dégâts occasionnés par l'éruption (la coupure de la route royale, n° 86, ou les maisons atteintes, n° 83, 88) avec, souvent, un ou plusieurs guides à côté (n° 83), que l'on va faire disparaître dans la gravure pour la

---

[48] Bernoud a pris vingt-sept vues de l'éruption du 26 mai 1858. Trois apparaissent dans l'article. Voir notre annexe pour la liste des vues.

[49] *Catalogo delle fotografie pubblicate da Alfonso Bernoud fotografo di S.M. il Re d'Italia e di S.A.R. il principe di Carignano* (1864). Voir notre annexe et Fanelli, 2012, p. 35 et 39. Malheureusement, les légendes manuscrites au dos des photographies ne correspondent pas mot pour mot avec celles du catalogue, et les numéros indiqués sur les vues ne sont pas indiqués dans le catalogue, mais ils semblent suivre la progression de la route suivie par Bernoud vers le cratère et les coulées (n° 79 à 106).

[50] Voir le catalogue de Bernoud pour cette série, en annexe.

[51] Quand un visiteur a accès à la collection de l'observatoire, il peut voir des minéraux : la qualité de la collection est soulignée par le docteur Guiraud qui dit avoir vu les instruments de Palmieri.

[52] Bernoud, n° 90, stéréoscopie. Victoria and Albert Museum, Londres, inv. E.1415-1992. Légende manuscrite erronée pour la date au dos : « Cratère de torrent de lave, 1859, Vésuve ». Robert Rive a le même problème de rendu quand il fait des photos en 1865 qui montrent le Vésuve avec des coulées qui descendent et une fumée blanche. Voir plus loin, la vue n° 48, figure 23. En 1895, une photographie de Brogi (n° 10284) prouve que le problème se pose encore.

publication (n° 79). Dans la page illustrée de la revue, on a amplifié le côté sensationnel des titres en modifiant les légendes des trois photographies choisies : « Montagne de lave obstruant l'ancienne route du Vésuve » (au lieu de « Lave refroidie », n° 79) ; « Fossé de Pharaon et observatoire du Vésuve » (n° 80) (figure 7a et b) ; « Façade de l'observatoire du Vésuve » et on y mêle des ruines dues au séisme de décembre 1857.

Figure 6 - Alphonse Bernoud, n° 90, 1858 : lave en fusion et refroidie, le cratère principal en ligne de fond (Source : Victoria and Albert Museum, Londres)

Figure 7a et b - Alphonse Bernoud, n° 80, 1858 : photo originale et gravure publiées dans L'Illustration *(Source : Victoria and Albert Museum, Londres)*

Par ses vues constituées en séries sur un événement, la photographie acquiert donc indubitablement une valeur de témoignage documentaire pour l'observation des phénomènes en sciences de la Terre en cette année 1858[53]. Dans le numéro du 29 octobre 1859 de la revue *La Lumière*, M. de la Gavinie considère que la série stéréoscopique de Charles-Henri Plaut, réalisée pour la même éruption[54] est « une bonne fortune pour la science »[55]. La série de Plaut comporte une numérotation[56], un titre de la vue manuscrit ou sur étiquette imprimée, et surtout un commentaire extrêmement précis sur le phénomène photographié[57], à l'exemple de celui qui est commun aux vues n° 320 et 327 (figure 8) : « La lave que lance le Vésuve atteint une vitesse de 1,000 mètres par heure à sa sortie du cratère. Elle conserve sa chaleur très longtemps, on a vu des laves qui neuf mois après leur éruption étaient encore chaudes, et continuaient à s'avancer sur une pente en parcourant un mètre par heure. » La revue va reprendre mot pour mot ce commentaire de Plaut et salue ce reportage en le qualifiant de « conquête photographique ».

---

53 Nous avons trouvé deux photographies de Rive (n° 233 et 234) qui montrent de loin (Naples) l'éruption de novembre 1868 (avec légende datée).

54 Vues stéréoscopiques de Charles-Henri Plaut, *Vues d''Italie, Naples et environs*, photographies sur papier albuminé d'après des négatifs sur verre au collodion ; 8,6 x 17,3 cm. Charles-Henri Plaut est né en 1819 et mort après 1870. Voir www.historyphotography.org/doc/Plaut_Fanelli.pdf. La chaleur à proximité de la coulée était telle que l'appareil photographique de Plaut explosa.

55 « M. Plaute [sic], dont nos lecteurs apprécient l'intelligence et le mérite, a rapporté parmi sa collection d'épreuves, intitulée : Italie, des vues du Vésuve et du travail de l'éruption. C'est une bonne fortune pour la science et un appât sérieux pour la curiosité. On peut suivre pas à pas, pour ainsi dire, l'œuvre destructrice de la lave. […] Le grand cône du volcan où s'est ouvert le nouveau cratère du Vésuve, nous pouvons le contempler dans la première épreuve de M. Plaute [sic]. La lave sort souterrainement du bas du cône, on voit les lames de cendres s'avancer peu à peu et ne laisser derrière elles, à la place de l'abondance et de la vie, que la désolation et la mort. […] M. Plaute [sic] a admirablement procédé pour arriver à donner une idée complète des ravages exercés par l'éruption, qui depuis plus d'un an est continuelle et souterraine. Nous devons également le féliciter au point de vue artistique et au point de vue du courage. » (La Gavinie, 1859, p. 175)

56 Voir notre annexe pour la liste des vues concernant le volcan. Le catalogue est publié en 1865. La série sur *L'Italie, sur Naples et environs*, concerne les numéros 286 à 334.

57 Fanelli les nomme « didascalies » (www.historyphotography.org/doc/PLAUT_Fanelli.pdf, p. 66).

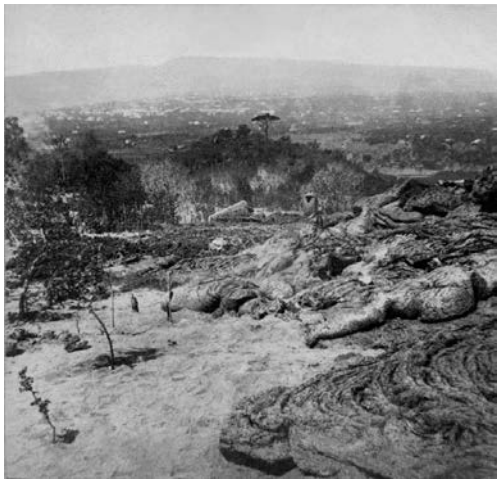


Figure 8 - Charles-Henri Plaut, n° 327 : « Laves arrêtées par un obstacle »
(Source : d'après Giovanni Fanelli)

La série de Plaut suit une méthode précise et rigoureuse, décrivant l'origine de la lave au sommet, le mouvement de la coulée, le remblai constitué par la lave refroidie, la dérivation ou l'arrêt de la coulée par ce remblai, les destructions de la végétation et des habitations par la coulée : elle nourrit un véritable dossier scientifique où chaque observation est prouvée par une ou plusieurs vues. Cette perspective d'étude novatrice de l'éruption par un riche dossier photographique va être renforcée avec les célèbres vues de l'éruption de 1872.

L'éruption de 1872 et son séquençage

Le 26 avril 1872, dans le secteur nord-ouest du volcan, une éruption impressionnante[58] par son nuage de cendres en forme de pin parasol va

[58] « Parmi les éruptions modernes importantes, […] celle des 24-30 avril 1872. Durant ces journées, les laves s'élancèrent presque de tous les côtés, du N.-E., du Sud, de l'Ouest, etc., principalement de l'Atrio del Cavallo, où un torrent considérable jaillit si subitement et avec tant de violence, le 26 au matin, que, parmi les nombreuses personnes qui se trouvaient en observation près de là, une vingtaine y trouvèrent la mort, et il y en eut encore de blessés par les pierres que lança le cône principal. Le torrent descendit jusqu'à Massa di Somma et S. Sebastiano, et détruisit en partie les deux villages. Il parcourut 5 kil. en 12 h. En même temps, les bouches volcaniques du sommet lancèrent leurs laves et leurs cendres mêlées de pierres ardentes et de matières incandescentes, à une hauteur de

devenir un sujet privilégié. Une fissure s'ouvre, et vingt millions de mètres cubes de lave envahissent l'Atrio del Cavallo, coupant la retraite à vingt spectateurs imprudents qui périssent[59]. Le fleuve de lave se divise en deux bras au niveau de la colline de l'Observatoire volcanologique. La coulée du nord passe à travers Fosso della Vetrana, Fosso Faraone, détruit Massa et San Sebastiano. Le deuxième bras de lave descend au sud de l'observatoire, les volcanologues qui travaillent dans le bâtiment (dont le directeur, Palmieri) sont entourés par les coulées, et isolés du monde pendant quatre jours[60]. Une troisième coulée de lave part vers le sud-ouest[61]. Les studios napolitains proposent tous[62] un cliché du 26 avril depuis Naples, avec l'énorme nuage de cendres qui s'étend vers le sud-est, qui devient représentatif de l'importante éruption. Il est en effet très diffusé et utilisé pour des publications : un article du numéro de juin 1872 de *L'Illustration*[63] narrant l'événement utilise par exemple une photographie de Bernoud[64], qui vend sa photographie sous plusieurs formats, dont un à la découpe originale, arrondie dans un cache. La place prise par la photographie pour rendre compte fidèlement et exactement de l'éruption est d'autant plus acquise lors

1300 m., les cendres même jusqu'au double de cette hauteur, de telle sorte que les courants aériens en entraînèrent jusqu'à Cosenza (230 kil.) » (Baedeker, 1896). Un rapport sur l'éruption est fait dans la Revue allemande de géologie par Albert Heim (1873).

59 Le docteur Guiraud veut, le jour de l'éruption de 1872, aller jusqu'au cône mais dit devoir renoncer face aux difficultés et aux risques. Il va « à la lave dont l'extrémité était dans l'Atrio del Cavallo » et où un autre cratère s'est ouvert. Il évoque une chute de lapilli avec incandescence, trois courants de « lave rouge cerise » qui descendent les flancs du Vésuve par des ravins. Il commente la largeur des fleuves de lave. Il observe que la lave se fige en surface et avance très lentement. Les bâtons qui y sont plongés s'y enflamment aussitôt. Les voyageurs s'amusent. Mais il raconte le lendemain les morts, suite à l'ouverture d'un cratère dans l'Atrio del Cavallo et à une coulée brutale qui a enseveli des gens.

60 À la fin de l'activité effusive, le 27 avril au soir, de fortes explosions ont eu lieu au cratère sommital. La chambre magmatique, qui se trouvait sous le cratère sommital, ayant été probablement en grande partie vidée de son contenu, finit par s'effondrer le 1er mai, créant ainsi une petite caldeira avec des murs verticaux d'environ 250 m de profondeur.

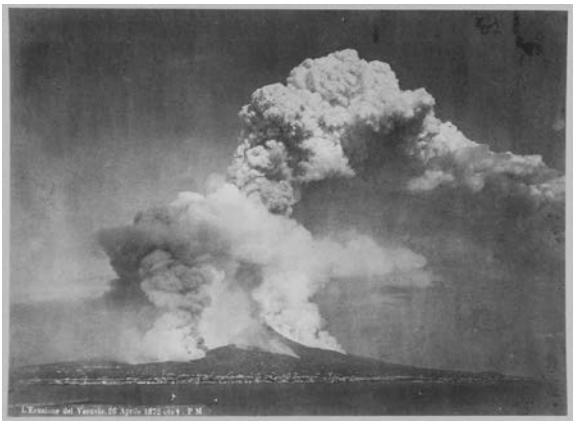
61 Voir la carte figurant les coulées de 1872, figure 1.

62 Rive (voir catalogue en annexe) fait une série (n° 300 et suivants).

63 « Éruption du Vésuve », *L'Illustration*, n° 1524, 11 juin 1872, p. 292.

64 Il est indiqué que la photographie a été faite à 16h depuis la terrasse de Santa Lucia.

de cette éruption[65] que sa technique permet aussi une innovation que n'auraient pas permis la peinture ou le dessin : le séquençage par Sommer de cette éruption du 26 avril[66], qui marque l'histoire de la photographie. Il photographie par étapes, de demi-heure en demi-heure (au total entre 14h et 17h) et réalise un dossier retraçant le déroulement de l'éruption[67].



[65] Le peintre Giuseppe De Nittis réalise une toile intitulée *Pluie de cendres* en 1872, où il aurait eu recours à une photographie de Sommer pour représenter minutieusement les volutes énormes de fumée (Drahos, 2014, p. 76-77).

[66] C'est une vue de Sommer à cette date qui figure dans un album souvenir vendu avec, en-dessous de la photographie, un échantillon de lave inséré dans l'épaisseur de l'album.

[67] Ce n'est pas encore de la chronophotographie.

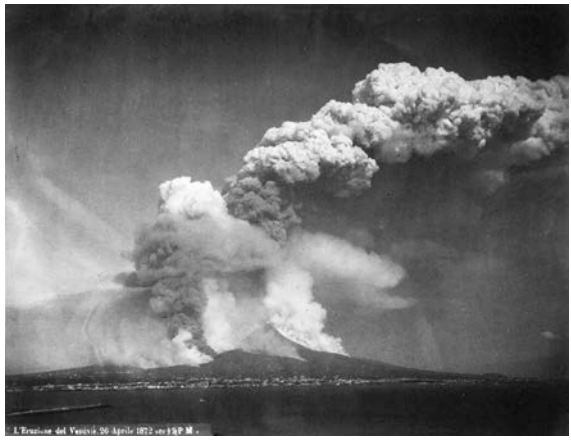


Figure 9a, b, c et d - Giorgio Sommer : éruption du 26 avril 1872, 15h, 16h, 16h30, 17h (Source : Wikimedia commons et Victoria and Albert Museum, Londres)

Chaque photographie, cadrée de la même façon depuis Naples, comporte l'heure de prise de vue[68] et montre l'évolution du nuage éruptif et des trois coulées sur les versants ouest et sud du Vésuve ; elle devient un élément d'information sur les vents dominants et les parcours de la lave, au moins sur le versant visible depuis Naples, selon les moments de l'éruption.

[68] On a ainsi 14h, 14h30, 15h, 15h30, 16h, 16h30, 17h. Certains de ces clichés ne sont pas légendés avec l'heure (n° 2503).

Simultanément à l'ouverture de la fissure, le professeur Palmieri, volcanologue directeur de l'observatoire, décrit la création de deux grands cratères sommitaux accompagnés d'explosions extrêmement bruyantes et d'une colonne plinienne (mélange de gaz, cendres volcaniques et bombes incandescentes) atteignant 1300 m de hauteur environ (Palmieri, 1873). C'est le grand panache de fumée foncée au centre des photos. C'est d'ailleurs l'une de ces photographies[69] que sélectionnera à titre démonstratif Pierre Gusman, dans *Pompéi, la ville, les mœurs, les arts*, dont il a tiré un dessin personnel pour son chapitre de présentation du Vésuve et du site[70].

Cette vue est un tel succès[71] qu'on en trouve des versions généreusement colorisées, résolvant de ce fait le problème de la monochromie et du seul panache de fumée blanc, très réducteur et peu évocateur, pour évoquer les fleuves de lave. Les coulées sont très nettement accentuées par la colorisation, on recherche le spectaculaire (figure 10).

Luigi Palmieri, directeur de l'Observatoire, publie en 1873 un ouvrage sur l'éruption de 1872. Il comporte huit planches, dont cinq sont des gravures tirées de photographies dont l'auteur n'est malheureusement pas précisé, mais vraisemblablement Sommer ou Bernoud (Palmieri, 1873, p. 139, table des illustrations). Il reproduit en planche IV la vue du Vésuve depuis Naples, le 26 avril 1872, avec des légendes très précises liées à des lettres insérées sur le dessin (figure 11). L'éjection de matériaux au sommet du cône principal a été accentuée sur le dessin.

De fait, la vue depuis Naples permet de différencier trois fissures éruptives (n° 3, 5, 6, en jaune), sept lieux dont San Sebastiano et Massa (n° 4, en rouge) et l'Observatoire (n° 1, en bleu) ; les légendes développées par Palmieri précisent que la coulée n° 3 est une « éruption de fumée, de cendres, avec des pierres qui sortent de la surface de la lave », alors que la n° 5 est « de la lave qui prit la direction de Resina » et la n° 6 « venait du cratère et prit la direction de Camaldoli » (Palmieri, 1873, p. 139, table des illustrations). La photographie est devenue l'auxiliaire privilégié de la démonstration scientifique du directeur de l'Observatoire.

---

[69] Il s'agit de la photo faite à 17h, qui est la plus vendue, notamment en format stéréoscopique. Ce sont les photographies de 16h et 17h qui sont réutilisées par montage par Rive et Amodio (pour les n° 4125 et 4126).

[70] Sous le dessin, datant l'éruption de 1872 en légende, il est indiqué « d'après une photographie » sans précision ni du nom de Sommer, ni de l'heure (Gusman, 1899, p. 13).

[71] Comme l'a fait remarquer Fanelli (2014, p. 32), il est probable que Rive et Amodio, en plus de Chauffourier (n° 5475) aient utilisé le négatif de Sommer de 17h, en le recomposant avec un autre premier plan (avec deux négatifs).

Figure 10 - Giorgio Sommer, n° 2503 colorisé (sur verre) : éruption de 1872 (Source : Wikimedia commons)

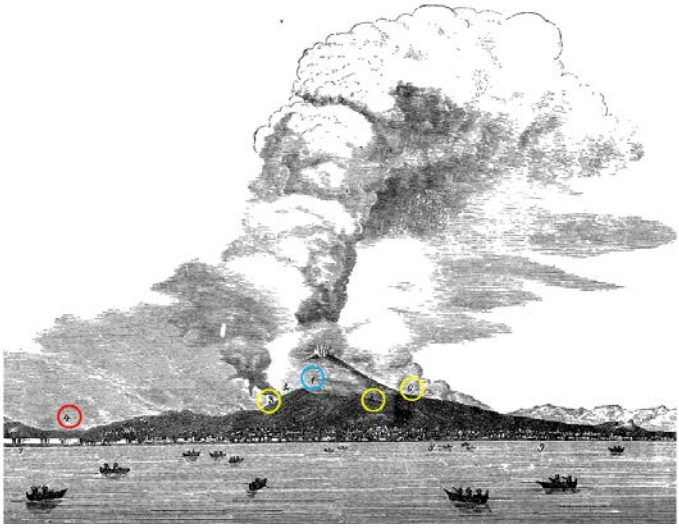


Figure 11 - Luigi Palmieri : éruption du Vésuve de 1872, planche IV avec annotations (Source : University of Michigan Library)

- *Montrer les destructions*

En 1858[72] et surtout en 1872, les photographes napolitains sont allés sur place observer les destructions à Massa et San Sebastiano (au nord-ouest du Vésuve : voir carte, figure 1) alors que les laves sont encore fumantes[73]. Rive et Amodio ont par exemple pris une photo identique et saisissante où la lave fumante est à l'arrière-plan des maisons prises de façon surplombante et cernées par la coulée. La fumée est plus importante sur la photographie prise par Rive (figure 12), qui a dû arriver plus tôt que son confrère[74].

Figure 12 - Robert Rive, n° 311 : « San Sebastiano détruite par la lave du 26 avril 1872 » (Source : Wikimedia commons)

En format *mezzana,* cinq photographies de Rive composent un dossier documentant cette éruption : une seule concerne la lave et le phénomène éruptif, les autres sont sur les destructions de San Sebastiano et Massa. Elles apparaissent encore dans le catalogue de Rive en 1880 et années suivantes, ce qui prouve leur succès[75]. Les photographies de la destruction

[72] Bernoud, n° 88.

[73] Voir, en annexe, les catalogues des photographes à ce sujet.

[74] Amodio, n° 4131.

[75] Leurs numéros vont de 303 à 311, et des photographies du funiculaire, qui date de 1880, se trouvent intercalées.

des deux villages figurent aussi aux catalogues d'Amodio et de Sommer[76] de 1873. Dans un album que Sommer vend sur *Naples et ses environs*[77], il y a plusieurs pages consacrées à ce sujet (figure 13), composant un véritable reportage, où il est précisé sous les photographies que « les laves ont parcouru 5 km en 12 heures », que « le torrent de lave avait un km de large et 6 m d'épaisseur » et que « la ville entière (de San Sebastiano) disparut sous les cendres ».

Figure 13 - Giorgio Sommer : ruines de San Sebastiano en 1872
(Source : collection particulière)

Il reste deux de ces vues sur San Sebastiano dans le catalogue de 1886 (n° 6113 et 6112) : même plusieurs années après, pour montrer la puissance dévastatrice du volcan, Sommer conserve au catalogue ces photographies marquantes car spectaculaires, qui plaisent au public. Elles sont rachetées et reproduites par gravure dans plusieurs journaux de l'époque en Europe, qui légendent les gravures en précisant « d'après photographie de Sommer, Napoli » (figure 14).

[76] On constate que des photographies de Sommer sont presque identiques à celles de Rive, n° 307 et 308.

[77] Un exemplaire se trouve à la Bibliothèque nationale de France, département Estampes et photographie, FOL-VF-288 (1), consultable sur *Gallica*.

