

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

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 Mèlès, 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 ROGER131
*Des sciences de la Terre au service de l'atome ? Le rôle de Jean-
Pierre Rothé, entrepreneur scientifique (1945-1976)*

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 XIX^e 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 Bénédic 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'auteur 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'accroît 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.

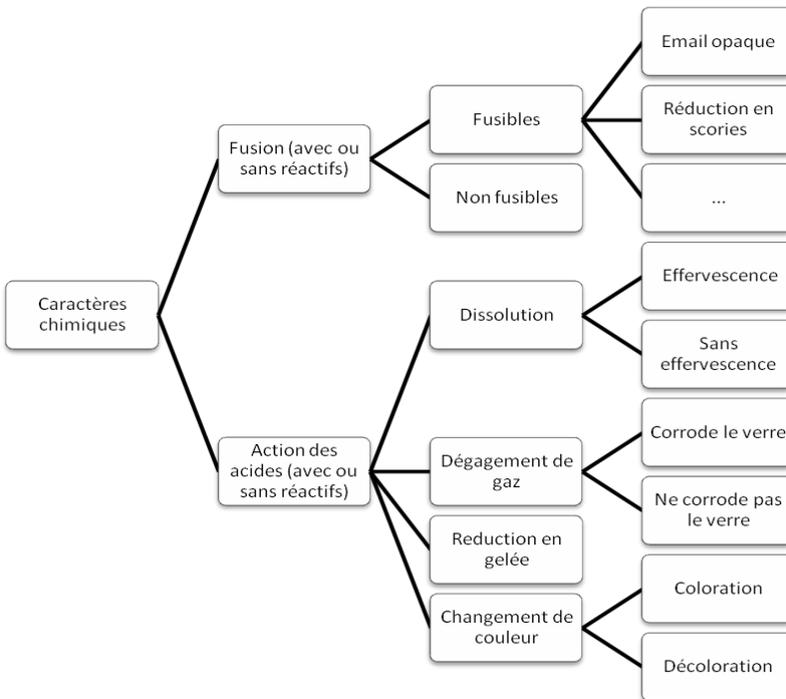


Figure 1 - Représentation des caractères chimiques (d'après Brongniart, 1807)

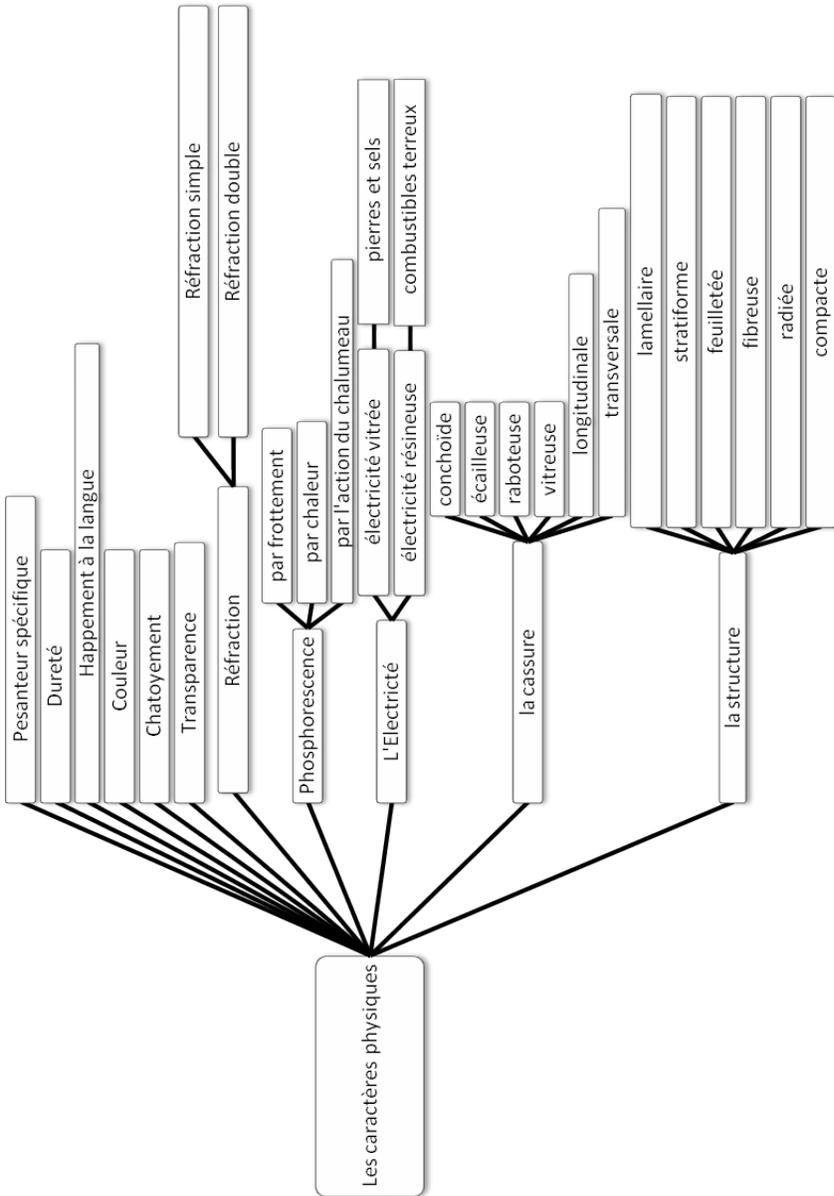


Figure 2 - Représentation des caractères physiques (d'après Brongniart, 1807)

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 spécifique¹ 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 Nordenskiöld (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 Fleuriou 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 Fleuriou 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 observations². 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 colorés³ 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. Nordenskiöld (1824) utilise le chalumeau pour les aérolithes⁵ 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 réactifs⁶. 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 (?) Deville⁷ (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 (Nordenskiöld, 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' $1/1000^e$ 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 réfléchie⁸. 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 polarisée⁹. 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 transparait 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 (Itoiz, 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 V^e 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.
- DUFRENOY Armand (1837), « Examen chimique et microscopique de quelques cendres volcaniques », *Annales des Mines*, sér. 3, t. 12, p. 355-372.
- DUFRENOY 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. Berzélius*, Tome 1 et Tome 2, Paris, Imprimerie de Huzard-Courgier.
- HAÛY 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 Edinburgh 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, 2^e 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 Quarterly 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 Wetenschappen, 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 accompanied 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.