

# **101** MINÉRAUX ET PIERRES PRÉCIEUSES

Qu'il faut avoir vus dans sa vie



Jean-Claude Boulliard commence sa carrière scientifique au CNRS au sein du Groupe de Physique du Solide de l'École Normale Supérieure. Il rejoint ensuite l'Institut de Minéralogie, de Physique des Matériaux et de Cosmochimie et prend la direction de la Collection de Minéraux de Sorbonne-Université. Il est l'auteur de plusieurs ouvrages sur les minéraux parmi lesquels *L'Or en France*, *Minéraux remarquables*, *Le Cristal et ses Doubles*, *Pierres Précieuses*, *Les Minéraux*.

JEAN-CLAUDE BOULLIARD

# 101 MINÉRAUX ET PIERRES PRÉCIEUSES

Qu'il faut avoir vus dans sa vie

DUNOD

# SOMMAIRE

LE MONDE DES MINÉRAUX ..... 6

## LES ANTIQUES

1. Agate : des œufs de tonnerre aux melons pétrifiés du mont Carmel ..... 20
2. Aigue-marine : la belle brésilienne ..... 22
3. Almandin : le premier grenat ..... 24
4. Ambre : du fossile au minéral ..... 26
5. Améthyste : la pierre de Bacchus ..... 28
6. Argent : money, money ..... 30
7. Azurite : le bleu des montagnes ..... 32
8. Cristal de roche : un nom venu du froid ..... 34
9. Diamant : du cœur des ténèbres ..... 36
10. Émeraude : la pierre de l'Eldorado ..... 38
11. Fluorite : un minéral arc-en-ciel ..... 40
12. Jades : bijoux de l'Extrême-Orient ..... 42
13. Lapis-lazuli : les pierres outremer ..... 44
14. Malachite : le vert des montagnes ..... 46
15. Marcassite : un hérisson sulfureux ..... 48
16. Opale noble : les jeux de couleurs ..... 50
17. Or : le premier métal ..... 52
18. Péridot : l'émeraude des croisés ..... 54
19. Perles : à chacune sa coquille ..... 56
20. Rubis : la reine des pierres précieuses ..... 58
21. Saphir : l'inaccessible grand bleu ..... 60
22. Spinelles : à l'ombre des corindons ..... 62
23. Topaze : si dure, si cassante ..... 64
24. Turquoise : la pierre de Turquie ..... 66
25. Variscite : à l'ombre des menhirs ..... 68
26. Zircon : une vieille histoire ..... 70

## LES NOUVELLES MERVEILLES

27. Amazonite : la pierre des Amazones ..... 74
28. Charoïte : une gemme des extrêmes ..... 76
29. Chrysobéryl : œil-de-chat et pierre du tsar ..... 78
30. Chrysocolle : minéral ou minéraux ..... 80
31. Cordierite : la pierre aux deux couleurs ..... 82
32. Démantoïde : la couleur de l'émeraude, les feux du diamant ..... 84
33. Dumortierite : une gemme camouflée ..... 86
34. Grossulaire : au contact du calcaire ..... 88
35. Kunzite : à la gloire de M. Kunz ..... 90
36. Morganite : la pierre du magnat de Wall Street ..... 92
37. Opale de feu : une couleur étrangère ..... 94
38. Pierre de lune et labradorite : pierres aux reflets bleus ..... 96
39. Platine : précieux et nécessaire ..... 98
40. Prehnite : un minéral botryoïdal ..... 100
41. Quartz à inclusions : les cheveux de Vénus ..... 102
42. Rhodochrosite : la rose argentine ..... 104
43. Rhodonite : la gemme de manganèse ..... 106
44. Rubellite : une star de la minéralogie ..... 108
45. Scapolite : une solution solide ..... 110
46. Sodalite : la pierre ténébrescente ..... 112
47. Spessartine : le grenat méconnu ..... 114
48. Tanzanite : le ciel bleu des Massaïs ..... 116
49. Tourmaline : une palette de gemmes ..... 118
50. Tsavorite : le grenat vert ..... 120

## LES INDUSTRIELLES

51. Apatite : la pierre de phosphore .....	124
52. Aragonite : le minéral qui se fait perle.....	126
53. Baryte : un minéral de poids .....	128
54. Calcite : le minéral aux 2 544 formes .....	130
55. Cassitérite : l'alliée du bronze.....	132
56. Cuivre : métal de guerre, métal de l'industrie .....	134
57. Cuprite : la fleur de cuivre .....	136
58. Cyanite : une mesure géologique.....	138
59. Diaspore : un résidu de roche.....	140
60. Fer : tombé du ciel .....	142
61. Goethite : la pierre du poète .....	144
62. Gypse : la pierre à plâtre .....	146
63. Halite : le sel gemme.....	148
64. Hématite : pierre de miroir, pierre de sang .....	150
65. Muscovite : la pierre en feuilles.....	152
66. Orpiment : le pigment d'or .....	154
67. Orthose : au cœur du granite.....	156
68. Pollucite : un jumeau esseulé.....	158
69. Pyrite : l'or des fous .....	160
70. Pyrrhotite : la maladie des sulfures de fer .....	162
71. Riebeckite : un minéral amphibologique .....	164
72. Rutile : le minerai de l'aéronautique.....	166
73. Scheelite : la pierre de lumière .....	168
74. Sidérite : le meilleur fer .....	170
75. Sphalérite : un métal qui sait se cacher .....	172
76. Stilbite : la première pierre bouillante.....	174

## LES CURIOSITÉS

77. Adamite : bien loin de l'éveite .....	178
78. Apophyllite : le joyau des tunnels.....	180
79. Axinite : la gemme des Alpes françaises .....	182
80. Benitoïte : dans les forêts de Californie .....	184
81. Béryl : la loupe de Néron .....	186
82. Brazilianite : la pierre du Brésil .....	188
83. Célestine : le rouge des feux d'artifice .....	190
84. Cérusite : le blanc de Saturne .....	192
85. Crocoïte : le minéral de Tasmanie.....	194
86. Cumengeïte : à l'origine de l'épitaxie....	196
87. Cuprosklodowskïte : en l'honneur de Marie Curie .....	198
88. Danburite : une gemme délaissée.....	200
89. Diopside : un minéral classique, une gemme nouvelle.....	202
90. Dioptase : l'émeraude de cuivre .....	204
91. Euclase : la parfaite fracture.....	206
92. Francevillite : une découverte fortuite .....	208
93. Jeremejevite : une gemme boratée ....	210
94. Phenacite : l'affaire des (faux) diamants .....	212
95. Plancheïte : une nouvelle gemme ? ...	214
96. Pyromorphite : un minéral et ses noms .....	216
97. Rhodizite : un minéral de pegmatite ...	218
98. Titanite : la pierre aux mille arcs-en-ciel.....	220
99. Vanadinite : la belle marocaine.....	222
100. Vésuvianite : la pierre révélée par un volcan.....	224
101. Vivianite : un problème de conservation .....	226