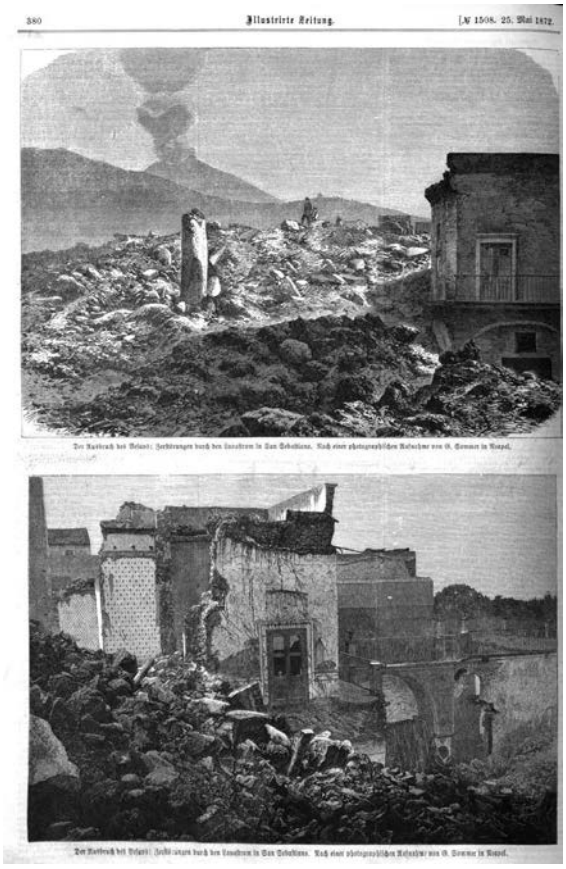


Figure 14 - Les villages sinistrés en 1872, publication allemande dans Illustrirte Zeintung, n° 1508, 25 mai 1872, p. 380, d'après Giorgio Sommer (Source : Bayerische Bibliothek en ligne)

Dans un cliché saisissant, Sommer montre aussi les habitants de Massa immédiatement réinstallés à quelques mètres des laves, devant leurs maisons (figure 15)[78].

Bien qu'informatives sur l'importance des destructions de l'éruption de 1872 à Massa et San Sebastiano, toutes ces photographies sont très construites et recherchent le spectaculaire. Elles restent imprécises quant au lieu exact, à l'heure et date de prise de vue, à l'orientation choisie.

[78] Cette photo va être reprise par Gustavo Scraforello (1896, p. 52).

Figure 15 - Giorgio Sommer : après l'éruption de 1872
(Source : collection particulière)

Le fait même de placer des hommes sur les coulées ou sur les ruines sert le sensationnalisme, et leur succès dans les journaux de l'époque est révélateur. En est-il de même pour les vues centrées sur les laves, hors de tout élément anthropique ?

La photographie à l'appui des études de morphologie volcanique

- *Des laves photogéniques dont la nature est examinée*

Les laves refroidies

Si les textes publiés à l'époque peuvent évoquer les différents minéraux trouvés et analysés sur place par les savants de l'Observatoire , les vues des éruptions doivent se contenter de manifester une très bonne attention aux différentes laves (« anciennes » , « après refroidies », « récentes » et nouvelles), à leur éventuelle fluidité, et surtout au phénomène de refroidissement, qui crée des formes variables. Ainsi montre-t-on blocs déchiquetés, laves cordées, tunnels, dykes, qui peuvent ensuite servir les publications scientifiques (figure 16).

Figure 16 - Michele Amodio, n° 4146 : « Lave après refroidie »
(Source : collection particulière)

Figure 17 - Giorgio Sommer, n° 292 : « Lave du Vésuve »
(Source : Wikimedia commons)

Sur cette photographie (figure 17) qui est une des premières faites sur le Vésuve par Sommer (avant 1865), la fin de la coulée refroidie est très bien montrée avec ses boursouflures, avec l'Observatoire au second plan, et un côté de la Somma en arrière-plan.

Mais les laves déchiquetées et leurs formes hétérogènes, illustrant une nature déchaînée et incontrôlable, sont mises aussi en contraste avec l'ordre et l'aménagement de la main de l'homme (figure 18) :

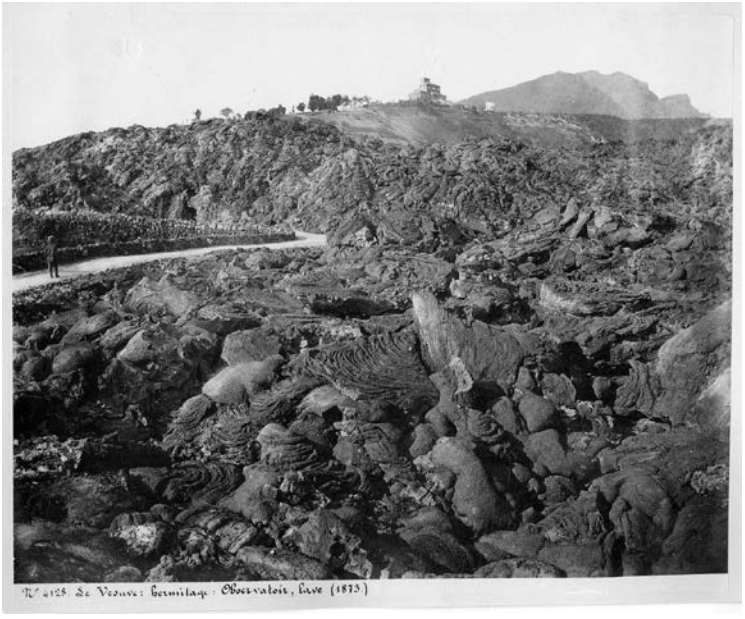


Figure 18 - Michele Amodio, n° 4128 : « Le Vésuve : hermitage (sic). Observatoire, lave (1873) » (Source : collection particulière)

Sur cette vue d'Amodio en 1873, le cadrage a été soigneusement choisi : la route, dont le blanc se détache sur le chaos noir des laves aux formes variées, a été retracée avec soin après la destruction de 1872, et est entourée par un muret très soigné. On observe que les laves n'ont pas atteint l'Observatoire, juché sur sa colline. Chez Sommer, de même, le contraste frappant entre la route nouvellement tracée après l'éruption destructrice et les laves noires et récentes est ici volontairement mis en exergue (figure 19).

Figure 19 - Giorgio Sommer : laves et route
(Source : collection particulière)

La violence destructrice de la nature, sa puissance, magnifiée par la disproportion entre le champ de lave et la taille de l'homme (dans les deux cas, un homme, sur la route, sert d'échelle) est confrontée à l'aménagement du terrain. En fondu derrière, sur la photographie de Sommer, le cône du Vésuve, à la fumée retravaillée et accentuée sur le négatif, rappelle la menace permanente exercée par le volcan et la vaine tentative de l'homme pour lutter contre une destruction inévitablement récurrente.

En 1890, la firme Underwood vend une vue stéréoscopique très réussie avec des laves cordées au premier plan, évoquant le flux du torrent de lave, et avec un enfant et un adulte (au fond) assis dessus, et au loin, le cône (figure 20). La légende est évocatrice : le but n'est pas de caractériser un type de lave refroidie dans un but de classification typologique, mais d'en montrer « la sauvagerie ».

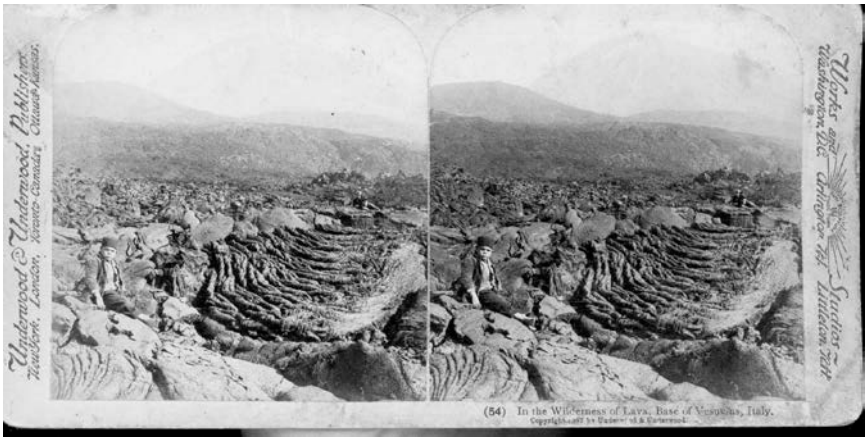


Figure 20 - Underwood, n° 54 (1890) : « Dans la sauvagerie de la lave, à la base du Vésuve » (Source : collection particulière)

Attachés à susciter une identification du touriste, qui reste leur premier acheteur, les photographes veulent également montrer que l'on peut marcher sur les laves à peine refroidies en surface, pour ensuite y plonger un bâton qui va s'enflammer (figure 21).

Figure 21 - Giorgio Sommer, n° 6138 : « Lave du Vésuve » (Source : Wikimedia commons)

C'est pour cela que l'on a un ensemble de clichés avec la mise en scène de voyageurs et de guides[79], qui servent aussi à donner une échelle.

Les laves « coulantes »

L'image monochrome ne permet pas de montrer de façon efficace la matière ignée en instantané avant la photographie en couleur. Nous avons vu un peu plus tôt qu'on avait recouru à la colorisation des clichés pour évoquer le rouge des coulées. L'expression « lave coulante », qu'on trouve par exemple dans le traité de Bourlot[80], est fréquente dans les légendes de l'époque, pour pallier cette déficience de l'image et pour montrer l'écart entre la lave de surface refroidie et celle qui sort, plus claire, du tunnel (Amodio, n° 4120 : au premier plan, à gauche, figure 22a). Bien souvent, en effet, le torrent de feu est réduit visuellement à une traînée blanche avec un halo de fumée (Amodio, n° 4149, figure 22b).

Figure 22a et b - Michele Amodio, n° 4120 et 4149 : « Le Vesuve (sic) : lave coulante, 1872 » (Source : collection particulière)

Seule la fumée émise par la coulée prise par Rive depuis une rive où les laves sont refroidies, au premier plan, peut évoquer la lave chaude, descendue très bas puisque la vue montre qu'elle a atteint les arbres du bas des versants (figure 23).

---

[79] La photographie de Sommer, présentée ici (n° 6138), est comparable, par sa mise en scène (touriste en robe longue claire et guide avec long bâton), à une autre de Sommer où l'Observatoire est en arrière-plan : n° 6139, mais où les personnages sont de dos.

[80] « Lave coulante comme si c'eût été de l'eau » (Bourlot, 1867, p. 173).

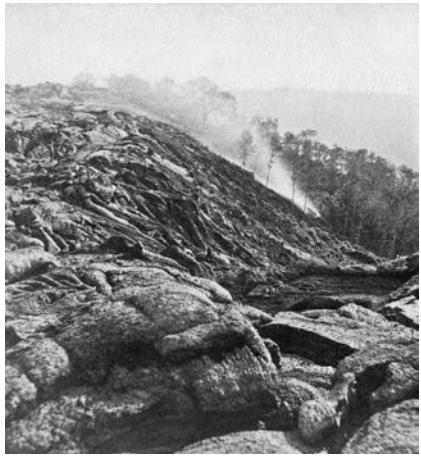


Figure 23 - Robert Rive, n° 48 : laves en stéréoscopie (Source : collection particulière)

Instantanéité photographique et éjection des matériaux hors du cône

Le but pour les photographes va être d'arriver à montrer l'éjection des scories du cône principal[81]. Encore faut-il s'approcher tout près du cratère, voire y pénétrer, ce qui est surtout fait à partir de 1880. La photographie de Sommer portant pour titre « Cratère 1880 »[82] montre le volcan éjectant ses matériaux[83], que l'on voit émerger sur le ciel clair (figure 24).

Mais comme le souligne en 1889 la revue *La Nature*, rares sont ceux qui « songent à emporter avec eux les appareils photographiques nécessaires pour reproduire un tel spectacle ». De ce fait, l'article de la revue, titré « Photographie instantanée du cratère du Vésuve » (figure 25), insiste sur « l'application de la photographie instantanée à l'étude des phénomènes de la nature en activité » et sur l'unicité de la vue prise par Georges Luys le 27 septembre 1889 « par une lumière très transparente vers 3 heures de l'après-midi […] [au moyen] d'un appareil à main de Marco Mendoza avec des plaques Lumière ».

---

[81] L'expression commune de l'époque est que le Vésuve « travaille, c'est-à-dire qu'il vomit des pierres » (Baedeker, 1869, p. 113).

[82] Elle ressemble au n° 2507 (« Cratère après 1888 ») et aux photographies des éditions Esposito, de 1895.

[83] « Si la vapeur se fait jour à travers ces masses qu'elle soulève, celles-ci sont rejetées en débris, dont les plus gros sont les scories (lapilli ou rapilli), tandis qu'on appelle cendre volcanique les matières pulvérisées comme du sable » (Baedeker, 1869, p. 111) (l'édition de 1896 reprend le même texte).

Figure 24 - Giorgio Sommer, n° 2546 : « Cratère, 1880 » (Source : collection particulière)

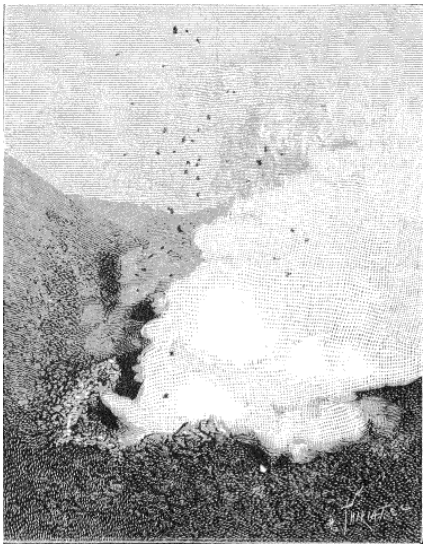


Figure 25 - Georges Luys dans La Nature, *1889 :*
« Photographie instantanée du cratère du Vésuve »
(Source : http://cnum.cnam.fr/CGI/redirv.cgi?4KY28.33)

Commentant la photographie reproduite en fac-similé qui est focalisée sur la bouche éruptive sans montrer le reste du cratère principal, l'article est précis : il évoque la taille du cratère, les vapeurs, la lave semi-fluide projetée en l'air (Tissandier, 1889). Grâce à son instantanéité, la photographie démontre donc sa capacité d'apport original aux publications scientifiques, quand on l'utilise pour étudier les phénomènes en activité, notamment les éjections de scories. Or les professionnels vont coloriser les tirages pour souligner l'incandescence des matériaux éjectés, invisible sur les photographies monochromes, mais ô combien représentative du phénomène éruptif. On colorie sur le positif, marquant non seulement les éjections de lave semi-fluide se détachant sur le nuage, mais aussi une coulée (partie gauche du sommet), pour montrer les différents modes d'éjection de matériaux (figure 26a et b).

Figure 26a et b - Edizione Esposito, n° 61 : éruption de 1895, cône et fumerolles, a. monochrome et b. colorisé sur positif (Source : collection particulière)[84]

[84] Esposito n° 58 est pratiquement identique.

Ce n'est que vers 1900 que les vues « plongent » dans le cratère sans montrer le moindre pan de ciel, quand la fumée n'obscurcit pas tout (figure 27) :

Figure 27- Anonyme, éditions White Co., n° 1720 : le cratère en 1902 (stéréoscopique recadrée) (Source : collection particulière)

Cependant, encore une fois, la légende (« awful crater ») montre que la photographie transmet ici la perception subjective largement diffusée par les récits de voyage[85] plus qu'une observation objective pouvant servir aux scientifiques.

La fertilité volcanique

Enfin, la fertilité exceptionnelle des terrains volcaniques est montrée dans quelques photographies, même si ce thème est moins développé que

[85] Chevalier (1871, p. 158) qualifie ainsi le cratère : « effroyable abîme ».

dans les écrits, qui célèbrent à l'envi la qualité variable des vins locaux et le rituel du Lacryma Christi bu lors de l'ascension du Vésuve[86], et où le paradoxe d'une fertilité renouvelée par les coulées qui ont d'abord détruit les champs et les récoltes est souligné. Soulignée par la légende « Vigne et lave », la présence de la vigne sur une coulée ancienne est mise en contraste dès 1858 par Bernoud avec une coulée plus récente dénuée de végétation, un guide marquant à la limite des deux zones[87] (figure 28).

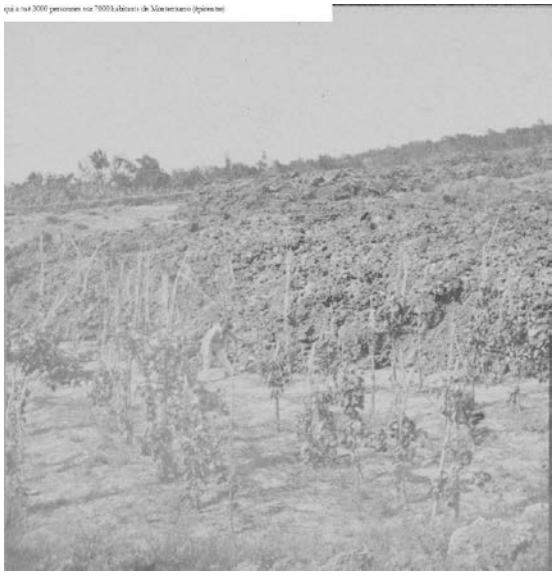


Figure 28 - Alphonse Bernoud, 1858, n° 344, stéréoscopique : « Vigne et lave » (manuscrit) (Source : Victoria and Albert Museum, Londres)

[86] « De Resina, il y a une bonne route qui se détache à g. de la route de Salerne, au-delà de l'entrée des fouilles d'Herculanum. Les vignes luxuriantes où l'on passe produisent le fameux vin muscat connu sous le nom de "lacryma-christi". Les paysans vous en offrent à leurs portes ; on fera bien de n'en accepter qu'au retour (1 fr.) » (Baedeker, 1896). Le docteur Carton (1900), dans son *Ascension mouvementée au Vésuve*, publiée dans le *Bulletin de la Société de Géographie de Lille*, le qualifie de « fameux vin qu'on récolte dans le pays », qu'on lui propose à l'aller comme au retour.

[87] Victoria and Albert Museum, Londres, Inv. E.1411-1992, Titre : « Vigne et lave » au dos de la photo.

Sur les photographies d'Amodio et celles d'un anonyme de 1895, à côté de coulées récentes canalisées par la vallée, on voit des vignes, sur le flanc de la colline de l'Observatoire ; pourtant, les légendes prouvent que le but premier du photographe n'est pas de souligner cette fertilité (figure 29a et b).

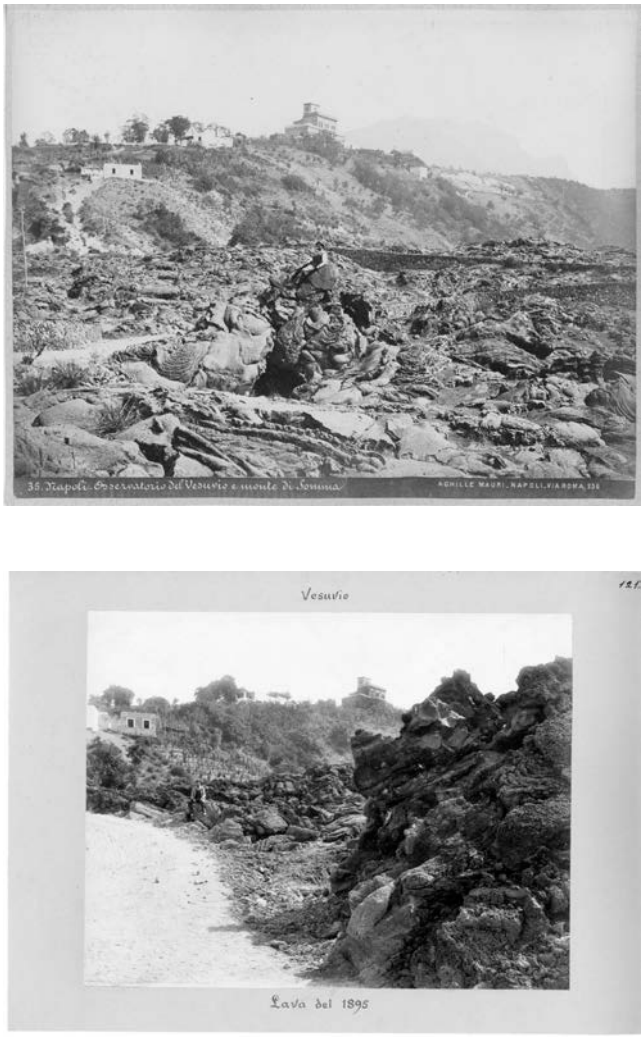


Figure 29a et b - Michele Amodio (Mauri) n° 35 : « Observatoire du Vésuve et Monte Somma » et Anonyme : laves de 1895 et vignes (Source : collection particulière)

- *Un ou des « cratère(s) »*

Au XIXe, les cartographies du Vésuve distinguent désormais[88] bien la structure de la Somma du Gran Cono[89]. Le Vésuve se présente en effet sous la forme d'un cône tronqué d'environ 450 km² à sa base et possède deux sommets distincts[90]. Au nord de l'édifice se dresse le « Mont Somma » (1149 m) qui est le point culminant de la caldeira vestige du volcan originel avant son effondrement de 79. Au sud, le « Gran Cono »[91] (aujourd'hui à 1281 m) est le point culminant de l'actuel Vésuve qui est venu progressivement s'édifier dans la caldeira de l'ancien volcan[92]. Le *Guide Baedeker* (Baedeker, p. 113) explique qu'on y monte « tant pour la vue que pour les minéraux et les plantes qu'on y trouve »[93]. Un photographe amateur a grimpé sur la paroi de la Somma et prend une vue panoramique en 1893 (figure 30).

