

ROCHES SEDIMENTAIRES & GEMMES



ANY 2023

ROCHES SEDIMENTAIRES et GEMMES

Roches sédimentaires, les plus représentées en surface et provenant de l'altération des roches éruptives et métamorphiques, suivie de sédimentation.

Les gemmes regroupent l'ensemble des pierres précieuses

STRUCTURE TERRESTRE

Noyau interne : Fe, Ni, solide (6370 km)

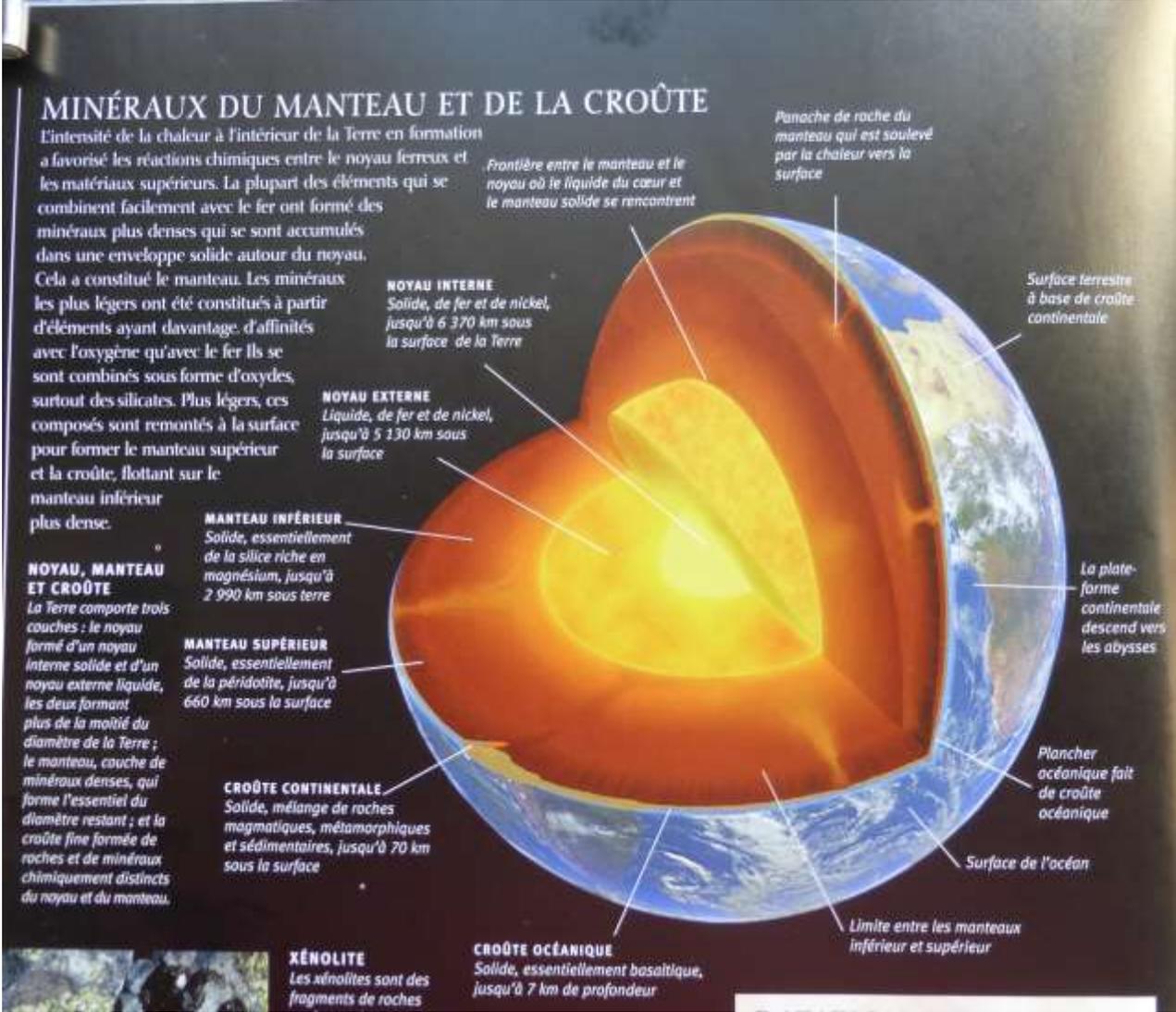
Noyau externe : Fe, Ni, liquide (5130 km)

Manteau inférieur: silice, solide (2990 km)

Manteau supérieur: péridotite, solide (660 km)

Croûte continentale : solide (0 à 70 km)

Croûte océanique : solide, basalte, de 0 à 7 km)



STRUCTURE INTERNE du GLOBE

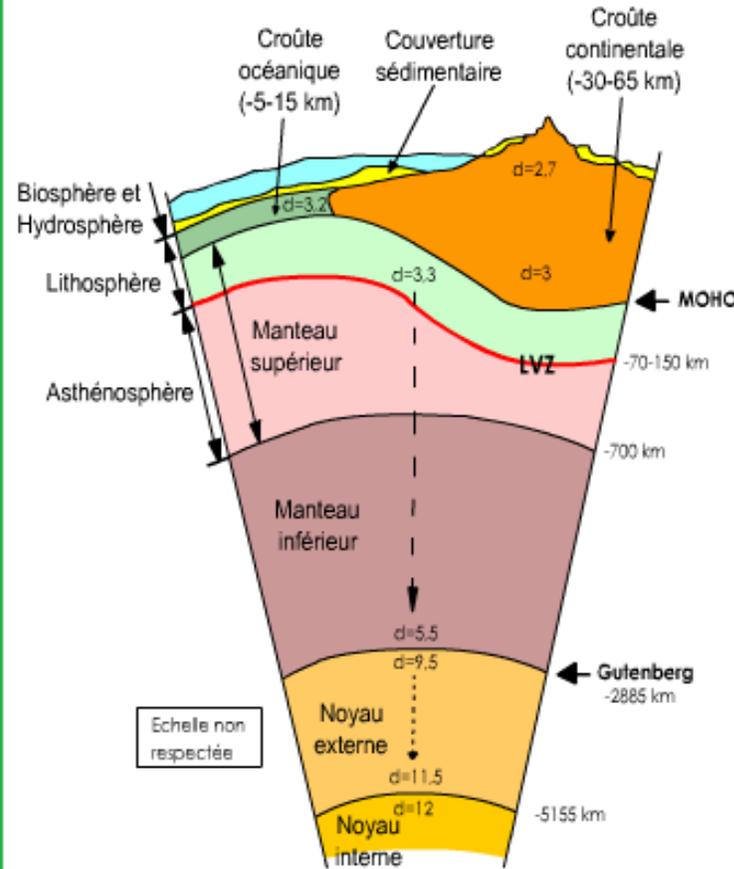
d'après les données sismiques et magnétiques

La structure interne du globe terrestre



Légendes

www.biologieenflash.net



En résumé

- CROUTE**
 - CONTINENTAL (SIAL)**
 - plaines continentales (-30 à -35 km)
 - roches granitiques (d=2,7)
 - roches intermédiaires (d=3)
 - montagnes (-50 à -65 km)
 - OCEANIQUE (SIMA)** (-5 à -15 km)
 - basaltes (d=3,2)
- MANTEAU (péridotite)**
 - SUPERIEUR**: se divise en 2 couches
 - couche rigide dont la base se situe à -70 km, sous les océans à -50 km, sous les continents
 - couche plastique jusqu'à -700 km
 - INFERIEUR**
 - couche solide: de -700 à -2885 km
- NOYAU (fer et nickel)**
 - EXTERNE**, liquide, de -2885 à -5155 km
 - INTERNE**, solide, de -5155 à -6371 km