GLOSSAIRE.....228

LE TABLEAU DE MENDELEÏEV.....232

POUR ALLER PLUS LOIN.....234

INDEX.....235

CRÉDITS PHOTOGRAPHIQUES.....240

# LE MONDE DES MINÉRAUX

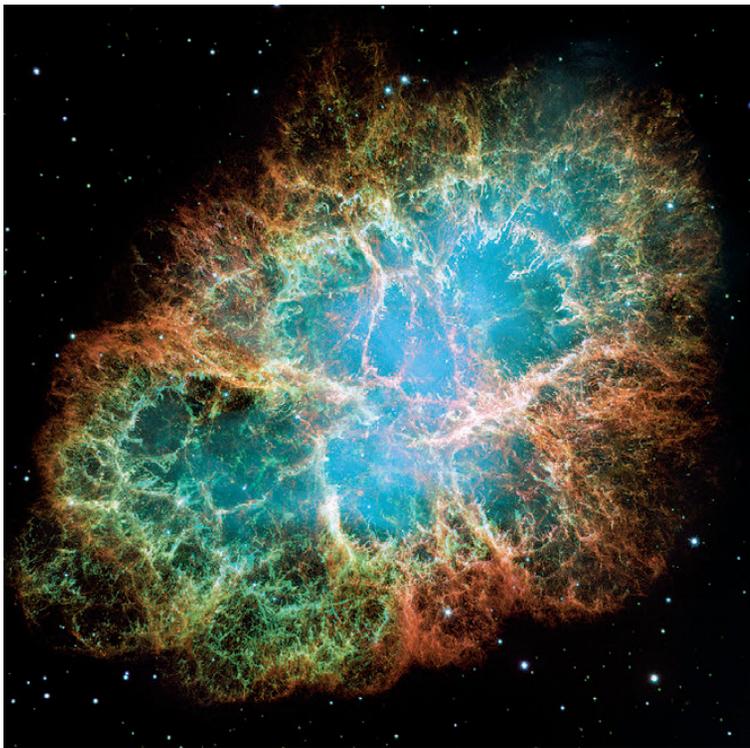
Nous le côtoyons sans cesse, nous le foulons de nos pieds. Il s'offre à notre vue, majestueux, dans les montagnes, les falaises et les gouffres... Et pourtant le règne minéral est, des trois règnes de la Nature, celui qui nous reste le plus mystérieux. Ce constat concerne surtout ses objets premiers, les minéraux, la plupart du temps minuscules et invisibles. Leurs plus merveilleux représentants, les cristaux, sont enfouis et tapis dans de rares filons, grottes, miaroles, druses, géodes, fentes alpines, fours, poches ou cryptes à cristaux. Ils sont activement recherchés, mais leur découverte a longtemps été le fruit du hasard. Le monde souterrain n'était-il pas la demeure de divinités malicieuses ou maléfiques comme Kobolt en Allemagne ou El Tio en Bolivie ? Que savons-nous aujourd'hui de ces antres cristallisées ?

## LA NAISSANCE DE LA TERRE

Il faut bien reconnaître que trouver des cristaux est, aujourd'hui encore, complexe. Cependant, depuis la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, nous avons appris beaucoup de choses sur le monde souterrain. À défaut de savoir exactement où trouver les minéraux, on sait mieux comment ils se sont formés et quels sont les indices favorables pour les trouver. Pour y arriver, il a fallu tout d'abord comprendre la formation de la Terre – non pas en regardant le sol, mais en levant les yeux vers le ciel, vers les planètes, astéroïdes, comètes et poussières qui peuplent notre Système solaire. Il a fallu aussi remonter un peu plus dans le temps et observer au-delà de notre système. On y voit des nuages gazeux d'hydrogène et d'hélium, des étoiles qui naissent, d'autres qui meurent, ainsi que les vestiges de leur explosion finale où l'on trouve des poussières contenant les éléments chimiques produits par fusion, du lithium à l'uranium. C'est dans un nuage gazeux enrichi de poussières qu'est né, il y a un peu moins de 4,6 milliards d'années, notre Système solaire. Les minéraux des poussières sont peu nombreux, une vingtaine à peine, car ils doivent être résistants aux températures et pressions qui règnent lors des explosions : le diamant, stable à hautes pressions et températures, pourrait être le premier minéral apparu ; puis viennent le graphite, des alliages de fer et de nickel, le corindon, le rutile, des spinelles, un peu de silicates, des carbures et nitrures. Peu après, entre 4,567 et 4,561 milliards d'années, sous l'effet de la gravitation, le nuage gazeux s'effondre, les atomes d'hydrogène fusionnent en atomes d'hélium, le Soleil s'allume. Les

poussières proches du Soleil fondent sous la chaleur et se concentrent en gouttelettes qui, une fois refroidies, deviennent des petites billes appelées chondres. De nouveaux minéraux apparaissent, ils sont alors près de 90 : on y trouve de nouveaux silicates de magnésium (olivine et pyroxènes) et la troïlite, un sulfure de fer. Des corps de plus en plus gros croissent. Tout d'abord des chondrites, que l'on connaît bien car elles représentent la majorité des météorites qui tombent sur Terre. Ensuite, à partir de quelques centaines de kilomètres de diamètre, sous les effets conjugués de la gravitation et d'éléments radioactifs, la matière fond, le fer et le nickel migrent au centre, pour former un noyau entouré d'un « manteau » enrichi en oxydes et/ou en silicates.