Cette vue, originale par son cadrage qui veut montrer « le Vésuve et la vallée du Mont Somma », a pour intérêt de s'attacher à décrire la double structure du Vésuve par l'intérieur, avec l'enchâssement du Grand Cône dans la caldeira de la Somma (effondrée au sud, mais visible ici, dans sa partie nord à gauche de la photo), et pas seulement de loin (comme pour les vues lointaines mais trompeuses : figures 2, 3, 16, 17, 18).

---

88 Voir Beck (2004a, p. 155) : *L'Atlante Marittimo delle Due Sicilie et la Topografia dell'Agro Napoletano con le sue adjacenze,* dus au graveur Giovanni Antonio Zannoni (conservés à Naples, à la Biblioteca Nazionale), en sont la preuve dès 1796. Les planches, d'une clarté, d'une lisibilité et d'une précision encore inégalées, distinguent aisément les différents cratères et plateaux, ainsi que les nombreuses coulées de lave. Elles allient qualité artistique et rigueur scientifique, et constituent en outre, pour les chercheurs actuels, un précieux document historique. Dans le *Guide Joanne de l'Italie* de 1855, une carte, certes un peu datée, distingue nettement le Monte Somma du Monte Vesuvio.

89 Bourlot (1867, p. 7 et p. 10) décrit le Vésuve comme ayant « trois têtes » : le cône, la Somma, l'Ottajano, ces deux derniers étant séparés du cône actif par l'Atrio del Cavallo.

90 Voir, en figure 1, la carte publiée en 1888.

91 Le sommet du grand cône est coiffé d'un cratère aujourd'hui de 300 mètres de profondeur pour 400 mètres de diamètre, mais sa forme et sa hauteur ont beaucoup évolué durant les dernières décennies du XIXe siècle. Bourlot (1867, p. 7) distingue le « cône vésuvien à proprement dit ».

92 L'abbé C. Chevalier (1871, p. 138) propose « une coupe supposée du Vésuve et de la Somma » en y localisant l'Atrio del Cavallo, le cône actuel, le grand cratère, et des dykes.

93 Il est de plus précisé que, depuis quelques années, la Somma regorge de brigands.

Figure 30 - Anonyme : 8 avril 1893, Somma et Grand Cône avec la vallée couverte de laves entre les deux (Source : collection particulière)

En dépit de l'attention désormais portée par la communauté scientifique à la double forme du Vésuve qui évoque l'histoire ancienne du stratovolcan[94], les photographes des studios professionnels y accordent peu d'attention car leurs vues sont surtout destinées au grand public ; or les touristes ne montent que très rarement sur les flancs de la Somma, préférant suivre le cheminement le plus usuel à l'intérieur de la caldeira ouverte, vers le cône[95]. À cet égard, la photographie professionnelle napolitaine manque donc de précision dans ses légendes et n'apporte pas beaucoup d'informations nouvelles pour les savants[96]. Jean Andrieu[97] est à cet égard une excep-

[94] « La configuration cratériforme du Mont Somma, bien que défigurée par le cône de cendres de date plus récente, est encore aujourd'hui parfaitement reconnaissable. » (Baedeker, 1869, p. 110)

[95] Bourlot publie en 1867 une étude scientifique de l'histoire du Vésuve, et présente les trois voies d'accès au sommet.

[96] La photographie d'Amodio en figure 29a a une légende qui précise « la Somma », mais elle n'en est pas le sujet principal.

tion[98], car il prend une vue stéréoscopique en précisant en légende qu'il s'agit « des deux Vésuves », c'est-à-dire la Somma (« l'ancien ») et le Grand Cône (« le nouveau », à droite : figure 31).

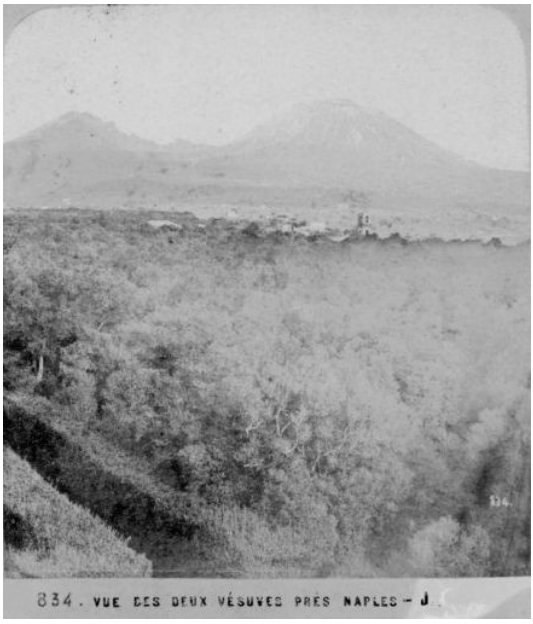


Figure 31 - Jean Andrieu, n° 834 : « Vue des deux Vésuves (sic) près Naples »
(Source : collection particulière)

C'est aussi Andrieu qui va montrer « l'intérieur du cratère de l'ancien Vésuve » (avant 1880) par cette vue originale en stéréoscopie, qui s'attache à montrer les bords abrupts de la Somma (figure 32).

---

[97] Photographe et éditeur de vues stéréoscopiques, actif à Paris entre 1862 et 1876. En 1872 son fonds est repris par Adolphe Block, qui continue à l'exploiter, en conservant la numérotation d'Andrieu et la marque « J. A. » sur les cartons de montage orangés ou jaunes, parfois bleu-violet.

[98] Andrieu est une exception à plusieurs égards : sa vue n° 1464 montre notamment le Grand Cône, avec des coulées récentes sombres se détachant sur les coulées plus anciennes, et il légende : « le Vésuve pris du côté où se fait l'ascension », c'est-à-dire le nord-est. L'orientation n'est presque jamais précisée par les autres photographes, comme nous l'avons souligné.

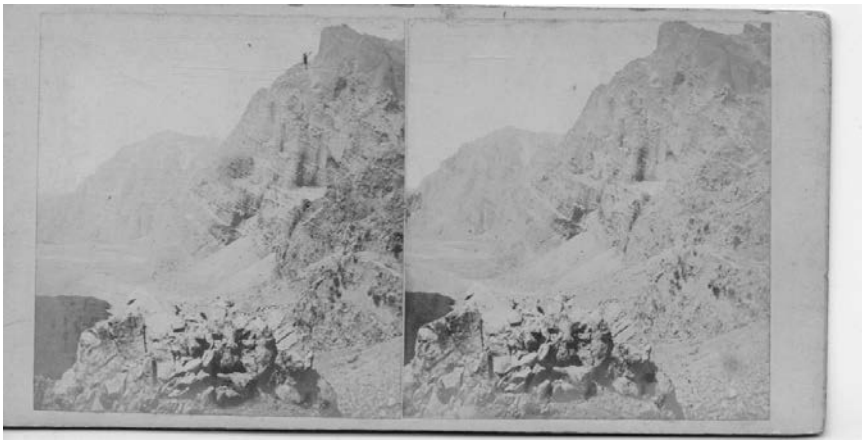


Figure 32 - Jean Andrieu, n° 1543 : « Intérieur du cratère de l'ancien Vésuve près Naples » (Source : collection personnelle)

Les éruptions de la fin du XIXe siècle font naître plusieurs cratères secondaires sur les flancs du Grand Cône, et ils attirent l'attention des photographes comme celle des auteurs des descriptions du volcan[99]. Dès 1868, Rive fait une photographie originale où deux cratères secondaires (avec deux panaches) se sont ouverts loin du cône principal, beaucoup plus bas (figure 33).

Malheureusement, si l'on ne confronte pas cette photographie avec une carte très précise de l'éruption de 1868, le manque d'information sur l'orientation et sur l'altitude de la prise de vue fait perdre tout intérêt scientifique, et la réduit à une simple illustration destinée au grand public avec un caractère pittoresque assuré par les quatre personnes au premier plan.

[99] « Chaque éruption en change la configuration et la hauteur, qui était de 1200 m. en 1845, qui s'est accrue ensuite jusqu'à 1297m et qui a particulièrement diminué dans l'éruption de 1895. La partie N.-E. est le mont Somma, dont la plus haute cime, la Punta del Nasone, est à 1137 m. au-dessus du niveau de la mer. Une vallée profonde, en forme de faucille, l'Atrio del Cavallo, sépare le Somma du Vésuve proprement dit. Le cône de cendres, au milieu duquel se trouve le cratère, a maintenant deux ouvertures, le cratère central et le nouveau cratère » (Baedeker, 1896, p. 109).

En fait, l'attention est surtout pointée sur la forme du cratère et du cône principal, que ce soit dans la littérature de l'époque[100] ou en photographie.

Figure 33 - Robert Rive, n° 233 : éruption de novembre 1868
(Source : collection particulière)

D'après sa légende, Amodio veut montrer en 1873 « la grande ouverture » du cône datant de 1872 (figure 34). Mais on n'a aucune idée du diamètre de l'ouverture, et en fait il s'agit plutôt d'effondrement de la chambre magmatique. Le vocabulaire manque de précision, et le plan n'est pas assez surplombant pour être probant, aucune orientation n'est donnée.

À partir de 1880, le cône est montré de près du côté du funiculaire, c'est-à-dire sur la face sud-ouest. Encore une fois non orientées, les vues soulignent le contraste chromatique entre les réalisations humaines (blanches) et les laves noires, et le but de la photographie est une mise en valeur anthropique, à vocation touristique, plus qu'une analyse de l'évolution structurelle du cône exploitable dans une publication scientifique (figure 35).

[100] « La forme du cratère varie après chaque éruption » (Du Pays, 1853, p. 583).

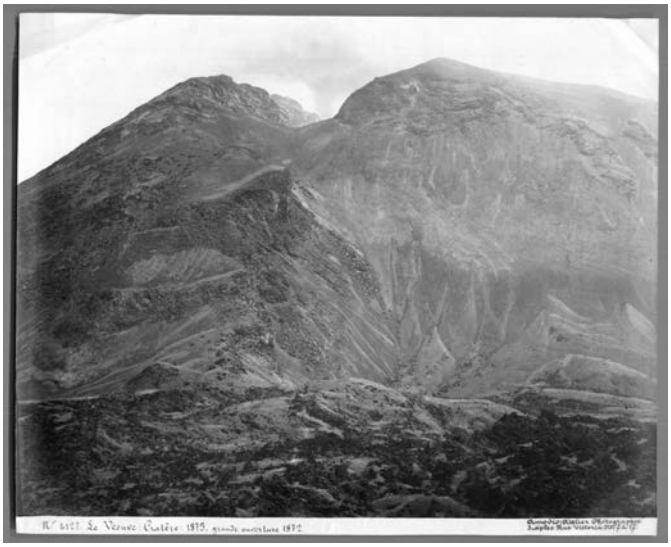


Figure 34 - Michele Amodio, n° 4127 : « Le Vésuve. Cratère de 1873, grande ouverture 1872 » (Source : Wikimedia commons)

Figure 35 - Michele Amodio : « Chemin de fer funiculaire du Vésuve » (après 1880) (Source : collection particulière)

Il faut savoir qu'à partir du 19 novembre 1895, le préfet de Résina interdit par ordonnance d'aller au cône supérieur du Vésuve sans un guide autorisé par la Commune de Résina, sauf dans un but topographique ou géologique, sous couvert du directeur de l'Observatoire. Il est précisé dans l'article 7 de l'ordonnance que l'on peut voir « les abords du cratère », « le cône central », et « le cône actif et toute autre particularité ». Les voyageurs peuvent, selon les moments, descendre dans le cratère, nommé *calderina,* la « chaudière »[101].

Depuis 1880 et années suivantes[102], les photographes ont pénétré dans le cratère principal, qui est alors peu profond. Rive prend une série de clichés (voir catalogue en annexe) où figurent un cône très actif à gauche de la frange extérieure du grand cratère, et un cratère secondaire. Certains sont pris de loin avec les coulées au premier plan, légendées « Il cono con la lava del Vesuvio » (n° 296, 297, 298), d'autres sont très rapprochées et légendées « Il cratere del Vesuvio » (n° 300 et 301). Ses vues se complètent et permettent d'établir un état de l'évolution du sommet du volcan et de son activité. En septembre 1880, Sommer a pris une vue très travaillée par son cadrage, qui présente à droite, sur la falaise du bord du cratère, un groupe de trois personnes qui semblent minuscules, pour montrer la forme et l'immensité du cratère de septembre 1880, avec ses multiples ouvertures, émanations, dépôts et projections (figure 36a). Amodio prend presque la même photographie avec un léger décalage de cadrage (figure 36b).

Figure 36a et b - Giorgio Sommer, n° 8130 : « Vesuvio, cratère, sept 1880 » ; Michele Amodio, « Le Vesuve : cratère du 1880 (sic) » (Source : Wikimedia commons)

[101] « descendre au fond du gouffre » (Bourlot, 1867, p. 12). Ce n'est pas nouveau. En 1832, J. Auldjo en propose une gravure dans *Vues du Vésuve avec un précis de ses éruptions principales.*

[102] Des photos de Sommer et Amodio sont datées précisément.

Tandis que les publications soulignent depuis plusieurs décennies la forme originale du cratère sommital du volcan, comme une sorte d'« ourlet » dont la forme et la profondeur ont varié au fil des éruptions (Bourlot, 1867, p. 11-13), ce n'est qu'à partir de 1888 qu'on montre en photographie la béance du cône, ses bords déchiquetés et sa morphologie évolutive (figure 37a et b). De fait, les fumerolles omniprésentes ne facilitent pas la tâche aux photographes.

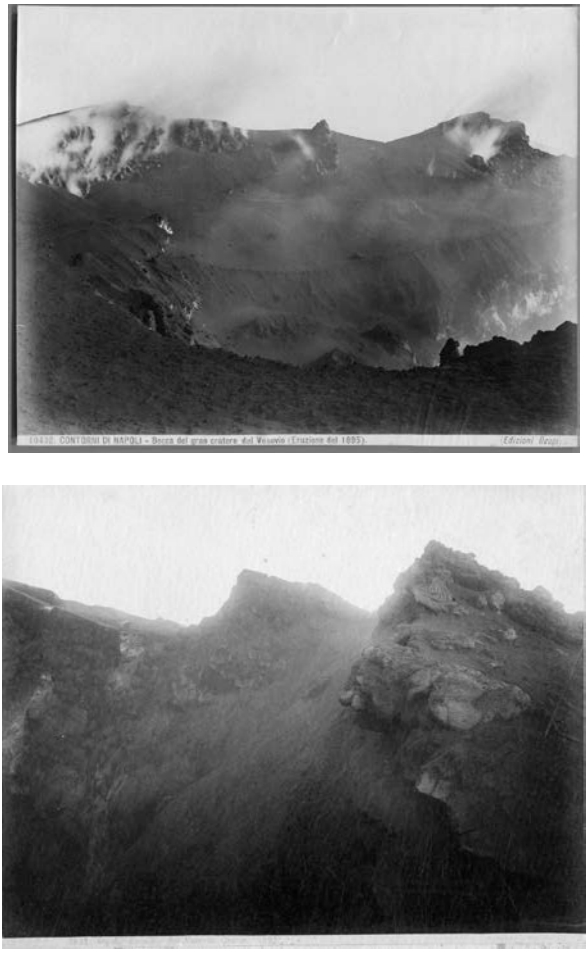


Figure 37a et b - Giacomo Brogi, n° 10432 (1895) et Giorgio Sommer, n° 2533 (1892) : détails de l'intérieur du cratère (Source : collection particulière)

Figure 38a et b - Giorgio Sommer, n° 2507 : « Cratère le 15 avril 1888 » et n° 2508 : « Le cratère » (Source : collection particulière)

La vue n° 2508 de Sommer et la vue n° 2507 (figure 38a et b), qui, elle, est datée avec précision du 15 avril 1888 et qui visiblement a été faite juste avant sous un angle différent, sont complémentaires par leur intérêt documentaire sur le cône actif émergeant à l'intérieur des falaises abruptes du grand cratère. Un homme se tient sur les bords du cratère, à gauche, minuscule : il souligne encore une fois la force de la nature et l'omniprésente et terrible menace du Vésuve sur les habitants de la Campanie, avec la bouche fumante à droite.

Conclusion

L'intérêt pour les catastrophes naturelles et l'histoire de la Terre a émergé vers 1700. Les photographies du Vésuve ont connu un succès notable et manifestent l'intérêt croissant pour les sciences de la Terre ; le renouvellement et l'accroissement du nombre de vues du volcan dans les catalogues ont été motivés par le fait que le Vésuve reste sans cesse un sujet d'actualité pendant toute la fin du XIXe siècle. D'abord produits dans un but touristique qui justifie l'importance donnée à l'humain sur nombre de clichés, les fonds photographiques forment aujourd'hui un ensemble de témoignages documentaires sur l'évolution structurelle du cratère principal et des cratères secondaires, sur l'importance et le tracé des coulées, leur forme, leur viscosité, les destructions occasionnées (dont certaines, comme en 1872, restent des références), sur l'importance de l'Observatoire scientifique du Vésuve. Ce sont des sources d'informations qui ont d'ailleurs été utilisées dans des publications scientifiques dans la mesure — toute relative — de la précision de leur légende, de leur datation, de l'orientation de la prise de vue. Les progrès de l'instantanéité, permettant de pouvoir enfin saisir l'éjection des scories, ont été salués par la communauté scientifique, et le suivi séquencé demi-heure par demi-heure d'une éruption s'inscrit dans l'histoire des sciences de la Terre.

Mais l'instantanéité du média reproductible qu'est la photographie a servi aussi la découverte sensationnelle, le spectaculaire ; avec les photos de moulages des corps devant le volcan, elle s'est fait l'écho de la mort des Pompéiens en 79, comme celui de l'actualité du risque et du danger de la nature de ce volcan, toujours actif, qu'elle décrit dans le détail : la photographie est devenue en cette fin de XIXe siècle le vecteur visuel indispensable de l'information, qu'elle soit scientifique ou pas.

Références

Sources primaires

AULDJO Jean (1832), *Vues du Vésuve avec un précis de ses éruptions principales*, Naples, Georg Glass.

BAEDEKER Karl (1869), *Italie. Troisième partie : Italie du Sud et de la Sicile, avec excursions aux îles Lipari, à Tunis, à Malte, en Sardaigne et à Athènes*, Coblenz, Baedeker

BAEDEKER Karl (1896), *Italie. Troisième partie : Italie du Sud et de la Sicile, avec excursions à Malte, Tunis et Corfou*, Leipzig, Baedeker

BOURLOT Joseph (1867), *Réactions de la haute température et des mouvements de la mer ignée interne sur la croûte extérieure du globe : géologie générale. Étude sur le Vésuve (son histoire jusqu'à nos jours),* Paris, Leiber.

CARTON Louis (1900), « Ascension mouvementée au Vésuve », *Bulletin de la Société de Géographie de Lille*, p. 6-13.

Catalogo delle fotografie pubblicate da Alfonso Bernoud fotografo di S.M. il Re d'Italia e di S.A.R. il principe di Carignano (1864), Livourne.

CHEVALIER C. (1871), *Naples, le Vésuve et Pompéi*, *croquis de voyage,* Tours, Édition Alfred Mame & Fils.

DU PAYS Augustin-Joseph (1853), *Itinéraire descriptif, historique et artistique de l'Italie et de la Sicile*, Paris, Hachette.

« Éruption du Vésuve », *L'Illustration*, n° 1524, 11 juin 1872, p. 292 (Anonyme).

GUIRAUD Louis (1872), *L'éruption du Vésuve en avril 1872*, Montauban, Imprimerie coopérative Vidallet.

GUSMAN Pierre (1899), *Pompéi : la ville, les mœurs, les arts,* Paris, Société française d'éditions d'art L.-Henry May.

HEIM Albert (1873), « Der Vesuv im April 1872 », *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft Band,* vol. 25, cah. 1, p. 1-52.

LA GAVINIE [Vicomte de la Gavinie] (1859), « Chronique », *La Lumière*, vol. 9, n° 44, p. 175.

MELLONI Macedonio (1845), *Discorso per l'inaugurazione dell'Osservatorio meteorologico Vesuviano. Atti VII, Congresso Scienziati Italiani, Napoli, 1845*.

MONNIER Marc (1858), « Le Vésuve et les tremblements de terre », *L'Illustration*, XXI, n° 799, p. 387-388.

MONNIER Marc (1864), *Pompéi et les Pompéiens,* Paris, Hachette.

PALMIERI Luigi (1873), *The eruption of Vesuvius in 1872,* Londres, Asher & Co.

PLINE LE JEUNE, *Lettres*, VI, 16 et 21. Édition utilisée : Paris, Belles Lettres, 2009.

