



À la découverte des

MINÉRAUX ET PIERRES PRÉCIEUSES

MINÉRAUX ET GEMMES,
SACHEZ LES RECONNAÎTRE

FRANÇOIS FARGES

DUNOD



MUSÉUM
NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE



Sous la direction d'Alain Foucault

Maquette (couverture et intérieure) : Maud Warg

Adaptation et mise en pages : Yves Tremblay

Illustrations intérieures : Delphine Zigoni

© Dunod, 2013, 2015, 2018 pour la nouvelle édition

11, rue Paul Bert, 92240 Malakoff

www.dunod.com

ISBN : 978-2-10-077787-7

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2° et 3° a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

77787 - (I) - CSB 135° - PCA - NRI

Imprimerie CHIRAT - 42540 Saint-Just-la-Pendue

Dépôt légal : mars 2018

Imprimé en France

SOMMAIRE



Comment utiliser ce livre ?	4
À la découverte des minéraux et des gemmes	7
Qu'est-ce qu'un minéral ?	8
Comment identifier les minéraux ?	19
Les gemmes	43
Les collections de minéraux et de gemmes	55
Comment se forment les minéraux ?	60
Reconnaître les minéraux et les gemmes	67
Carnet pratique	212
Glossaire	219
Index	221

COMMENT UTILISER CE LIVRE ?

À LA DÉCOUVERTE DES MINÉRAUX ET DES PIERRES PRÉCIEUSES

SECONDE ÉTAPE : L'ÉTUDE DES MORPHOLOGIES

La détermination d'un minéral se poursuit par l'étude de ses morphologies. Par morphologies on entend l'aspect extérieur du minéral (terreux, nodulaire, lamellaire, fibreux, etc.), et, le cas échéant, l'étude de ses cristaux (cristallographie).

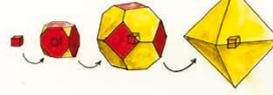
L'HABITUS (OU L'ASPECT)

Les minéraux montrent des aspects variables suivant la manière dont leurs cristaux se combinent. Ces morphologies peuvent varier : de cristaux individuels bien formés et isolés à des constructions bien plus complexes.

HABITUS LES PLUS FRÉQUENTS				
Compact Massif, terreux, informe  Phosphorite	Granulaire Grains de petite taille  Olivine	Encroûté Croûtes épaisses  Smithsonite	Botryoidal Amas multiglobulaires  Goethite	Prismatique Cristaux allongés  Tourmaline
Trapu Cristaux trapus  Cassitérite	Lenticulaire Lentilles ovoïdes  Gypse « Rose des sables »	Lamellaire En lamelles  Lépidolite	Fibreux Fibres, soyeuses ou non  Chrysotile	Fibro-radié Zôné et rayonnant  Natrolite
Aciculaire Cristaux en aiguilles  Cuprite	Stalactiforme Formant des stalactites  Calcaire	Dendritique Formant des dendrites  Bismuth	Arborescent Formant des branches  Cuivre natif	

Des grilles de classification

Plus de 500 photos et schémas



Du cube (foces rouges) à l'octaèdre (foces jaunes)

LA CROISSANCE CRISTALLINE

Ce sont les atomes de surface du cristal qui déterminent en général quelles facettes vont grandir en priorité. Ceci explique pourquoi des minéraux cristallisant dans le même système cristallin présentent des cristaux différents : le sel (ou halite, cubique) présente systématiquement des cubes alors que le spinelle (également cubique) montre surtout des octaèdres.



Halite (Pologne)

Spinelle (Madagascar)

Par ailleurs, les conditions de formation influencent la stabilité relative des facettes : à plus haute température, l'octaèdre est souvent favorisé, alors que le cube est plutôt une forme de plus basse température (attention, cette règle n'est pas généralisable). Enfin, des impuretés peuvent aussi modifier la croissance cristalline.