De petites planètes sont en train de naître, 65 nouveaux minéraux apparaissent. Elles s'impactent parfois pour former des corps plus grands, des planètes. C'est ainsi que la Terre s'est formée, il y a un peu plus de 4,5 milliards d'années. Elle compte alors 400 minéraux environ, dont le zircon, la titanite et les feldspaths. Son histoire minérale n'est pas finie, car de grandes masses, plus ou moins fondues, sont mises en mouvement et ne cessent de bouger. Entre 4,55 et 3 milliards d'années, plusieurs événements majeurs président à la naissance de nouveaux minéraux : le début de l'activité magmatique et la formation d'une croûte de roches basiques à ultra basiques surtout, notamment de basaltes ; puis le volcanisme et la vapeur d'eau qu'il relâche, qui se condense et hydrate la planète. Les premiers granites se mettent en place vers 3,5 milliards d'années, avec leurs béryl, tourmaline, spodumène et topaze. Ces phénomènes apportent près de 2 800 nouveaux minéraux



*Nébuluse du Crabe*

## **DE L'EAU SUR TERRE... DE LA VIE !**

À ce stade, la Terre et Mars se distinguent des planètes et satellites rocheux plus petits comme Mercure ou la Lune, qui n'ont pas pu retenir l'eau et les autres gaz, et où l'on n'identifie que 350 minéraux différents.

Entre 3,5 et 2,5 milliards d'années environ, de grandes plaques, les plaques tectoniques, se mettent en mouvement. Les jadéite, andalousite, sillimanite et disthène ainsi que des sulfures entrent en lice. La Terre compte maintenant près de 3 000 minéraux.

À nouveau, la Terre se distingue des autres planètes puisqu'en marge de ces phénomènes, la vie apparaît discrètement au fond de l'eau, vers -3,9 milliards d'années. L'oxygène produit par les bactéries se combine tout d'abord avec le fer dissous dans les océans. Il s'échappe ensuite dans l'atmosphère, à partir de 2,4 milliards d'années. Ce gaz est corrosif, il attaque les roches et les êtres vivants. C'est le début de la « grande oxydation ». La Terre s'enrichit peu à peu de 2 600 minéraux environ. Ce nombre augmente avec la diversification de la vie. À partir de 542 millions d'années, près d'une centaine de nouveaux minéraux, directement issus de processus liés au vivant, voient le jour.

Les activités humaines annoncent une nouvelle ère. Sa naissance fait débat : certains voudraient qu'elle commence avec la disparition des grands animaux, entre -50 000 et 10 000 ans, tandis que d'autres la situent vers 1950 ! On dénombre à ce jour plus de 600 minéraux anthropogéniques.

## **UN MONDE TOUJOURS EN MOUVEMENT**

Aujourd'hui encore, la Terre est en mouvement et se transforme. Sa couche extérieure rigide, la lithosphère, est fine. Elle ne représente au mieux que 2 % du rayon de la planète. Elle est affectée par les mouvements de roches chaudes visqueuses sous elle. Des remontées de roches fondues, appelées magmas, la fondent localement. Les plaques se brisent, se déplacent, se heurtent ou s'enfoncent sous terre. Des océans apparaissent, d'autres disparaissent, des montagnes s'érigent, des volcans s'éveillent, le tout agité par de terribles tremblements de terre. Le contour des océans et des continents n'est pas fixe. Ce que l'on connaît aujourd'hui est différent de ce qui existait avant. Voilà 250 millions d'années, il n'y avait qu'un seul supercontinent, la Pangée. D'ici quelques dizaines de millions d'années, la Méditerranée aura disparu sous l'avancée de l'Afrique. Tous ces phénomènes d'origine profonde sont favorables à l'apparition de minéraux, mais ils ne sont pas les seuls. L'atmosphère, l'eau, la chaleur, l'activité vivante et d'autres phénomènes de surface contribuent aussi à la genèse des minéraux. La pluie

entretient la circulation d'eau dans le sous-sol. Les accumulations de matériaux d'origine animale ou végétale créent de nouvelles roches. Les bactéries altèrent et transforment certains minéraux. L'eau, le vent et les racines des arbres, entre autres, participent à l'érosion des reliefs et rendent accessibles des roches et des minéraux qui, sans eux, seraient demeurés cachés. Dans ce monde en mouvement, des sites que l'on appelle gîtes ou gisements concentrent des minéraux recherchés. Passons en revue quelques-uns d'entre eux.

## **LES VOLCANS : ASCENSEURS À DIAMANTS ET CRÉATEURS DE FILONS D'OR**

Le magma remonte à la surface dans les cheminées plus ou moins profondes des volcans. Proche de la surface, la pression diminue et les gaz initialement dissous dans le magma s'en échappent pour former des bulles qui éclatent à la surface et provoquent des projections.

Dans certains volcans, la cheminée plonge au travers de la lithosphère ; il n'y a alors pas d'obstacle à la remontée rapide de minéraux formés à grande profondeur, comme le diamant, stable au-delà de 100 km. S'il est remonté lentement, il se transforme en graphite. Or la majorité des volcans n'ont pas de cheminée profonde. Le magma s'accumule sous eux dans une chambre magmatique. Quelques minéraux se forment précocement alors qu'une grande partie de la lave est encore liquide : les plus denses tombent au fond de la chambre et les moins denses remontent. Dans le lac de lave du Mont Erebus (Antarctique), par exemple, on voit flotter des cristaux de feldspath. Dans le cas de la magnétite ou de la chromite, les cristaux denses s'accumulent au fond de la chambre. On retrouve des minéraux précoces dans les coulées et les épanchements de lave, vite refroidis. Les cristaux de feldspath d'Auvergne sont emprisonnés dans une lave solidifiée.



*Lac de lave  
(Erta Ale, Éthiopie)*



*Mine de diamant (Yakoutie, Russie)*

l'exhalaison de solutions chaudes riches en sulfures. Ce type d'exhalaison est à l'origine de gisements, comme les amas sulfurés qui sont des accumulations parfois énormes de sulfures de fer, de cuivre et de zinc.