SCRAFORELLO Gustavo (1896), *Geografia del Italia*, Torino, Unione tipografico éditrice.

TISSANDIER Gaston (1889), « Photographie instantanée du cratère du Vésuve », *La Nature,* p. 400.

Sources secondaires

ALBORE LIVADIE Claude (1998), « Des "curiosités" de la nature aux Sciences de la terre : l'apport des géologues à l'histoire de l'archéologie vésuvienne », *Il Vesuvio e le città Vesuviane 1730-1860,* Naples, Éditions Collège Universitaire des Enseignants en Néphrologie.

BECCHETTI Piero (1978), *Fotografi e fotografia in Italia : 1839-1880*, Rome, Quasar

BECK Émilie (2004a), *Le chevalier Volaire,* Naples, Centre Jean Bérard.

BECK Émilie (2004b), Le « vésuvisme » : images du Vésuve à Naples dans la seconde moitié du XVIIIe siècle, dans Dominique BERTRAND, *Mémoire du volcan et modernité : actes du colloque du Programme Pluriformation « Connaissance et représentation des volcans »,* Paris, Honoré Champion.

CASAPULLO Rosa & GIANFRANCESCO Lorenza (2014), *Napoli e il gigante: Il Vesuvio tra immagine scrittura e memoria,* Soveria, Rubbettino Editore.

CHAZAL Gilles (dir.) (2010), *Éloge du négatif : les débuts de la photographie sur papier en Italie (1846-1862)*, Paris, Paris Musées.

CHIARA Piero (dir.) (1985), *Napoli e il suo golfo : immagini del XIX secolo dagli archivi Alinari*, Florence, Alinari.

COCCO Sean (2012), *Watching Vesuvius: A History of Science and Culture in Early Modern Italy,* Chicago, University of Chicago Press.

Dal Vesuvio alle Alpi. Giorgio Sommer: fotografie d'Italia, Svizzera e Tirolo (2011), Catalogue d'exposition (Naples, Castel dell'Ovo, Museo di Etnopreistoria, 27 mars - 30 avril 2011 ; Turin, Museo Nazionale della Montagna, 25 novembre 2011 - 20 avril 2012), Turin, Museo Nazionale della Montagna.

DRAHOS Alexis (2014), *Orages et tempêtes, volcans et glaciers. Les peintres et les sciences de la terre aux XVIIIe et XIXe siècles,* Paris, Hazan.

DWYER Eugene J. (2010), *Pompeii's Living Statues: Ancient Roman Lives Stolen from Death,* Ann Harbor, University of Michigan Press.

FANELLI Giovanni (2007), *L'Italia virata all'oro. Attraverso le fotografie di Giorgio Sommer*, Florence, Polistampa.

FANELLI Giovanni (2010a), *Robert Rive*, Florence, M. Pagliai.

FANELLI Giovanni (2010b), « Addenda a Giorgio Sommer », *Critica d'Arte*, LXXII, n° 43-44, p. 73-87.

FANELLI Giovanni & MAZZA Barbara (2012), *Alphonse Bernoud*, Florence, Polistampa.

FANELLI Giovanni & MAZZA Barbara (2013), *Italie, Le Grand Tour. Dans le miroir de la photographie au XIXe siècle,* Paris, Nicolas Chaudun.

GARDNER COATES Victoria C., LAPATIN Kenneth D. S. & SEYDL Jon L. (2012), *The Last days of Pompeii: decadence, apocalypse, resurrection*, Los Angeles, J. Paul Getty Museum ; Cleveland, Cleveland Museum of Art.

GRUET Brice (2005), « Si loin si proche : le Vésuve et ses environs », *Méditerranée*, n° 105|2005, En ligne http://mediterranee.revues.org/344, doi : 10.4000/mediterranee.344

HANNAVY John (2013), *Encyclopedia of Nineteenth-Century Photography,* Londres, Routledge.

NAZZARO Antonio (1997), *Il Vesuvio. Storia eruttiva e teorie vulcanologiche,* Naples, Liguori.

NAZZARO Antonio (2009), *Il rischio Vesuvio. Storia e geodiversità di un vulcano*, Naples, Guida Editori.

POHLMANN Ulrich (dir.) (2009), *Voir l'Italie et mourir. Photographie et peinture dans l'Italie du XIX^e^ siècle,* Paris, Skira.

Terra viva. Vulcani e terremoti nelle fotografie delle collezioni Alinari (2004), Florence, Alinari.

TUCKER Jennifer (2005), *Nature Exposed: Photography as an Eye Witness in Victorian Science,* Baltimore, Johns Hopkins University Press.

TUCKER Jennifer (1997), « Photography as Witness, Detective, and Impostor: Visual Representation in Victorian Science », dans Bernard LIGHTMAN (éd.), *Science in Victorian Context*, Chicago, University of Chicago Press, p. 378-408.

Vu d'Italie 1841-1941: la photographie italienne dans les collections du Musée Alinari (2004), Florence, Alinari.

Annexe 1
Les éruptions du Vésuve pendant la deuxième moitié du XIXe siècle

Le 6 février 1850, une éruption effusive et explosive.

Le 1er mai 1855, une éruption effusive, qui touche les villages de Massa et San Sebastiano.

Le 28 mai 1858, six fissures radiales s'ouvrent dans le secteur nord-ouest du volcan, des coulées s'en échappent. L'une d'elles envahit Fosso della Vetrana, Fosso Grande et Piano del Ginestre ; 120 millions de mètres cubes de lave sont émis. Lorsque les effusions cessent en 1861, une activité à jets de scories commence dans le cratère.

Le 8 décembre 1861, une forte éruption effusive et explosive, avec ouverture de fissures sur le flanc sud-ouest, qui dure tout le mois et cause plusieurs morts.

Le 15 novembre 1868, éruption effusive.

Le 24 avril 1872, effusive/explosive, qui touche à nouveau Massa et San Sebastiano : la lave envahit l'Atrio del Cavallo, coupant la retraite à vingt spectateurs imprudents qui périssent. Le fleuve de lave se divise alors en deux bras au niveau de la colline de l'observatoire volcanologique. La coulée du nord passe à travers Fosso della Vetrana, Fosso Faraone, détruit Massa et S. Sebastiano. Le deuxième bras de lave descend au sud de l'observatoire. Après la fin de l'activité effusive, le 27 avril, des explosions spectaculaires ont lieu au sommet du volcan. Le 1er mai, le cratère s'effondre.

Le 4 avril 1906 a lieu une grande éruption effusive puis très explosive, dont le torrent de lave touche Torre Annunziata ; à 600 mètres d'altitude, des fissures s'ouvrent et des épanchements de lave détruisent partiellement Boscotrecase. Des cendres et des blocs tombent sur Ottaviano et S. Giuseppe, les toits des maisons sont enfoncés. La charpente de l'église de S. Giuseppe s'effondre, faisant 105 morts. Les parois du cratère principal s'effondrent après la montée de la colonne de cendres. L'éruption de 1906 décapite le sommet du cône dont l'altitude baisse de plusieurs centaines de mètres. Le cratère a désormais 800 mètres de diamètre, et c'est un point important car il suscite l'intérêt des photographes.

Le 3 juin 1929, éruption effusive/explosive, touchant Terzigno. La dernière éruption a lieu le 18 mars 1944, et touche encore Massa et San Sebastiano.

Annexe 2
Catalogues des photographies sur le Vésuve par studio[103]

- Alphonse Bernoud (sans numéros, avec titre original)

Le 15 janvier 1863
Lave sortant de Fosso Grande
Observatoire du Vésuve
Cascade du Fossé de Pharaon
Coupure de la route de l'Atrio del Cavallo
Lave à Masseria Cozzolini
Première interruption de la route royale
Troisième interruption de la route royale
Parcours de la lave près de Masseria Cozzolini
Maison entourée par la lave (n°88 ?)
Lave parcourant 20 mètres par minute
Observatoire de San Salvatore
Entrée de Masseria de Cozzolini
Entrée de la lave dans le grand fossé
Fleuve de lave dans l'Atrio del Cavallo
Sortie de la lave du grand cratère
Couloirs souterrains de lave

Le 15 mars 1863
Ermitage du Vésuve
Nouveaux cratères au pied du Vésuve
Cratère
Trois nouveaux cratères au pied du Vésuve
Chapelle de San Vito et Vésuve
Fosso Grande et Vésuve
Torrent de lave et Vésuve
Deux torrents de lave au-dessus de San Salvatore
Interruption de la route royale au-dessus de San Salvatore
Lave près de la route royale au-dessus de San Salvatore

---

[103] Il s'agit ici d'une reconstitution globale du catalogue, qui peut s'enrichir. Les titres sont ceux des légendes originales. Dans la mesure du possible, nous indiquons si des mêmes vues portaient des numéros différents. Voir aussi les corpus étudiés par Fanelli, 2014, 2015, 2016, 2017. En ligne, http://www.history photography.org

- Charles-Henri Plaut : format stéréoscopique (catalogue de 1865, *Vues d'Italie*)

286 Panorama de Naples, montrant le Vésuve au dernier plan
287 Panorama de Naples, montrant le Vésuve au dernier plan
288 Panorama de Naples
289 Panorama de Naples, avec une partie du Vésuve au fond
290 Panorama du golfe de Naples
319 Vue de l'Ermitage San Salvatore sur le Vésuve
320, 321, 322, 324, 328, 329, 332, 334 : Laves du Vésuve
323 Laves et sommet du Vésuve
325 Maison enfouie dans la lave
326 Remblai opéré par la lave
327 Laves arrêtées par un obstacle
330 Torrents de laves sortant du Vésuve
331 Laves du Vésuve brûlant la végétation
333 Mer de laves brûlant la végétation

- Robert Rive[104]

Format mezzana (20x25 cm)
1 Veduta generale di Napoli da S. Martino, variante
1 Veduta generale di Napoli dalla Certosa di S. Martino, variante
A 1 Veduta generale di Napoli da S. Martino
2 Napoli da S. Martino
3 Napoli. Veduta dalla Certosa di S. Martino
12 Napoli. Veduta da S. Martino
14 Veduta di Napoli
16 Porto e Vesuvio. Napoli
16 Napoli. Il Vesuvio veduta dal Molo, variante
24 S. Lucia Napoli
61 Il Vesuvio veduta da Capodimonte (=64)
64 Napoli. il Vesuvio veduta da Capodimonte
82. Napoli. Veduta da Mergellina. (= 285 plus tardive)
A 82 Napoli. Veduta da Mergellina (variante)
A. 88 Veduta di Napoli dalla Tomba di Virgilio (avec le pin parasol)
93 Veduta dalla Strada Nuova

[104] Légende en italien citée telle quelle. Des mêmes numéros sont utilisés pour des vues différentes.

A. 93 Napoli. Veduta dalla Strada Nuova
98 Napoli da sopra la tomba di Virgilio
233 Eruzione del Vesuvio
234 Napoli. Eruzione del Vesuvio nel Novembre 1868
285 Napoli. Riviera di Chiaja
293 Napoli. L'Osservatorio del Vesuvio
294 Il Vesuvio coll'Osservatorio
296 Napoli. Il Cono con la Lava del Vesuvio
295 Napoli. Il Vesuvio coll'Osservatorio
297 Napoli. Il cono con la Lava del Vesuvio
298 Napoli. Il cono con la Lava del Vesuvio, variante
299 Napoli. La ferrovia funicolare al Vesuvio
300 Napoli. Il Cratere del Vesuvio
301 Napoli. Il Cratere del Vesuvio
301 Napoli. La ferrovia funicolare al Vesuvio
302 Napoli. La ferrovia funicolare al Vesuvio
303 Napoli. Eruzione del Vesuvio di Venerdì lì 26 Aprile 1872
304 Napoli. La lava dell'Eruzione del Vesuvio di Venerdi il 26 Aprile 1872
305 Napoli. S. Sebastiano distrutta dalla Lava dell'Eruzione del Vesuvio del 26 Aprile 1872, = 311
307 Napoli. S. Sebastiano distrutta dalla Lava dell'Eruzione del Vesuvio del 26 Aprile 1872
308 Napoli. S. Sebastiano distrutta dalla Lava dell'Eruzione del Vesuvio del 26 Aprile 1872
A308 Massa distrutta dalla Lava dell'Eruzione del Vesuvio di Venerdi lì 26 Aprile 1872

Format stéréoscopique
1 Napoli da S. Martino = mezzana n° 1
2 Veduta da S. Martino. Naples
2 Napoli da S. Martino
4 Napoli da S. Martino
25 Napoli. Vues d'Italie = mezzana n° 14
25 Napoli da sotto S. Elmo
34 S. Lucia. Napoli
35 S. Lucia. Napoli = mezzana n° 24
40 Il Cono con la Lava del Vesuvio =mezzana n° 297
43 Veduta dalla strada nuova
48 Eruzione del Vesuvio
87 Eruzione del Vesuvio

88 Eruzione del Vesuvio
95 Napoli da sopra la strada nuova
97 Napoli da sopra la stada nuova
100 Napoli da sopra la tomba di Virgilio

Format cabinet
1 Napoli. Veduta da S. Martino
4 Napoli dalla Tomba di Virgilio
6 Veduto di Napoli
29 Napoli. Eruzione del Vesuvio di Venerdi 26 Aprile 1872, = mezzana n° 303
96 Napoli dalla strada nuova
98 Napoli. La Lava del Vesuvio
114 Il Vesuvio coll'Osservatorio
845 Napoli dal Vomero

- Michele Amodio (titres originaux)

4003 Naples. Panorama pris de la Chartreuse S. Martin, vers 1870
4081 Naples prise de la Chartreuse S. Martin
Sans N° Naples et ses environs. Panorama dalla tomba di Virgilio, vers 1875 (stéréoscopie)
Sans N° Naples, prise du jardin royal, vers 1865
19 Naples : fontaine à la rue Ste Lucie, vers 1870
35 Observatoire du Vésuve et mont Somma
1540 Route à l'Observatoir (sic)
4125 Le Vésuve. eruption, 26 avril 1872. Somma (sic) et S. Sebastiano détruites
4126 Le Vésuve. eruption, 26 avril 1872. Somma (sic) et S. Sebastiano détruites
4127 Le Vesuve. Cratère 1873. Grande ouverture 1872
4128 Le Vesuve : hermitage (sic) : Observatoir (sic), lave (1873)
4129 Le Vesuve (sic) : lave coulante : 1872
4131 Le Vesuve (sic) : eruption 1872. Lave coulante à S. Sebastien
4134 Vesuve (sic) et Observatoire
4135 Le Vesuve. S. Sebastien : une nuit après l'Éruption, 1872
4138 Le Vesuve. S. Sebastien la nuit du 26 avril 1872 (reproduction d'un dessin)
4143 Le Vesuve : lave coulante : 1872
4146 Le Vesuve : lave après refroidie
4148 Le Vesuve : anciennes laves

Sans N° Le Vesuve : cratère du 1880 (sic)
Sans N° Naples. Chemin de fer funiculaire du Vésuve

- Giorgio Sommer

Catalogue de 1886 (les n° sont ceux du format mezzana)
6101 cratère après l'éruption de 1872
6198 cratère
8127 cratère juin 1880
8130 cratère septembre 1880
8141 cratère mai 1881
1136 cratère de Ottaviano, décembre 1850
1135 éruption. Novembre 1805 (erreur de numéro dans le catalogue)
6102 éruption du 26 avril 1872 heure : 3 PM
6103 éruption du 26 avril 1872 heure : 3 ½ PM
6104 éruption du 26 avril 1872 heure : 4 ½ PM
6105 éruption du 26 avril 1872 heure : -5 PM
8120 funiculaire. Panorama. (date de 1880)
8121 idem
8122 idem
8125 idem. Restaurant
8123 idem. Station inférieure
8124 idem. Et wagon
8126 idem. Station supérieure
8129 groupe de forestiers (sur le Vésuve)
6151 lave de l'éruption de 1872 avec le cône
6138 lave du Vésuve (avec le cône)
6139 lave du Vésuve (et observatoire)
6140 l'Observatoire
1145 sortie et chute du cône
6113 San Sebastiano détruite par l'éruption de 1872
6112 idem
8128 Vésuve près de l'Observatoire
6122 Naples et le Vésuve
1100 Panorama près de la mer
1103 Panorama près du couvent San Martino
6616 idem avec pin
1102 panorama près du Vomero
1101 idem avec pin
6115 idem

Catalogue de 1888 (supplément) : ajout de laves de 1882 et 1885
Catalogue de 1912 : cratère de 1872, 1880, 1881, 1882, 1884, 1888, 1889, 1892, 1895, 1897 ; éruptions : 1865, 1872, 1895, 1898 ; funiculaire ; laves de 1872, 1885 ; observatoire

Annexe 3
Liste des figures

Les guillemets indiquent la légende de l'époque.

1 Le Vésuve, carte de 1888, avec les coulées récentes et l'Observatoire
2 Sommer, n° 1167 : le Vésuve fumant depuis Naples
3 Sommer, n° 2530 : laves et Observatoire, 1872
4 Sommer, n° 1102 : le forum de Pompéi et le Vésuve fumant
5 Amodio, 1868, n° 4230 : Pompéi, « Empreinte humaine : une femme enceinte. Fouilles 1868 » devant le Vésuve fumant ; couverture du guide Scafati de 1877 (figure a et b)
6 Bernoud, n° 90, 1858 : lave en fusion et refroidie, le cratère principal en ligne de fond
7 Bernoud, n° 80, 1858 : photo originale et gravure publiée dans *L'Illustration*
8 Plaut : « Laves arrêtées par un obstacle », n° 327
9 Sommer, éruption du 26 avril 1872, 15h, 16h, 16h30, 17h (figure a, b, c, d)
10 Sommer, n° 2503 colorisé : éruption de 1872
11 Palmieri, Éruption du Vésuve de 1872, planche IV avec annotations
12 Rive, n° 311 : « San Sebastiano détruite par la lave du 26 avril 1872 »
13 Sommer : ruines de San Sebastiano en 1872
14 Les villages sinistrés en 1872, publication allemande d'après Sommer
15 Sommer : après l'éruption de 1872
16 Amodio n° 4146 : « Lave après refroidie »
17 Sommer n° 292 : « Lave du Vésuve »
18 Amodio n° 4128 : « Le Vésuve : hermitage (sic). Observatoire, lave (1873) »
19 Sommer : laves et route
20 Underwood, n° 54 (1890) : « Dans la sauvagerie de la lave, à la base du Vésuve »
21 Sommer, n° 6138 : « Lave du Vésuve »
22 Amodio, n° 4120 et 4149 : « Le Vesuve (sic) : lave coulante : 1872 » (figure a et b)

23 Rive, n° 48, laves en stéréoscopie
24 Sommer, n° 2546 : « Cratère, 1880 »
25 Luys dans *La Nature*, 1889 : « Photographie instantanée du cratère du Vésuve »
26 Edizione Esposito n° 61 : éruption de 1895, cône et fumerolles, a. monochrome et b. colorisé sur positif
27 Anonyme, éditions White Co., n° 1720 : le cratère en 1902 (stéréoscopique recadrée)
28 Bernoud, 1858, n° 344, stéréoscopique : « Vigne et lave » (manuscrit)
29 Amodio n° 35 : « Observatoire du Vésuve et Monte Somma » et Anonyme : laves de 1895 et vignes (figure a et b)
30 Anonyme : 8 avril 1893, Somma et Grand Cône avec la vallée couverte de laves entre les deux
31 Andrieu, n° 834 : « Vue des deux Vésuves (sic) près Naples »
32 Andrieu, n° 1543 : « Intérieur du cratère de l'ancien Vésuve près Naples »
33 Rive, n° 233 : éruption de novembre 1868
34 Amodio, n° 4127 : « Le Vésuve. Cratère de 1873, grande ouverture 1872 »
35 Amodio : « Chemin de fer funiculaire du Vésuve » (après 1880)
36 Sommer n° 8130 : « Vesuvio, cratère, sept 1880 » ; Amodio, « Le Vesuve : Cratère du 1880 (sic) » (figure a et b)
37 Brogi, n° 10432 (1895) et Sommer, n° 2533 (1892) : détails de l'intérieur du cratère (figure a et b)
38 Sommer, n° 2507 « Cratère le 15 avril 1888 » et n° 2508 « Le cratère » (figure a et b)

Cahiers François Viète, série III, 5, 2018, p. 131-162

Des sciences de la Terre au service de l'atome ? Le rôle de Jean-Pierre Rothé, entrepreneur scientifique (1945-1976)

Mathias Roger*

Résumé

La période qui s'étend de la fin de la Seconde Guerre mondiale au milieu des années 1970 est celle qui a vu émerger et se développer en France les usages de l'atome à des fins tant civiles que militaires. Pour obtenir de la matière première, lors des essais atomiques dans le Sahara algérien et pour la construction des usines de production de plutonium et d'électricité, les organismes en charge du nucléaire ont été amenés à collaborer avec les universitaires des sciences de la Terre. Pour étudier la nature de cette collaboration, l'article utilise le modèle d'entrepreneur scientifique défini par Dominique Pestre et l'applique à un cas précis, celui de Jean-Pierre Rothé, géophysicien et directeur de l'Institut de physique du globe de Strasbourg entre 1942 et 1976.

