

Dr Roksana Maćkowska
Polska Akademia Nauk
Muzeum Ziemi w Warszawie

L'histoire de la recherche minéralogique

Abstract:

History of mineralogical research

Mineralogy is one of the oldest scientific disciplines, dynamically developing over the centuries. This article will present the history of this field. The first documents containing information on minerals come from the Indian Veda (XI-X century BC) and Ramayana and Mahabharata (III-II century BC). In ancient times, Greek philosophers (Aristotle, Plato and Theophrastus of Eros) and Roman (Pliny the Elder) also wrote about the minerals. The works of ancient writers concerned primarily the properties and recognition of gemstones as well as applications in medicine and magical rituals. The first minerals were described and classified based on their macroscopic features, such as color, gloss, hardness and crystal habit. More detailed methods of minerals research were developed in later ages. The significant development of physics in the fourteenth century and chemistry in the nineteenth century contributed to the progress of the science of minerals. Currently, the methods of mineral testing are at a very high level. Minerals are used properly in all branches of industry.

Introduction

La minéralogie (la science de la structure, de la composition chimique, des propriétés physiques, de la genèse et de l'altération minérale) est l'une des plus anciennes sciences naturelles; l'homme s'intéressait aux ressources naturelles depuis le paléolithique. La minéralogie s'est développée de manière dynamique au cours des siècles. Actuellement, des études très détaillées des minéraux sont possibles grâce à l'utilisation de méthodes analytiques avancées. En fonction de leurs propriétés physiques ou chimiques les minéraux sont utilisés dans de nombreuses branches de l'industrie, telles que: l'énergie, la métallurgie, l'électronique, la chimie, l'alimentation, la céramique et l'industrie pharmaceutique. Ils servent aussi pour la protection des environnements. Aujourd'hui, on dénombre un peu plus de 5200 espèces minérales différentes. On découvre de 5 à 10 d'espèces nouvelles par an. Le but de cet article est de montrer les changements qui se produisent dans l'étude des minéraux dans des siècles divers. L'auteur présente ici les événements les plus importants de l'histoire de la minéralogie.

1. La première recherche

Avant 1700 av. J.-C. on comptait environ 20 espèces des minéraux. Les premiers documents contenant des informations sur les minéraux proviennent de Hindu Védas (XI-X siècle av. J.-C) et de Ramayana et Mahabharata (III-II siècle av. J.-C). Védas sont le plus ancien groupe de textes religieux en sanskrit qui constituaient l'ensemble de la connaissance de l'homme sur le monde des personnes et des dieux. Le Râmâyana et le Mahabharata sont des textes épiques fondamentaux de l'hindouisme et de la mythologie hindoue (Ellinger, 1997).

Durant les IV^e et III^e siècles av. J.-C, les philosophes Grecs, tels qu'Aristote, Platon et Théophraste d'Ersos ont également écrit sur les minéraux. C'est dans *La Météorologie* qu'Aristote a introduit pour la première fois la méthode désormais propre à la minéralogie. Il établit d'abord deux grandes classes: les minéraux divisibles sous le marteau, et les minéraux malléables. Au début du 1^{er} siècle, ont été publiées les œuvres de Dioscoride et de Strabon. En l'an 77 l'érudit romain Pline l'Ancien composa l'œuvre *Historia Naturalis* où il a décrit les propriétés des minéraux (Povannrennykh, 1972).

Malgré les erreurs commises Pline l'Ancien s'est placé au premier rang parmi les naturalistes des temps anciens. Les minéraux, les métaux, les pierres et les œuvres d'art exécutées à partir de ces matériaux sont décrits dans les livres XXXIII à XXXXVII où on trouve les informations précieuses relatives à l'or, l'argent et les mines de ces métaux. Dans le livre XXXIV, dans lequel Pline analyse l'art du bronze, ont été décrits les métaux tels que: le fer, le plomb et l'étain. Dans les deux livres suivants, l'érudit s'est penché sur la peinture et a proposé une vaste l'histoire et de l'art sculptural en décrivant l'imploit de la pierre et des briques largement utilisés dans l'architecture ancienne. Dans le dernier livre (XXVII) l'auteur a décrit diverses pierres précieuses et leur usage par les anciens Romains (Łukasiewicz, 1845).

