

ON A TOUS BESOIN D'UN MINERAL ...

André-Mathieu FRANSOLET

Avant de recevoir son nom, avant d'atteindre le statut de science fondamentale qui est le sien, la Minéralogie a vu, dès le début, ses objets - les minéraux - coller de près à la vie et à l'épanouissement de la race humaine. Issue de l'utilisation des minéraux, la Minéralogie représente, sans doute, la plus ancienne discipline parmi les Sciences de la Terre. C'est tellement amusant et rassurant de constater qu'on exerce un des plus vieux métiers du monde. Cela revient à conférer à ce métier un caractère indispensable au bien-être de l'Humanité et à son épanouissement.

En effet, dès son avènement sur la planète, l'Homme a cherché, dans la Nature, les moyens de subsister, ce qui lui a fait découvrir, parmi d'autres choses, des roches résistantes et des métaux pour fabriquer des armes, des outils. Avec certains minéraux, il a fabriqué des parures, des bijoux, des fards, ou des produits indispensables à son expression artistique. L'Homme a également évolué grâce aux minéraux. Dans les temps préhistoriques, nos ancêtres de l'Age de la Pierre utilisaient des roches et des minéraux taillés (silex, jade,...) comme outils ou comme armes. Les pierres colorées ont attiré l'œil et la convoitise du primitif : pierres de parure ou pierres magiques qu'on retrouve dans les sépultures. A titre d'exemple, l'ambre, exploitée dès l'époque néolithique dans les dépôts de la mer Baltique, a servi à façonner bijoux et amulettes. L'exploitation et le traitement du cuivre et de l'étain révèlent les progrès considérables de l'Age du Bronze et, en apprenant à extraire le fer de son minerai, l'Homme est entré dans l'Age du Fer. Cet exemple classique du bronze et du fer illustre de façon claire que la seule connaissance du minerai - du minéral - ne suffit pas. Pour progresser, l'Homme avait encore besoin d'améliorer ses connaissances en métallurgie.

Au cours des différentes dynasties pharaoniques de l'Ancienne Egypte, l'emploi des minéraux s'est révélé particulièrement intense : or, malachite, limonite, cuivre, turquoise, lapis lazuli,... Il suffit d'admirer le pectoral trouvé dans le trésor funéraire de Toutankhamon et déposé au Musée égyptien, au Caire. Cet ouvrage d'orfèvrerie, remarquable travail de miniature, est fait d'or cloisonné et incrusté de calcédoine (variété de quartz fibreux), lapis-lazuli (lazurite), cornaline (calcédoine rouge clair), turquoise et pâte de verre.

Bien plus tard, dans le classement des minéraux qu'il propose, Avicenne (980 - 1037), naturaliste et médecin arabe, distingue quatre groupes: « *Pierres et gemmes, Minerais, Combustibles et Sels* ». Outre le terme « *Gemmes* », on trouve deux groupes, « *Minerais* » et « *Combustibles* », relatifs à des matériaux utilitaires.

Georg Bauer (1494 - 1555), mieux connu sous son nom latinisé Agricola, est né non loin de Chemnitz, en Bohême. Après ses études et des voyages, il revient au pays des mines et de la métallurgie vers 1530. Médecin à Chemnitz, curieux de tout, il observe la vie des mineurs, mais se passionne également pour les techniques d'exploitation des mines. Il s'intéresse aux minéraux qu'il décrit en se basant sur la couleur, l'éclat, la dureté, la densité. Les méthodes de détermination immédiate en Minéralogie sont établies. Fondamentalement, l'œuvre d'Agricola, connue dans un de ses ouvrages majeurs, *De Re Metallica*, est absolument remarquable: il examine les minéraux dans leurs gisements, dans leur cadre naturel. Grâce à ce savant, l'intérêt pour les minéraux, jusqu'alors imprégné d'alchimie, voire de magie, se révèle essentiellement pragmatique.

