

1- Introduction à la minéralogie

I-1. Introduction à la minéralogie

La minéralogie, une des plus anciennes parmi les Sciences de la Terre, a pour but l'étude des minéraux, éléments ou composés naturels formant la croûte terrestre. Par extension, elle a été amenée à étudier les minéraux contenus dans les météorites et provenant d'autres parties de l'univers. Comme les roches sont le plus souvent des agrégats de minéraux de petite dimension, et comme la Terre est essentiellement faite de « roches », l'étude des minéraux est essentielle pour la compréhension de la Terre et des roches dont elle se compose.

Le but de la minéralogie est :

- de recenser et d'identifier les minéraux ;
- de décrire les propriétés cristallographiques, physiques et chimiques des minéraux ;
- de classer les minéraux ;
- de promouvoir leur utilisation, permettre la synthèse de celles trop rares naturellement pour la demande industrielle.

La minéralogie comprend plusieurs parties :

1. La cristallographie - étude de la forme interne et externe des cristaux.
2. L'étude des propriétés physiques des minéraux.
3. La cristallogénèse - étude de la composition chimique, de la stabilité, et des conditions d'apparition des minéraux.
4. L'optique cristalline - Etude des minéraux au microscope polarisant.
5. La minéralogie descriptive et déterminative – description et classification des minéraux.

I.2. Historique de la minéralogie

- **Préhistoire** — Utilisation de pigments minéraux rouge (hématite) et noir (pyrolusite) dans les peintures rupestres. Fabrication d'outils et d'armes avec des roches et des minéraux durs et résistants (e.g. jade, silex, obsidienne).
- **4000 avant J.C.** — Extraction et traitement du cuivre à partir de la malachite dans le désert du Néguev (vallée de Timna).

- **Aristote** (384-322 av. J.-C.) : divisa en deux classes le monde minéral : les métaux et les fossiles.
- **Théophraste** (372-287 av. J.-C.) : écrit le premier livre consacré exclusivement aux roches et décrit les formes régulières des cristaux (Grèce).
- **Pline l'Ancien** (23-79) décrit le Quartz et d'autres minéraux dans son Histoire naturelle.
- **Al-Biruni** (973-1050) : détermina le poids spécifique de différents métaux et pierres précieuses.

Minéral	Al-Biruni	Aujourd'hui
Or	19,05	19,26
Mercure	13,59	13,59
Cuivre	8,83	8,85
Fer	7,47	7,79
Plomb	11,29	11,35
Quartz	2,58	2,58

- **Ibn Sina** (980-1037) : classification des minéraux en quatre groupes : pierres et gemmes, minerais, combustibles et sels. Cette classification persistera jusqu'au 19^{ème} siècle.
- **G. Agricola (1494-1555)** : publie deux ouvrages majeurs "*De natura fossilium*" (1546), et "*De re metallica*" (1550) qui sont les fondements de la science des mines et de la métallurgie pratique et font sortir la minéralogie du contexte alchimique. Il a énuméré la plupart des propriétés physiques encore utilisées dans l'identification des minéraux.
- **N. Sténon** (Steensen, Danemark) (1638-1686) démontre que les angles entre les faces des cristaux de quartz sont constants, quelle que soit la forme ou la grosseur des cristaux de quartz (loi de constance des angles).
- **Romé de l'Isle (France)** (1736-1790) énonça la première loi de la cristallographie (*Cristallographie* en 4 Volumes -1783- description de plus de 400 spécimens et formulation de la loi de constance des angles).
- **R.J. Haüy (France)** (1743-1822) découvrit l'anisotropie des cristaux ainsi que l'existence d'éléments de symétrie et distingua les sept systèmes cristallins. Il est considéré avec Romé de l'Isle comme le fondateur de la cristallographie.
- **1780** — Invention du goniomètre (pour mesurer l'angle entre deux faces cristallines) par Carangeot.
- **1828** — Le physicien William Nicol (Angleterre) invente le polariseur qui sera utilisé dans les microscopes pétrographiques.