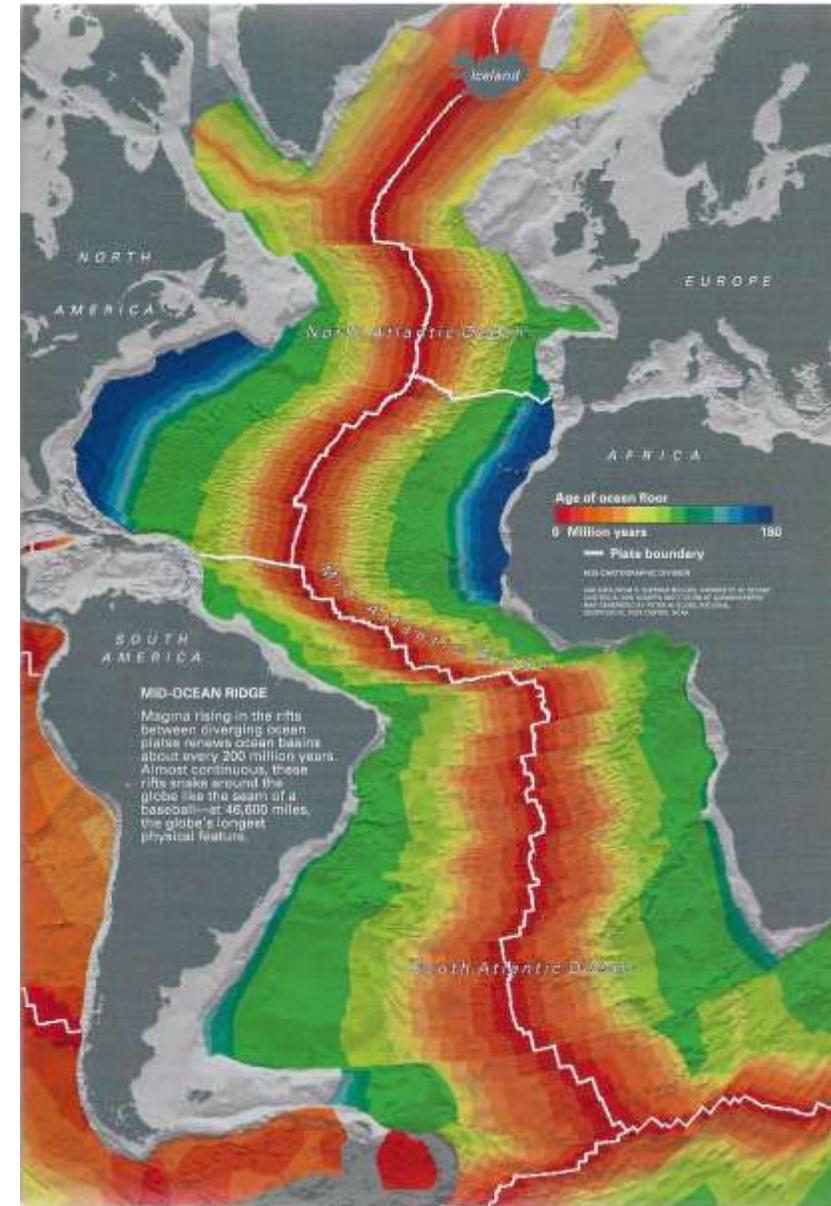
LVZ : abréviation de Low Velocity Zone, signifiant "zone de faible vitesse". Zone du manteau supérieur où les ondes P et S sont ralenties.

MOHO : Discontinuité de Mohorovicic, du nom du géophysicien yougoslave qui l'a mise en évidence. Elle marque la limite entre la croûte terrestre et le manteau supérieur.

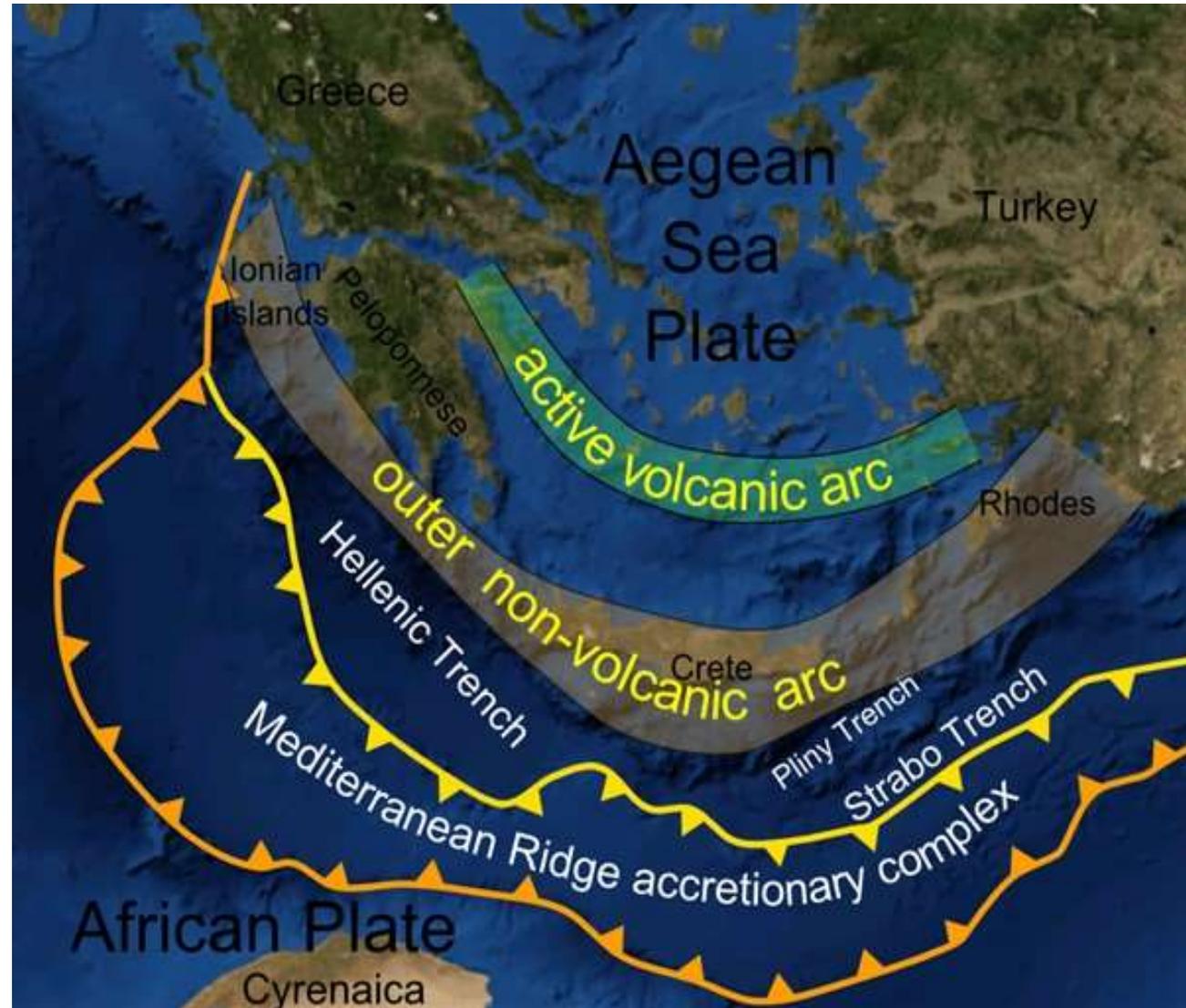


Tectonique des plaques rift médio-atlantique

ligne blanche : contact actuel entre les plaques africaine et américaine.
En bleu, position respective, il y a 180 millions d'années.



TECTONIQUE TERRESTRE (plaques)



EVOLUTION de la MATIERE MINERALE CYCLE



- A partir du magma,
- Avec formation de roches +/- cristallisées
- Puis formation de roches sédimentaires par altération superficielle (oxygène et eau) avec transport des minéraux et dépôts en voie de consolidation (diagenese)
- Sédiments affectés par des mouvements tectoniques et de métamorphisme
- Retour en profondeur et éventuellement vers le magma

ERUPTION VOLCANIQUE

schéma

laves et tufs altérés et désagrégés
contribuent à la formation de sédiments





Matière
minérale d'origine
volcanique
lave de surface,
basalte

VOLCAN
DE LA FOURNAISE

LA REUNION

VOLCAN SOUS MARIN

- PACIFIQUE CENTRAL
- Secteur d'HAWAÏ



CENDRES VOLCANIQUES

Beacon Valley, Antarctique

- Particules de dimensions inférieures à 2 mm
à l'origine de tuf
puis de bentonite (argile plastique molle
provenant de l'érosion hydrique
des cendres volcaniques.



Coulée de lave noire (basalte)

Ngazidja (Comores)





BASALTE

basalte : cristaux
microscopiques de
plagioclases, de
pyroxène, d'olivine

OLIVINE

Orthorhombique
 $(\text{Mg,Fe})_2 \text{SiO}_4$
volcans du Cantal

Moraine glaciaire Pyrénées

Erosion du granite



TRANSPORT DE MATIERE MINERALE MEUBLE par cours d'eau jusqu'à la mer



Erosion naturelle des formations volcaniques

Basalte et tufs au-dessus du calcaire crayeux (île de Kimolos, Grèce)



Mégamycète? Non!

GRANITE EN BOULE par ALTERATION NATURELLE

TILLABERI, NIGER



Travail d'Obélix? Non!