*Fumerolles*

Une autre manifestation des volcans est le rejet de gaz chauds au travers d'événements que l'on appelle les fumerolles. Certains sont tapissés de dépôts plus ou moins cristallisés de soufre ou autres minéraux. Les bulles piégées lors du refroidissement ou les vides divers laissés par la circulation des gaz, l'écoulement de la lave ou les laves « en coussins » formées en milieu marin, sont autant d'écrans où se développeront de futurs minéraux. Les fumeurs noirs des volcans sous-marins des rides océaniques sont caractérisés par

De nombreux filons d'or, d'argent et d'autres métaux recherchés, comme ceux de l'ouest des États-Unis, ont pour origine les fluides générés par l'activité volcanique. Certaines accumulations de sels sont aussi d'origine volcanique. C'est le cas des salars andins que l'on trouve en Bolivie, en Argentine et au Chili.

## QUAND LE MAGMA SE REFROIDIT : LA NAISSANCE DES CRISTAUX GÉANTS

Le magma n'atteint pas toujours la surface : il reste souvent piégé et se refroidit plus ou moins lentement selon la profondeur. Au cours de ce refroidissement, les minéraux cristallisent selon un ordre bien défini. Et la partie périphérique qui n'est pas encore solidifiée s'enrichit petit à petit en fluides comme l'eau, le chlore ou le fluor, en éléments légers comme le bore, le béryllium ou le lithium ou en éléments rares comme l'uranium, le tantale ou les terres rares, qui n'entrent pas dans les minéraux déjà formés. À la fin de la solidification du magma, cette partie enrichie en gaz et en éléments légers et/ou rares atteint de fortes pressions qui fissurent les roches environnantes. Elle s'injecte et se solidifie dans les fissures périphériques. C'est ainsi que se forment les pegmatites. Elles sont caractérisées par des cristaux de grandes dimensions, du centimètre à plus de dix mètres.

Si le gaz reste emprisonné, il forme des poches qui permettent aux cristaux de croître sans être gênés. Ces « bulles » aux parois tapissées de cristaux libres sont les célèbres miaroles, druses, cryptes, fours, géodes ou poches à cristaux. La plupart des pegmatites connues sont liées au granite, la roche majoritaire sur les continents, composée de feldspath, de quartz et de mica. Le terme de pegmatite, utilisé seul, sous-entend ce type. Dans les autres cas, plus rares, on mentionne la roche à laquelle la pegmatite est liée.

Les pegmatites du Brésil, des États-Unis, de Madagascar, de Russie, du Pakistan et d'Afghanistan sont la source de pierres précieuses et de cristaux : toutes les variétés de béryls sauf l'émeraude, les tourmalines, la topaze, la kunzite, des silicates rares comme la pollucite, les borates comme la jeremejevite, de nombreux phosphates comme la brazilianite et des oxydes comme le tantalite.



*Salar d'Uyuni (Bolivie)*

## **UNE ROCHE S'ENFOUIT, DES MINÉRAUX APPARAISSENT**

Une roche n'est pas éternelle. Sa texture et/ou sa composition minérale peuvent se transformer, à l'état solide, sans fusion donc, par l'élévation de la température et/ou de la pression, avec souvent l'aide de l'eau. Ce phénomène s'appelle le métamorphisme. Il apparaît de manière systématique avec l'enfouissement. Comme il affecte des zones importantes on parle de métamorphisme général ou régional. À une pression et une température données, des roches et des minéraux bien spécifiques sont stables. Suivant la roche de départ on obtient des roches métamorphiques différentes. À partir d'une argile, par exemple, on obtient des schistes, puis des micaschistes et enfin des gneiss. Au-delà, une fusion plus ou moins partielle s'opère. La séquence carbonatée est plus simple : à partir de craie fragile et friable, par exemple, le métamorphisme engendre un marbre consistant et compact. De nombreux minéraux sont typiques du métamorphisme général. C'est le cas de l'andalousite, de la cyanite, de la tanzanite, de la cordierite, de la jadéite et du grenat almandin des micaschistes.

## **UNE ENVELOPPE RICHE EN MINÉRAUX**

Le métamorphisme de contact est lié aux roches magmatiques qui se sont introduites dans des terrains encaissants préexistants. Il est associé à l'élévation de température. Lorsque le magma est granitique et que les roches encaissantes sont calcaires, il peut former un skarn. Son épaisseur varie de quelques centimètres à plusieurs dizaines de mètres. Un skarn est souvent riche en minéraux à calcium comme les grenats grossulaires, la vésuvianite, l'épidote et la prehnite. Le contact entre une roche granitique et une autre contenant du chrome, comme une serpentine, est favorable à la formation des émeraudes, dites « à mica ». Les spinelles et rubis des marbres de Mogok (Myanmar) sont aussi des minéraux du métamorphisme de contact.

## **L'HYDROTHERMALISME : MISE EN SOLUTION, TRANSPORT ET DÉPÔT**

On parle d'hydrothermalisme lorsque la température de l'eau est comprise entre 100 et 400 °C. La circulation de cette eau chargée en éléments dissous extraits des roches traversées va provoquer la cristallisation de minéraux dans les cavités disponibles. Ces eaux sont souvent des eaux d'infiltration venant de la surface. Comme la température augmente avec la profondeur, on distingue les gîtes à basse (50 à 200 °C), moyenne (200 à 300 °C) et haute température (au-delà de 300 °C).

Les gîtes hydrothermaux se présentent sous la forme de filons ou de « fours à cristaux » comme les fentes alpines ou les cavités des basaltes.



*Carrière  
de marbre*

Les « filons » métallifères, souvent hydrothermaux, sont exploités pour leurs minerais.

– Les filons dits BGPC (Blende pour le zinc, Galène pour le plomb, Pyrite pour le soufre et Chalcopyrite pour le cuivre) sont fréquents en France. Ce sont des filons de basse température. Les minéraux de la gangue sont de la fluorite, de la baryte et du quartz.

– Les filons à cinq métaux (NiCoBiAgU) sont de moyenne température, ils contiennent du nickel, du cobalt, du bismuth, de l'argent et de l'uranium.

– Le sulfure de molybdène et l'or se forment plutôt dans les filons de haute température.

Les bulles prisonnières de la lave s'emplissent de cristaux grâce à la circulation d'eau minéralisée. Ce sont les géodes d'améthyste des basaltes du Parana (Brésil et Uruguay), ou bien les cavités des basaltes du Deccan (Inde) emplies de zéolites comme la stilbite ou d'autres minéraux comme la gyrolite.