- **1854** — James Dwight Dana (Yale University) présente et utilise une classification des minéraux basée sur la composition chimique. Cette classification est encore utilisée aujourd'hui.
- **M. Von Laue (1879-1960)** : il découvre, en 1912, la diffraction des rayons X par les cristaux, ce qui permet de déterminer la structure des milieux cristallisés. (Prix Nobel 1914). W.H. Bragg (1862-1942) et W.L.B. Bragg (1890-1971) : célèbres pour leurs travaux sur la diffraction des rayons X. (Prix Nobel 1915). P. Debye (1884-1966) : étude des solides par les rayons X. (Prix Nobel 1936).
- **1960** — Apparition des premières microsondes à électrons commerciales. A l'heure actuelle, 90% des analyses de minéraux publiées sont produites par des microsondes à électrons.

I.3. Définition d'un minéral

Un **minéral** est un solide naturel, homogène, possédant une composition chimique définie et une structure atomique ordonnée.

- **Naturel** - On dit *existant dans la nature* pour distinguer les substances formées par des processus naturels de celles créées dans le laboratoire. Les laboratoires de recherche et de l'industrie produisent en routine des équivalents synthétiques de plusieurs substances existantes dans la nature que l'on nomme minéraux synthétiques; exemples: gemmes, semi-conducteurs, diamants industriels. Toutefois, cette définition doit être nuancée :
 - des minéraux formés, dans des conditions physico-chimiques naturelles, à partir de matériaux résultant de l'activité humaine sont considérés comme naturels (minéraux des scories plombifères de Laurion, Grèce);
 - des minéraux formés, dans des conditions physico-chimiques naturelles, au sein des lieux d'exploitation sont eux aussi considérés comme naturels (minéraux néoformés dans les galeries des mines).
- **Solide** - À l'exception du mercure natif, aucun liquide n'est considéré être un minéral. Un minéral doit être un solide et non pas un liquide, un gaz ou un plasma : H₂O : glace dans un glacier ---> solide = minéral
H₂O : eau ---> liquide, n'est pas un minéral.
- **Homogène** - Un minéral est formé par une seule phase solide et aucune méthode physique de séparation ne peut permettre d'en isoler des composés plus simples. La détermination de l'homogénéité est difficile parce qu'elle dépend de l'échelle d'observation. Un spécimen peut apparaître homogène à l'œil nu mais il pourrait être composé de plusieurs constituants lorsqu'on l'observe à l'aide d'un microscope. De nombreuses « espèces minérales » se sont révélées être des mélanges quand on a pu disposer de méthodes précises

d'examen (microscope polarisant, diffraction des rayons X, microsonde électronique).

- **Composition chimique définie** - Le fait qu'un minéral possède une *composition chimique définie* implique qu'il peut être décrit par une formule chimique spécifique. Par exemple, la composition chimique du **quartz** est SiO_2 - sa formule est définie parce qu'il ne contient que les éléments silicium et oxygène. Le quartz est une substance pure. Les exceptions, fréquentes, à cette règle, proviennent de l'existence de solutions solides (cristaux mixtes de composés isomorphes) provoquant des variations plus ou moins continues de composition entre deux ou plusieurs termes et de possibilités de remplacement ou de substitution partielle d'un élément par un autre (on dit que la composition chimique n'est pas fixe).
- **Structure atomique ordonnée**, Un *arrangement ordonné d'atomes* indique qu'il y a un réseau interne d'atomes (ou d'ions) rangés dans une structure géométrique et régulière - les minéraux sont des cristaux. Des solides, comme le verre, qui n'ont pas un arrangement ordonné des atomes sont appelés **amorphes**: verre volcanique = solide amorphe. On appelle **minéraloïdes**, ces minéraux auxquels il manque un ordre interne. Les minéraux métamictes comme le microlite, la gadolinite et l'allanite sont des minéraloïdes - leur cristallinité originelle a été détruite par le rayonnement d'éléments radioactifs présents dans la structure originelle.