LA FORMATION DES CRISTAUX

La formation des cristaux est un processus lent et qui exige une grande stabilité. Certains cristaux peuvent néanmoins se former en quelques heures, comme le sel des marais salants. Mais, dans la grande majorité des cas, il faut des milliers d'années, voire bien plus. Cette construction nécessite aussi des conditions constantes et une alimentation périodique en éléments chimiques nécessaires à la cristallisation. Toute modification dans la composition de la matière de base ou dans les conditions de cristallisation (pression, température, flux de matière) perturbera la croissance et créera des défauts cristallins.

COMMENT IDENTIFIER LES MINÉRAUX ? 33



Quelques méthodes utilisées pour l'identification des minéraux : tracer sur papier et technique de clivage (à gauche) et rayure de l'ongle et par l'ongle (à droite)

COMMENT BIEN IDENTIFIER SES TROUVAILLES

Sur la base des propriétés physico-chimiques et de l'observation naturaliste des formes cristallines, vous pouvez identifier un minéral. Mais rien ne vaut l'expérience : visiter les collections, les bourses, les musées et discuter, s'intéresser, mémoriser.

Alternativement, il y a les méthodes scientifiques « lourdes » : diffraction des rayons X, microscopie optique et électronique, analyse élémentaire par émission X et tant d'autres. Elles sont donc difficilement accessibles au grand public.

Alan Plante, Donald Peck et David von Bargen ont proposé un « système expert » à partir d'expériences simples qui permettent d'aider à identifier des minéraux. Seule contrainte, il faut que le minéral en question soit bien exprimé, sous forme de belles masses et de cristaux individuels. Ce système permet d'identifier le plus souvent une classe de minéraux plausibles plutôt qu'un minéral particulier.

LES CLUBS, LES MUSÉES ET LES COLLECTIONS

S'inscrire à une association permet d'aller chercher des échantillons de manière plus sécurisée, de partager des informations cruciales, de trouver des expertises pour identifier des minéraux, pour avoir des contacts avec les professionnels de la minéralogie

Des conseils pratiques pour réaliser une collection

RECONNAÎTRE LES MINÉRAUX ET LES PIERRES PRÉCIEUSES

RÉALGAR ET ORPIMENT

Espèce liée : para-réalgar



Cristaux d'orpiment (Quiruvilco, Pérou)

Réalgar (Duranus, Alpes-Maritimes)

Monocristal de réalgar (Shimen, Chine)

Feuillage et prunes sculpté en réalgar mais altéré en para-réalgar à sa surface (artisanat chinois, XVIII^e siècle).

ATTENTION, LUMIÈRE INTERDITE !

Le réalgar doit être conservé à l'abri des ultraviolets qui le polymérisent. Ce phénomène reste longtemps invisible, mais quand on s'en rend compte, il est trop tard : le réalgar a commencé à se transformer irréversiblement en para-réalgar (et non en orpiment avec lequel on le confond souvent). Les cristaux se désintègrent en poudre. Des musées prestigieux ont ainsi perdu de superbes échantillons.

Classe 2 : sulfures... Réalgar : As_2S_3 , orpiment : As_2S_5 (sulfures d'arsenic) 3,5 à 3,6 1,5 à 2

COULEUR, TRANSPARENCE, ÉCLAT
Rouge (réalgar) ; jaune à orange brunâtre (orpiment). Transparents à translucides. Éclat submétallique.

MORPHOLOGIES, SYSTÈME CRISTALLIN
Massifs, foliacés, terreux. Cristaux en général rares, prismatiques, plutôt allongés (réalgar) ou plutôt trapus (orpiment). Monocristaux.

CLIVAGE, CASSURE
Clivage parfait suivant {010}. Cassure irrégulière ; fragiles, sectiles.

GIÈSÈMENTS

Dans les gisements hydrothermaux de basse température et les sources thermales. De magnifiques cristaux ont été découverts au Pérou (Quiruvilco), en Roumanie (Baia Sprie), au Japon, au Nevada, en Sibérie et en Chine. En France :

les belles masses du Var (Duranus, Luceram), de la Corse (Matra), du Puy-de-Dôme (Saint-Nectaire) et d'Alsace (Sainte-Marie-aux-Mines) sans oublier les houillères de Saint-Etienne ou de Decazeville (Aveyron).