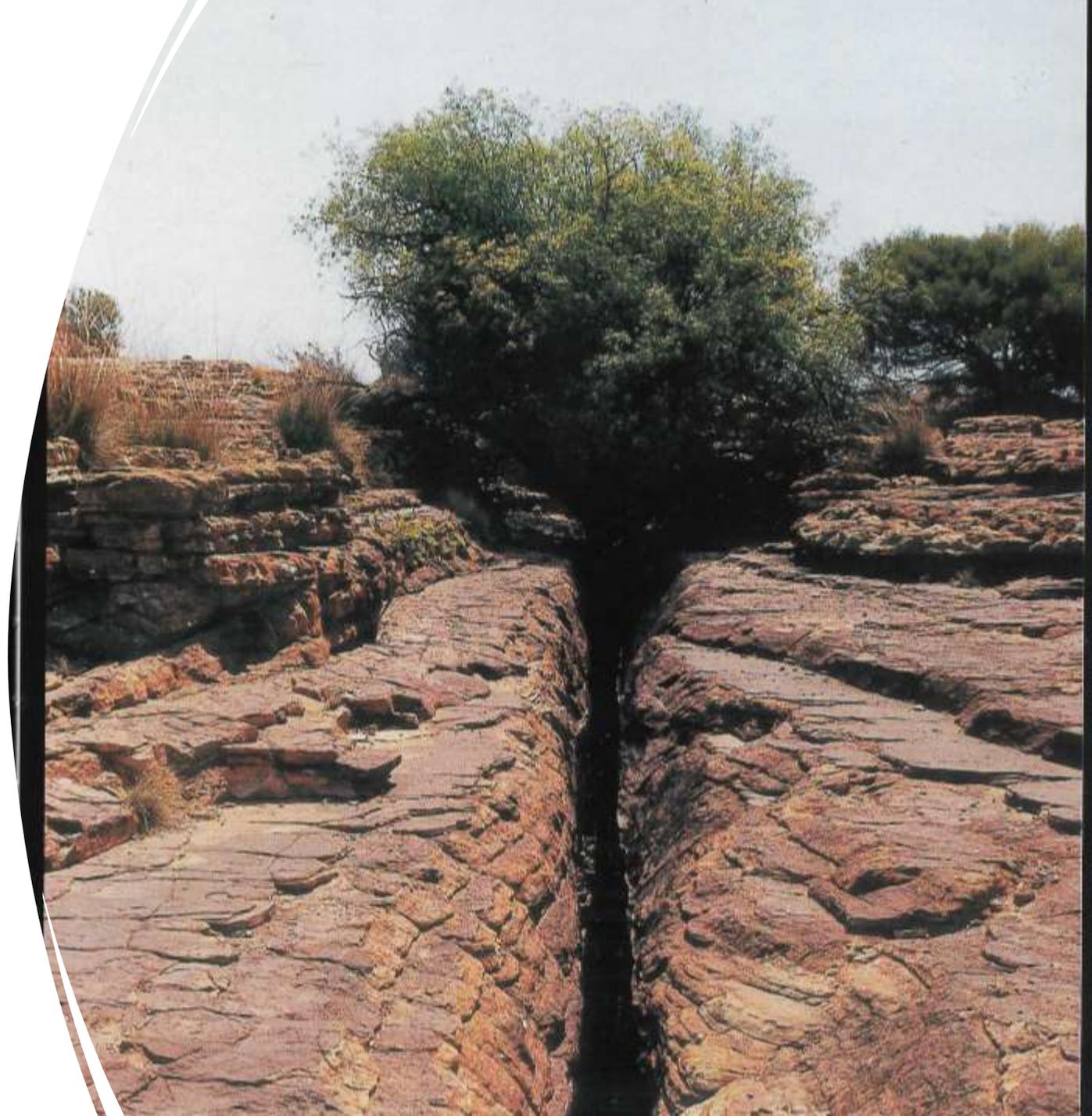
QUARTZITE d'EL AIOUN SiO_2

roche sédimentaire métamorphisée et altérée
Mauritanie



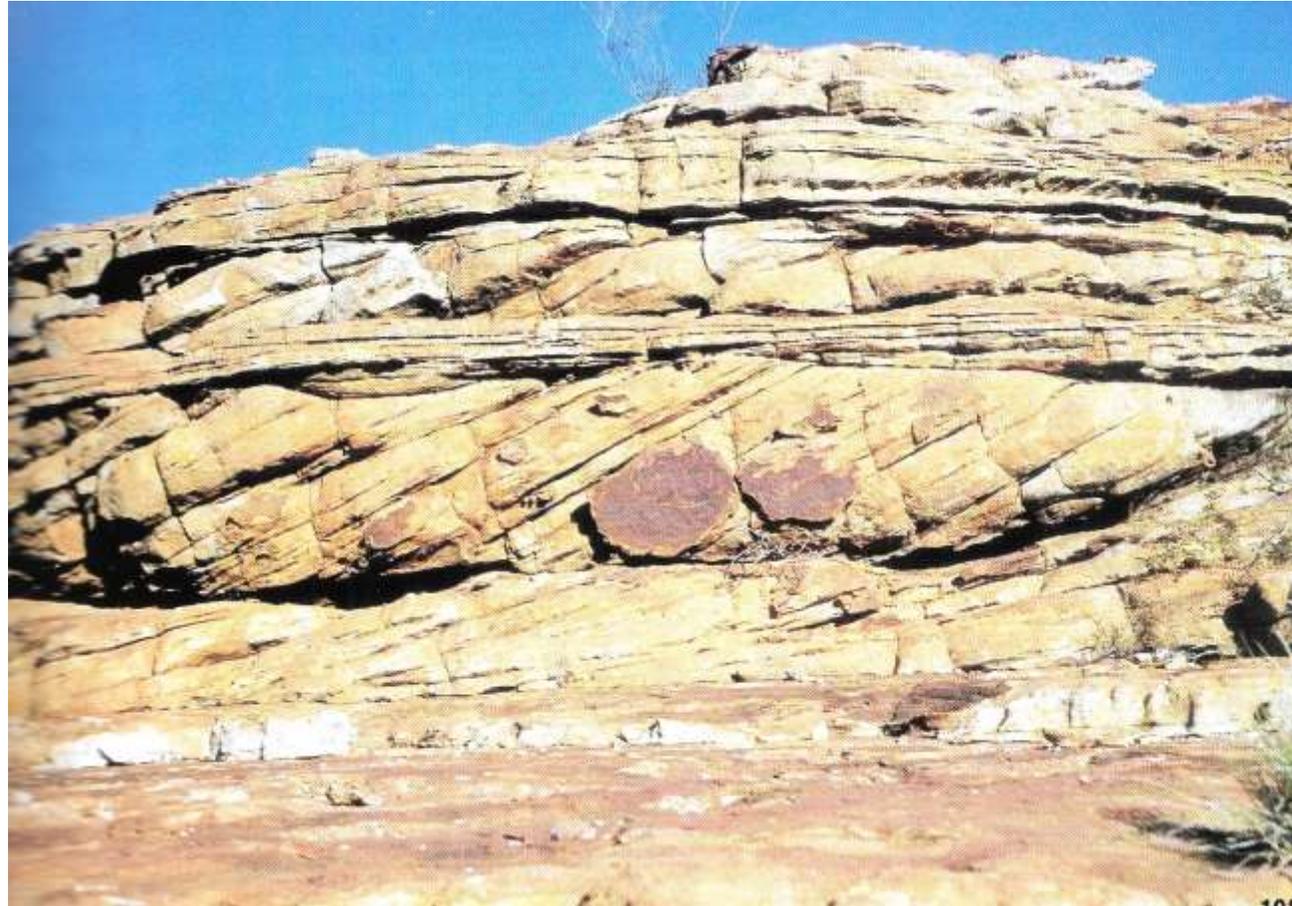
FRACTURE MAJEURE DANS LES GRES QUARTZITES

El Aiöun, Mauritanie



Sédimentation des strates avec discordance angulaire

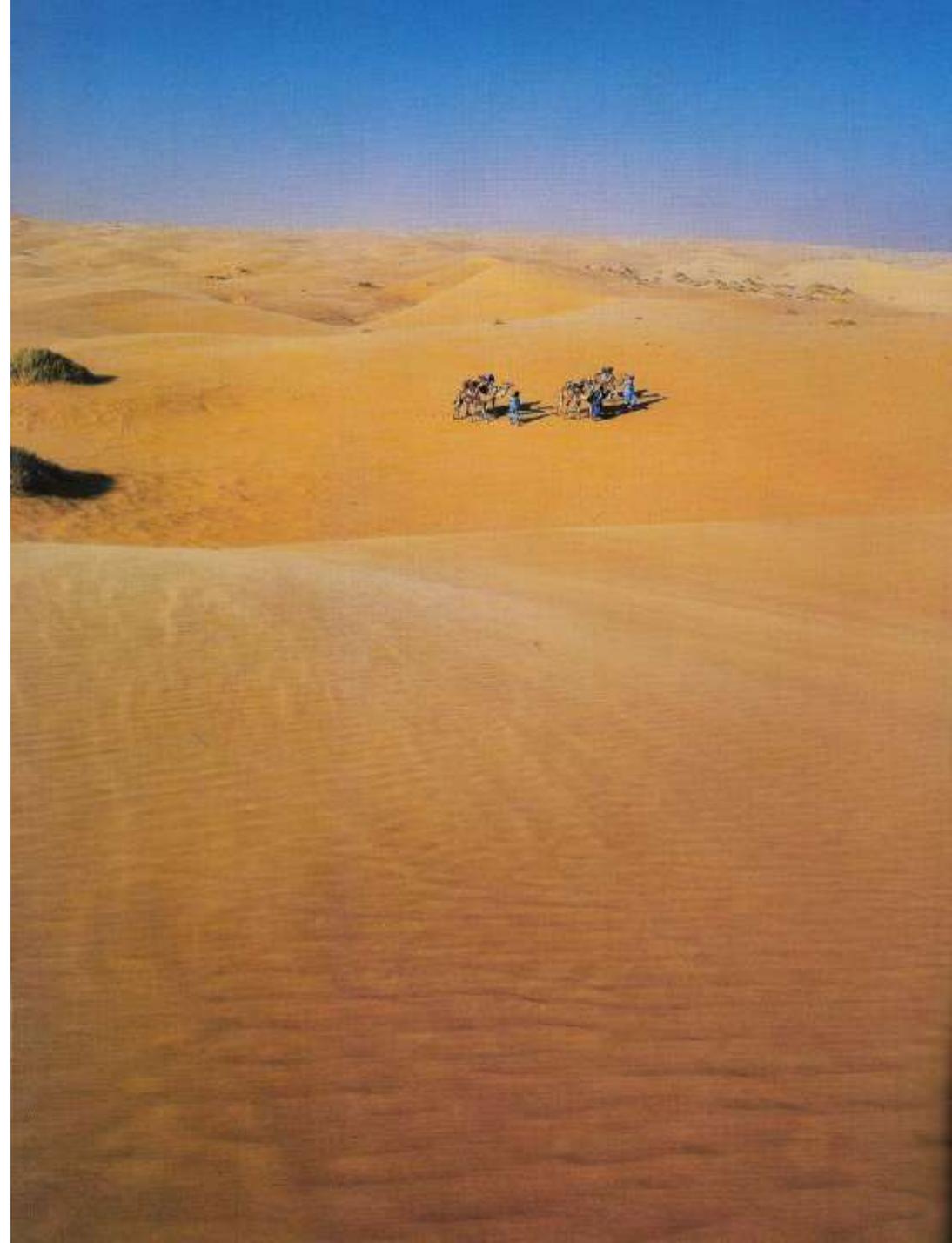
Parc Katherine Gorge, Australie



SABLE DUNAIRE

érosion des grès et action du vent

Zouérate Mauritanie



Argiles et marnes salées

Lac ASSAL (zone à sec), Djibouti





Sédiments
calcaires en
falaise
ligurienne
(Italie)

Calcaire lutetien, CaCo_3 , Versailles

roche sédimentaire à potamides (mollusque)



CALCITE, HEXAGONAL CaCO_3

Maine et Loire



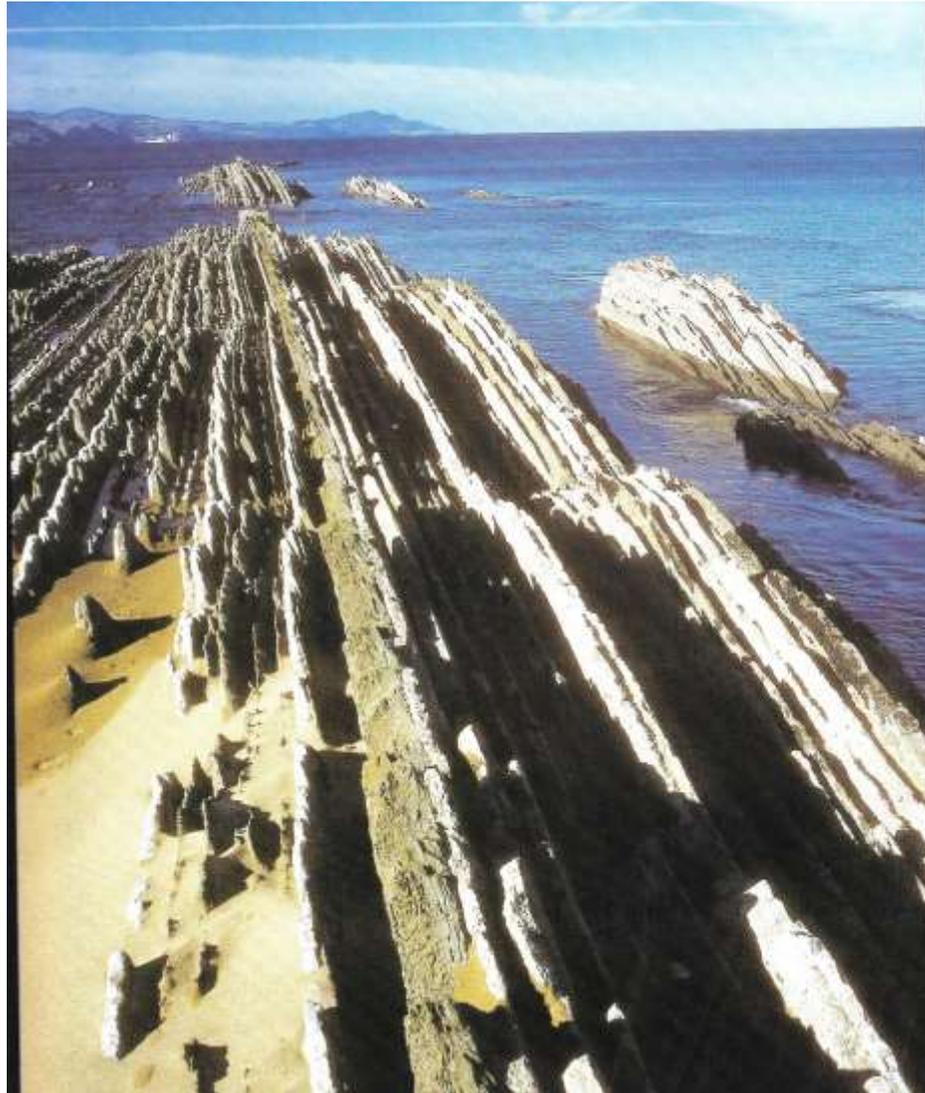
Falaise ligurienne de calcschistes, Italie

effet du
métamorphisme



Série de bancs verticaux calcaires et schisteux

Côte basque espagnole



METAMORPHISME REGIONAL

Pli couché en Antarctique
marbre



SCHISTE QUARTZITIQUE
Une roche métamorphique n'est pas toujours facile à déterminer. Ce mica schiste quartzitique de l'Antarctique (Ecosse) pourrait facilement être confondu avec du grès.

MÉTAMORPHISME RÉGIONAL

La formation de roches issues du métamorphisme régional est associée à la surrection des montagnes due à la collision des plaques lithosphériques. Ce phénomène augmente la température et la pression sur des surfaces pouvant atteindre des milliers de kilomètres carrés, et produisant un métamorphisme étendu. Parmi les roches métamorphiques régionales importantes, on compte l'ardoise, les schistes et les gneiss. Selon la température et la