Mots-clés : entrepreneur scientifique, sciences de la Terre, nucléaire civil, nucléaire militaire, Institut de physique du globe, Jean-Pierre Rothé, séisme, génie parasismique, prospection uranifère.

Abstract

From the end of the Second World War to the mid-1970s the civilian and military uses of the atom emerge and grow in France. To obtain raw material, in the case of atomic tests and for the construction of plutonium and electricity production plants, the bodies in charge of the nuclear industry collaborated with Earth sciences academics. To study the nature of this collaboration, this article uses the model of scientific entrepreneur defined by Dominique Pestre and applied it to a specific case study. Precisely, it concerns Jean-Pierre Rothé, geophysicist and director of Strasbourg Institute of Earth Physics between 1942 and 1976.

Keywords: scientific entrepreneur, Earth sciences, nuclear power plant, atomic bomb, Institute of Earth Physics, Jean-Pierre Rothé, earthquake, earthquake engineering, uranium prospecting.

* Centre de Recherche Médecine, Science, Santé et Société (CERMS3), Université Paris Descartes et Laboratoire de Sciences Humaines et Sociales de l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN/LSHS).

« Une conséquence remarquable de la Seconde Guerre mondiale […] est la volonté de chaque pays, après 1945, de développer en son sein toutes les technologies modernes, principalement dans le domaine militaire. La France humiliée se met par exemple en quête de puissance et de prestige dans le monde de l'après-guerre en cherchant à assurer son indépendance technologique » (Edgerton, 2015, p. 75-76). Après la guerre, de nombreuses infrastructures sont détruites, le retard scientifique, technique et industriel sur les grandes nations est important et l'humiliation de la défaite et de la collaboration a créé en France un terrain propice à un examen sévère des pratiques antérieures. Pour mener à bien l'objectif d'indépendance technologique, trois changements majeurs adviennent en France.

L'urgence dans l'après-guerre va à la reconstruction. Pour la mener, il est nécessaire de remailler le tissu industriel et économique français (Bossuat, 1986). Cela passe par des nationalisations massives dans de nombreux secteurs de l'économie française. Dans le domaine de l'énergie par exemple, Électricité de France (EDF), créé par la loi du 8 avril 1946, est le résultat de la nationalisation et du regroupement de plus de 1450 sociétés françaises de production, de transport et de distribution d'électricité et de gaz dans le but de rationaliser les efforts, redresser le pays et moderniser les structures (Picard et al., 1985). Le deuxième changement est la création de nouveaux organismes d'État, relativement indépendants, qui ont la charge de conduire le développement de grands projets technoscientifiques. Le premier de ces organismes est le Commissariat à l'énergie atomique (CEA), créé par une ordonnance d'octobre 1945 proposée par le général de Gaulle et approuvée par l'Assemblée nationale. La mission qui lui est confiée est de « poursuivre les recherches scientifiques et techniques en vue de l'utilisation de l'énergie atomique dans les divers domaines de la science, de l'industrie et de la défense nationale » (Scheinman, 1965, p. 8). Au vu de l'étendue du champ de compétences, le CEA est à la fois une institution de recherche, un industriel exploitant et un organisme militaire, qui ne rend des comptes que devant le chef du gouvernement. Il est de ce fait un acteur d'un type encore tout à fait inconnu. Le troisième changement concerne la recomposition du milieu scientifique, devant notamment intégrer les nouveaux acteurs comme le CEA. Cette recomposition s'articule autour du repositionnement du Centre national de la recherche scientifique (CNRS) à mi-chemin entre sciences appliquées et recherche fondamentale (Picard & Pradoura, 1988). Le CNRS devient aussi l'intégrateur des besoins de l'industrie et des organismes d'État en matière de recherche. À ce titre il pénètre directement dans les universités, notamment à Strasbourg où « on ne peut […] étudier le rôle et la structure de l'université séparément de ceux

du CNRS » et où le « CNRS représente près de la moitié des effectifs de la recherche » (Olivier-Utard, 2003, p. 29). Concomitamment, l'après-guerre est aussi le moment de la transformation de certains laboratoires en véritables « usines de recherches » (Jacq, 2005), nous y reviendrons.

Le développement du nucléaire civil et militaire en France pendant les trente glorieuses a déjà fait l'objet d'études, mais soit directement par les acteurs (Goldschmidt, 1962, 1967, 1980 ; Lamiral, 1988a, 1988b ; Leclercq, 1988) soit de manière assez macroscopique autour de la lutte de deux régimes technopolitiques au moment de la guerre des filières[1] (Hecht, 2009) ou en abordant les aspects de politique nationale (Scheinman, 1965) et internationale des usages de l'atome (Pringle & Spigleman, 1982). Des historiens ont également étudié ce sujet mais souvent à partir du prisme institutionnel d'EDF (Picard et al., 1985), ou bien du CEA autour de la prospection uranifère (Paucard, 1992, 1994, 1996) et de l'émergence et du processus d'autonomisation de la sûreté nucléaire au sein du CEA (Foasso, 2003). En revanche aucune étude ne centre son analyse sur la circulation des savoirs et les pratiques entre les différentes sphères de la société. Cet article se propose précisément d'apporter une contribution allant dans ce sens en abordant le rôle des collaborations scientifiques entre le CEA et EDF d'un côté et le milieu universitaire de l'autre.

Après guerre, un double mouvement entraîne l'intégration des scientifiques au développement industriel et technologique du pays. Dans un sens, l'émergence d'une politique de la science sous la Quatrième République (Jacq, 2002), qui refonde l'expertise politique en apportant la caution de la rationalité scientifique à l'exercice politique, ainsi que la mise en place d'une recherche d'État à vocation industrielle et militaire, offre de nombreuses opportunités aux scientifiques. Dans l'autre sens, les scientifiques deviennent plus enclins à entrer en collaboration avec des acteurs d'autres sphères. Les grandes avancées scientifiques américaines de la première moitié du siècle doivent leur succès à la constitution de grands laboratoires de recherche privés (à General Electric, Bell, Kodak et DuPont notamment) ou intégrés à des grands projets de l'État (*Los Alamos* par exemple). Ce qui caractérise ce nouveau type de recherche est la concentration importante de scientifiques et d'ingénieurs, la possession d'une instrumentation très lourde et l'orientation vers la science appliquée. Ce modèle, aussi dénommé *Big Science* (Galison & Hevly, 1992*),* devient la référence en termes de pratique scientifique, mais nécessite d'énormes ressources que l'État français n'est

[1] La guerre des filières est l'appellation que l'on donne à la lutte politique autour du choix d'abandonner la technologie française de réacteur, fonctionnant avec de l'uranium naturel et modéré au graphite-gaz, au profit de la technologie américaine à eau pressurisée supposée plus compétitive économiquement.

pas apte à fournir[2]. Dans ce contexte, les scientifiques passent progressivement du modèle du savant, désintéressé et refusant toute influence extérieure sur la conduite de son travail à celui d'entrepreneur scientifique ayant intégré le nécessaire apport de la science à l'économie (Jacq, 2005).

L'entrepreneur scientifique est une notion définie par Dominique Pestre et reprise par François Jacq pour qualifier le positionnement de certains grands scientifiques français dans la société française et plus encore par rapport à ce que le premier appelle le complexe militaire-industriel-universitaire dans les deux décennies qui font suite à la Seconde Guerre mondiale (Dahan & Pestre, 2004 ; Jacq, 2002, 2005 ; Pestre, 1989, 2004 ; Pestre & Jacq, 1996). Les scientifiques concernés sont à la tête d'un ou plusieurs instituts de recherche et, par la quête de financements et la conquête de nouveaux champs de compétences, œuvrent pour la création de véritables « usines de recherches » (Jacq, 2005). Ces usines sont le résultat de la volonté de concentrer toutes les ressources et les compétences disponibles autour d'un domaine dans un seul lieu, seul moyen d'obtenir les moyens suffisants pour concurrencer les laboratoires américains. L'expansion de leur institut ne va pas sans une certaine volonté de contrôler leur domaine scientifique. Par la concentration des moyens et des ressources, l'entrepreneur scientifique devient l'interlocuteur incontournable pour un ensemble toujours plus grand de problématiques. Ainsi, « quiconque veut intervenir dans son champ doit négocier avec lui, faute d'entrer en conflit ouvert ou de devoir constituer, ex nihilo, un autre centre de compétence » (Jacq, 2005, p. 12). Se créent alors des « empires scientifiques » (Pestre, 1989), qui regroupent autour d'une personne « un réseau de recrutement, un réseau de relations industrielles, des laboratoires d'application et un appui privilégié de quelques administrations » (Jacq, 2005, p. 11).

L'entrepreneur scientifique ainsi défini n'est pas lié organiquement avec les industriels ou les organismes d'État, mais entretient avec eux des rapports conjoncturels, discontinus, « épisodiques et au coup par coup » (Pestre, 2004, p. 334). Les relations « apparaissent en pointillé, comme des allers-retours, se répétant souvent mais sans qu'il existe un programme d'ensemble » (Pestre, 1989, p. 115). Toutefois, l'entrepreneur scientifique a une volonté forte, issue de la guerre, de mettre en pratique ses savoirs, ce que Pestre décrit comme le caractère « ingénieur » de ces scientifiques (p. 114). Ces entrepreneurs sont également libres de choisir à la fois leurs sujets d'étude et l'approche théorique générale des instituts qu'ils dirigent.

[2] Cela est surtout vrai pour la période qui précède le retour du général de Gaulle en 1958. La période allant de cette date jusqu'au milieu des années 1960 sera en effet considérée comme l'âge d'or de la recherche en France avec une démultiplication des budgets alloués notamment au CNRS et au CEA.

Ils œuvrent personnellement pour obtenir des financements et des contrats d'études avec des industriels et militaires, façonnant autour de leur personne des pans entiers de leur discipline (Pestre, 1989, 1994, 1996 ; Pestre & Jacq, 1996). Dans ce monde d'après-guerre, une caractéristique régissant l'*establishment universitaire* pour Pestre, mais que l'on pourrait certainement étendre à d'autres sphères, est le caractère décisif des relations d'homme à homme, notamment du fait du faible nombre et de la permanence des têtes (Pestre, 1989, p. 107-108). Finalement, le milieu universitaire des deux décennies qui suivent la guerre, période qui a vu le développement de grands projets technoscientifiques, se caractérise par l'émergence d'empires scientifiques avec à leur tête une seule personne, l'entrepreneur scientifique. Celui-ci a le monopole de domaines entiers de la recherche et de la science universitaires et devient alors un interlocuteur incontournable sur des questions toujours plus nombreuses. De plus il œuvre personnellement à l'expansion de son empire.

Les études que nous venons de décrire sont fondées sur la base de cas précis concernant des sciences historiques, bien implantées institutionnellement et qui n'ont pas à œuvrer pour défendre leur légitimité et leur autonomie. Pestre base en effet son analyse sur le cas de deux physiciens, Yves Rocard et Louis Néel respectivement directeur du laboratoire de physique de l'École normale supérieure et directeur de l'Institut polytechnique de Grenoble, ainsi que du Centre d'étude nucléaire de Grenoble. François Jacq a mené son étude sur le cas des chimistes et biochimistes que furent Charles Sadron, Maurice Letort, Georges Champetier et André Lwoff ainsi que du créateur du laboratoire de physique de Polytechnique, Louis Leprince-Ringuet. Étudier la physique ou la chimie donne l'avantage d'avoir des points de repères historiques et ainsi de pouvoir mieux analyser les effets des changements de contexte sur les sciences dans toutes leurs dimensions. Mais les phénomènes observés à partir de ces cas sont-ils représentatifs de l'ensemble des sciences ? Dans son article de 2005, Jacq esquisse une réponse en avançant que « Malgré le caractère très spécifique des enjeux de la physique ou de la chimie, on ne saurait méconnaître que la volonté d'une organisation de la science s'est étendue à tous ses compartiments » (Jacq, 2005, p. 16). Toutefois, il ne répond ni sur l'effet de cette organisation sur d'autres sciences, ni sur la pertinence du modèle d'entrepreneur scientifique ou sur l'existence d'usines de recherche dans celles-ci. Un des objectifs de cet article est précisément d'apporter des éléments de réponse à ce questionnement en étudiant le cas des sciences de la Terre par l'un de ses plus illustres représentants. Le second objectif est d'aborder l'importance relative de la collaboration entre universitaires et EDF-CEA dans le développement du nucléaire civil et militaire en France.

Le développement des sciences de la Terre a suivi une trajectoire différente de celle des sciences physiques et biologiques entre la fin du XIXe siècle et les deux premiers tiers du XXe siècle. De manière caricaturale le parcours de ces dernières pourrait se schématiser en deux périodes : la première, allant du milieu du XIXe siècle jusqu'au début de la Seconde Guerre mondiale, peut être caractérisée comme un âge d'or de la recherche théorique, avec l'émergence de la théorie de la relativité générale d'Einstein, la découverte de la radioactivité, la détermination de la structure de l'atome et de son interprétation par la physique quantique ; la deuxième période qui prend place à l'occasion de la Seconde Guerre mondiale et qui se poursuit pendant toute la durée de la guerre froide est celle de la Big Science pendant laquelle ces sciences se rapprochent de leurs applications (Forman, 1987). À contre-pied de ce découpage, les sciences de la Terre ont suivi une trajectoire inverse. La première période, suivant la même plage temporelle, est caractérisée par une pratique scientifique relativement proche des besoins militaires et industriels. À titre d'exemple, la météorologie a été mise au service de l'Armée française pendant la Première Guerre mondiale (Di Manno, 2015) et s'est développée grâce aux besoins et au financement de l'aéronautique (Carpentier, 2011) durant toute la première moitié du XXe siècle. De leur côté, la géologie et la géophysique se sont également développées en lien avec des intérêts extérieurs et principalement la prospection minière et pétrolière (Anduaga, 2015 ; Bates et al., 1982). La seconde période, bien qu'elle ne soit pas celle de l'indépendance des pratiques scientifiques vis-à-vis d'enjeu extérieur, la Big Science et les intérêts militaires les ayant largement mises à contribution pendant la guerre froide (Doel, 2003), a toutefois été celle qui a vu l'accélération de la recherche fondamentale dans de nombreuses disciplines des sciences de la Terre. Et c'est même grâce à l'intérêt et aux financements militaires et industriels que ces dernières se sont développées et ont pu se constituer en tant que discipline académique institutionnalisée et autonomisée (Barth, 2003 ; Dennis, 2003). La différence ainsi constatée entre les deux trajectoires, fait de l'objet des sciences de la Terre un bon candidat pour confirmer ou infirmer la validité du modèle d'entrepreneur scientifique à d'autres compartiments de la science, si n'est à l'ensemble de ces compartiments. Par ailleurs, les sciences de la Terre conviennent également pour remplir le second objectif de l'article qui vise à aborder les relations entre les universitaires et les organismes du nucléaire dans les décennies 1950 et 1960.

Les sciences de la Terre sont également étroitement liées avec le développement de l'énergie nucléaire. En premier lieu, ce sont les compétences en matière de prospection minière des géologues et géophysiciens qui furent mises à contribution pour la recherche de gisements d'uranium.

Ensuite, les sciences de la Terre et l'énergie nucléaire se sont trouvées entremêlées sur le terrain des essais atomiques. D'une part, la sismologie permet (et a permis) de détecter et de localiser les tirs atomiques dans le monde ; l'analyse sismologique permet également d'estimer la puissance des tirs. D'autre part, l'énergie dégagée par les explosions nucléaires peut engendrer des secousses comparables à celles qui seraient produites par les plus grands séismes[3]. Le troisième et dernier aspect concerne la sûreté des installations nucléaires. Les scientifiques des sciences de la Terre ont été mobilisés par les régulateurs américains pour mener à bien les procédures d'autorisation concernant l'implantation de centrales nucléaires en zone sismique (Okrent, 1981). L'évaluation du risque sismique a également focalisé les débats et controverses autour de l'implantation de centrales nucléaires en Californie[4] (Meehan, 1984 ; Okrent, 1981). Enfin, la construction des installations nucléaires a été un moteur pour le développement des techniques d'évaluation et de prévention des risques liés aux séismes (Bostrom et al., 2008).

Notre étude se base sur le cas de Jean-Pierre Rothé, géophysicien de formation et grand spécialiste du phénomène sismique, qui fut directeur de l'Institut de physique du globe de Strasbourg (IPGS), du Bureau central international de sismologie (BCIS) et secrétaire général de l'Association internationale de sismologie (AIS) pendant près de quarante ans. L'article est construit sur la base de l'étude du cas Rothé autour de la concordance avec le modèle d'entrepreneur scientifique de ce personnage et en portant une attention particulière aux liens qu'il a entretenus avec les organismes en charge du développement et des usages de l'atome. L'entrée en matière se fera par une biographie succincte de Rothé et notamment du legs de son père. Il s'agira également d'analyser son positionnement et son rôle au sein

[3] Par exemple lors de l'explosion de Cannikin le 6 novembre 1971 sur le site d'Amchitka en Alaska, d'une bombe d'environ cinq mégatonnes, le sol se leva de plus de six mètres, des accélérations de sols de 35g furent enregistrées et les affaissements ainsi que les failles sur le site ont créé un nouveau lac de plus d'un 1,5 km de diamètre. Il s'agit du plus puissant essai atomique effectué par les États-Unis et sa puissance fut comparée à un séisme de magnitude 7 sur l'échelle de Richter (Engdahl, 1972).

[4] L'histoire commence en 1957 avec le projet d'installation d'une centrale nucléaire à Humboldt Bay en Californie, zone très sismique. À ce moment-là il s'agissait d'identifier la dangerosité du site par rapport aux caractéristiques géologiques (présence de failles, proximité de la faille de San Andreas, possibilité de liquéfaction du sol et glissement de terrain) dans le cadre de la procédure d'autorisation (Okrent, 1981). Elle se poursuivra tout au long des années 1960 et 1970 avec les cas de San Onofre, Bodega Bay et Diablo Canyon (Meehan, 1984).

de cette communauté ainsi que sa contribution dans les avancées scientifiques de son époque. Le second point portera sur les premiers liens qu'il eut avec le CEA entre 1952 et 1962, sur la base de prestations de consultant autour de la prospection uranifère puis, de manière moins formelle, dans le cas des essais atomiques souterrains. Ces deux premiers points nous amèneront à conforter l'idée que le modèle d'entrepreneur scientifique est pertinent pour qualifier le cas Rothé. Dans un troisième point sera étudiée l'accession de Rothé au rang d'expert international du risque sismique. Il fut en effet à l'origine des premières cartes d'aléa sismique en Afrique du Nord et en France métropolitaine, puis progressivement expert à l'UNESCO. Enfin, le dernier point portera sur l'intensification des accointances de Rothé avec l'industrie nucléaire autour des problématiques liées au risque sismique. Cette dernière partie nous permettra de discuter le bien-fondé du modèle d'entrepreneur scientifique pour caractériser un scientifique qui tend à se spécialiser et à être de plus en plus intégré à des enjeux autres que scientifiques.

La famille Rothé, deux générations à la tête de l'Institut de physique du globe de Strasbourg

Les Rothé, père et fils, ont compté parmi les scientifiques les plus influents sur les sciences de la Terre à l'échelle française mais aussi mondiale durant les deux premiers tiers du XX^e^ siècle.

- *Edmond Rothé, pionnier de l'étude des sciences de la Terre au début du XX^e^*

Edmond Ernest Antoine Rothé (1873-1942), était maître de conférences en physique à l'université de Nancy et appartenait à une famille de souche alsacienne qui avait opté pour la France en 1870 (Schlich & Hoang Trong, s.d.). Au moment de la Première Guerre mondiale, il joua un rôle important[5] au sein du Bureau central de la météorologie, qui étudiait tout l'éventail des sciences de la Terre à des fins militaires (Carpentier, 2011 ; Di Manno, 2015). À la fin de la guerre, il prit un poste de maître de conférences à l'université de Strasbourg et fut également en charge du service météorologique d'Alsace-Lorraine et de la station sismologique, deux héritages de la période allemande de Strasbourg (Craig, 1984). La capitale alsa-

[5] Edmond Rothé était chargé de simuler des conditions atmosphériques de vol et de rationaliser les techniques aéronautiques à partir de savoirs scientifiques sur l'atmosphère.

cienne possédait alors le plus grand observatoire sismologique au monde[6], prenant depuis 1903 à son compte la centralisation et la publication, via une émission radio quotidienne émise depuis le sommet de la tour Eiffel, des relevés sismologiques internationaux. La station sismologique fut transformée par le décret de 1921 en Institut de physique du globe (IPG) dont Edmond Rothé fut le premier directeur. Ce dernier est devenu, la même année, directeur du BCIS ainsi que l'AIS qui est intégrée à l'Union géodésique et géophysique internationale et cela jusqu'à son décès en 1942[7]. Il était officier de la Légion d'honneur et a été doyen de la faculté des sciences de Strasbourg de 1929 à 1935[8].