ÉTYMOLOGIE

Réalgar : de l'arabe rahi al ghar, poudre de mine ; orpiment : du latin auripigmentum, par allusion à sa couleur dorée.

Des explications pour en savoir plus

HÉMATITE

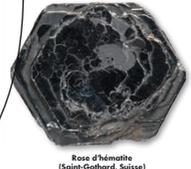
Variétés : spéculaireite, BIF



Hématite en lits rouges et noirs, section polie de « BIF » (N'Chowing, Afrique du Sud)



Hématite (Île d'Elbe, Italie)



Rose d'hématite (Saint-Gobard, Suisse)

LE ROUGE ET LE NOIR...

L'hématite terreuse rouge fut un des premiers pigments utilisés par les hommes préhistoriques. Les collectionneurs préfèrent sa variété cristalline, noire et brillante. Les cristaux en « rose-de-fer » des fentes alpines sont très recherchés. Les hématites en lits forment d'étonnantes échantillons : elles sont le minéral de fer le plus recherché.

Classe 4 : oxydes et hydroxydes Fe_2O_3 (oxyde de fer) 5 à 6 2,5

COULEUR, TRANSPARENCE, ÉCLAT
Non brillant, ou rouge vermillon. Opaque. Éclat métallique (noir) à terreux rouge.

MORPHOLOGIES, SYSTÈME CRISTALLIN

Massif granulaire, oolithique, terreux, stactactique, mammonné. Cristaux hexagonaux, souvent tabulaires (fer spéculaire ou spéculaireite), dendritiques, ou en roses. Trigonaux.

CLIVAGE, CASSURE
Aucun clivage. Cassure irrégulière.

GIÈSÈMENTS

Dans les gisements métalliques hydrothermaux (Allemagne, Angleterre, Mexique, Michigan) et dans les anciens sédiments métamorphisés (minerais de fer rubanés, « Banded Iron Formation », BIF) comme en Australie et au Brésil (Itabirite). En France, les belles hématites viennent de Saphoz (Voges), d'Alsace (Framont, Bré-

zouard, Stahlberg) des environs de Bourg d'Oisans (rose-de-fer), du massif de la Lauzière (Savoie), des mines de fluorite de Haute-Loire, de la chaîne des Puy, de Bâstres (Pyrénées-Orientales) et de Dielette (Manche).

Étymologie, synonyme
Du grec haimatidés, pierre de sang. Oligiste.

Les principaux critères d'identification

- Classification chimique
- Formule chimique
- Densité
- Dureté

CARNET PRATIQUE

CARNET PRATIQUE

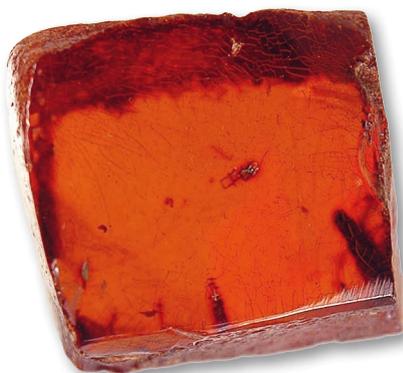
GUIDES ET OUVRAGES

- Dictionnaire de géologie, A. Foucault et J.-F. Raoult, Dunod, 8^e éd. (2014).
- Sur les sentiers de la géologie, A. Foucault, Dunod (2011).
- Larousse des minéraux, H.-J. Schubnel, Larousse (1981).
- Minéraux remarquables, J.-C. Boulliard, Le Pommier et BRGM (2010).
- Curiosités minérales, D. Nectoux et J.-M. Le Cleach, Omniscience (2013).
- Le cristal et ses doubles, J.-C. Boulliard, CNRS Éditions (2010).
- Guide Delachaux des minéraux, O. Johnsen, Delachaux et Niestlé.
- Ce que disent les minéraux, P. Cordier et H. Leroux, Belin Pour la science (2008).
- Inventaires minéralogiques, (une douzaine de départements), BRGM.
- Larousse des pierres précieuses, P. Bariat et J.-P. Poir, Larousse (2004).
- Guide des pierres précieuses, pierres fines et ornementales, W. Schumann, Delachaux et Niestlé, 14^e éd. (2009).