pression - et la durée pendant laquelle ces roches y ont été soumises -, on obtient l'une ou l'autre de ces roches. Les ardoises sont produites dans des zones de températures et pressions assez peu élevées. Les schistes sont formés dans des sites où ces paramètres sont intermédiaires.

faible, et lorsqu'elles sont élevées, il s'agit de métamorphisme fort. Selon le degré de métamorphisme, les assemblages des minéraux des roches sont affectés différemment selon la part relative des pressions et des températures dans le processus. Dans un métamorphisme faible, les composants de l'assemblage minéral existant sont simplement redistribués. Ainsi, l'almandin riche en fer et la biotite magnésique peuvent être métamorphosés en pyrope riche en magnésium et en biotite ferreuse. Le fer de l'almandin migre vers la biotite et le magnésium de cette dernière rejoint le grenat (pyrope). Dans d'autres réactions à plus fortes températures et pressions, la biotite et le grenat disparaissent, leurs composés chimiques se combinent avec d'autres, présents dans la roche, pour créer un ensemble entièrement nouveau de minéraux ou de liquides. Certaines réactions métamorphiques dépendent davantage de la pression que de la température. Par exemple, lors de l'apparition de hautes pressions en zones de subduction, l'albite s'altère en jadeite et en quartz. La jadeite plus dense que l'albite révèle la compaction des atomes sous la pression. La quantité de réactions possibles rencontrées chez les roches métamorphiques dépend de la complexité chimique et minéralogique de la croûte terrestre.