Les fentes alpines apparaissent à la fin de la formation des chaînes de montagnes lorsque les phases cassantes succèdent aux phases de plissements mous. Elles sont recherchées depuis plusieurs siècles dans les Alpes par les cristalliers, car elles renferment de merveilleux cristaux de quartz (La Gardette, Isère, France), de titanite (Hohe Tauern, Salzburg, Autriche) et, plus rarement, d'hématite (gorge de Cavradi, Grisons, Suisse).



*Cavité emplies de cristaux  
dans un basalte*

## **L'ALTÉRATION : QUAND LE MINÉRAI « ROUILLE »**

L'altération désigne les modifications minérales, sur place, dues à l'eau. Les parties supérieures des filons métallifères altérées par l'eau de pluie contenant de l'oxygène sont de teinte brun-rouge à cause des oxydes de fer abondants. Ce sont les « chapeaux de fer », parfois riches en minéraux colorés comme la pyromorphite, la vanadinite, l'azurite, la malachite ou la turquoise.

Sous le chapeau de fer se trouve une zone où les solutions aqueuses sont appauvries en oxygène et réagissent avec les minéraux. C'est la zone de cémentation, souvent enrichie en minéraux économiquement importants : les sulfates de cuivre, par exemple, réagissent avec la pyrite pour former des sulfures de cuivre. Plus rarement, comme à Rubtsovskoe (Sibérie, Russie) les oxydes de cuivre se transforment en cuivre natif.

## **ENTRE CIEL ET TERRE**

Les roches sédimentaires sont formées à la surface de la Terre, comme les craies, le sable, les grès, les charbons ou les évaporites d'anciennes lagunes marines ou lacs salés.

Plusieurs minéraux cristallisent dans les évaporites, comme la halite, aussi connue sous le nom de sel gemme. La circulation d'eau de température inférieure à 100 °C, dans les roches sédimentaires, est à l'origine de la formation de minéraux. Les cristaux et stalactites des grottes calcaires ont pour origine des eaux chargées en bicarbonate de calcium qui se transforme en carbonate. Les belles célestines malgaches de Mahajanga Sakoany se sont formées dans des cavités, anciennes bulles de gaz produites par la décomposition de la matière organique. L'ambre, une résine fossile considérée comme une pierre précieuse, a « mûri » dans l'argile.

## **L'OR ET LES PIERRES PRÉCIEUSES DES SABLES**

Les gîtes secondaires sont des roches avec des minéraux formés tout d'abord dans une autre roche. Les plus connus sont les placers (ou alluvions) où les minéraux intéressants, extraits par l'érosion puis transportés par les rivières, se sont concentrés. Ce sont des bancs de sable ou de gravier plus ou moins argileux ou limoneux des bords de cours d'eau. Ils sont connus depuis longtemps car on y trouve l'or natif... mais aussi les platine, diamant, saphir, rubis, grenats, tourmalines et zircon. Les éluvions sont un autre type de gîte secondaire, dans lequel la roche a subi une altération et les minéraux se sont accumulés sans transport par un cours d'eau. Les premiers gisements de diamants du Cap étaient des éluvions. Les diamants étaient trouvés dans un sol jaune, le *yellow ground*, qui était le produit d'altération de la roche

originelle dure, la kimberlite. Certains gisements de kaolin, une argile blanche produit d'altération des pegmatites, sont connus pour leurs cristaux. Les orthoses-sanidines d'Itrongahi (Madagascar) sont éluvionnaires.

## LES MINÉRAUX ET L'ACTIVITÉ HUMAINE

L'activité humaine conduit à l'apparition de minéraux. Les anciennes galeries de mines, par exemple, voient souvent leurs parois se recouvrir de minéraux nouveaux. On parle alors de minéraux de néoformation. Les stalactites tordues de gypse de Bou Becker (Maroc) se sont formées sur des parois de mines. Les terrils miniers et les résidus de fonderie produisent aussi ce type de minéraux.

Les produits fabriqués par l'Homme, de mêmes formule chimique et structure que les minéraux naturels, sont appelés synthèses. Les synthèses ne font pas partie de la minéralogie, qui est une science naturelle, mais elles entrent dans la gemmologie, la science des pierres précieuses.



*Extraction d'or dans le lit de la rivière Aldan  
(Yakoutie, Russie)*

## VOIR LES PIERRES

On reconnaît à ce jour près de 6 000 minéraux différents. Environ 1 400 peuvent présenter des cristaux d'un centimètre ou plus, 2 700 sont millimétriques, et les autres sont micrométriques ou submicrométriques. Ces minuscules minéraux, invisibles à l'œil nu, ont été découverts grâce au développement de nouveaux appareils installés sur des synchrotrons, comme celui de Grenoble. Les minéraux sont aujourd'hui classés scientifiquement en classes, sous-classes, super-groupes, groupes, familles, séries et enfin espèces. Il n'en a pas été toujours ainsi. Pendant longtemps, les minéraux furent jugés sur quelques-unes de leurs caractéristiques. La principale était leur beauté : brillance, transparence et couleur, particulièrement magnifiées lorsque les pierres sont taillées en facettes ou polies en cabochon. Dès l'Antiquité, quelques dizaines de pierres précieuses furent vénérées. Plus d'une vingtaine d'entre elles font l'objet de la première section, « Les antiques ». Avec l'exploration du monde à partir du xv<sup>e</sup> siècle, jusqu'à nos jours, d'autres belles pierres furent découvertes. Les plus représentatives sont évoquées dans la deuxième section, « Les nouvelles merveilles ». Il y a ensuite les pierres qui participent à l'industrie humaine. Leur utilité et leur grande abondance ne doivent pas occulter l'étonnement que certaines peuvent susciter. Les plus spectaculaires illustrent la troisième section, « Les industrielles ». Dans l'ombre des pierres qui ornent bijoux et parures, il y a celles qui intéressent les curieux. Elles offrent des matières, couleurs et formes qui évoquent parfois les plus belles œuvres d'art. Plusieurs ont aussi une grande importance scientifique. Elles sont le thème de la quatrième section, « Les curiosités ».