SITES INTERNET

- www.geoforum.fr : discussions, dossiers.
- www.geopolis.fr : portail de la Confédération française des acteurs en sciences de la Terre.
- www.minéral-hub.net : liste des musées, vente, achat...
- www.brgm.fr : site du Bureau de recherches géologiques et minières.
- www.galeriedemineralogieetgeologie.fr : galerie de minéralogie du MNHN.
- www.musee-ensmp.fr : collection de Mines ParisTech (ancienne École nationale supérieure des Mines de Paris).
- www.amis-mineraux.fr : collection des Amis de la collection « de la Sorbonne » à l'université Pierre-et-Marie-Curie.
- www.gemology.ch : excellent portail pour les gemmes.
- www.mineralogie.org : portail internet de minéralogie.
- www.gemmes-infos.com : pour la gemmologie.

Des adresses d'associations, de clubs, de musées, de sites Internet... pour vivre sa passion



À LA DÉCOUVERTE DES MINÉRAUX ET DES GEMMES

QU'EST-CE QU'UN MINÉRAL ?

La science des minéraux, ou minéralogie, a récemment pris un essor important. Devenue une science multidisciplinaire, elle s'invite dans de nombreux débats : de l'origine des planètes aux matériaux « high-tech », en passant par la protection des environnements et de la biodiversité, la préservation du patrimoine culturel voire la santé humaine. À travers l'identification de minéraux particulièrement importants, cet ouvrage propose une introduction aux découvertes de la minéralogie actuelle et à leurs impressionnantes retombées sociétales.

ROCHES, MINÉRAUX, CRISTAUX ET GEMMES

Qu'est-ce qu'un minéral ? Pour beaucoup, « minéral » est le terme scientifique pour « pierre », un solide massif, relativement lourd et dur, sans vie, formant quelquefois des cristaux transparents et brillants qu'on appelle « pierres précieuses ». La réalité est bien plus riche et fascinante.



1



2



3



4



5



6

Six variétés d'une même espèce minérale, le béryl

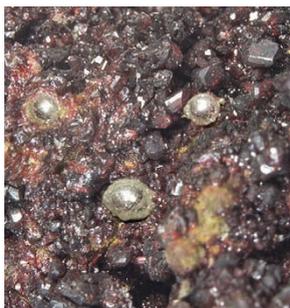
- (1) variété incolore (goshénite, Brésil) ; (2) variété aigue-marine (Brésil) ;
(3) variété émeraude (Colombie) ; (4) variété morganite (Brésil) ;
(5) variété héliodore (Madagascar) ; (6) variété bixbite (Utah, États-Unis)

La définition du minéral a constamment varié depuis l'Antiquité : la minéralogie n'est pas une science morte. Plus on étudie la diversité minéralogique avec des instruments toujours plus puissants et précis, plus il est délicat de redéfinir les contours de la « géodiversité » naturelle.

LA GRANDE GÉODIVERSITÉ DU RÈGNE MINÉRAL

Certains experts considèrent que les minéraux sont des solides naturels cristallisés et inorganiques, formés par un processus géologique. Par exemple, le quartz ou le feldspath sont constitués d'agencements atomiques constants et stables qui se répètent presque à l'infini, formant des cristaux : leurs structures atomiques sont dites « périodiques ». *A contrario*, le mercure natif ne serait pas un minéral pour certains minéralogistes car il est liquide et, à ce titre, il est non cristallisé. Pourtant, l'*International Mineralogical Association*, l'instance internationale qui décide de ce qui est un minéral, considère que le mercure natif est bel et bien un minéral. On sait maintenant que le mercure liquide n'est pas aussi « amorphe » qu'on le pensait. Dans ce liquide, les atomes de mercure sont fortement liés, de manière comparable à celle d'un cristal (d'ailleurs, les « cristaux liquides » existent bel et bien dans les écrans de nos calculatrices !). La différence vient du fait que cette organisation atomique n'est pas aussi périodique que dans le quartz ou la calcite, mais varie constamment. Un liquide n'est donc pas si différent d'un cristal : les deux sont organisés différemment, mais à partir des mêmes structures atomiques et moléculaires.