La contribution scientifique d'Edmond Rothé porte essentiellement sur les sciences de la Terre. À une époque où le domaine n'est pas strictement compartimenté, ses travaux combinent des savoirs de géologie, de géophysique et de sismologie. Son œuvre comporte des ouvrages méthodologiques sur la prospection du sous-sol (1930) ou l'observation sismologique (1926). Vers la fin de sa vie, il a également publié des livres encyclopédiques faisant l'état des savoirs et des problématiques sur la géophysique (1943) et sur les tremblements de terre (1942). Il était aussi engagé dans la promotion de la prévention des catastrophes naturelles et militait pour encourager tous les travaux relatifs aux constructions antiséismiques (1936). Il était notamment membre à partir de 1926 de la délégation française de l'Union internationale de secours, la Commission française d'étude des calamités et était chargé de l'étude des séismes en France. C'est à ce titre qu'il a entrepris d'établir une histoire des séismes en France sur la base d'une compilation des catalogues d'Alexis Perrey et Von Hoff (Lambert et al., 1996 ; Quenet, 2005 ; Rothé & Godron, 1929 ; Vogt, 2003), des archives issues des sociétés savantes (Rothé, 1929) et de la compilation de publications éparses dans de nombreux périodiques et articles concernant les

[6] Voir l'historique de la station de sismologie sur le site web de l'École et observatoire des sciences de la Terre de l'université de Strasbourg (https://eost.unistra.fr/leost/historique/, consulté le 17 octobre 2017), ou bien le site du Musée de sismologie de la même université (http://musee-sismologie.un istra.fr/, consulté le 17 octobre 2017).

[7] « Mesurer les séismes : la station de sismologie de Strasbourg », *Inventaire du patrimoine de l'Université de Strasbourg. Jardin des Sciences*, Lyon, Éditions Lieux Dits, 2011.

[8] Informations recueillies sur une page Internet qui lui est dédiée : http://edmondrothe.free.fr/articles.php?lng=fr&pg=12&mnuid=8&tconfig=0, consulté le 17 octobre 2017.

grands séismes de 1887 et 1909[9]. Enfin, à partir de 1919, il effectua un travail qui consistait à envoyer, après chaque séisme ressenti en France et enregistré par le réseau du BCIS, des questionnaires autour de la zone épicentrale pour répertorier les dégâts constatés et ainsi dessiner les isoséistes. Ce travail fut mené par Edmond Rothé jusqu'à sa mort, puis poursuivi par son fils tout au long de sa carrière, ce qui permet d'avoir un catalogue avec les épicentres et les intensités de tous les séismes importants survenus en France depuis l'année 1919.

- *Jean-Pierre Rothé, le digne successeur*

Jean-Pierre Rothé (1906-1991) hérita de l'engouement de son père pour les sciences de la Terre. À l'âge de 24 ans, il participe à une expédition au Groenland à l'occasion de l'année polaire internationale de 1932-1933 durant laquelle il est chargé d'étudier le géomagnétisme, les courants telluriques et la géologie du Scoresby Sund[10]. Une autre contribution de la France à l'effort international est d'installer une station météorologique et séismologique dans le Sahara. Le site choisi fut Tamanrasset, dans la région algérienne du Hoggar, près du futur site d'essais nucléaires français. Il rédige à partir de cette expérience sa thèse sur les anomalies du champ magnétique terrestre (Rothé, 1937). Suite au décès de son père en 1942, il devient directeur de l'IPG et du BCIS de Strasbourg ainsi que premier secrétaire et ensuite président de l'AIS, poste qu'il occupe jusqu'à sa retraite en 1976.

Sur le plan scientifique, il contribua entre autres à la découverte et à la reconnaissance de la tectonique des plaques grâce aux données sismologiques qu'il avait réunies et qu'il étudia. Il put ainsi relever une coïncidence entre les épicentres de tremblements de terre sous-marins et l'axe central

[9] Lettre envoyée par Rothé à Pierre-Yves Proust (lui-même missionné par Rocard), le 28 mai 1975, Fonds d'archives Risque Edmond et Jean-Pierre Rothé, EOST, Strasbourg, boîte n° 3.

[10] Cinquante ans après la précédente, l'année polaire internationale de 1932-1933 fut l'initiative de l'Organisation météorologique internationale et validée par l'Union géodésique et géophysique internationale. L'idée générale était de faire des observations géophysiques et météorologiques très étendues, en des points aussi nombreux que possible et repartis sur l'ensemble du globe (Perrier, 1932). La France fut l'un des vingt-cinq pays participants, avec un budget de quatre millions de francs pour la création d'une mission au Scoresby Sund (côte orientale du Groenland) pour la mise en place de deux stations météorologiques et géophysiques. Cette mission était encadrée par la Marine nationale et comptait trois scientifiques dont Rothé en tant que chargé des thématiques « courant tellurique » et « géologie de la région ».

des dorsales médio-océaniques et en déduire dès 1953 que les dorsales sud-atlantique et sud-ouest-indien font partie d'un même système (Bates et al., 1982). Rothé est également l'auteur de huit éditions successives du « Que sais-je », livre de vulgarisation, portant sur les séismes et les volcans entre 1946 et 1984. Il est à ce titre un auteur de référence pendant près de quarante ans sur les questions sismique et volcanique pour mettre à jour les connaissances scientifiques de ces phénomènes. Mais sa principale contribution est d'avoir pendant plus de trente ans, jusqu'en 1976, constitué une imposante documentation sismologique largement utilisée par la communauté scientifique internationale. Dans le célèbre ouvrage de Gutenberg et Richter (1949) sur la séismicité de la Terre, Rothé père et fils sont mentionnés dans les remerciements pour avoir bien voulu partager librement les données du BCIS. En juin 1965, l'UNESCO demande à Rothé de rédiger la suite de cet ouvrage sur la séismicité du Globe (Rothé, 1969).

En plus de sa contribution à la connaissance des phénomènes telluriques, Rothé fut en contact régulier avec les autres sphères de la société. Il est en effet l'auteur des premières cartes de risque sismique de France, du Maroc et d'Algérie, et contribue ainsi pleinement à l'élaboration des premières réglementations parasismiques françaises. Il fut également un expert international auprès de l'UNESCO sur les questions de risques sismiques (Schlich & Hoang Trong, s.d.) Enfin, au fil du développement technologique et industriel de l'exploitation de l'énergie atomique, Rothé fut amené à travailler tour à tour avec le CEA puis avec EDF.

Le CEA et Jean-Pierre Rothé, une collaboration autour de la bombe atomique française

Dès sa création en 1945, le CEA a la charge, entre autres, d'assurer l'approvisionnement du futur programme nucléaire français en matière première. Au début, le Service des recherches et exploitations minières du CEA, dirigé par André Savornin, doit composer avec des budgets très serrés et un équipement de fortune (Blanc, 2008). Malgré tout, le CEA lance des « commandos »[11] de prospection en France, en Côte d'Ivoire, à Madagascar et en Afrique équatoriale française. Toutefois le bilan des premières années n'est pas considérable, quelques centaines de kilogrammes d'uranium ont été extraits et les réserves semblent s'élever à quelques centaines de tonnes. En 1951 s'ouvre la période du « temps des conquêtes » (Paucard, 1994) qui se termine en 1958 et qui se caractérise par un pro-

[11] Expression employée par Jacques Blanc, Secrétaire général de Cogema (devenu Areva puis Orano) 1976-1987 dans son article (Blanc, 2008).

gramme de prospection tous azimuts des terrains métropolitains (Alpes, Bretagne, Charolais, Beaujolais, Cévennes, Corse, Creuse, Forez, Hérault, Margeride, Normandie, Poitou, Pyrénées, Vendée et Vosges) et étrangers (les équipes du CEA iront aussi en Guyane, en Afghanistan, en Turquie, en Côte d'Ivoire, en Mauritanie, au Mali, et en Iran). Cette période est surtout celle qui a vu le remplacement, à la tête du CEA, du scientifique Frédéric Joliot-Curie par le polytechnicien Pierre Guillaumat, ce qui a scellé définitivement le virage du commissariat vers le développement d'un arsenal atomique. Après de nombreuses tractations, le député Felix Gaillard, proche de Guillaumat et fervent défenseur de la bombe atomique, fait voter une loi revalorisant le budget du CEA pour l'année 1952 à hauteur de 32,2 millions de francs (Hecht, 2009, p. 44). Ce budget avait pour objectif de lancer la construction de la première usine de production de plutonium française à Marcoule, appelée G1 (Lamiral, 1988b), ce qui nécessita, pour l'alimenter, d'intensifier la recherche de matière première, notamment sur le sol français[12].

- *Prospection uranifère*

La famille Rothé a une longue histoire avec la prospection des sous-sols et en particulier des matières radioactives. Le père, Edmond, s'était dès 1910 essayé à leur détection par la méthode proposée par Marie Curie sur l'étude des gaz qui émanent des sources thermales (Rothé & Gutton, 1910). Vingt ans plus tard, il écrit un livre de 397 pages recensant les différentes méthodes et les différents instruments de prospection du sous-sol (Rothé, 1930). Dans les années qui suivent, il entreprend plusieurs études sur la radioactivité des roches et sur la prospection par ionisation par les rayons gamma (Rothé & Hée, 1935, 1939). Après sa mort en 1942, son fils Jean-Pierre reprend son travail et publie avec son père, à titre posthume, une œuvre en deux tomes de plus de 1 000 pages consacrée entièrement à la prospection géophysique (Rothé & Rothé, 1950, 1952). Dans cette œuvre, il détaille d'un point de vue théorique et empirique les différentes méthodes de prospection : séismiques et ionométriques pour le tome 1 ; gravimétriques, électriques, magnétiques et géothermiques pour le tome 2. Rothé entreprend également, au tournant des années 1950, de comparer la méthode de prospection de matières radioactives par ionisation avec les nou-

[12] Ce seront finalement 80 000 tonnes d'uranium qui seront extraits du sol français. Source : Fiche technique de l'IRSN de février 2017, http://www.irsn.fr/FR/connaissances/Environnement/expertises-locales/sites-miniers-uranium/Documents/irsn_mines-uranium_extraction-uranium_2017.pdf, consulté le 17 octobre 2017.

veaux dispositifs portatifs basés sur l'emploi de tubes-compteurs Geiger-Muller (gammaphone et gammamètre). Ensuite, il mène avec son collaborateur Peterschmitt, entre 1951 et 1952, une reconnaissance générale de la radioactivité des Vosges, faisant apparaître des zones à la radioactivité relativement élevée (Rothé & Peterschmitt, 1950, 1952)

C'est donc assez mécaniquement que le CEA se tourne vers Rothé et vers l'IPGS pour lancer une campagne de prospection dans l'est de la France. En 1953, Rothé est employé pour effectuer une carte détaillée de la radioactivité des massifs cristallins des Vosges. Pour mener son travail, le directeur de l'IPGS mobilise une partie de ses étudiants, tant pour l'installation des instruments, que pour le relevé des données ou pour leur traitement analytique[13]. De cette étude découle la publication du rapport CEA n° 707 en 1957. Dans ce rapport il est principalement question d'améliorer les méthodes de repérage et de caractérisation radioactifs, notamment en améliorant le protocole expérimental et en comparant plusieurs techniques de prospection (Rothé, 1957). Après avoir identifié les zones les plus radioactives, où la concentration en uranium est potentiellement plus forte, le CEA fait de nouveau appel à Rothé pour affiner encore la cartographie radioactive de ces zones. Celui-ci effectue alors trois nouvelles études sur la radiogéologie des Vosges publiées en 1960 et 1961, sur les régions du Munster et de Gérardmer (Rothé, 1960a, 1960b, 1961). Le travail demandé à Rothé entre dans un cadre plus large de prospection tous azimuts des terrains métropolitains et étrangers. En 1957, près de 2 000 personnes travaillent au Service de recherche et d'exploitation minière du CEA et les réserves sous contrôle français atteignent près de 37 000 tonnes d'uranium (Blanc, 2008, p. 36). Les rapports de Rothé avec le CEA durant cette décennie peuvent donc être qualifiés d'épisodiques et de contextuels. Par ailleurs, les relations sont formalisées sur la base de la prestation de consultant et pour répondre aux demandes du CEA, Rothé mobilise les ressources de son institut (aussi bien ses étudiants que ses collègues).

Une fois que la matière première a été identifiée, extraite du sol, puis transformée en plutonium dans l'usine de Marcoule, la bombe atomique française était prête à être testée.

[13] Les huit mémoires d'ingénieurs soutenus en 1953 et 1954 ont porté sur la prospection uranifère (contre aucun les trois années suivantes) dont cinq ont contribué directement à la réalisation du contrat avec le CEA (Rothé, 1957, page de remerciements).

- *Essais atomiques*

Les explosions des bombes à hydrogène (Bombe H) par les États-Unis en 1952, l'Union Soviétique en 1953 et la Grande-Bretagne en 1957, ont entraîné une augmentation substantielle des quantités de retombées radioactives sur la planète. En réponse à l'indignation publique qui s'ensuivit, ces pays (et bien d'autres) commencèrent une longue série de discussions sur l'édiction d'un traité pour bannir les essais nucléaires atmosphériques. Après de nombreux débats sur les conditions de l'accord, un traité est signé le 5 août 1963 entre les États-Unis, l'Union Soviétique et le Royaume-Uni interdisant les essais nucléaires atmosphériques, dans la stratosphère et sous l'eau. La signature de ce traité est toutefois conditionnée à la capacité des états à disposer d'un moyen de détection des essais atomiques fiable (Jacobson & Stein, 1966). Pour remplir cette condition, le Département de défense américain lança le projet de recherche et développement « Vela ». Ce projet comportait trois volumes avec une détection à très haute altitude par les satellites spatiaux (Hotel), par des détecteurs de surface de radioélément (Sierra), ainsi que via les détonations nucléaires souterraines et sous-marines par des séismographes (Uniform). Le montant total de ce projet est de 319,2 millions de dollars entre 1960 et 1971 (Bates et al., 1982, p. 175) dont au moins 110 millions sont consacrés au volet sismologique (Barth, 2003). À peu près le tiers de cette somme (33,1 millions) est destiné à des recherches théoriques en géophysique et sismologie tandis que le reste doit servir à l'installation d'un réseau très performant de 120 séismographes standardisés dans 60 pays. La France se dote, quant à elle, dès 1955 d'un système de détection des essais atomiques disposé à Bruyères-le-Châtel en Ile-de-France. C'est à l'initiative de l'entrepreneur scientifique Yves Rocard, alors directeur du laboratoire de science physique de l'École normale supérieure, que le CEA crée le Laboratoire de détection géophysique (LDG) sur un terrain lui appartenant et utilisant des appareils qu'il avait lui-même confectionnés (Rocard, 1988). Ainsi, à partir du milieu des années 1950, les réseaux de sismographes deviennent un enjeu politique important et chaque occasion compte pour en améliorer la performance.

Le 1er mai 1962 a lieu le deuxième essai atomique (bombe A) souterrain français (nom de code Béryl)[14], qui pour la première fois fait participer

[14] Il s'agissait de la quatrième explosion atomique française. Les deux premiers essais nucléaires étaient des explosions de surface et eurent lieu à Reggane en Algérie, sous le nom de code gerboise bleue (13 février 1960) et gerboise verte (25 avril 1961). Le troisième essai se tint dans les galeries souterraines d'un massif granitique du Hoggar. Il y aura finalement treize tirs en galerie effectués sur le même site entre novembre 1961 et février 1966.

des sismologues et géophysiciens. Sous l'impulsion de Rocard, une collaboration scientifique est mise en place avec le milieu académique avec pour double objectif de tester et d'améliorer le réseau français de détection des essais atomiques ainsi que de faire profiter un cercle très restreint de scientifiques des données de l'essai pour leurs études sur la propagation des ondes dans le sol et la localisation des épicentres. Cette collaboration est coordonnée par Jean Coulomb, géophysicien et directeur du CNRS de 1957 à 1962 et implique Rocard, bien sûr, mais aussi des représentants des deux IPG, Rothé à Strasbourg et Yvonne Labrouste, directrice du laboratoire de sismologie expérimentale à Paris, ainsi que Francis Perrin, Haut-Commissaire du CEA de 1951 à 1970. La collaboration se concrétise autour de la transmission des coordonnées spatiales du lieu de l'essai (y compris la profondeur), la date et l'heure (à la seconde près) et le contexte géologique (nature de la roche et des couches sédimentaires)[15]. Cette transmission est approuvée par Lavaud, délégué ministériel pour l'armement, assortie de l'exigence d'un secret absolu sur les données transmises et sur le fait même qu'un essai avait eu lieu[16]. Rocard, quant à lui, fait bénéficier Rothé et Labrouste des données enregistrées au LDG et des données qu'il réussit à récupérer notamment auprès du Service hydrographique de la marine et auprès de certaines stations à l'étranger où il a un accès privilégié[17]. En plus de ces données, deux sismologues (un de l'IPG de Paris et l'autre de l'IPG de Strasbourg), alors en service militaire, sont mis à disposition des deux IPG pour effectuer des enregistrements à proximité du site de l'essai[18]. Tous ces éléments s'ajoutent aux données reçues au BCIS, dirigé par Rothé, qui reçoit pour chaque nouvel événement sismique des données en provenance du monde entier. Rothé est ensuite chargé de compiler et de comparer toutes ces données et de les transmettre aux autres membres du groupe. Le système ainsi mis en place a perduré pour les autres essais souterrains français effectués dans la galerie du Hoggar, en Algérie.

À partir des données recueillies, Rothé calcule les distances angulaires et les durées de propagation des ondes dans le sol, ce qui a permis notamment de découvrir que les structures sous la Méditerranée forment une discontinuité du socle arrêtant complètement la propagation de cer-

[15] Lettre envoyée par Perrin à Rothé le 14 mai 1962, Fonds d'archives Risque Edmond et Jean-Pierre Rothé, EOST, Strasbourg, boîte n° 1.
[16] Lettre envoyée par Lavaud à Rothé le 23 mai 1962, Fonds d'archives Risque Edmond et Jean-Pierre Rothé, EOST, Strasbourg, boîte n° 1.
[17] Note manuscrite envoyée par Rocard à Rothé, le 26 mai 1962, Fonds d'archives Risque Edmond et Jean-Pierre Rothé, EOST, Strasbourg, boîte n° 1.
[18] Lettre de Coulomb envoyée à Rocard, Labrouste et Rothé, le 9 juin 1962, Fonds d'archives Risque Edmond et Jean-Pierre Rothé, EOST, Strasbourg, boîte n° 1.

taines ondes[19]. Une autre utilisation qui est faite de ces données, sans doute la plus importante pour la communauté scientifique, est la détermination des hodochrones[20]. Connaissant la position exacte et le moment précis du relâchement d'énergie, il devient possible de calculer les distances de ce point aux différentes stations et de comparer les temps de propagation expérimentaux aux temps théoriques déduits des tables de Jeffreys-Bullen, permettant *a posteriori* de les améliorer. Rothé note par exemple le fort retard des temps théoriques quand la distance s'éloigne de plus de 5 000 km du point concerné. De son côté, le LDG du CEA cherche dans cette collaboration à tester la qualité de son réseau de détection des essais atomiques et à le comparer avec ceux des autres pays. Les études comparatives des différents réseaux et de leurs marges d'erreur par rapport à l'heure et à l'endroit de l'essai ont été confiées à Rothé et ont permis de déduire que le réseau du professeur Rocard était parmi les plus performants[21], malgré son caractère bricolé[22].

C'est grâce à la collaboration entre Rothé, Rocard, Labrouste, Coulomb, Perrin autour des essais atomiques souterrains français que le réseau de détection des essais nucléaires du CEA a pu être testé et amélioré, notamment via les données recueillies par le professeur Rothé en tant que directeur du BCIS. En contrepartie, les scientifiques ont pu connaître avec précision les caractéristiques concernant la libération d'énergie à l'origine des ondes sismiques et en tirer un avantage concurrentiel par rapport au reste de la communauté scientifique. En témoigne une lettre du professeur Rothé envoyée à Coulomb qui exprime son empressement de publier les résultats de ses analyses : « Aurons-nous l'autorisation de publier rapidement quelque chose (par exemple une note aux Comptes rendus de l'Académie), au sujet de ces enregistrements du 1er mai ? Je crains que les

[19] Compte rendu de séance de l'Académie des sciences du 17 décembre 1962 présenté par Coulomb et signé par le CEA et les deux IPG.

[20] Les hodochrones sont des courbes représentant les temps d'arrivée des ondes sismiques en fonction de la distance à la surface de la terre. Lorsqu'on connaît l'épicentre d'un séisme et le moment où celui-ci se produit, il est possible de reporter sur un diagramme le temps d'arrivée d'une onde donnée en fonction de la distance épicentrale et d'en déduire les propriétés de propagation.

[21] Note de Rothé sur les enregistrements du 1er mai 1962 envoyé le 1er juin 1962, Fonds d'archives Risque Edmond et Jean-Pierre Rothé, EOST, Strasbourg, boîte n° 1.

[22] Les appareils utilisés au LDG sont des sismographes conçus et fabriqués par Rocard lui-même pour des coûts moindres comparés aux énormes moyens mis à disposition par le Département de défense américain pour le réseau Vela Uniform (des centaines de millions de dollars contre quelques milliers de francs), ce qui lui valait d'ailleurs les moqueries des autres services du CEA (Billaud, 2016).