Certains minéraux offrent un nombre considérable de représentants, des plus modestes aux plus nobles. Les musées et les curieux savent choisir les meilleurs spécimens. Les 101 merveilles offertes dans ce livre ont été sélectionnées dans les collections de deux musées.

Le MIM (Mineral Museum) à Beyrouth (Liban), inauguré en 2013, est le plus récent et le plus novateur des musées par le niveau esthétique de ses minéraux. La grande gerbe de cristaux d'aigue-marine en est le symbole (p. 22). La collection de minéraux de Sorbonne Université à Paris, est plus ancienne : elle a été commencée en 1809. En 1901, Jean-Pierre Alibert (1820-1905), découvreur des gisements de graphite de Sibérie et amateur passionné de minéralogie, écrivait que : « La collection de la Faculté des Sciences à la Sorbonne s'adresse aux savants et aux artistes ». Elle reste fidèle à cette définition. Les épitaxies de cumengeite en témoignent (p. 196).

## CARTE D'IDENTITÉ, QUELQUES ÉCLAIRCISSEMENTS

Chaque minéral est défini par une formule chimique et une structure cristalline.

- La **formule chimique** est, en général, idéale. Dans la plupart des cas, il y a une tolérance et elle varie dans un certain intervalle.
- Les **structures cristallines** sont classées en 7 systèmes, 32 groupes de symétrie d'orientation et 230 groupes de symétrie de position. Les cristaux, formés de faces plates polygonales, sont les reflets de ces structures internes où les atomes sont disposés régulièrement selon des distances constantes. Toutefois, seuls les 7 systèmes peuvent être déterminés à la seule vue des cristaux. Plusieurs recettes sont utiles. Pour le système cubique, les cristaux ne sont ni allongés, ni aplatis. Pour l'hexagonal, le quadratique et le trigonal, les cristaux sont souvent allongés ou aplatis. Lorsqu'on les regarde le long de la direction d'aplatissement ou d'allongement on discerne dans la silhouette un hexagone, un carré ou un triangle. La détermination est plus compliquée pour les trois derniers systèmes. Dans l'orthorhombique, il faut trouver trois rectangles ou losanges orientés à 90° les uns des autres. Pour le monoclinique, les rectangles ou losanges sont désorientés d'un angle différent de 90°. Pour le triclinique, il n'y a ni rectangle, ni losange.

Chaque minéral possède des **caractéristiques physiques** qui sont des éléments de détermination.

- La première est la **densité** qui désigne le rapport entre le poids du minéral et celui d'eau pour un même volume. Les principaux minéraux constituant des roches communes, comme le granite ou la craie, ont une densité voisine de 2,5 à 3 : ils sont 2,5 à 3 fois plus « lourds » que l'eau. En dessous, on parle de minéraux peu denses et au-delà, de minéraux denses. Les records sont détenus par des métaux natifs, comme l'or qui atteint 18 lorsqu'il est assez pur.
- La **dureté** est une estimation de la résistance à la rayure. Elle utilise l'échelle de Mohs qui s'appuie sur 10 minéraux-étalons. Les niveaux et leur minéraux-étalons, facilement accessibles, sont : 1 pour le talc, 2 pour le gypse, 3 pour la calcite, 4 pour la fluorite, 5 pour l'apatite, 6 pour l'orthose, 7 pour le quartz, 8 pour la topaze, 9 pour le corindon et 10 pour le diamant. Il y a peu de subdivisions : au mieux au quart. On se sert aussi de l'ongle dont la dureté est de 2,25 (juste supérieure à celle du gypse), d'une lame de canif (dureté de 5,5) ou du verre de vitre (dureté 6,5).



# LES ANTIQUES

**D**ès le Paléolithique, des ornements et bijoux, découverts dans les sépultures, témoignent de la fascination des humains pour les minéraux. On les trouve dans le premier livre connu, *L'Épopée de Gilgamesh*, ainsi que dans la Bible ou dans des livres antiques – *l'Historia Naturalis* de Pline ou *l'Orphei Lithica* –, qui relatent leurs vertus merveilleuses parfois réelles, parfois imaginaires. À l'ombre des diamant, saphir, rubis et émeraude, on y trouve d'autres pierres telles la zamilampis, la lychnite ou l'héphaïstite dont les noms nous semblent mystérieux ou la topaze, l'améthyste et l'opale qui nous sont encore connues. Toutes ces pierres se sont distinguées des cailloux parce qu'elles ont au moins l'une des trois qualités suivantes : elles sont colorées comme la turquoise, transparentes comme le quartz ou brillantes comme l'or. Elles sont connues depuis l'Antiquité, au plus tard le Moyen Âge, et ont régné jusqu'au XVIII<sup>e</sup> siècle.

---

*Ci-contre : la couronne impériale allemande, confectionnée à Reichenau vers 962, complétée plus tard (or, argent et pierres précieuses).  
Musée de l'histoire de l'art, Vienne*

# AGATE

*Des œufs de tonnerre aux melons pétrifiés du mont Carmel*

## CARTE D'IDENTITÉ 1

**Nature :** oxyde de silicium

**Formule chimique :** SiO<sub>2</sub>

**Système cristallin :** trigonal, orthorhombique

**Densité :** 2,55-2,65

**Dureté :** 6,5

## Étymologie

Du grec *akhatés*, nom d'une rivière de Sicile.

Les agates ont reçu beaucoup de qualificatifs selon la forme des dessins que révèle le polissage de la pierre coupée en fines tranches. Les zones colorées ont en effet des formes variées en bandes, tâches, lignes droites, courbes, festonnées ou brisées, en ramifications évoquant des végétaux ou autres animaux. Il y a donc les agates œillées (avec des cercles concentriques), nicolo (à bandes sombres et claires), à fortification, arborisées ou herborisées, iris (iridescentes), fleuries, mousse, ponctuées, paysage, panthère (pardalion), dendritiques, angulaires, nuageuses, étoilées, bréchiformes (avec des inclusions angulaires) et bien d'autres encore qui ont inspiré poètes et peintres. Les agates avec deux couches planes de couleurs contrastées sont recherchées depuis l'Antiquité pour la confection des camées. Ce sont de petits bas-reliefs où le sujet de couleur claire (blanc ou crème) est mis en relief sur un fond sombre. Les formes rondes quasi sphériques trouvées dans les laves proviennent d'anciennes bulles de gaz apparues avec la remontée de la roche fondue et figées lors du refroidissement. L'eau, chargée en silice circulant au travers des microfissures, a ensuite empli ces bulles. Les agates dites enhydres ont conservé un peu de l'eau initiale. Leur forme arrondie a valu aux agates d'être comparées parfois à des œufs ou à des melons.