Les minéraux d'origine purement minérale ne constituent qu'une minorité du monde minéral tel que nous le connaissons aujourd'hui. On sait maintenant que de nombreuses calcites ne sont pas d'origine purement minérale, mais biologique : elles ont été secrétées par des micro-organismes depuis l'apparition de la vie sur Terre il y a au moins 3,5 milliards d'années.



Mercure natif
dans cinabre
(Moschell, Rhénanie)



Cristaux de whewellite
(Saxe)



Cristaux de sucre
candi industriel

De même, la whewellite, un oxalate cristallisé naturel récolté au plus profond des mines, est chimiquement organique. C'est un minéral organique. Le sucre candi forme aussi de beaux cristaux, de composition organique car composé essentiellement de saccharose. Mais comme on ne le retrouve pas dans des roches, il n'est pas considéré comme un minéral.

UNE DÉFINITION ?

Ainsi, les découvertes récentes de la minéralogie nous ont apporté leur lot de nouveautés, mais aussi de perplexité : est-ce que les cristaux sont les seules formes d'organisation atomique minérale possible ? Doit-on limiter la géodiversité à la seule croûte terrestre, excluant de fait les minéraux des profondeurs de la Terre ou extraterrestres ? On le devine, les réponses à ces questions sont négatives.



Diamant (sur gangue,
Afrique du Sud)



Graphite (Maroc)

**Même composition (carbone pur) mais deux minéraux différents,
aux propriétés diamétralement opposées**

À la lumière des dernières découvertes en minéralogie, il existe aujourd'hui un certain consensus pour considérer que la définition d'un minéral doit être étendue à « toute substance géologique, chimiquement homogène, ayant une structure atomique (périodique ou non) formée grâce à des processus (bio)géochimiques ».

QUELLE DIFFÉRENCE AVEC LES ROCHES ?

Une roche est classiquement définie comme un agrégat d'un ou de plusieurs minéraux. Ainsi, un granite est essentiellement composé de cristaux visibles à l'œil nu de quartz, de feldspath et de mica. Un quartzite est composé presque uniquement de grains millimétriques de quartz. Un calcaire est une roche composée d'une multitude de cristaux de calcite de très petite taille (micrométriques à millimétriques). À l'opposé, une pegmatite est une roche composée de minéraux de très grandes dimensions (centimétriques à métriques) de quartz, feldspath et, souvent, de mica.





Cristaux
(« cristal de roche »,
Brésil)

Massif
(quartz hyalin,
Brésil)

Microcristallin
(Madagascar)

Roche
(quartzite,
États-Unis)

Un même minéral pour quatre apparences différentes

LES « MINÉRALOÏDES »

Certains minéralogistes font une distinction entre minéraux et « minéraloïdes ». Les « minéraloïdes » ressemblent à des minéraux, mais n'en sont pas. Par exemple, l'ambre n'est pas un minéral à proprement parler car il s'agit d'une résine fossilisée, composée d'un grand nombre de substances organiques différentes intimement mélangées. On pourrait donc décrire l'ambre comme une roche organique. Mais l'ambre est considéré comme une « pierre fine » par les gemmologues, au même titre que la tourmaline ou la topaze, qui sont de « vrais minéraux ». Un autre « minéraloïde » bien connu est l'opale, composée de différentes phases minérales. L'opale est en fait une roche, composée de différentes formes de silice. Pour les gemmologues, elle reste une pierre fine. Néanmoins, on continue à la classer comme « minéral » car, historiquement, elle a toujours été considérée ainsi.