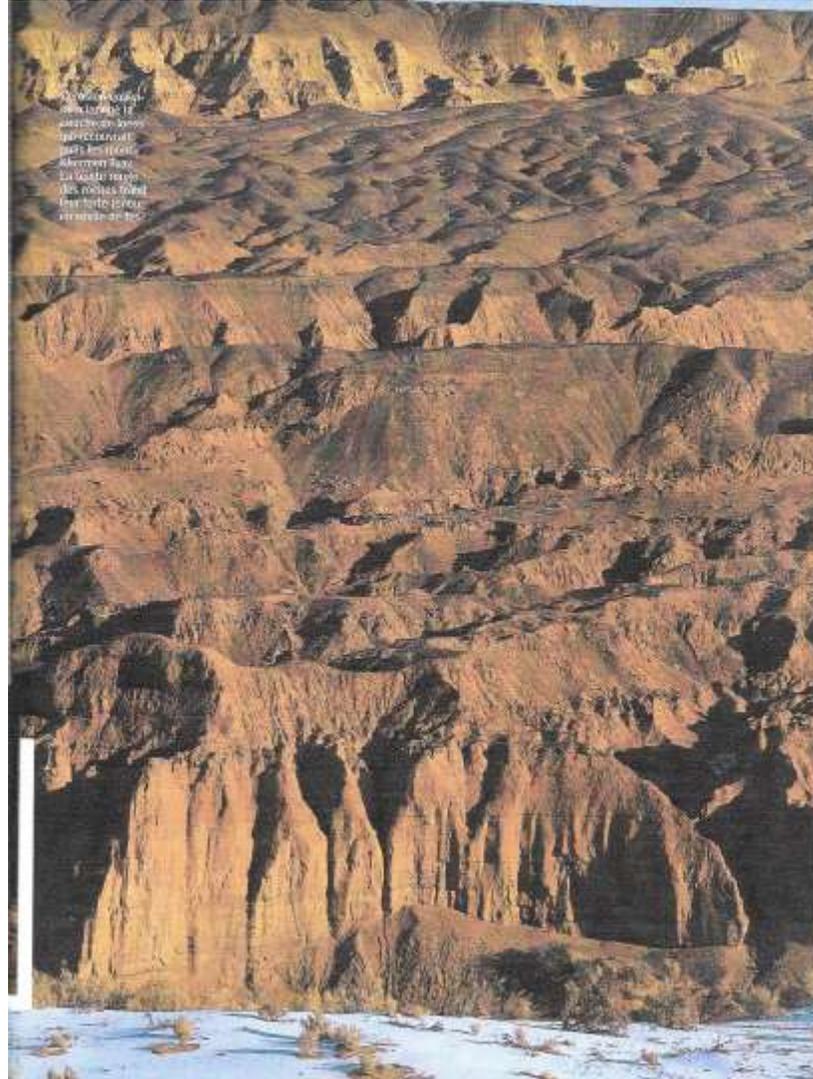


GNÉISS GÉLÉ
L'orthoclase, un grenat riche en fer, se rencontre souvent dans les roches métamorphiques comme le gneiss. Le grenat peut former des lentilles ovoïdes (1 à 5 cm de long).

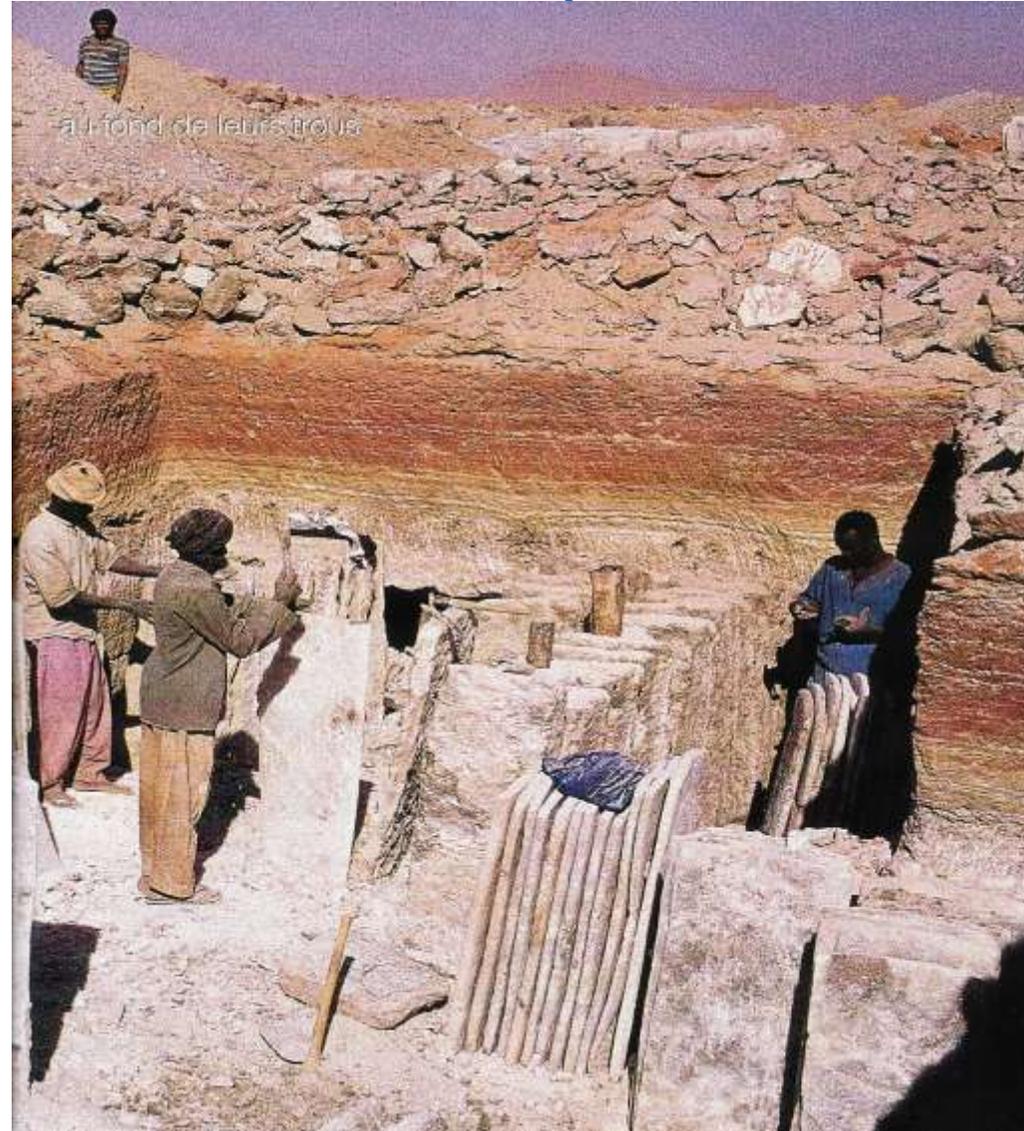


MARBRE DE L'ANTARCTIQUE
Ces roches plissées de l'Antarctique ont d'abord été des lits de calcaire avant de s'être métamorphosées - déformées et recristallisées - en marbre.

Grès après érosion éolienne du loess Monts Khermen Tsav, Mongolie



Roche sédimentaire d'origine lagunaire : sel (halite), Taoudeni, Mali



Talc ou Stéatite, monoclinique, $Mg_3 Si_4 O_{10} (OH)_2$

Mine de Trimouns, Luzenac, Ariège



Minéral exploité
Silicate de
magnésium hydraté

7 Systèmes cristallins différents (géométrie)

Monoclinique : prisme oblique incliné à base rectangulaire

Triclinique : les 3 axes sont inclinés avec des angles différents de 90°

Orthorhombique : prisme droit à base losange



Systemes cristallins

cubique (cube)

quadratique (prisme droit à base carrée)

hexagonal (prisme droit à base losange)

rhomboédrique (parallélépipède formé par 6 losanges égaux)

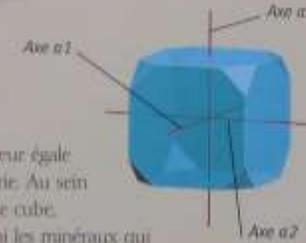


HESSONITE
Les cristaux d'hessonite de cet agrégat appartiennent au système cubique.

des axes par les longueurs relatives et l'orientation de ses trois axes cristallographiques - indiqués par a, b, c lorsqu'ils sont tous de longueur différente. Ces axes sont des lignes imaginaires qui traversent le centre d'un cristal idéal. Les systèmes cristallins et leurs sous-génres (classes) sont également définis par les axes de symétrie des cristaux (p. 98-99). Au sein de chaque système, les cristaux peuvent présenter une variété de formes. Une seule est illustrée ci-dessous pour chaque système.