Les Romains ont permis la floraison, l'exploration, l'exploitation et la transformation de nombreux minéraux. Leur intérêt était presque exclusivement pratique. Bien sûr, la science de la minéralogie proprement dite n'existait pas à ce moment-là. La science, comme nous l'entendons dans la langue académique, apparaît dans le cadre de la philosophie classique comprenant les idées scientifiques formulées par les savants antiques. Les auteurs anciens se concentraient principalement sur les propriétés et la valeur des pierres précieuses, leur utilisation en médecine et rituels magiques. Les premiers minéraux ont été décrits et classés en

fonction de leurs caractéristiques macroscopiques. Les minéraux possèdent en effet des propriétés physiques qui permettent de les distinguer entre eux et qui deviennent par conséquent des critères de leur identification. Ces sont: couleur, éclat (c'est l'aspect qu'offre leur surface lorsqu'elle réfléchit la lumière), trait (la couleur de la poudre des minéraux), dureté (soit la résistance se à laisser rayer), densité, forme cristalline, clivage, effervescence (réaction chimique dégage des bulles de gaz carbonique).

Après plusieurs siècles du développement de la science des minéraux que nous venons de mentionner, il y avait une période de stagnation et même d'oubli au sujet de cette branche de la science. Au Moyen Age, les minéraux ont été étudiés principalement par des scientifiques arabes. Au XI^e siècle, le docteur Ibn Sin (Avicenne) a développé la systématique originale des minéraux et fut le premier à essayer de découvrir les conditions de leur formation. Avicenne a ajouté aux pierres et aux métaux les substances sulfureuses, et il a rangé les minéraux en quatre classes: les pierres, les métaux, les soufres et les sels. En même temps, Muhammad ibn Musa al-Khwarizmi (premier des mathématiciens persans) a élaboré les premières données sur les constantes physiques comme la densité ou poids spécifique. Il a décrit de nombreuses caractéristiques des minéraux utiles à l'identification (Povannrennykh, 1972).

2. La renaissance des sciences naturelles après le Moyen Age

Le véritable développement de la recherche minéralogique, c'est la Renaissance et le Barok. C'est pendant cette période que les méthodes empiriques de la recherche ont commencé à être utilisées. Nous trouvons les descriptions des propriétés des minéraux dans les travaux de Léonard de Vinci, Descartes, Stensen et Leibnitz. L'œuvre la plus importante de cette époque c'est le *De natura fossilium* de Georg Bauer (Agricola), écrite en 1546 (Povannrennykh, 1972). L'auteur a examiné et décrit avec précision les propriétés physiques des monocristaux et des agrégats minéraux entiers, en essayant de déterminer leur forme, clivage, solubilité, texture, humidité, stratification, goût et odeur. Il a également essayé de proposer la genèse des minéraux en décrivant leur formation suite aux gisements hydrothermaux (Schneer, 1995; Agricola, 2004).

Les principaux intérêts d'Agricola concernaient la minéralogie et l'exploitation minière. Un problème important pour Agricola c'était la classification des minéraux.

Il a travaillé sur les systèmes d'Aristote, d'Avicenne, d'Albert le Grand et le sien, ce qui est un progrès significatif dans ce domaine. Le travail d'Agricola *De natura fossilium*, contenant non seulement des descriptions de minéraux individuels mais aussi leur provenance et leur application, peut être considéré comme le premier manuel de minéralogie. Il est très probable qu'Agricola a visité les centres miniers non seulement des montagnes de minerai en Thuringe, mais aussi le plus important en Moravie et en Silésie. Décrivant les lieux de la provenance de minéraux, il a été conscient de leur signification. Ainsi, a-t-il mis en valeur le besoin de la comparaison scientifique des minéraux entre leurs groupes le plus importants, déjà connus et les nouveaux « étrangers ». (Maślankiewicz, 1956).

Agricola a critiqué les revendications des alchimistes. Dans son *De veteribus et Novis metallis* l'étude philologique des sources anciennes était liée à la collecte des observations modernes. Les livres contenaient les descriptions des mines anciennes et des modernes. Suivant la mythologie classique, Agricola a maintenu que les métaux étaient découverts au cours de l'âge des héros. Mais à son avis, la critique de la métallurgie par les poètes anciens et les historiens classiques était en réalité une critique de l'avarice de quelques souverains riches; les poètes auraient transformé en termes fabuleux leur histoires. Les fables de Midas, Tantale, Croesus, Geryon et d'autres mentionnaient les personnages historiques dont la richesse reposait en grande partie sur l'extraction de pierres et de métaux précieux (Sacco, 2014). Les ouvrages d'Agricola ont joué un rôle décisif dans la formation de la minéralogie moderne. Les descriptions exactes avec les dessins sont devenues une source première de ce domaine de la science. Sans doute Agricola est le père de la minéralogie.