A la fin du 18^e siècle, la Minéralogie, en tant que science, est née grâce à René Just Haüy (1743 - 1822), fondateur de la Cristallographie. Elle est restée essentiellement descriptive jusqu'au début du 20^e siècle, se limitant aux produits extraits des mines métallifères. Un grand nombre de minéraux ont permis l'élaboration de la civilisation dans laquelle nous vivons. Parmi ceux-ci, certains d'une importance énorme dans l'industrie sont vraiment à la base des progrès techniques de l'humanité. Contentons-nous de citer l'or, le diamant, la galène, l'uraninite, l'apatite, le corindon... L'épanouissement de nos civilisations, sans ces minéraux, serait finalement impensable. Sans acier, sans cuivre, sans

aluminium, les bases élémentaires du développement technologique manqueraient tout simplement. Aussi est-il bien normal que ces produits naturels fassent l'objet d'études attentives. Actuellement, le domaine de la Minéralogie s'est étendu pour devenir plus complexe.

Par la complexité de son objet, la Minéralogie est simultanément une science naturelle s'appuyant sur une observation détaillée et une science exacte fournissant, pour les phénomènes décrits avec précision, une interprétation aussi rigoureuse que possible, dans laquelle interviennent essentiellement la physique et la chimie. En Minéralogie, un des fondements est la description systématique des compositions et des structures caractéristiques des espèces minérales naturelles ; l'autre fondement est d'apprécier la signification de ces espèces minérales dans le contexte géologique qui est le leur. Les minéraux répondent aux changements de l'environnement physique et chimique qu'ils subissent au cours des processus géologiques. Les associations de minéraux qui constituent les roches sont donc la mémoire de l'histoire géologique de ces roches, partant celle de l'écorce terrestre.

Parmi les tâches en Minéralogie, l'identification rigoureuse des minéraux constitue un des points forts de la profession. A côté des occupations liées au recensement et à la nomenclature des espèces minérales (on en compte actuellement près de 4.400), il faut également rechercher les conditions physico-chimiques d'apparition et d'évolution de ces nombreuses espèces dans leur contexte naturel. La mise en évidence des propriétés physiques et chimiques d'un minéral répond aussi à des exigences plus strictement utilitaires, chaque propriété étant susceptible d'une exploitation technique à des fins industrielles ou scientifiques. Dans ses aspects économiques, la Minéralogie doit promouvoir l'utilisation de certaines espèces, permettre la synthèse de celles trop rares naturellement pour les besoins de l'industrie. En tant que science expérimentale, la Minéralogie ne s'attache pas uniquement à clarifier les problèmes génétiques de la formation des minéraux des roches ; elle s'est naturellement orientée vers des aspects plus cristallochimiques susceptibles d'avoir une incidence capitale dans l'industrie et la technologie.

Préface ou introduction de chaque manuel, traité, précis ou cours de Minéralogie nous rappellent d'une façon récurrente que *“Les données minéralogiques sont essentielles dans la reconnaissance des gîtes ; cette reconnaissance exige la détermination correcte des minéraux, de leurs conditions de gisements et d'associations...”*. On en retient même des phrases qui sonnent comme des admonestations: *“Les exemples ne manquent pas de prospections ignorant des gisements intéressants par manque de compétence minéralogique. La méconnaissance de la Minéralogie rend vains l'exploitation des gisements et le traitement des minerais”*.

Cependant, en 1985, Bernard Poty, Président de la Société française de Minéralogie et de Cristallographie, métallogéniste de l'Ecole de Nancy, commence son discours:

“La Minéralogie en tant que discipline ne se porte pas bien en France. Ecartelée entre la physique dont les outils et les concepts sont essentiels à son développement, la géochimie et la pétrologie, elle a du mal à trouver son identité. Elle a pourtant beaucoup de cartes à jouer, notamment parce que ses retombées ont souvent un grand impact dans l'industrie. Dans la discipline que je connais le mieux, la métallogénie, le rôle de la Minéralogie est essentiel”.