Américains ne publient prochainement, bien que sachant que nous travaillons sur cette question »[23]. La publication a finalement lieu le 17 décembre dans un compte rendu de séance de l'Académie des sciences, présenté par Coulomb et co-signé par le CEA et les deux IPG. Les courriers recensés dans le fonds Rothé font également état de nombreux échanges entre Rothé, Rocard et Coulomb sur l'amélioration du réseau de surveillance des ondes sismiques en France, pour la détection des essais atomiques.

Pour améliorer les capacités de détection des essais atomiques étrangers, se met en place en France une collaboration université-CEA autour d'un nombre limité de personnalités. Sous couvert de secret d'État, le rapport entretenu entre Rothé et le CEA a été, à cette occasion, moins formel que pour la prospection uranifère. La collaboration s'est basée sur une relation interpersonnelle, autour de personnes physiques. Ce ne sont pas les universités de Strasbourg et de Paris, via les deux IPG, qui ont été associées aux essais atomiques, mais Labrouste et Rothé. Ils ont tous deux été choisis et contactés par Rocard alors même que celui-ci n'occupe aucune fonction politique aux ministères ou d'administration au CEA.

Jean-Pierre Rothé, expert national puis international du risque sismique

- *Rothé, expert français du risque sismique*

Dans la nuit du 8 au 9 septembre 1954, un séisme survient à Orléansville en Algérie, causant la mort de 1 243 personnes, détruisant plus de 20 000 habitations et entrainant l'exode de 300 000 personnes[24]. Cet événement est vécu comme un drame aux yeux de l'opinion française et le gouvernement décide qu'il faut reconstruire Orléansville de manière à ce qu'il résiste à un nouvel événement sismique. Dans ce but, des études sont entreprises en vue d'élaborer des règles de construction parasismique. C'est ainsi que sont approuvées, par le ministre de l'Intérieur (à l'époque François Mitterrand), et transmises au gouverneur général de l'Algérie en date du 27 avril 1955, les « recommandations AS55 » visant à accompagner la reconstruction. Ces recommandations sont de deux ordres. Une partie relève du guide de bonnes pratiques sur la conception générale des bâtiments (rapport hauteur, largeur, longueur et dispositions des bâtiments), sur les fonda-

[23] Lettre envoyée par Rothé à Coulomb le 13 octobre 1962, Fonds d'archives Risque Edmond et Jean-Pierre Rothé, EOST, Strasbourg, boîte n° 1, p. 2.

[24] Données recueillies sur le site du Centre de recherche en astronomie, astrophysique et géophysique : http://www.craag.dz/r_sismologique.php, consulté le 17 octobre 2017.

tions, sur le choix des matériaux ou encore sur certains cas particuliers (effet poinçon notamment). L'autre partie des recommandations est constituée de règles de calcul pour la prise en compte des contraintes induites par les sollicitations sismiques sur les bâtiments. Ces contraintes sont variables en fonction de la sismicité de la zone d'implantation du bâtiment, de la densité du sol et de la profondeur des fondations. Trois zones de séismicité d'intensité différente (nulle, faible et forte) ont été définies pour l'Algérie sur la base des travaux de Rothé (1955). Après le séisme, ce dernier entreprit d'une part d'étudier les caractéristiques du séisme et d'autre part de cartographier la sismicité de l'Algérie en croisant les données des séismes passés et les données relatives aux conditions géologiques. Entre l'héritage de son père et sa position à la tête du BCIS, Rothé avait à disposition un catalogue de séismes couvrant le monde entier, sur des périodes plus ou moins longues. Grâce à la station installée à Tamanrasset lors de l'année polaire internationale de 1932, toutes les secousses ressenties depuis cette date étaient transmisse au bureau strasbourgeois. Rothé était à ce compte prédisposé à effectuer ce travail. Les « Recommandations AS55 » utilisent une version schématique et simplifiée de la carte de séismicité de l'Algérie produite par Rothé. C'est la première fois qu'une carte de risque sismique est utilisée dans un territoire français pour la construction des bâtiments, bien que circonscrit à l'Algérie.

Il faut attendre 1962 pour voir l'édiction de règles de construction parasismique concernant la France métropolitaine. Le 29 février 1960, un séisme frappe la ville marocaine d'Agadir. Ce fut le séisme le plus destructeur de l'histoire moderne du Maroc, faisant entre 12 000 et 15 000 morts, alors même que sa magnitude était modérée (moins de 6 sur l'échelle de Richter). Le gouvernement marocain fit appel à Rothé pour qu'il rédige un rapport revenant sur les caractéristiques du séisme et sur les raisons pouvant expliquer l'ampleur des dégâts malgré la magnitude modérée. Ce rapport comporte également une partie pratique demandant à Rothé d'effectuer une étude générale sur la sismicité du Maroc et le questionnant sur la potentialité de reconstruire Agadir dans une zone plus propice ainsi que sur la sismicité autour du barrage de Mechra Killa (Rothé, 1962). La faible magnitude du séisme d'Agadir par rapport à l'étendue des dégâts poussa les autorités françaises, alors directement impliquées dans le secours aux victimes, à étendre les règles parasismiques en vigueur en Algérie au territoire métropolitain dans une version révisée.

Le professeur Rothé est chargé, au sein d'une commission de révision des « Recommandations AS55 », d'établir la carte de sismicité de la

France métropolitaine[25]. Il prépare à cette occasion plusieurs cartographies (Rothé, 1963, 1965). La première répertorie tous les épicentres des séismes ressentis en France entre 1860 et 1960 (tous les séismes depuis 1919 et certains grands séismes connus notamment celui de Lambesc en 1909 pour la période antérieure). La deuxième carte reprend le catalogue d'Alexis Perrey retravaillé par son père et qui propose une carte des intensités maximales ressenties en France pendant près de 1 000 ans (1021-1960). La dernière carte est issue des deux premières et définit l'intensité maximale probable par région, intégrant donc la question de la périodicité des séismes et celle des régions géologiques. Une première version de la nouvelle règle de précautions parasismiques pour le territoire métropolitain est effective en avril 1963. Elle utilise la carte des intensités maximales probables pour définir des zones de sismicité différentes. À chaque zone correspond un coefficient sismique particulier qu'il faut intégrer dans les calculs de construction. Cette carte de risque est utilisée dans les différentes mises à jour de la règle parasismique (PS) en 1962 (PS62), 1964 (PS64) et 1968 (PS68). D'expert national de l'évaluation de l'aléa sismique, Rothé est devenu progressivement sur la même thématique un expert international.

- *Rothé, expert international du risque sismique*

Rothé a toujours été présent sur la scène scientifique internationale en tant que directeur du BCIS et de l'AIS. Il participe d'ailleurs entre 1957 et 1958 à l'Année géophysique internationale, qui fait suite à l'Année polaire internationale de 1932-1933, et qui était annoncée comme le plus grand événement scientifique de l'histoire (Buedeler, 1957 ; Coulomb, 1956). À cette occasion, Rothé est chargé d'étudier la sismicité de l'antarctique, zone *a priori* aséismique (Rothé, 1959).

Une des missions de l'UNESCO est depuis les années 1950 de faire bénéficier l'humanité des avancées scientifiques et à ce titre s'est consacrée à la lutte contre les fléaux naturels (aridité, séismes, inondations, etc.) (Behrman & Unesco, 1979 ; Bioum Ihana, 1998). En 1963, l'UNESCO intensifie son effort pour la prévention du risque sismique avec la création de l'Institut international de sismologie et de génie parasismique et organise en avril 1964 une réunion intergouvernementale sur la sismologie et le génie parasismique, réunissant 110 délégués de 38 nations, qui donne lieu à la création d'un service d'alerte sismologique et d'un réseau international de stations télésismiques (Maurel, 2006, p. 956-957). Pour préparer cette réunion, un groupe de travail sur les cartes séismiques et séismotectoniques,

[25] Rothé, « Note sur la séismicité de la France métropolitaine », annexe B.2 des règles parasismiques PS62, avril 1963.

auquel participe pleinement Rothé[26], est constitué. Ce groupe de travail a perduré après la réunion de 1964 et est devenu le « groupe de travail séismicité » qui intervient auprès de l'UNESCO et de la Commission européenne tout au long des années 1960 et 1970. Ce groupe de travail est présidé par Rothé et compte parmi ses membres des sismologues célèbres comme Karnik ou Sponheuer[27]. Au sein de ce groupe, Rothé est chargé particulièrement de construire le catalogue de séismes. C'est à l'issue de ce travail qu'il publie l'ouvrage de référence, *La séismicité du Globe, 1953-1965*, dans lequel sont étudiés et cartographiés tous les séismes d'une magnitude supérieure à 6 sur l'échelle de Richter, ou d'intensité inférieure mais ayant causé des dégâts notables. Cet ouvrage permet de mettre en avant le fait que les séismes les plus forts ne sont pas nécessairement les plus destructifs, que le phénomène sismique peut se produire à de très grandes profondeurs (exemple du séisme espagnol survenu à une profondeur de 643 km); il précise surtout la position des rifts médio-océaniques et continentaux. Rothé est donc, dans la première moitié des années 1960, reconnu pour ses compétences en matière d'aléa sismique en France et à l'international. Grâce à son expertise du risque sismique dans le bâti courant, Rothé est associé indirectement dans un premier temps, puis directement dans un second temps, à la conception des installations nucléaires en France.

EDF et Jean-Pierre Rothé, une collaboration pour la protection parasismique des installations nucléaires françaises

- *La centrale nucléaire de Fessenheim*

La construction des premières installations nucléaires, et plus généralement de toutes celles appartenant au CEA, est déléguée à des entreprises de construction tierces, dans la perspective d'une « politique des champions » (Hecht, 2009, p. 48). Dans cette optique, la conception et la construction des composants majeurs de la centrale sont confiées à un nombre limité d'entreprises et la coordination de l'ensemble du processus à une seule d'entre elles. Avec cette organisation, la conception est basée sur les codes de construction conventionnels et donc sur les recommandations

[26] UNESCO, « Rapport et recommandations du groupe de travail de l'UNESCO sur les cartes séismiques et séismotectoniques », avril 1964, Fonds d'archives Edmond et Jean-Pierre Rothé, EOST, Strasbourg, boîte n° 46 J 59.

[27] Lettre de préparation à la réunion du Comité consultatif de sismologie et génie parasismique de l'UNESCO envoyé par Rothé aux autres membres du groupe le 11 décembre 1967, Fonds d'archives Edmond et Jean-Pierre Rothé, EOST, Strasbourg, boîte n° 46 J 59.

AS55[28] pour les premiers réacteurs (notamment ceux de Marcoule) puis sur les codes de précautions parasismiques successifs PS62, PS64 et PS68[29]. Le directeur de l'IPG joue donc un rôle important, bien qu'indirect, dans le processus de prise en compte du séisme pour les installations du CEA.

EDF adopte une stratégie différente pour la construction de ses réacteurs nucléaires. Il opte en effet pour une « microgestion des processus de maîtrise d'œuvre » (Hecht, 2009, p. 76) et se positionne ainsi en véritable architecte industriel. Les deux premières centrales nucléaires d'EDF, sur le site de Chinon et de Chooz dans les Ardennes, sont également construites sur la base des règles PS62 car situées dans des zones identifiées comme asismiques[30]. En revanche, ce n'est pas le cas pour le projet franco-allemand de construction d'une centrale nucléaire pour la production d'électricité sur le site de Fessenheim[31].

Étant donné l'importance du projet[32], il apparaît à EDF que les règles PS62, fondées sur une carte des intensités maximales probables par région (déterminant un séisme susceptible de survenir dans les cinquante années à venir), ne sont pas suffisamment conservatives et qu'il faut entreprendre une évaluation du risque maximal pour l'installation. C'est alors que Rothé est mobilisé. Son travail consiste concrètement à préciser les données sismiques et la délimitation entre les régions de sa carte des plus grands

---

[28] En prenant en compte les coefficients de la zone B (la plus sismique) pour les calculs de contraintes.

[29] CEA, Direction des piles atomique, « Protection parasismique des réacteurs : point d'octobre 1967 », 25 octobre 1967, Archives IRSN, Site de Fontenay-Aux-Roses.

[30] « Rapport de sûreté définitif de la centrale nucléaire de Chinon A1 », Tome 1, Volumes 1 à 3, 1965, Archives IRSN, Site de Fontenay-Aux-Roses ; « Rapport de sûreté définitif de la centrale nucléaire de Chooz A », Tome 1, Volumes 1 à 3, 1965, Archives IRSN, Site de Fontenay-Aux-Roses.

[31] À l'origine, le site de Fessenheim devait accueillir une centrale de technologie française, utilisant de l'uranium naturel et modéré au graphite-gaz, mais construite et financée par un consortium franco-allemand. Après la défection allemande, principalement pour des raisons économiques, EDF et le CEA reprirent le projet et continuèrent à effectuer les études pour la réalisation. Finalement, après les retards dus à l'impossibilité d'engager les montants nécessaires en 1968 et 1969, le projet de technologie française fut remplacé par un projet mettant en œuvre la technologie américaine dite à eau pressurisée et utilisant de l'uranium enrichi. La centrale de Fessenheim sera finalement mise en service en 1975 et est à l'heure actuelle la plus ancienne centrale nucléaire encore en service en France.

[32] Il s'agit du premier projet de centrale nucléaire à production d'électricité comportant deux réacteurs de 700 MWe. À titre de comparaison, Saint-Laurent A1 dont la construction a démarré en 1963 compte un réacteur de 460 MWe.

séismes historiques[33]. Une fois l'intensité maximale du séisme définie, il est nécessaire de la traduire en données intégrables dans le calcul, sous forme de coefficient sismique. Ce coefficient sismique dépend aussi de la qualité du sol, des caractéristiques de l'architecture (hauteur, longueur, etc.) et du type de fondations. Rothé est employé par EDF en tant que consultant sur l'ensemble du spectre et à de nombreuses reprises. Pour la centrale de Fessenheim, le professeur Rothé joue ainsi un rôle d'expertise important et complet, bien que non exclusif[34], couvrant de nombreux aspects de la détermination du risque sismique et faisant appel à ses compétences de sismologue, de géologue et de géophysicien. Il conserve ce rôle d'expert privilégié même après la sortie de l'Allemagne du consortium et après le changement de technologie, jusqu'au projet final en 1970 qui a donné naissance à la première centrale à eau sous pression sur le sol français[35] (Lamiral, 1988a).

- *Le plan Messmer*

Avec la guerre du Kippour et l'envolée du prix du pétrole, l'indépendance énergétique de la France est menacée. En réponse, le Président de la République, Georges Pompidou, lance le plus grand programme de développement de centrales nucléaires jamais envisagé qui porte le nom de son premier ministre, le Plan Messmer. L'ampleur de ce programme oblige d'une part à sélectionner de nouveaux sites pour l'implantation des centrales et d'autre part à utiliser une démarche standardisée pour concevoir

[33] Groupe atomique alsacien atlantique, « Études préliminaires de la tenue aux séismes : solutions », 13 octobre 1965, Fonds d'archives Risque Edmond et Jean-Pierre Rothé, EOST, boîte n° 3.

[34] EDF fit appel à d'autres experts, notamment étrangers, pour compléter et confronter l'analyse du professeur Rothé. Notons par exemple la contribution de Weber, professeur de géophysique à l'école Polytechnum de Zurich, celle du professeur Hudson du Californian institute of technologie ou encore l'avis des très réputés Newmark, de l'université de l'Illinois et Ambrasseys de l'Imperial collège de Londres. Notons également la contribution de L'IPG de Paris, l'Association française de sismologie expérimentale ainsi que la Compagnie générale de géophysique qui ont été impliqués notamment via les programmes de recherche *Amplimax* et *Transéisme* qui ont eu pour objet d'améliorer la connaissance sur le comportement réel des installations nucléaires en cas de sollicitations sismiques. Voir EDF, Région d'Équipement de Tours, « Note de synthèse sur la protection de la centrale contre les séismes », 6 mai 1968, Fonds d'archives Risque Edmond et Jean-Pierre Rothé, EOST, boîte n° 3 ; EDF, Région d'Équipement de Tours, « Compte rendu de réunion », 17 novembre 1966, archives EDF, Paris, boîte n° 943221.

[35] Voir les différents rapports concernant la conception de la centrale de Fessenheim entre 1965 et 1973 disponibles dans les boîtes n° 3 et 5 du Fonds d'archives Risque Edmond et Jean-Pierre Rothé.

et construire les différentes installations. Pour déterminer les séismes à considérer sur chaque site et pour chaque installation, les précautions parasismiques PS étant définitivement écartées, une nouvelle démarche est développée. Rothé est impliqué aussi bien dans la sélection des sites que dans la détermination d'une nouvelle démarche. Il rédige ainsi plus de vingt rapports d'expertise concernant la sismicité d'une quarantaine de sites proposés pour l'installation de centrales nucléaires entre 1973 et 1976[36]. Il joue également un rôle important dans l'élaboration de ce qui deviendra la doctrine française en matière de prise en compte du risque sismique en France. D'une part, son travail sur les séismes en France demeure la source de données de base à utiliser pour l'évaluation du risque sismique[37]. D'autre part, il contribue pleinement au choix de ne pas adopter une approche probabiliste de l'aléa (tenant compte de la récurrence du phénomène), pourtant la plus plébiscitée à l'internationale (Bostrom et al., 2008), au profit d'une approche déterministe du risque sismique (déterminant un cas maximal à envisagé) en France[38]. Il estime en effet qu'il est plus judicieux de profiter du catalogue relativement riche de séismes en France (1 000 ans de données contre 300 aux États-Unis) plutôt que de mettre en place une méthode qui tend à surestimer le risque en dépit des réalités géologiques du territoire[39].

Rothé conserve un rôle double pour la conception des installations nucléaires françaises tout au long des années 1970. Il effectue, entre autres, des expertises particulières pour les sites situés dans la vallée du Rhône (Tricastin, Marcoule, Bugey et Creys-Malville)[40]. Il effectue également des études traitant du choix des sites nucléaires pour le compte de Simecsol Études[41] (aujourd'hui ARCADIS), sous-traitant d'EDF, et pour Sofratome

---

[36] Lettre envoyée par Rothé à Haroun Tazieff, le 3 octobre 1982, Fonds d'archives Risque Edmond et Jean-Pierre Rothé, EOST, boîte n° 4, p. 2.

[37] Rapport DSN n° 83, « Études récentes concernant les principales agressions d'origine externe et recommandations de sûreté adaptées à la situation européenne », octobre 1975, Fonds d'archives IRSN, site de Fontenay-Aux-Roses.

[38] Cornelius Radu, « Fréquence et magnitude des séismes en France », octobre 1973, Fonds d'archives IRSN, Site de Fontenay-Aux-Roses ; Compte rendu de la première réunion du GT « Probabilité des séismes », du 13 mars 1974, Fonds d'archives IRSN, site de Fontenay-Aux-Roses, p. 2.

[39] Lettre envoyée par Rothé à Daniel Costes du Département de sûreté nucléaire (ancêtre de l'IRSN) du CEA, 18 octobre 1974, Fonds d'archives Risque Edmond et Jean-Pierre Rothé, EOST, boîte n° 5.

[40] Plichon (EDF), « Séismicité de la Vallée du Rhône (Donzère – Pierrelatte – Aramon) », Compte rendu de réunion du 16 juin 1973 tenue à la Défense, Fonds d'archives Risque Edmond et Jean-Pierre Rothé, EOST, boîte n° 5.

[41] Correspondance du 26 mai 1975, Fonds d'archives Risque Edmond et Jean-Pierre Rothé, EOST, boîte n° 4.

(dans le cadre d'une étude de la sismicité du site de Ras Zaafarana en Égypte)[42]. À partir de 1968, les budgets alloués à la recherche baissent considérablement et le CNRS entre dans une période de crise (Marnot, 2010). Dans une lettre adressée à Rocard, Rothé se plaint ainsi : « Comme vous le savez les gauchistes du CNRS m'ont après 1968 supprimé tous mes postes et mes crédits. Cette dictature qu'ils exercent au CNRS et dans l'université est un scandale que le gouvernement connaît peut-être mal et dont il faudrait qu'il s'occupe »[43]. À partir de 1969, Rothé ne publie plus aucun livre ni aucun article scientifique, à l'exception des rééditions de 1972, 1977 et 1984 du « Que sais-je ? » sur les séismes et les volcans mais dont les modifications concernent exclusivement la question de la protection parasismique (Rothé, 1972, 1977, 1984). Par ailleurs, il participe à la révision de la règle PS69 en tant que président du groupe de travail « sismicité » et également au projet d'écriture d'un arrêté pour la « prise en compte du risque sismique pour la sûreté des réacteurs nucléaires »[44]. Ainsi coïncident dans cette période à la fois une baisse, voire un arrêt des activités scientifiques de Rothé, et une intensification de son activité de consultant autour de la protection parasismique et du développement de l'industrie nucléaire français.

Conclusion

Cet article visait en premier lieu à analyser la validité du modèle de l'entrepreneur scientifique développé par Pestre et repris par Jacq dans le cas des sciences de la Terre. L'entrepreneur scientifique est avant tout un scientifique à la tête d'un institut, qu'il transforme en « usine de recherche » avec l'ambition de créer un empire scientifique autour de sa personne. Pour ce faire, il cherche à augmenter ses ressources humaines et matérielles et à étendre son champ de compétences afin de devenir un acteur incontournable sur un nombre toujours plus important de questions. Jean-Pierre Rothé, de par son histoire, sa contribution à la communauté scientifique (à la fois théorique et empirique), sa permanence à la tête de l'Institut de phy-

[42] Note d'honoraire envoyée par Sofratome au professeur Rothé le 15 Janvier 1980, Fonds d'archives Risque Edmond et Jean-Pierre Rothé, EOST, boîte n° 4.