CUBIQUE

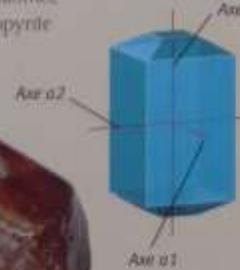
Les cristaux cubiques ont trois axes cristallographiques à angle droit et de longueur égale (a1, a2 et a3) et quatre triples axes de symétrie. Au sein de ce système, les principales formes sont le cube, l'octaèdre et le dodécaèdre rhombique. Parmi les minéraux qui se cristallisent dans le système cubique, on compte le cuivre, l'halite, l'or, l'argent, le platine, le fer, la fluorine, la leucite, le diamant, le grenat, le spinelle, la pyrite, la galène et la magnétite. On nomme parfois système isométrique le système cubique.



CUBES DE PYRITE
Les cristaux de pyrite sont souvent cubiques, mais ils peuvent aussi être pentagonaux, dodécédriques et octaédriques ou en combinaisons des trois formes.

QUADRATIQUE

Les cristaux quadratiques ont trois axes cristallographiques à angle droit - deux sont de longueur égale (a1 et a2) et le troisième (c) est plus long ou plus court. Ils ont un axe quadruple de symétrie principal. Les cristaux quadratiques évoquent des prismes carrés. Parmi eux, on compte rutile, calomel, cassitérite, zircon, chalcopyrite et wulfénite.



Face pyramidale

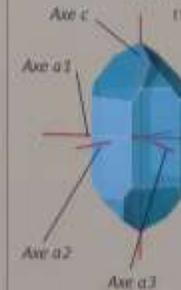


ZIRCON
Il forme des cristaux tétraédriques.

Face prismatique

HEXAGONAL ET RHOMBOÉDRIQUE

Dans les systèmes hexagonal et rhomboédrique, il existe trois axes cristallographiques de longueur égale (a1, a2 et a3) disposés à 120° l'un de l'autre, et un quatrième (c) perpendiculaire au plan des trois autres axes. Le système rhomboédrique n'a qu'une symétrie triple, tandis que le système hexagonal a une symétrie sextuple. Les minéraux du système hexagonal incluent le béryl - émeraude et agate-marine - et l'apatite. Ceux du rhomboïdal regroupent notamment la calcite, le quartz et la tourmaline.



TOURMALINE

APATITE
L'apatite forme des prismes hexagonaux et sa symétrie d'ensemble est hexagonale.



Prisme hexagonal

QUARTZ AMETHYSTE
Hexagonal, SiO_2

Géode

Pic de l'Arbizon (Pyrénées)



Pyrite cubique FeS₂

Bretagne



MARCASITE, Orthorhombique, FeS_2 , Ille et Vilaine

sujette à l'oxydation et décomposition



AMAZONITE (MICROCLINE VERT) TRICLINIQUE K (Al Si₃ O₈)

Groupe de Feldspaths - EGYPTE



Obsidienne (lave)

verre volcanique à composition de
rhyolite (roche calco-alcaline)
Auvergne



GYPSE Monoclinique, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

macle en fer de lance; dans les roches d'origine lagunaire
région parisienne



BARYTINE, Orthorhombique, Ba SO₄
dans les filons hydrothermaux, Puy-de- Dôme



TOURMALINES

rhomboédrique; minéral de haute température et de haute pression

$\text{Na}(\text{Al}, \text{Li})_3 \text{Al}_6$ elbaite; $\text{Na Fe}_3 \text{Al}_6$, schorl noire; $\text{CaMg}_3 \text{Al}_5$, uvite1



RUBELLITE, Hexagonal, Na Li Al Fe OH

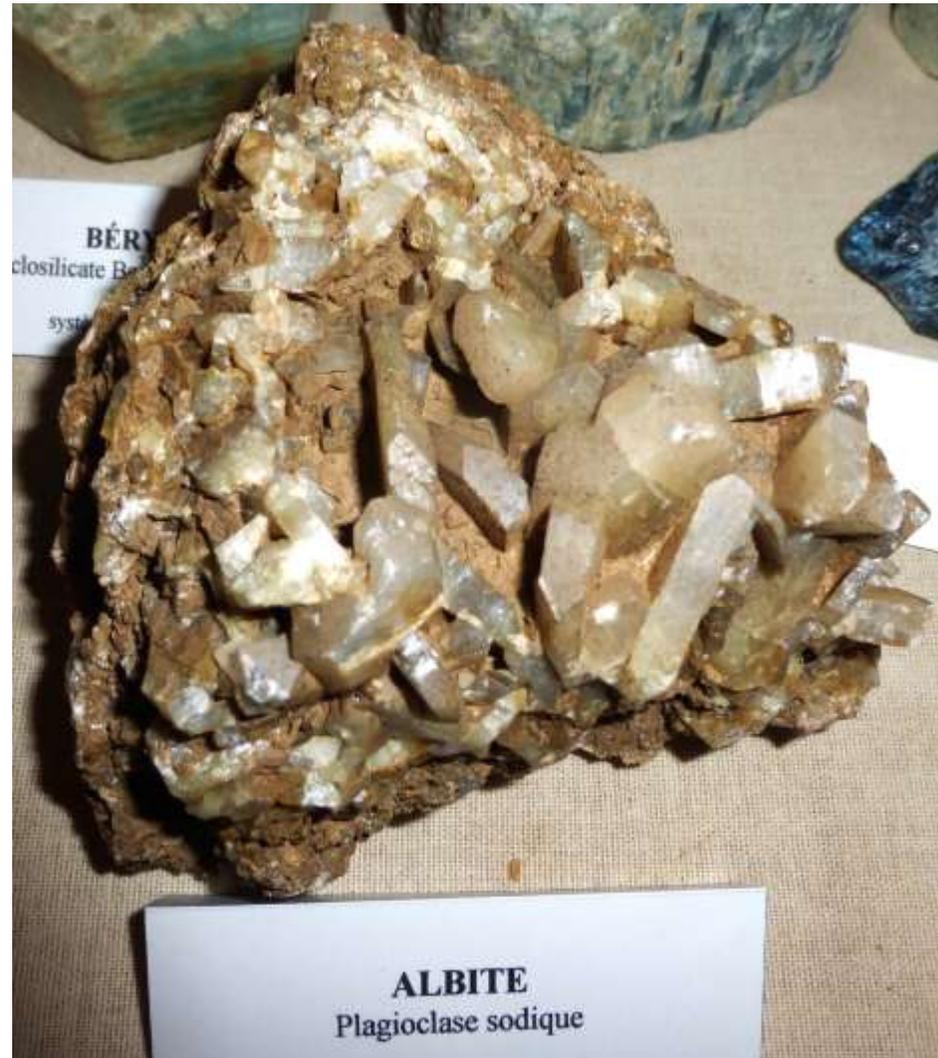
tourmaline rouge au sein de pegmatites et granites (Bretagne)



ALBITE, Triclinique, Na Al Si₃ O₈

Plagioclase, feldspath calco-alkalin

Alpes, Suisse



KIMBERLITE (péridotite)

cristal cubique à faces centrées

avec diamant dans cheminée
volcanique « blue ground » Afrique du Sud

Roche ultrabasique riche en magnésium, fer
ferreux, potassium, H₂O et CO₂ (volatils).

Péridotite : Roche grenue du manteau avec
olivine associée à des pyroxènes, silicates ferro-
magnésiens.



DIAMANT, C, cubique

Afrique du Sud, RUSSIE

pour être de même et mêmes les concentrations de gemmes sur les substitutions.

BRILLANT JAUNE
La couleur de la plupart des diamants naturels jaunes est produite par des traces d'azote dans leur structure.

BRILLANT BRUN
On trouve des diamants bruns naturels, mais c'est aussi une couleur produite par irradiation artificielle.

BRILLANT ORANGE
Les diamants naturels orange sont très rares, et créés artificiellement. Lorsque la couleur n'est pas naturelle, le vendeur doit le mentionner.