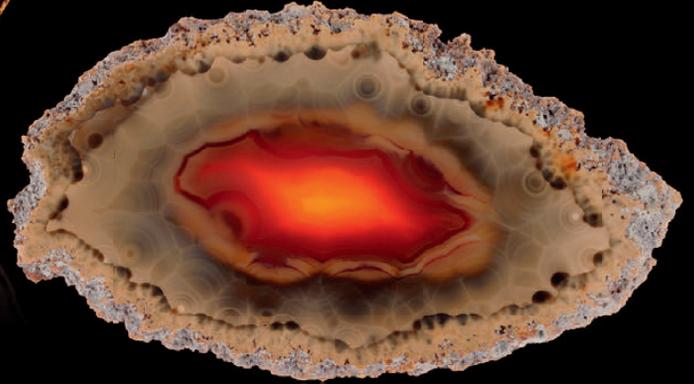
## COMMENT LA RECONNAÎTRE ?

L'agate est une variété de calcédoine, de la silice, en tout petits cristaux invisibles et imbriqués. Elle est composée de quartz et de moganite, une autre forme de la silice restée longtemps mystérieuse. La calcédoine est une agate si elle présente des zonations ou des rubans. Elle est toujours translucide à opaque, à cause des petits cristaux. C'est une concrétion fibreuse qui tapisse des filons ou des cavités. Elle est souvent en boule, nodule, géode, de forme arrondie plus ou moins sphérique ou ovoïde. L'agate se confond avec l'opale commune qui montre parfois des zonations de couleur.

**À voir aussi :** 5. Améthyste, 8. Cristal de roche, 16. Opale noble, 37. Opale de feu, 41. Quartz à inclusions

*Les agates renferment souvent des dessins originaux, envoûtants. Pour bien les voir, il faut d'abord les façonner en tranches et les éclairer par l'arrière. C'est ce qui a été fait pour les pièces présentées ci-contre. Elles sont certes petites mais elles ont été sélectionnées parmi plusieurs milliers de tranches.*

*Agates, Minas Gerais, Brésil  
environ 8 cm de diamètre*



# AIGUE-MARINE

*La belle brésilienne*

## CARTE D'IDENTITÉ 2

**Nature :** silicate de béryllium et aluminium

Variété de béryl

**Formule chimique :**  $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$

**Système cristallin :** hexagonal

**Densité :** 2,6-2,9

**Dureté :** 7,5-8

## Étymologie

Du latin *aqua marina*, « eau de mer ».

L'aigue-marine est, après l'émeraude, la seconde variété de béryl la plus prisée. Depuis l'Antiquité, on lui attribue des vertus magiques. Elle assurerait, par exemple, des unions heureuses ; la tradition veut donc qu'elle orne les bagues de fiançailles. Les aigues-marines anciennes contenaient beaucoup d'inclusions qui nuisaient à leur clarté et la brillance de leurs faces. La situation a changé avec les pierres du Brésil découvertes à partir des années 1550 lors d'expéditions, dans la vallée du Rio Jequitinhonha, une rivière de l'État du Minas Gerais. Les trouvailles furent d'abord assez modestes en dimensions. La première grande pierre, de près de 7 kg, ne fut répertoriée qu'en 1811. L'intérêt pour les béryls et les autres gemmes de cet État – topaze et tourmaline surtout – se développe à partir des années 1850 avec l'arrivée dans la ville de Teofilo-Otoni d'immigrants et en particulier d'Allemands de la région d'Idar-Oberstein, la ville germanique spécialisée dans le façonnage des agates et des pierres gemmes de couleur. Des aigues-marines de plus en plus grandes sont découvertes. Des nuées de garimpeiros, des mineurs plus ou moins maraudeurs, se ruent dans la région à chaque annonce de découverte. Jusqu'aux années 1980, les aigues-marines brésiliennes étaient ce que l'on connaissait de mieux. Depuis, elles sont concurrencées par celles de pays africains comme le Nigeria ou de pays asiatiques tels le Pakistan et, plus récemment, le Vietnam.