Ambre (Baltique)



Opale (Mexique)

Exemples de « minéraloïdes »

MINÉRAUX, MATIÈRE ORGANIQUE ET VIE

Il est maintenant établi que la diversité minéralogique actuelle est essentiellement due à la présence d'importantes quantités d'eau et d'oxygène à la surface de la Terre. L'eau a altéré les minéraux primitifs et a libéré quantité d'ions qui se sont recombines sous la forme de nouveaux minéraux (argiles, ferrihydrite) et de sels solubles (de sodium, calcium, magnésium...). L'eau s'est alors minéralisée. La géodiversité actuelle est aussi due au développement de la vie. La présence d'algues bleues océaniques dès 3,5 milliards d'années a considérablement enrichi l'atmosphère terrestre en oxygène. Ceci a permis d'oxyder les minéraux de la Terre primitive. Des centaines de nouveaux minéraux (oxyhydroxydes, sulfates, arséniates...) se sont ainsi formés. Les stromatolites, éponges, algues, coraux et coquillages ont secrété de nombreux carbonates à partir d'eau minéralisée. Des micro-organismes ont aussi contribué à former argiles et oxyhydroxydes, des minéraux par ailleurs rares dans l'Univers.



Deux exemples de minéralisation actuelle :
un coquillage et un corail, formés essentiellement d'aragonite



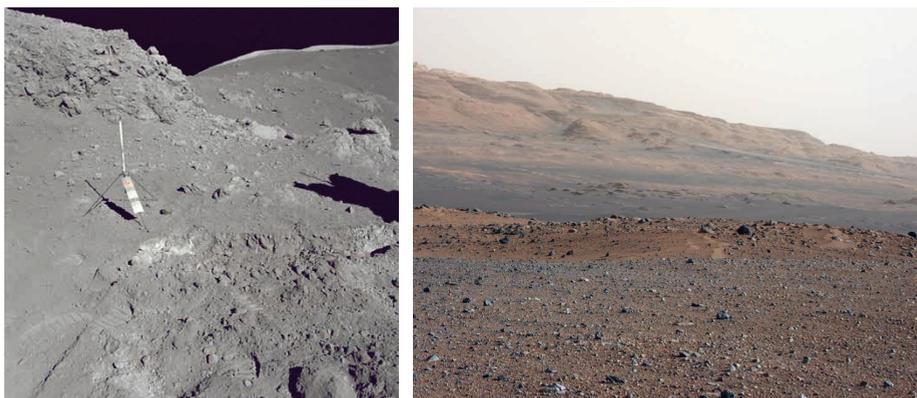
Tranche dans un fémur
de dinosaure agatisé
(États-Unis)

Éponge calcifiée

Tronc de conifère
en glauconite

Trois exemples de minéralisation passée (fossilisation)

Plus des trois quarts des espèces minérales décrites sur Terre sont inconnues sur la Lune ou dans les astéroïdes. Mais ces derniers recèlent quantité d'autres minéraux primitifs qui ont quasi disparu de la surface de la Terre, tels de rares carbures comme la moissanite (SiC). Cette minéralogie plus restreinte confère peu de couleurs à la surface de la Lune. Intermédiaire entre la Lune et la Terre, la surface de Mars présente une plus grande géodiversité car sa surface semble localement riche en hydroxydes, argiles et sulfates qui n'ont jamais été rencontrés sur la Lune. D'où un éventail plus riche en couleurs, sans toutefois surpasser la Terre.



**Surfaces respectives de la Lune (avec une échelle de couleurs de référence)
et de Mars vues par les missions Apollo 17 en 1972
et Mars Science Laboratory en 2012**

LA DIVERSITÉ MINÉRALOGIQUE

À ce jour, et en fonction des définitions actuelles, on dénombre un peu plus de 4 750 espèces minérales différentes. On découvre quelques dizaines d'espèces nouvelles par an. Le plus souvent, il s'agit d'espèces microscopiques confinées à un gisement très particulier, ayant connu des épisodes géologiques uniques expliquant alors leur rareté. Mais le plus important potentiel de découverte d'espèces minérales nouvelles réside dans l'étude de météorites, témoins de minéralogies ayant disparu de la surface de la Terre.