[43] Lettre de Rothé envoyée à Rocard, le 30 juin 1975, Fonds d'archives Risque Edmond et Jean-Pierre Rothé, EOST, boîte n° 3, p. 3.

[44] Cet arrêté ne fut jamais promulgué au profit d'un dispositif para-réglementaire, non contraignant, mais proposant un référentiel dont le respect vaut pour conformité avec la pratique réglementaire technique française. Voir la note préliminaire commune à toutes les règles fondamentales de sûreté, dans *Sûreté des installations nucléaires en France : législation et réglementation,* Direction de la sûreté des installations nucléaires, Journal officiel de la République française, 1995 (3e édition).

sique de globe de Strasbourg, du Bureau central international de sismologie et de l'Association internationale de sismologie ainsi que son rôle d'expert international, est incontestablement une personnalité centrale des sciences de la Terre pendant toute sa carrière. En héritant de l'aura, de la place, du savoir et des données de son père, il obtient après la guerre une position favorable et assoit son autorité sur un certain nombre de thématiques. D'abord sur les aspects théoriques et pratiques de la prospection des sous-sols en publiant une œuvre encyclopédique en deux tomes (Rothé & Rothé, 1950, 1952) lui assurant des contrats de prestations auprès du CEA. En tant que directeur du BCIS il répertorie et caractérise tous les séismes importants qui surviennent sur le globe et se retrouve alors en possession de données empiriques utiles à toute la communauté internationale de sismologie. Après les séismes destructeurs de 1954 en Algérie française et de 1960 au Maroc, il contribue à créer le lien unissant le phénomène naturel aux constructions humaines et à la manière de les protéger, et devient ainsi un expert national puis international du risque sismique. Cette présence lui permit de participer aux deux grands programmes scientifiques qui ont été déterminants pour le développement des sciences de la Terre (l'année internationale de géophysique et les essais atomiques) ce qui lui assure, en retour, une position centrale en France et à l'international.

Selon Pestre et Jacq, l'entrepreneur évolue dans un environnement qui se qualifie par le caractère décisif des relations d'homme à homme et par l'aspect épisodique des rapports qu'il entretient avec les services de l'État et l'industrie. Pour ce qui est de l'importance de la relation d'homme à homme, la relation qu'entretenait Rothé avec Rocard et l'exemple de l'essai atomique de Béryl confirment cet aspect. Rothé fut en contact à plusieurs reprises avec les organismes du nucléaire, le plus souvent en tant que consultant et sur des questions variées (la prospection uranifère, le réseau de détection des essais atomiques, le choix des sites et la détermination de l'aléa sismique dans toutes ses composantes). Ces contacts sont sporadiques, contextuels et jamais intégrés à des programmes d'ensemble ou de long terme, ce qui confirme le deuxième aspect. Par contre, la situation semble évoluer à partir de la fin des années 1960. La réduction des financements délivrés par le CNRS ainsi que l'accélération du programme nucléaire français poussent Rothé à délaisser la science fondamentale pour se consacrer à la science appliquée et à l'expertise du risque sismique.

La contribution de Rothé, dans les années 1950 et au début des années 1960, au développement du nucléaire militaire français ne paraît pas très significative. Ces prestations de prospection uranifère dans les Vosges ne sont qu'une étude parmi beaucoup d'autres et d'ailleurs aucun gisement ne sera jamais exploité dans cette région. Sa participation aux essais ato-

miques français fait surtout écho à la situation américaine où des sismologues sont intégrés dans le développement d'un réseau de détection des essais nucléaires. En revanche, à partir du projet de construction de la centrale de Fessenheim non loin de Strasbourg, Rothé apporte un avis d'expert sur tous les aspects concernant la résistance de la centrale à d'éventuelles secousses sismiques. Par la suite, il joue un rôle déterminant dans la réalisation du programme électronucléaire en participant au choix des sites, en caractérisant le phénomène sismique associé et donc, concomitamment, conditionne une partie de la résistance des installations à son expertise. Enfin, il marque de son empreinte la démarche générale d'évaluation du risque sismique en militant pour l'adoption d'une approche déterministe, fondée sur la détermination du séisme maximum historique susceptible de survenir dans la région, et en se positionnant comme seul détenteur de la donnée de base. Pour toutes ces raisons, Rothé a joué un rôle manifeste dans le développement du nucléaire civil en France et plus précisément dans la construction et la localisation des installations électronucléaires, dont certaines sont encore en service aujourd'hui.

Quelles spécificités apparaissent à travers ce cas d'étude ? Un des aspects manquants dans l'histoire de Jean-Pierre Rothé et des sciences de la Terre est qu'à la différence d'un Louis Néel ou d'un Charles Sadron, l'aspect gestionnaire d'institut de l'entrepreneur scientifique manque au tableau. En effet, Rothé n'a pas agi de manière à favoriser la croissance de son institut ; il ne cherche en effet ni à augmenter ses effectifs ni même à obtenir de nouveaux instruments plus puissants. Cette particularité s'explique sans doute par le statut de la science à son époque. À la différence des sciences physiques qui évoluent dans un espace concurrentiel où des agents s'affrontent pour la domination, les sciences de la Terre, encore embryonnaires à cette époque, ont tendance à mettre en commun leurs forces à l'échelle internationale. D'autre part, si la tenue d'entrepreneur scientifique semble bien aller à Rothé dans les années 1950, elle parait ne plus convenir pour décrire la période après la seconde moitié des années 1960. De manière grossière, la fin des trente glorieuses, accompagnée de son lot de restrictions budgétaires et de changements institutionnels et structurels, fait passer la France dans un nouveau mode de fonctionnement dans lequel l'entrepreneur scientifique n'a plus vraiment sa place. La reconstruction est achevée, la France a rattrapé son retard technologique, le milieu scientifique s'est spécialisé et organisé. Dans ce nouveau contexte, il semble que le modèle des « grands patrons » comme Rocard, Néel ou Rothé, qui tiennent à bout de bras une partie du développement technologique et scientifique du pays en se situant au-dessus des clivages institutionnels, disciplinaires et politiques ne soit plus valable.

Références

ANDUAGA Aitor (2015), *Geophysics, Realism, and Industry: How Commercial Interests Shaped Geophysical Conceptions, 1900-1960*, Oxford, Oxford University Press.

BARTH Kai-Henrik (2003), « The Politics of Seismology: Nuclear Testing, Arms Control, and the Transformation of a Discipline », *Social Studies of Science,* vol. 33, n° 5, p. 743-781.

BATES Charles C., GASKELL Thomas F. & RICE Robert B. (1982), *Geophysics in the Affairs of Man: A Personalized History of Exploration Geophysics and Its Allied Sciences of Seismology and Oceanography*, New York, Elsevier Science.

BEHRMAN Daniel & UNESCO (1979), *Science, technique et développement : la démarche de l'Unesco*, Paris, Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture.

BILLAUD Pierre (2016), *La grande aventure du nucléaire militaire français : des acteurs témoignent*, Paris, L'Harmattan.

BIOUM IHANA Angèle (1998), *L'Unesco et la protection internationale de l'environnement : contribution à l'étude de la formation et de l'évolution du droit international de l'environnement,* Thèse de doctorat en droit public, Université de Paris 1, En ligne http://www.theses.fr/1998PA010322

BLANC Jacques (2008, août), « Les mines d'uranium et leurs mineurs français : une belle aventure », *Annales des Mines - Réalités industrielles,* n° 2008/3, p. 35-43, doi : 10.3917/rindu.083.0035

BOSSUAT Gérard (1986), « L'aide américaine à la France après la Seconde Guerre mondiale », *Vingtième Siècle. Revue d'histoire*, n° 9, p. 17-36.

BOSTRÖM Ann Kristin, FRENCH Steven P. & GOTTLIEB Sara J. (2008), *Risk Assessment, Modeling and Decision Support: Strategic Directions*, Berlin/ Heidelberg, Springer.

BUEDELER Werner (1957), *L'année Géophysique Internationale*, Paris, Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture.

CARPENTIER Jean (2011), *Cent vingt ans d'innovations en aéronautique*, Paris, Hermann.

COULOMB J. (1956), « L'Année géophysique internationale (1957-1958) », *L'Astronomie,* vol. 70, p. 1-21.

CRAIG John E. (1984), *Scholarship and Nation Building: The Universities of Strasbourg and Alsatian Society, 1870-1939*, Chicago, University of Chicago Press.

DAHAN Amy & PESTRE Dominique (2004), *Les sciences pour la guerre : 1940-1960*, Paris, Éditions de l'École des Hautes Études en Sciences Sociales.

DENNIS Michael A. (2003), « Earthly Matters: On the Cold War and the Earth Sciences », *Social Studies of Science,* vol. 33, n° 5, p. 809-819.

DI MANNO Sylvain (2015), « "Hier sur tous les fronts… Demain sur tous les mondes". Mobilisation météorologique et reconfigurations disciplinaires, militaires et aéronautiques durant la Première Guerre mondiale », *Cahiers d'histoire. Revue d'histoire critique,* n° 127, p. 117-133.

DOEL Ronald E. (2003), « Constituting the Postwar Earth Sciences: The Military's Influence on the Environmental Sciences in the USA after 1945 », *Social Studies of Science,* vol. 33, n° 5, p. 635-666.

EDGERTON David (2015), « L'État entrepreneur de science », dans Dominique PESTRE & Christophe BONNEUIL (éds.), *Histoire des sciences et des savoirs, Tome 3. Le siècle des technosciences,* Paris, Seuil, p. 67-83.

ENGDAHL E. Robert (1972), « Seismic effects of the MILROW and CANNIKIN nuclear explosions », *Bulletin of the Seismological Society of America,* vol. 62, n° 6, p. 1411-1423.

FOASSO Cyrille (2003), *Histoire de la sûreté de l'énergie nucléaire civile en France (1945-2000) : technique d'ingénieur, processus d'expertise, question de société,* Thèse de doctorat en histoire, Université de Lyon 2.

FORMAN Paul (1987), « Behind Quantum Electronics: National Security as Basis for Physical Research in the United States, 1940-1960 », *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences,* vol. 18, n° 1, p. 149-229, doi : 10.2307/27757599

GALISON Peter & HEVLY Bruce W. (1992), *Big Science: The Growth of Large-scale Research*, Stanford, Stanford University Press.

GOLDSCHMIDT Bertrand (1962), *L'aventure atomique : ses aspects politiques et techniques*, Paris, Fayard.

GOLDSCHMIDT Bertrand (1967), *Les rivalités atomiques : 1939-1966*, Paris, Fayard.

GOLDSCHMIDT Bertrand (1980), *Le complexe atomique. Histoire politique de l'énergie nucléaire*, Paris, Fayard.

GUTENBERG Beno & RICHTER Charles Françis (1949), *Seismicity of Earth and associated phenomena*, Princeton, Princeton University Press.

HECHT Gabrielle (2009), *The Radiance of France: Nuclear Power and National Identity after World War II*, Cambridge (MA), MIT Press.

JACOBSON Harold Karan & STEIN Eric (1966), *Diplomats, Scientists, and Politicians: The United States and the Nuclear Test Ban Negotiations* (Law School History and Publications ed.), Ann Arbor, University of Michigan Press.

JACQ François (2002), « Aux sources de la politique de la science : mythe ou réalités ? (1945-1970) », *La revue pour l'histoire du CNRS,* n° 6, En ligne https://journals.openedition.org/histoire-cnrs/3611

JACQ François (2005), « Le laboratoire au cœur de la reconstruction des sciences en France 1945-1965 », *Les Cahiers du Centre de Recherches Historiques,* n° 36, En ligne http://journals.openedition.org/ccrh/3043

LAMBERT Jérôme, LEVRET-ALBARET Agnès, CUSHING Marc & DUROUCHOUX Christophe (1996), *Mille ans de séismes en France : catalogue d'épicentres paramètres et références*, Nantes, Ouest éditions.

LAMIRAL Georges (1988a), *Chronique de trente années d'équipement nucléaire à Électricité de France*, Volume 1, Paris, Association pour l'histoire de l'électricité en France.

LAMIRAL Georges (1988b), *Chronique de trente années d'équipement nucléaire à Électricité de France*, Volume 2, Paris, Association pour l'histoire de l'électricité en France.

LECLERCQ Jacques (1988), *L'ère nucléaire*, Vanves, Éditions du Chêne.

MARNOT Bruno (2010), « Le budget du CNRS de 1969 à 2000 », *La revue pour l'histoire du CNRS,* n° 26, En ligne http://journals.openedition.org/histoire-cnrs/9273

MAUREL Chloé (2006), *L'Unesco de 1945 à 1974,* Thèse de doctorat en histoire, Université de Paris 1, En ligne http://www.theses.fr/2006PA010668

MEEHAN Richard L. (1984), *The Atom and the Fault: Experts, Earthquakes, and Nuclear Power*, Cambridge (MA), MIT Press.

OKRENT David (1981), *Nuclear Reactor Safety: On the History of Regulatory Process*, Madison, University of Wisconsin Press.

OLIVIER-UTARD Françoise (2003), « La dynamique d'un double héritage. Les relations université-entreprise à Strasbourg », *Actes de la Recherche en Sciences Sociales*, n° 148, p. 21-33.

PAUCARD Antoine (1992), *La mine et les mineurs de l'uranium français, Tome 1. Les temps légendaires (1946-1950)*, Brive, Éditions Thierry Parquet.

PAUCARD Antoine (1994), *La mine et les mineurs de l'uranium français, Tome 2. Le temps des conquêtes (1951-1958)*, Brive, Éditions Thierry Parquet.

PAUCARD Antoine (1996), *La mine et les mineurs de l'uranium français, Tome 3. Le temps des grandes aventures (1959-1973)*, Brive, Éditions Thierry Parquet.

PESTRE Dominique (1989), *Louis Néel, le magnétisme et Grenoble : récit de la création d'un empire physicien dans la province française : 1940-1965*, Paris, Centre National de la Recherche Scientifique.

PESTRE Dominique (1994), « Le renouveau de la recherche à l'École Polytechnique et le laboratoire de Louis Leprince-Ringuet, 1936-1965 », dans Bruno BELHOSTE, Amy DAHAN & Antoine PICON (éds.), *La formation polytechnicienne. Deux siècles d'histoire, 1794-1994,* Paris, Dunod, p. 333-356.

PESTRE Dominique (1996), « Studies the ionosphère and forecasts for radiocommunications. Physicists and engineers, the military and national laboratories in France (and Germany) after 1945 », *History and Technology,* vol. 13, p. 1-23.

PESTRE Dominique (2004), « Sciences physiques et recherche industrielle et militaire en France : un changement historique de régime », dans Amy DAHAN & Dominique PESTRE (éds.), *Les sciences pour la guerre, 1940-1960,* Paris, EHESS, p. 317-341.

PESTRE Dominique & JACQ François (1996), « Une recomposition de la recherche académique et industrielle en France dans l'après-guerre, 1945-1970 : nouvelles pratiques, formes d'organisation et conceptions politiques », *Sociologie du travail*, vol. 38, n° 3, p. 263-277.

PICARD Jean-François, BELTRAN Alain & BUNGENER Martine (1985), *Histoires de l'EDF. : comment se sont prises les décisions de 1946 à nos jours ?,* Paris, Dunod.

PICARD Jean-François & PRADOURA Élisabeth (1988), « La longue marche vers le CNRS (1901-1945) », *Cahiers pour l'histoire du CNRS,* n° 1, En ligne http://www.histcnrs.fr/pdf/cahiers-cnrs/picard-pradoura-88.pdf

PRINGLE Peter & SPIGLEMAN James (1982), *Les barons de l'atome*, Paris, Éditions du Seuil.

QUENET Grégory (2005), *Les tremblements de terre aux XVII^e^ et XVIII^e^ siècles : la naissance d'un risque*, Seyssel, Champ Vallon.

ROCARD Yves (1988), *Mémoires sans concessions*, Paris, Grasset.

ROTHÉ Edmond (1926), « Observations séismologiques en France. Guide pour l'observation des tremblements de terre », *Comptes rendus du Congrès des sociétés savantes*, Paris, Imprimerie Nationale, p. 115-125.

— (1927), « Sur la publication d'une histoire des tremblements de terre en France et la collaboration des sociétés savantes », *Comptes rendus du Congrès des sociétés savantes*, Paris, Imprimerie Nationale, p. 136-138.

— (1930), *Les Méthodes de prospection du sous-sol*, Paris, Gauthier-Villars.

— (1936), « La commission française d'étude des calamités », *Revue Scientifique. Revue rose illustrée,* vol. 74, n° 10, p. 289-294.

— (1942), *Les Tremblements de terre, leurs causes, leurs effets*, Paris, Flammarion.

— (1943), *Questions actuelles de géophysique*, Paris, Gauthier-Villars.

ROTHÉ Edmond & GODRON Henri (1929), « Alexis Perrey, professeur à la Faculté des sciences de Dijon, sismologue français, 1807-1882 », *Mémoires de l'Académie des sciences, arts et belles-lettres de Dijon*, Dijon, Imprimerie Bernigaud et Privat.

ROTHÉ Edmond & GUTTON Camille (1910), « Sur la radioactivité de l'eau du parc Sainte-Marie », *Bulletin des séances de la Société des sciences de Nancy,* sér. 3, t. 10, p. 221-224.

ROTHÉ Edmond & HÉE Arlette (1935), « Sur la prospection radiométrique d'une coulée de rhyolite », *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences,* t. 201, p. 892-893.

ROTHÉ Edmond & HÉE Arlette (1939), « Études géoradiologiques sur les roches d'Alsace et des Vosges », *Annales de l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg,* t. 1, 3e partie : Géophysique (Nouvelle Série), p. 1-24.

ROTHÉ Edmond & ROTHÉ Jean-Pierre (1950), *Prospection géophysique*, Paris, Gauthier-Villars.

ROTHÉ Edmond & ROTHÉ Jean-Pierre (1952), *Prospection géophysique*, Paris, Gauthier-Villars.

ROTHÉ Jean-Pierre (1937), *Contribution à l'étude des anomalies du champ magnétique terrestre,* Thèse en sciences physiques, Faculté des Sciences de Paris.

— (1955), « Le tremblement de terre d'Orléansville et la sismicité de l'Algérie », *La Nature,* n° 3237, p. 1-9.

— (1957), *La radioactivité des Vosges hercyniennes. Rapport CEA n°707,* Paris, Commissariat à l'énergie atomique.

— (1959), « La séismicité de l'Antarctique », *Annals of the International Geophysical Year, Volume XXX. Seismologie,* Oxford, Pergamon Press, p. 9-30.

— (1962), « Le séisme d'Agadir et la sismicité du Maroc », *Notes et Mémoires du Service Géologique du Maroc,* n° 154, p. 7-29.

— (1963), « Le risque séismique et la recherche d'une protection contre les séismes », *La Nature,* n° 3341 et n° 3342, p. 353-362 et p. 423-424.

— (1965), *Seismicity maps of France*, Paper presented at the Proceedings of the Third World Conference on Earthquake Engineering, New Zealand.

— (1969), *La séismicité du Globe de 1953 à 1965*, Paris, UNESCO.

— (1972), *Séismes et volcans*, Paris, Presses Universitaires de France (6e édition).

— (1977), *Séismes et volcans*, Paris, Presses Universitaires de France (7e édition).

— (1984), *Séismes et volcans*, Paris, Presses Universitaires de France (8e édition).

ROTHÉ Jean-Pierre (cartographe)

— (1960a), *Carte radiogéologique [de Munster]*.

— (1960b), *Carte radiogéologique des Vosges hercyniennes feuille de Munster à 1/50.000*, Strasbourg, Imprimerie de l'Université.

— (1961), *Carte radio-géologique [de Gérardmer]*.

ROTHÉ Jean-Pierre & PETERSCHMITT Élie (1950), « Quelques mesures radiogéologiques dans les Vosges hercyniennes : comparaison des appareils Kolhörster, gammaphone et gammamètre », *Annales de l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg,* t. 6, 3e partie : Géophysique (Nouvelle série), p. 77-90.

ROTHÉ Jean-Pierre & PETERSCHMITT Élie (1952), « La radioactivité des Vosges hercyniennes », *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences,* t. 234, p. 1610-1612.

SCHLICH Roland & HOANG TRONG Pho (s.d.), « Rothé Jean-Pierre (1906-1991) », *Encyclopædia Universalis*, En ligne https://www.universalis.fr/encyclopedie/jean-pierre-rothe/, consulté le 17 octobre 2017.

SCHEINMAN Lawrence (1965), *Atomic Energy Policy in France Under the Fourth Republic*, Princeton, Princeton University Press.

VOGT Jean (2003), « Bref historique des enquêtes macrosismiques en France, dans leur contexte, avec quelques exemples de pays voisins », *Travaux du Comité français d'histoire de la géologie,* sér. 3*,* t. 17, p. 175-192.