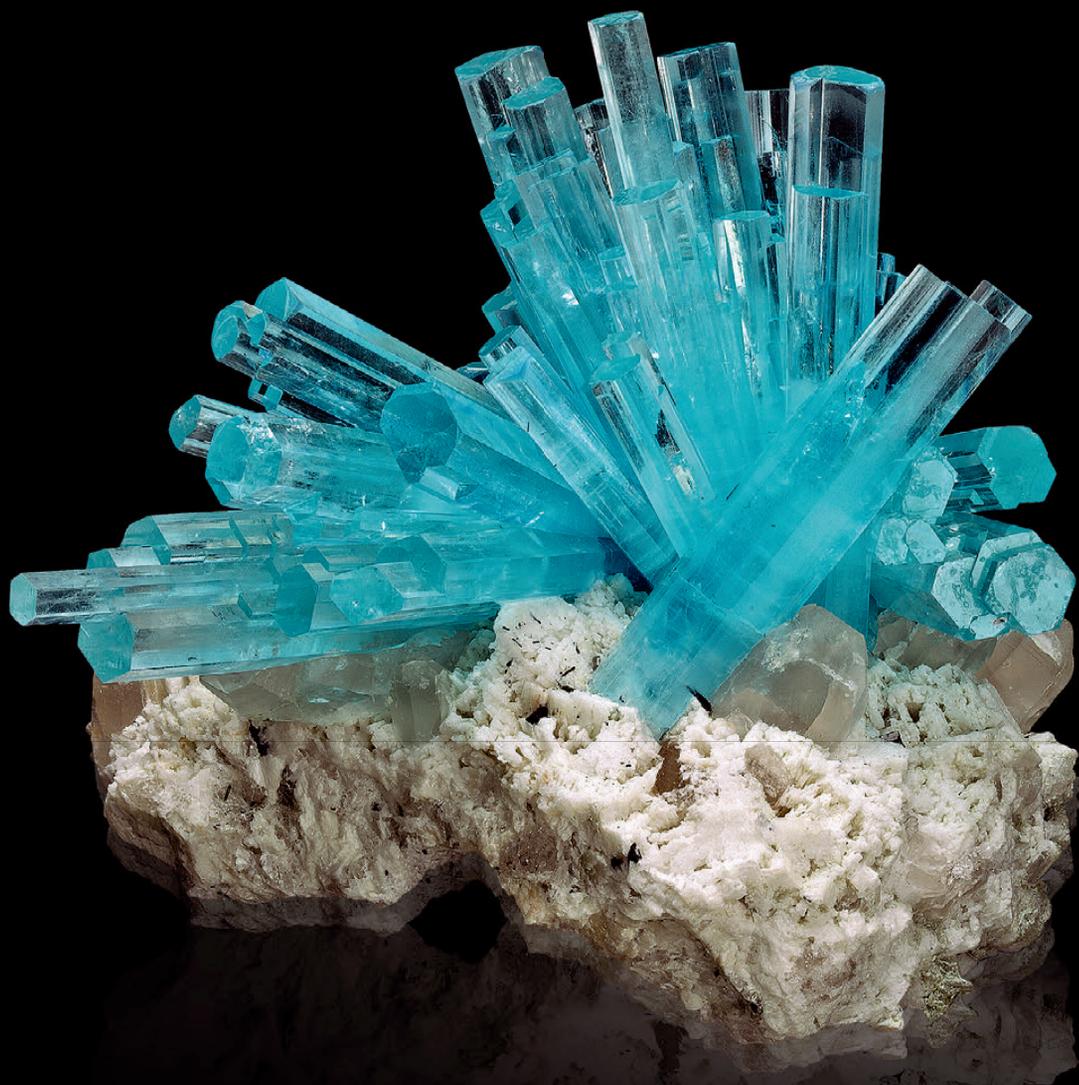
## COMMENT LA RECONNAÎTRE ?

L'aigue-marine est la variété de béryl la plus fréquente des pegmatites. Les béryls verts sont plus rares. Ceci étant, un peu de vert est souvent visible sous certains angles dans la plupart des aigues-marines. Une pierre bleue, pas trop pâle et sans nuance verte, est une grande rareté. L'aigue-marine a la forme classique des béryls, en prisme à section hexagonale, terminé à chaque extrémité par une face basale dominante ou une pyramide. Les cristaux dissous, en navette, ou aux faces corrodées sont assez rares. La confusion la plus fréquente est faite avec l'apatite qui est nettement moins dure.

**À voir aussi :** 10. Émeraude, 36. Morganite, 51. Apatite, 81. Béryl

*L'aigue-marine se trouve surtout en cristaux isolés, sans gangue, parce que la cavité dans laquelle ils se sont formés est altérée par la circulation d'eau ou brisée par un tremblement de terre. Le bouquet de cristaux ci-contre n'a pas connu ces aléas, il est d'une rare qualité et d'une esthétique unique.*

*Vallée de Shigar, Skardu, Gilgit-Baltistan, Pakistan  
27 x 25 x 22 cm*



# ALMANDIN

*Le premier grenat*

---

## CARTE D'IDENTITÉ 3

**Nature :** silicate d'aluminium et fer

**Formule chimique :**  $\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$

**Système cristallin :** cubique

**Densité :** 4,3

**Dureté :** 7-7,5

---

## Étymologie

De l'ancien centre de taille de gemmes Alabandicus (Alabanda, Turquie), cité par Pline.

Lorsque l'on parle de grenat, on imagine le plus souvent le « grenat de Bohême », une pierre de couleur lie-de-vin présente en abondance à Trebenice (ex-Trebnitz) dans l'actuelle République tchèque et qui a connu, au XIX<sup>e</sup> siècle, une grande diffusion avec le développement du thermalisme dans cette région. En réalité, le nom de grenat désigne un groupe de 14 espèces. Cinq d'entre elles sont particulièrement fréquentes comme minéraux constituants majeurs de roches et gemmes : le pyrope, l'almandin, le grossulaire, l'andradite et la spessartine.

Sous le terme de carbunculus, « petit charbon », les Romains regroupaient toutes les gemmes rouges. Le rubis et le spinelle en faisaient partie, les almandins aussi, en abondance. On les retrouve sertis sur de nombreux bijoux anciens. C'est la principale pierre rouge de plusieurs couronnes royales ou princières du Moyen Âge en Europe. Sa couleur sombre est cependant un problème : une pierre un peu trop grosse paraît noire. Une solution consiste à utiliser des lamelles, une autre à évider l'arrière de la pierre qui devient « creuse » ; plus fréquemment, on la taille en cabochon peu épais et on la pose sur une lame métallique (un paillon) qui renvoie la lumière et éclaircit la pierre. En France, la ville de Perpignan est connue pour ses bijoux fabriqués initialement avec des grenats almandins. Dans le Var, à Collobrières, on a exploité cette pierre pour la joaillerie.



## COMMENT LE RECONNAÎTRE ?

Les grenats sont des minéraux caractéristiques des roches métamorphiques. L'almandin est le plus courant. On le trouve dans les schistes et micaschistes, en grains ou en cristaux à douze ou vingt-quatre faces. Il est de couleur brun-rouge, lie-de-vin sombre avec parfois une altération rouille en surface. La forme de ses cristaux et sa couleur le rangent dans les grenats, sans grand risque de confusion. S'il est pris dans un micaschiste ou bien si c'est un cristal isolé avec en surface des petits cristaux de mica, le diagnostic est renforcé. Sinon il peut être confondu avec d'autres grenats, la spessartine ou le pyrope, quand ils sont rouge foncé.

**À voir aussi :** 32. Démantoïde, 34. Grossulaire, 47. Spessartine, 50. Tsavorite

---

*Toujours inclus dans leur roche-mère, les cristaux de grenat almandin ont des faces ternes plus ou moins irrégulières. Il est très rare de trouver des cristaux attrayants et suffisamment fins pour que leur couleur s'exprime.*

*Almandin dans micaschiste, Wrangell, Alaska, États-Unis  
Diamètre du cristal : 2,5 cm*