BRILLANT INCOLORE
La grande réfraction de la lumière de ce diamant en fait l'une des gemmes les plus raffinées et des plus ardentes.

ou opaques. Leurs couleurs varient du noir le plus foncé au noir le brun et le jaune sont les plus fréquents. Les gemmes incolores ou bleu clair sont le plus souvent utilisées en joaillerie. Les rouges et les verts ont pendant longtemps été considérés comme les plus rares, mais les orange pur et les violets le sont davantage et valent donc plus cher. Les diamants industriels sont plutôt gris ou bruns – transparents ou opaques. On peut modifier artificiellement la couleur des diamants par irradiation intense ou par traitement thermique – beaucoup de pierres « fantaisie » que l'on trouve aujourd'hui sont le produit de tels traitements.

Dans la disposition atomique du diamant, chaque atome de carbone est relié à quatre voisins équidistants, ce qui constitue un verrouillage serré à l'origine d'une dureté sans égale et de nombreuses autres propriétés.

GISEMENTS DIAMANTIFÈRES
La plupart des diamants proviennent de deux variétés rares de roches volcaniques, la lamproïte et la kimberlite (p. 41), mais ils sont bien plus anciens que leur gangue. Les conditions idéales pour qu'un diamant se cristallise se trouvent

On trouve également des diamants dans les gisements.

PENDENTIFS DE MARIE-ANTOINETTE
Ce bijou en diamants offert par Louis XVI à Marie-Antoinette a disparu lors de la Révolution, puis a réapparu en Russie. Il se trouve désormais à la Smithsonian Institution (Washington DC).

Facès arrondi

Éclat adamantin

DIAMANTS INDUSTRIELS
Quoique largement remplacé par du diamant de synthèse, le diamant naturel est encore très utilisé comme abrasif industriel. Le diamant en poudre est le seul matériau qui taille les gemmes de diamant, ainsi que d'autres gemmes dures comme les saphirs. Des forêts à pointe de diamant servent à percer les matériaux durs. Les diamants sont placés à la surface de l'arête tranchante, imprégnée de sable ou d'abrasif de cette matière. Des stries à arête de diamant servent à découper les roches.

FORET
L'abrasif en diamant recouvre ce forêt pétrolier.

FABRICATION D'OUTILS
Un outil à trancher industriel à arête de diamant est présenté ici.

PROPRIÉTÉS

GROUPE	Diamants naturels
SYSTÈME CRISTALLIN	Cubique
COMPOSITION	C
COULEUR	Blanc à noir, incolore, jaune, rose, rouge, bleu, brun
FACIÈS	Octaédrique, cubique
DURETÉ	10
CLIVAGE	Octaédrique parfait
CASSURE	Conchoïdale
ÉCLAT	Adamantin
TRAIT	Raze les plaques
DENSITÉ	3,4-3,5
TRANSPARENCE	Transparent à opaque
RÉFRACTION	2,41

CRISTAUX DE DIAMANT
Ce groupe de cristaux de diamant présente une large gamme de formes, allant des octaèdres parfaits transparents aux masses grises foncées et irrégulières à usage industriel.

Gemme octaédrique de qualité

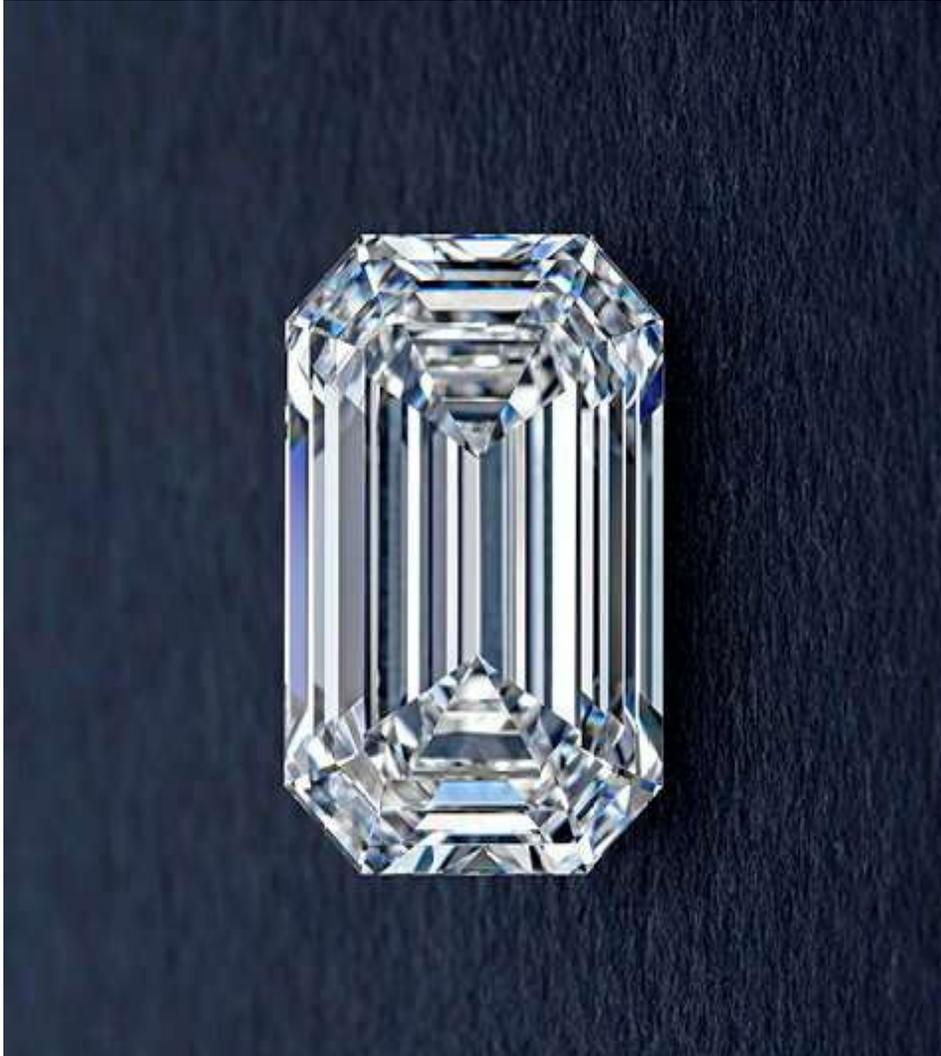
Cristal octaédrique

DIAMANT BLEU (Louis XIV et Abdelaziz Ibn Saoud)

cubique, hexatetraèdre, Carbone C



Diamant Naturel Cubique et Synthétique



Or natif, (tellurures d'or), Au

Kalgoorlee (Australie)

En France : Salsigne (Aude), mine fermée en 2004

PROPRIÉTÉS

GRUPE	Divalent
SYSTÈME CRISTALLIN	Cubique
COMPOSITION	Au
COULEUR	Jaune d'or
FACIÈS	Octaédrique, dodecaédrique, dendritique
DURETÉ	2,5-3
CLIVAGE	Aucun
CASSURE	Irégulière
ÉCLAT	Métallique
TRAIT	Suave d'or
DENSITÉ	19,3
TRANSPARENCE	Opaque

Que ne ferions-nous pas entrer dans le cœur de l'homme pour cette maudite fièvre de l'or !
VIRGILE, L'ÉNEIDE

Autres minéralisations dans le quartz

taille réelle de la pépite

GRANDE PÉPITE DE LA SMITHSONIAN COLLECTION

MASSIF DE QUARTZ

CRISTAUX D'OR

PLAQUES MINCES D'OR

SATELLITE

FACIÈS DE L'OR

Les traitements d'or des composants d'un satellite sont effectués pour contrôler sa température.

On trouve l'or sous plusieurs faciès : masses cristallines, plaques fines, pépites et grains — dans les placers alluvionnaires.

Les roches qui contiennent de l'or sont appelées tellurures d'or.

La partie d'un alliage d'or est exprimée en carats (ct). Le carat est la proportion d'or pur présent. 100 % d'or équivaut à 24 carats. Une pièce de joaillerie en or de 9 carats correspond à 9 parts pour 24 soit 37,50 % d'or pur.

Les pépites d'or sont des cristaux d'or qui se sont formés dans les veines d'or.

Les grains d'or sont des cristaux d'or qui se sont formés dans les veines d'or.

Les plaques minces d'or sont des cristaux d'or qui se sont formés dans les veines d'or.

Les cristaux d'or sont des cristaux d'or qui se sont formés dans les veines d'or.

Les masses de quartz sont des masses de quartz qui se sont formés dans les veines d'or.

Les autres minéralisations dans le quartz sont des autres minéralisations dans le quartz qui se sont formés dans les veines d'or.

La taille réelle de la pépite est celle d'une véritable pépite.

La grande pépite de la Smithsonian Collection est une véritable pépite.