Près de vingt ans après, la situation ne s'est guère améliorée. La Minéralogie, science fondamentale, se trouve fort mal à l'aise dans le concert des Sciences de la Terre. On n'a plus besoin d'uranium pour fabriquer des bombes... La mode n'est plus à l'exploitation minière... Depuis quelques années, la prospection minière est pratiquement arrêtée en Europe. On assiste à la liquidation progressive et complète des structures européennes dans ce domaine. En France, le terme *Minéralogie* a disparu des lexiques du Centre National de la Recherche Scientifique.

Seules, les collections de minéraux sont encore à la mode. Reprenant ou perpétuant les traditions du 18^e siècle, des particuliers se passionnent pour la Minéralogie et constituent des collections qui rivalisent parfois avec celles des plus grands musées. Quelques collectionneurs, parmi les mieux nantis évidemment, finissent par traiter certaines productions naturelles comme de véritables œuvres d'art. Les échanges donnent lieu à de grandes rencontres ou bourses qui drainent des capitaux considérables. On peut se féliciter

de ce renouveau, mais on doit rester vigilant pour éviter toute dérive vers le manque de rigueur scientifique – on reparle de la magie des cristaux - ou vers le pur mercantilisme!

Ainsi donc, les temps que l'on connaît ne sont guère favorables à la Minéralogie. Si l'Histoire est un perpétuel recommencement, les scientifiques finiront bien par reconnaître que les constituants nécessaires à l'élaboration des matériaux nouveaux se trouvent dans des réservoirs et que les seuls réservoirs capables de subvenir à nos appétits féroces sont cachés dans l'écorce de notre bonne vieille planète. D'ailleurs, on constate qu'un processus de reprise est en marche, de façon timide. Derrière le rideau tendu par ceux qui, rougissant dans les commissions scientifiques, ne parlent plus de *minéraux* mais de *géomatériaux*, on organise la défense. Puisque le minéralogiste s'occupe de substances minérales utiles dans des secteurs très différents, il est forcé d'éviter l'isolement et se doit d'être en contact avec le plus grand nombre pour expliquer les fruits de son savoir.

Un secteur de la Minéralogie s'est mis en place depuis plusieurs années. Il montre de manière éclatante son rôle toujours très actuel dans l'évolution de l'Humanité; c'est le secteur de la *Minéralogie appliquée*. En y regardant d'un peu plus près, la Minéralogie aurait même tendance à s'imposer partout !... Agriculture, archéologie, ingénierie chimique, étude des bétons et des ciments, investigations judiciaires, santé et médecine, mise au point des traitements des minerais.

Il y a quelques années, la presse annonçait que la Minéralogie s'intéressait aux poumons. Face à une progression inquiétante du nombre des cancers de la plèvre ou mésothéliomes, liée à l'empoussiérage des poumons et en particulier à la présence de fibres d'amiante, les médecins et les pneumologues ont interrogé les minéralogistes sur la problématique de ce composé. Amiante ou asbeste... Si le terme amiante est franchement commercial, le terme asbeste désigne plutôt un faciès ou une texture qui caractérise quelques minéraux très finement fibreux et en quantités exploitables. Pour ce matériau, bien naturel, qui constitue une sorte de produit miracle, grâce à ses propriétés physiques et chimiques lui conférant des propriétés techniques absolument exceptionnelles (par exemple, haute résistance à la traction, flexibilité, ...), on dénombre près de 3.000 usages industriels différents : isolation thermique, revêtements muraux ou de sols, joints d'étanchéité, filtres,