Un autre monde minéralogique dont l'exploration débute tout juste est constitué par les minéraux de dimension nanométrique (un nanomètre équivaut à un millionième de millimètre) et/ou qui sont peu ou non cristallisés. Ces espèces sont impossibles à détecter avec les instruments de la minéralogie traditionnelle : leur identification requiert des instruments sophistiqués – tels les accélérateurs à rayonnement synchrotron – qui n'ont été développés que très récemment

(années 1990). Ces minéraux restent encore peu connus, même s'ils peuvent être abondants dans nos sols, comme les « rouilles vertes » telle la fougérite ($\text{Fe(II)}_2\text{Mg}_6\text{Fe(III)}_2(\text{OH})_{18} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$). Elle fut identifiée en 1996 en Bretagne et s'est révélée être un minéral extrêmement commun.



Des mondes minéralogiques encore peu explorés existent près de chez vous, comme dans un sol de forêt...

LA NOMENCLATURE

Les noms des minéraux courants sont souvent les héritiers d'un passé lointain :

- ▶ Or : du latin *aurum*.
- ▶ Saphir : proviendrait de l'hébreu *sappîr*.
- ▶ Feldspath : de dialectes germaniques signifiant une matière non métallique – *spath* – provenant d'un champ – *feld*.

Certains noms sont tirés de propriétés remarquables :

- ▶ Magnétite : magnétique.
- ▶ Azurite : bleue.
- ▶ Barytine : dense.

Ou dérivent du nom d'une personnalité remarquable :

- ▶ Goethite : Johann Wolfgang von Goethe (1749-1832), écrivain allemand.
- ▶ Curite, sklodowskite et cuprosklodowskite : Marie Curie-Sklodowska (1867-1934), chimiste franco-polonaise.



Saphir (Vietnam)



Goethite
(Le Kaymar, Aveyron)



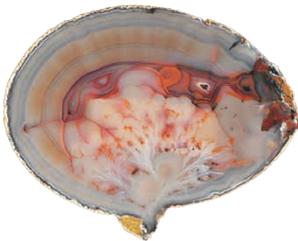
Barytine (Côte d'Abot,
Puy-de-Dôme)

D'autres noms dérivent d'une localité (ou d'un pays) où l'espèce fut trouvée sous la forme d'échantillons remarquables :

- ▶ Agate : Achates, rivière de Sicile.
- ▶ Autunite : Autun, Saône-et-Loire.

Certains noms sont issus d'une spécificité culturelle :

- ▶ Turquoise : car souvent importée de Perse par des Turcs.
- ▶ Kaolin : de *Kao-ling* (ou *Gao-ling*, littéralement « grande colline »), un village de la province du Jiangxi en Chine, célèbre pour sa production historique de porcelaine.



Agate
(Rio Grande, Brésil)



Turquoise dans
rhyolite (localité
inconnue)



Métatorbernite
(Entraygues-sur-
Truyère, Aveyron)

Ou dérivent d'un minéral déjà décrit :

- ▶ Métatorbernite : torbernite partiellement déshydratée.
- ▶ Axinite-Fe : axinite enrichie en fer.

LA CLASSIFICATION CHIMIQUE DES MINÉRAUX

Actuellement, les quelque 4 750 espèces connues sont réparties suivant le système dit « de Nickel-Strunz », qui en est à sa dixième version depuis 1982. Dans ce système, on dénombre 10 classes de minéraux, numérotées de 1 à 10 :

<p>1</p> <p>Éléments (natifs, carbures, nitrides, siliciures, alliages...)</p>  <p>Or (Californie)</p>	<p>2</p> <p>Sulfures et sulfosels (et séléniures, antimo- niures, arséniures)</p>  <p>Pyrite (Espagne)</p>	<p>3</p> <p>Halogénures (et oxyhalogénures)</p>  <p>Halite (Pologne)</p>	<p>4</p> <p>Oxydes et hydroxydes</p>  <p>Quartz (Mont- Blanc)</p>
<p>5</p> <p>Carbonates et nitrates</p>  <p>Calcite (Mexique)</p>	<p>6</p> <p>Borates</p>  <p>Borax (Italie)</p>	<p>7</p> <p>Sulfates, chromates, molybdates et tungstates (et séléniates, niobates et thiosulfates)</p>  <p>Apatite (Mexique)</p>	<p>8</p> <p>Phosphates, arséniates et vanadates</p>  <p>Gypse (localité inconnue)</p>
<p>9</p> <p>Silicates (et germanates)</p> <p>(Tableau ci-contre)</p>		<p>10</p> <p>Minéraux organiques</p>  <p>Mellite (Tchéquie)</p>	