3. La minéralogie à l'ère du développement de la physique et de la chimie

Au cours du XVII^e siècle c'est la cristallographie (la science de la structure et de la symétrie des cristaux) qui devient une science la plus recherchée. En 1611, au cours des études sur la symétrie, Kepler a décrit la structure des flocons de neige hexagonaux. Cinquante ans plus tard, en 1669, le danois Nils Steensen a découvert la loi de la constance des angles basée sur l'observation du quartz (Povannrennyh, 1972). Les cristaux de quartz se présentent sous la forme d'un prisme droit de section hexagonale fermé par des pyramides. Dans tous les échantillons de quartz étudiés on constate que l'angle dièdre entre deux faces successives est toujours rigoureusement

égal à 120° . Les faces d'un cristal font entre elles des angles dièdres qui sont constants pour une espèce cristalline donnée. Les faces d'un cristal sont déterminées en orientation et non en position, ceci conduit à la loi de constance des angles: "*Le faisceau des demi-droites issues d'un point quelconque d'un cristal et normales aux faces de ce cristal est un invariant caractéristique de l'espèce cristalline*" (Bojarski, Gigla, Stróż, Surowiec, 2007). Nous savons pourtant que les chercheurs du XVII^e siècle ont utilisé seulement un goniomètre et une loupe.

En 1783, Romé de l'Isle qui travaillait sur des cristaux artificiels, a développé ce concept et a énoncé la loi de la constance des angles de la façon suivante: "*L'inclinaison des faces entre elles est constante et invariable dans chaque espèce.*" Il a formulé en même temps l'opinion que "les diverses formes cristallines d'un même minéral ne sont que des dérivations faciles à déduire d'une même forme appelée fondamentale." En 1784 l'abbé Haüy, en s'appuyant sur des expériences de clivage, a créé la cristallographie (Maitte 2001; Abreal, 2004).

Au cours du XVIII^e siècle, ont été initiés les premiers tests de propriétés chimiques et la composition élémentaire des minéraux. Dans de nombreux articles, une attention a également été portée aux minéraux. Une augmentation significative du niveau de connaissance dans le domaine de la chimie au XIX^e siècle a permis de développer des méthodes plus avancées de recherche minérale, grâce auxquelles de nouvelles phases minérales ont commencé et décrité. En 1812, le minéralogiste allemand Friedrich Mohs a proposé l'échelle de dureté utilisée aujourd'hui (Povannrennyh, 1972). En 1828, l'anglais William Nicol met au point ses célèbres prismes, basés sur le principe de la double réfraction, qui donneront à cet instrument fondamental sa forme à peu près définitive. La fabrication des lames se trouve à l'origine de progrès décisifs en minéralogie et en pétrographie microscopiques (Touret 2006). Le développement de l'utilisation des méthodes optiques dans la minéralogie, nous le devons à Alfred Des Cloizeaux. Au cours de la seconde moitié du XIX^e siècle, les progrès techniques de la construction des microscopes et de la fabrication des lames minces permettent l'invention du microscope polarisant qui est un outil de caractérisation majeur des minéraux (Kaspar, Jaussaud, 2006).

À la fin du XIX^e siècle, Pierre Curie et Kolenko ont examiné les propriétés électriques des cristaux, tandis que Neumann et Voigt ont examiné les propriétés élastiques et optiques des monocristaux (Povannrennyh, 1972). Pierre Curie a

découvert la piézoélectricité; des lois concernant le magnétisme portent son nom. Il a avancé également les travaux relatifs la symétrie (Lochak 1995).

En 1895 les rayons X ont été découverts par W. C. Röntgen. Au début des années 1930, les études aux rayons X des Braggs, Wyckoff, Pauling, Schiebold, Taylor, Zachariasen et d'autres ont employé la théorie de Federov de groupes spatiaux pour élucider la structure de la majorité des minéraux communs, qui a conduit aux premiers concepts théoriques de la cristallographie aux rayons X pour les substances de composition simple (Povannrennyh, 1972). Le rayonnement X est produit lorsque des électrons de haute énergie frappent un atome, et provoquent des transitions électroniques. Les électrons des couches internes sont déplacés de leurs orbites et remplacés par des électrons de couches plus externes. L'excès d'énergie est transféré sous forme de photons. La diffraction des électrons a été découverte en 1927, indépendamment par Clinton J. Davisson et Lester H. Germer aux États-Unis et par George P. Thomson et Alexander Reid en Angleterre. La diffraction des neutrons a été découverte par Hans von Halban et Pierre Preiswerk en 1936 à l'aide d'une source radioactive. Pourtant son premier praticien a été Cliff Shull. En 1946. C'est grâce au recours à un réacteur nucléaire, qu'est complétée la diffraction des rayons X comme le moyen d'investigation de la matière (Authier, 2014).