ciments, plaquettes de freins... L'asbeste se rencontre partout. Parmi les minéraux commercialisés sous le nom d'asbeste, ou d'amiante, on connaît principalement le *chrysotile*, $Mg_6[Si_4O_{10}](OH)_8$, qui donne l'asbeste blanche et qui fait partie, avec la serpentine, d'un groupe de minéraux appartenant à la famille de phyllosilicates. La production en chrysotile, provenant essentiellement du Canada et de pays de l'ancienne URSS, couvre 95 % de la consommation mondiale. Le reste est assuré par la production de la crocidolite, ou asbeste bleue, extraite en grande partie des mines de l'Afrique du Sud. La crocidolite est une amphibole bleue qu'on désigne exactement sous le terme, *riebeckite*, $Na_2Fe^{2+}_3Fe^{3+}_2[Si_8O_{22}](OH)_2$, et dont la structure cristalline, fort différente de celle du chrysotile, permet de la classer dans les inosilicates. Lors du broyage, chrysotile et crocidolite se décomposent suivant le sens d'étirement de leurs fibres, en fibrilles extrêmement petites, avec un diamètre de l'ordre de 0,02 à 0,05 microns. La faible taille de ces particules facilite malheureusement leur inhalation lors de la respiration. On les retrouve dans le poumon profond. De plus, leur morphologie facilite encore la rétention par les tissus ce qui provoque un empoussiérage, susceptible d'engendrer différentes maladies des organes respiratoires dont les plus connues sont l'asbestose et le cancer de la plèvre. Les plus récentes études minéralogiques, conduites en collaboration intime avec les pneumologues, sont parvenues avec le support de moyens analytiques sophistiqués, comme la microscopie électronique à haute résolution, à discerner, et par conséquent, à identifier les types d'asbeste. Ces recherches tendent également à prouver que le comportement du chrysotile dans l'organisme est absolument différent de celui de la crocidolite. Actuellement, tout porte à croire que le chrysotile serait moins nocif dans la problématique du mésothéliome : la cause minérale de ce cancer serait la crocidolite. En englobant sous un vocable suffisamment imprécis tous les minéraux fibreux industriellement employés, des sociétés ont poussé à rejeter l'asbeste au profit de nouveaux matériaux plus coûteux et prétendument inoffensifs... Récemment, dans un article sur les effets biologiques des minéraux inhalés, Guthrie (1992) plaide pour une identification rigoureuse des espèces minérales incriminées. De plus, cet auteur réclame une meilleure connaissance de leurs

propriétés de surface et de leur comportement face au milieu biologique, insistant sur les collaborations entre les minéralogistes, les pneumologues et les biologistes.

Un récent programme de développement durable pour l'Afrique, basé sur la Géologie, propose notamment un volet sur l'utilisation des zéolites naturelles. On nous rappelle que ces minéraux étaient déjà utilisés dans l'Antiquité et qu'ils ont vu leur champ d'application s'accroître de façon spectaculaire au cours des dernières décennies. Ceci est dû au coût souvent modique de leur exploitation à partir de dépôts de surface ainsi qu'aux propriétés physiques et chimiques, inhérentes à leur structure cristalline. Les exemples d'applications commerciales sont nombreux et diversifiés. Actuellement, parmi les plus spectaculaires, on retiendra la haute sélectivité des zéolites naturelles pour NH_4^+ qui suscite une application dans le traitement des eaux naturelles et des eaux usées dans le domaine agricole, industriel ou de la consommation domestique. Des zéolites naturelles apportent également la possibilité de retenir des quantités faibles de métaux lourds ou radioactifs comme Cs^+ ou Sr^{2+} dans les eaux usées (Kalló, 2001).

En conclusion, pour montrer que les minéraux nous entourent, une petite phrase pourrait être relevée. Dans sa préface du livre d'Alain Baronnet (1988), intitulé « Minéralogie », le Professeur Jean Aubouin, Membre de l'Institut, attire l'attention : « ... *tout un chacun qui cherche l'heure à sa montre ... à quartz doit penser que l'industrie horlogère, il y a peu encore mécanique, a été révolutionnée par la Minéralogie* ».

Bibliographie

- BARONNET, A. (1988) Minéralogie. Collection Géosciences, Edition Dunod, 184 pages.
- GUTHRIE, G.D., Jr. (1992) Biological effects of inhaled minerals. *American Mineralogist*, **77**, 225-243.
- KALLO, D. (2001) Applications of natural zeolites in water and wastewater treatment. In D.L. Bish and D.W. Ming, Ed., Natural zeolites: occurrence, properties, applications. Vol. **45**, 519-550. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, Mineralogical Society of America, Washington, D.C.