11

Argentite Cubique Ag_2S ($t^\circ > 180^\circ$) = Acanthite orthorhombique

Sainte-Marie-aux-Mines en France



Cuivre natif, cubique, Cu

dans les filons sulfurés de chalcoppyrite (mines de Chessy)



Chalcopyrite, quadratique, CuFeS_2 , Chessy Rhône



QUARTZ ENFUME, Hexagonal, SiO₂

irradiation naturelle des impuretés d'aluminium par des minéraux radioactifs



SOUFRE, Orthorhombique S

associé aux roches volcaniques et au raffinage du gaz de Lacq (Pyrénées)



Transport de soufre S

KAWA IJEN, Indonésie



PYROMORPHITE
 HEXAGONAL
 $Pb_5(PO_4)_3Cl$
 Mine Les FARGES, Corrèze



Photo 3 : Cuprite sur Azurite, échantillon de 3,5 x 3,2 x 2,5 cm, Chessy-les-Mines, Rhône, France. L'association de ces deux minéraux n'est pas courante ; ce spécimen, par la perfection des deux cristallisations, est l'un des plus beaux connus.

Fig. 3: Cuprite on Azurite, 3.5 x 3.2 x 2.5 cm sample from Chessy-les-Mines, Rhône Department, France. The occurrence of these two minerals together is unusual; this specimen, because of the perfection of the two crystallizations, is one of the finest known.

© Collectors' Club, photo: G. S. Rogers

CUPRITE CUBIQUE Cu_2O
 sur
 AZURITE MONOCLINIQUE
 $Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$
 CHESSY LES MINES

quelques remarquables rencontrés dans les mines de la région. Citons toutefois quelques espèces appréciées pour la qualité des cristaux:

du cuivre

La mine de cuivre est du Massif central français, dans le Beaujolais à 25 km au nord-ouest de Chassy à commencer au XVIII^e siècle, mais c'est au XIX^e siècle, avec la « mine bleue » que sa célébrité fut acquise pour avoir fourni les plus beaux cristaux de turquoises (un carbonate de cuivre) au monde (photo 3). Elle fut un véritable trésor d'un intérêt majeur pour tous les minéralogistes français : Romé de Lill, Haüy, Caillaux, Lacroix.

Les deux minéraux ont été décrits par René-Just Haüy, père de la cristallographie. Les spécimens les plus considérés comme parmi les plus beaux d'entre eux sont visibles au musée de la mine de Chassy et en province.

du plomb



Malachite, monoclinique, $\text{Cu}_2 \text{CO}_3 (\text{OH})_2$

Chessy Rhône, Salsigne Aude



FLUORINE CUBIQUE, Ca F2 SUR QUARTZ HEXAGONAL SiO2

PUY-de-DÔME



QUARTZ, Hexagonal, SiO₂, très fréquent

teinté de différentes façons (améthyste, citrine) par des impuretés



Quartz améthyste hexagonal, SiO₂

présence de fer

, Brésil, Alpes



REALGAR Monoclinique, AsS

(en gites épithermaux, Corse)



OPALE, amorphe $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$

Mexique



Tourmaline noire, Hexagonal $Fe_3 B_3 Al_3 (Al_3 Si_6 O_{27})(OH)_4$

Dans les pegmatites,
 gneiss, granulites,
 Haute-Garonne



ANGLESITE, PbSO_4 , Orthorhombique
fluorescente ici, en Sardaigne



BERYL ROSE, Hexagonal, $\text{Be}_3 \text{Al}_2 \text{Si}_6 \text{O}_{18}$

dans pegmatite de Bretagne



AIGUE-MARINE, Hexagonal, variété de Beryl
Brésil



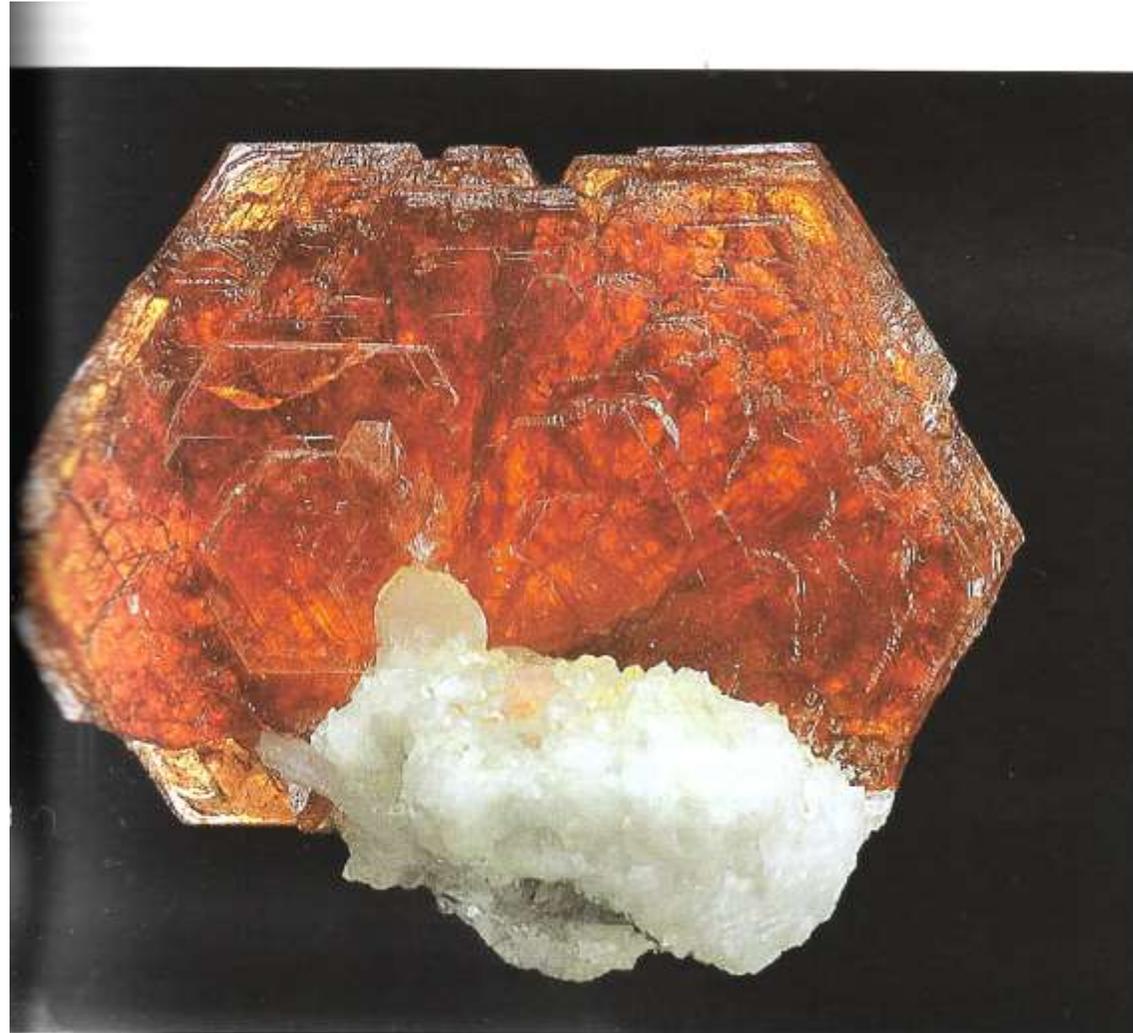
AIGUE-MARINE

autre vue



BASTNAESITE, HEXAGONAL, CO₃F

Mine de Trimouns (Ariège)



◀
Photo 6 : Bastnäsité,
cristal de 2,9 x 2 x 0,4 cm,
Trimouns, Luzenac,
Ariège, France.
Cristal polysynthétique
parfait, transparent
typique de ce gisement.

Photo 6: Bastnaesite,
2.9 x 2 x 0.4 cm crystal
from Trimouns, Luzenac,
Ariège Department, France.
This perfect transparent
polysynthetic crystal is
typical of this deposit.

© Collection E. Marty.
photo L.-D. Bayle.

EMERAUDE (BERYL)

Hexagonal $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$

variété verte en Colombie



TOPAZE, orthorhombique, $Al_2 SiO_4 (F_3 OH)_2$

dans les pegmatites, Brésil; Haute Vienne (granulites d'Ambazac)



RHODOCROSITE, MnCO_3 (rhomboédrique) sur Quartz

Hautes Pyrénées et Ariège



Corindon rhomboédrique Al_2O_3 (Saphir)

Pyrénées et Finistère



Corindon Rhomboédrique, Al_2O_3 variété Rubis

Finistère et Pyrénées





Grenat Spessartite, cubique

$\text{Mn}_3 \text{Al}_2 \text{Si}_3 \text{O}_{12}$

Chanteloube Haute-Vienne

Ambre de la Baltique Résine végétale (pin)

Russie





JOYEUX NOËL