Le premier microscope électronique en transmission (TEM) a été construit par Ernst Ruska et Max Knoll à Berlin dans les années 1931-1934. Pour son invention en 1986, Ruska a reçu le prix Nobel de physique. Souvent, un microscope électronique est comparé à un microscope optique, car les deux optiques en microscopie électronique et en microscopie optique sont similaires. Cependant il existe certaines différences entre ces deux instruments. Nous connaissons plusieurs modes d'utilisation en microscopie électronique en transmission: le mode image, le mode diffraction et la haute résolution. La microscopie électronique est une technique utile pour caractériser les surfaces, les zones proches de la surface, la composition chimique et les structures minérales avec structure nanostructurée (Graef, 2003).

Au XX^e siècle, de nombreuses méthodes de recherche avancées telles que la spectroscopie infrarouge, la spectroscopie Raman, la spectroscopie d'émission atomique, spectrométrie de masse et l'analyse thermique ont commencé à être utilisées.

Le nombre de méthodes de recherche augmente chaque année.

4. Minéralogie contemporaine

Les découvertes scientifiques du début du XX^e siècle telles que la diffraction des rayons X ou la radioactivité, ont permis une analyse plus précise de la composition chimique et du réseau cristallin des minéraux. Depuis les années 1950, le développement dynamique de méthodes de recherche avancées a permis de progresser dans les sciences géologiques. La principale cause de changement dans les définitions et dans la classification des minéraux est due la compréhension toujours plus profonde de l'essence d'un minéral. Cette avancé se produit de manière inégale, car elle dépend du développement de techniques. Il y avait des changements profonds dans la minéralogie dans la première moitié de XX^e siècle. De grands progrès ont été réalisés dans les méthodes physiques et chimiques d'analyses, qui ont modifié nos connaissances sur l'homogénéité des matières solides. Les méthodes de rayons X ont révélé des structures atomiques. Le développement de méthodes analytiques précises a permis de connaître les structures des minéraux qui ne sont pas visibles par l'œil nu (minéraux argileux et zéolithes). Grâce à des techniques avancées, il est possible de créer des cristaux synthétiques. L'avenir de la minéralogie est très positif: cette science a permis le développement de nombreuses industries, y compris la médecine.

La recherche future sur les minéraux peut contribuer aux découvertes important pour le développement de la civilisation.

Bibliographie:

- Abreal A. (2004), Petits rappels de cristallographie, *Journal of Persian Mineralogist*, nr 2, s. 7-48.
- Agricola G. (2004), *De Natura Fossilium* (Textbook of Mineralogy), traduction: Mark C. Bandy et Jean A. Bandy, New York: Dover Publications.
- Authier A. (2014), Une découverte qui a changé le monde: la diff raction des rayons X, *Reflets de la Physique*, nr 39, s. 24-29.
- Bojarski Z., Gigla M., Stróż K., Surowiec M. (2007), *Krytalografia*, Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Ellinger H. (1997), *Hinduizm*, Kraków: Wydawnictwo Znak.
- Graef M. (2003), *Introduction to conventional transmission electron microscopy*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Kaspar C., Jaussaud P. (2006), Physique et minéralogie au Muséum, *Bulletin de la Société des sciences naturelles de l'Ouest de la France*, nr 154, s. 21-24.
- Lochak G. (1995), Pierre Curie et la symétrie, *Séminaire de Philosophie et Mathématiques*, s. 1-16.

- Łukasiewicz J. (1845), *K. Pliniusza Starszego Historji naturalnej ksiąg XXXVII = C. Plinii Secundi Historiae naturalis libri XXXVII*, Poznań: Księgarnia i drukarnia J. Łukaszewicza.
- Maitte B. (2001), René-Just Haüy (1743-1822) et la naissance de la cristallographie, *Travaux du Comité français d'Histoire de la Géologie, Comité français d'Histoire de la Géologie*, 3ème série, nr 15, s. 115-149.
- Maślankiewicz K. (1956), Georgius Agricola (1494-1555), *Kwartalnik Historii Nauki i Techniki*, nr 1/4, s. 655-683.
- Povannrennykh A. S. (1972), *Crystal Chemical Classification of Minerals*, New York: Plenum Press.
- Sacco F. G. (2014), Erasmus, Agricola and Mineralogy, *Journal of interdisciplinary history of ideas*, nr 3/6, s. 1-20.
- Schneer C. J. (1995), Origins of mineralogy: the age of Agricola, *The European Journal of Mineralogy*, nr 7, s. 721-734.
- Touret J. (2006), De la pétrographie à la pétrologie, *Travaux du Comité français d'Histoire de la Géologie, Comité français d'Histoire de la Géologie*, 3ème série nr 20, s.167-184.