I.4. Comment on étudie les minéraux

- Par l'observation des propriétés physiques des minéraux.
- Par l'observation des propriétés optiques des minéraux en lames minces.
- Par l'utilisation des rayons X pour étudier de la structure des cristaux.
- Par l'analyse de la composition chimique des minéraux.

I.5. Pourquoi étudie-on la minéralogie ?

- Les roches, les minerais et les sols sont surtout d'origine minérale, d'où le rôle et l'importance de la minéralogie dans les sciences de la Terre.
- Certains minéraux ont une grande importance économique :
 - Beaucoup de minéraux sont la matière première de l'industrie : métallurgie, chimie, construction, verrerie, céramique, joaillerie.
 - Exemples de minéraux qui sont la source des métaux : or, cuivre, argent, galène (Pb), sphalérite (Zn), chalcopryrite (Cu).
 - Exemples de minéraux utilisés en industrie et en construction : gypse, diamant (abrasif), phosphates (engrais), argiles (utilisation divers).
 - Exemples de minéraux utilisés en alimentation, vie quotidienne, joaillerie : sel (halide), talc (poudre pour bébé), argiles, émeraude, diamant, rubis (joaillerie).

I.6. Le nom des minéraux

On connaît environ quatre mille espèces de minéraux, presque toutes cristallines.

A l'exception de quelques noms de minéraux connus souvent depuis l'Antiquité et conservés dans la nomenclature minéralogique moderne, tous les noms de minéraux sont du genre féminin et se terminent en -ite par référence au terme grec lithos: pierre. Les pratiques actuelles qui consistent à baptiser un minéral soit du nom d'une personne, soit d'un terme qui rappelle son chimisme, certaines de ses propriétés externes (faciès, habitus, couleur) ou encore sa localité originelle furent introduites à la fin du XVIIIe siècle par Werner et Haüy. Werner fut le premier, en 1783, à dédier le nom d'une espèce à une personne; il s'agissait de la prehnite, en l'honneur du colonel Prehn. Actuellement, cet usage est largement répandu et les personnes donnant leur nom sont souvent des géologues, des minéralogistes, spécialistes ou amateurs, des personnalités scientifiques célèbres, quelquefois même des collectionneurs, mais aussi des personnes morales telle la firme Carlsberg qui finança une étude de météorite au cours de laquelle fut décrit un nouveau minéral qui se vit attribuer le nom de carlsbergite (CrN). Quelques exemples de noms de minéraux:

- Albite [NaAlSi₃O₈] : nom qui provient du latin, *albus* (blanc), allusion à sa couleur ;
- Rhodonite (MnSiO₃) du grec *rhodon* (rose) allusion à sa couleur rose.
- Chromite (FeCr₂O₄) à cause de la présence d'une teneur élevée en chrome dans le minéral;
- Nadorite (PbSbO₂Cl): du nom du Djebel Nador, Constantine, Algérie, où le minéral a été découvert;
- Sillimanite (Al₂SiO₅): dédiée au Professeur Benjamin Silliman de l'université de Yale (1779-1864);

Minéraux découverts en Algérie

Minéral	Origine du nom du minéral	Formule chimique	Système cristallin	Localité	Date de la découverte
NADORITE	Inspiré du nom de sa localité	PbSbO ₂ Cl	Orthorhombique	Jebel Nador, Constantine, Algérie.	1870
SENARMONTITE	Dédié au minéralogiste français Hureau de SENARMONT (1808-1862)	Sb ₂ O ₃	Cubique	Mine du Djebel Haminate, Ain Beida, Constantine, Algérie.	1851
KULKEITE	Dédié au Dr Holger Kulke, géologue allemande	Na _{0,35} Mg ₈ Al(AlSi ₇)O ₂₀ (OH) ₁₀	Monoclinique	Ksar el Boukhari, Derrag, Algérie.	1980
DUSSERTITE	Dédié à D. Dussert, ingénieur des mines français	BaFe ³⁺ ₃ (AsO ₄) ₂ (OH) ₅	Rhomboédrique	Jebel Debar, Constantine, Algérie.	1925