La classe 1 représente les compositions les plus « simples » en termes d'atomes élémentaires quelquefois combinés entre eux. Les classes 2 à 10 sont composées d'atomes ionisés, dont les sulfures (et associés, classe 2), halogénures (classe 3), ceux composés d'oxygène (classes 4 à 9) et de carbone organique (classe 10). Parmi les « oxydes » (au sens général du terme), on trouvera les oxydes et hydroxydes (*sensu stricto*, classe 4), les carbonates-nitrates (classe 5), les borates (classe 6) structurellement similaires aux phosphates (classe 8) et aux silicates (classe 9), et enfin les sulfates et associés (classe 7), qui sont des minéraux très oxydés.

CLASSE 9 : LES SILICATES					
Nésosilicate	Sorosilicate	Cyclosilicate	Inosilicate	Phyllosilicate	Tectosilicate
					
Grenat (Brésil)	Épidote (Oisans)	Tourmaline (Brésil)	Enstatite (Pakistan)	Phlogopite (Madagascar)	Sanidine (Mont-Dore, Puy-de-Dôme)

LE CAS DES SILICATES

Les silicates sont, de loin, la classe de minéraux qui regroupe le plus grand nombre d'espèces minérales (environ 1 350 sur 4 750). On subdivise cette classe en 6 sous-classes principales, suivant la manière dont les groupements silicate (SiO_4^{4-}) s'arrangent entre eux :

- sous-classe 9A : nésosilicates (environ 190 espèces) avec des groupements silicate dits « isolés » SiO_4^{4-} , c'est-à-dire déconnectés les uns des autres ;
- sous-classe 9B : sorosilicates (~ 190 espèces) composés de paires de groupements silicate doubles $\text{Si}_2\text{O}_7^{6-}$;
- sous-classe 9C : cyclosilicates (~ 170 espèces), composés d'anneaux formés par 3, 4, 6, 8 ou 12 groupements silicates ;
- sous-classe 9D : inosilicates (~ 320 espèces), avec des groupements silicate formant des chaînes ;
- sous-classe 9E : phyllosilicates (~ 250 espèces) avec des groupements silicate formant des plans ;
- sous-classe 9F : tectosilicates (~ 200 espèces) avec des groupements silicate formant des édifices tridimensionnels ;

À ces 6 sous-classes, s'ajoutent 2 sous-classes plus secondaires :

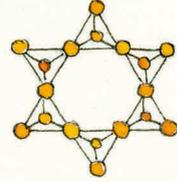
- sous-classe 9G : silicates non encore classés ou inclassables (~ 25 espèces) ;
- sous-classe 9H : germanates (~ 5 espèces mais beaucoup d'autres restent à découvrir).



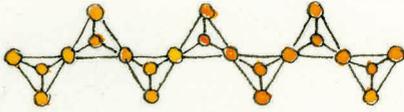
9A = nesosilicate



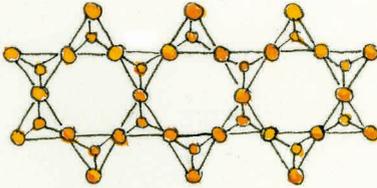
9B = sorosilicate



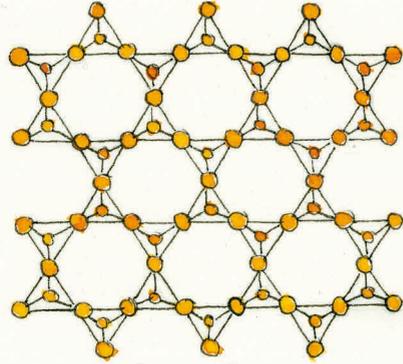
9C = cyclosilicate



9D = inosilicate



9E = phyllosilicate



9F = tectosilicate