

JR



DÉPARTEMENT FORMATION

MINÉRALOGIE PÉTROGRAPHIE

par

J. BENEITO

ESPÈCES MINÉRALES
ROCHES MÉTAMORPHIQUES
ROCHES ÉRUPTIVES
ROCHES SÉDIMENTAIRES
GÎTES MINÉRAUX

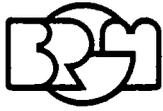
21

B. R. G. M.
11. SEP. 1985
BIBLIOTHEQUE

82. SGN. 537. Co

SERVICE COOPÉRATION

BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES



BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES

ETABLISSEMENT PUBLIC A CARACTERE INDUSTRIEL ET COMMERCIAL

DEPARTEMENT FORMATION
SERVICE COOPERATION

COURS DE MINERALOGIE - PETROGRAPHIE

par

Jacques BENEITO

et
Jean-Bernard CHAUSSIER

Le prospecteur-géologue appartient peut-être, dans la grande famille des géologues, au groupe dont la culture scientifique doit être la plus grande : il doit être pétrologue accompli, souvent stratigraphe, toujours tectonicien. La recherche des corps minéralisés sur le terrain impose l'utilisation de toutes les méthodes géologiques de prospection géophysique et géotechnique.

- Chapitre 1 - Minéralogie
- Chapitre 2 - Les roches sédimentaires
- Chapitre 3 - Les roches métamorphiques
- Chapitre 4 - Les roches éruptives
- Chapitre 5 - Les gîtes minéraux

CHAPITRE 1

MINÉRALOGIE

LES MINERAUX, ELEMENTS DES ROCHES

I - INTRODUCTION

Les minéraux sont des corps inorganiques pouvant se rencontrer dans la nature sous deux états physiques opposés de leur matière :

L'état AMORPHE - caractérisé par l'absence de régularité des molécules.

L'état CRISTALLIN - caractérisé par l'arrangement régulier des molécules.

- une roche est un agrégat de minéraux ou de matériaux cristallins ou amorphes.

- un minéral est une roche dont on peut dans les conditions économiques du moment extraire de façon rentable un ou plusieurs métaux ou matériaux.

- une GEMME est un minéral qui réunit un certain nombre de qualités

- . La beauté
- . la dureté
- . la solidité
- . l'inaltérabilité

II - CRISTALLOGRAPHIE GEOMETRIQUE

Un cristal bien individualisé est un polyèdre convexe, limité par des surfaces planes, sans angles rentrants. S'il existe des angles rentrants, c'est que l'on a affaire à des groupements cristallins (MACLES).

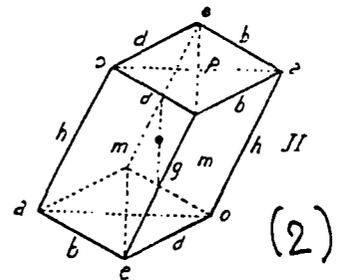
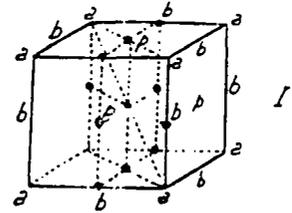
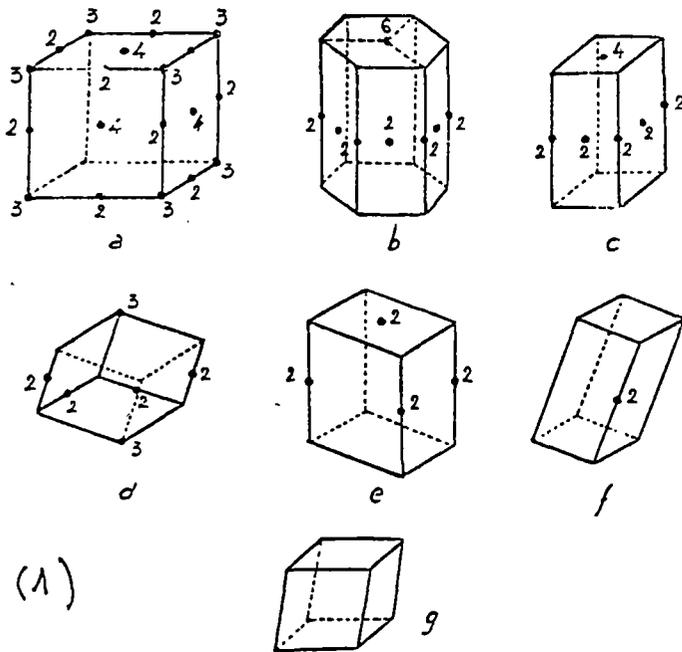
Systèmes cristallins :

Formes primitives :

Toutes les formes de cristaux qui existent dans la nature ont pu être réduites à un nombre limité de formes simples fondamentales, dites PRIMITIVES.

Sept familles ou systèmes pouvant se définir par le nombre et l'ordre de leurs axes de symétrie - (1) page suivante.

- cubique
- hexagonal
- quadratique
- rhomboédrique
- orthorombique
- clinorhombique
- triclinique



(1)

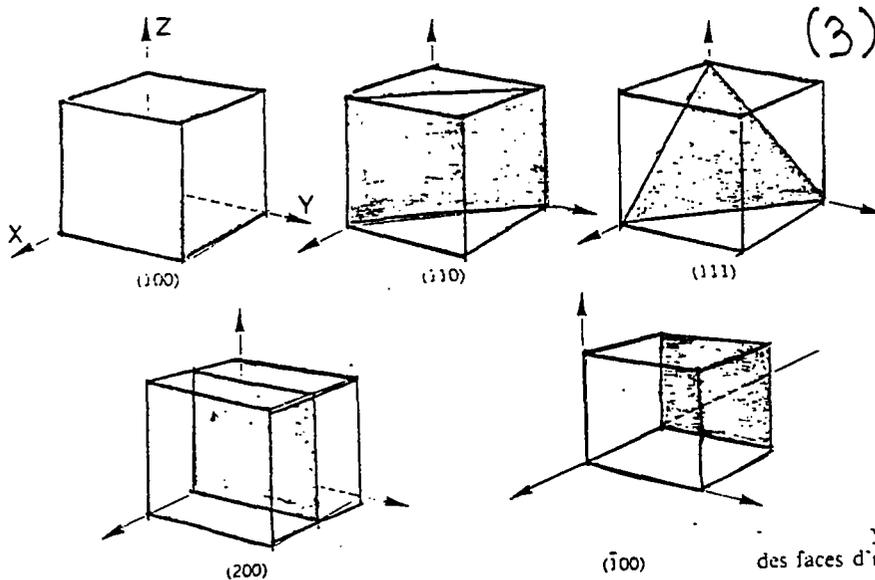
(2)

— *Systèmes cristallins.* Sept assemblages réticulaires sont admis suivant la forme du parallélépipède élémentaire : a, cubique ; b, hexagonal ; c, quadratique ; d, rhomboédrique ; e, orthorhombique ; f, monoclinique ; g, triclinique. Les points noirs représentent la trace des axes de symétrie sur les faces ou les arêtes, et les chiffres l'ordre correspondant (binaires, ternaires, quaternaires, sénaires).

— *Notation des prismes fondamentaux des systèmes cubique (I) et monoclinique (II).*

Terminologie (2) :

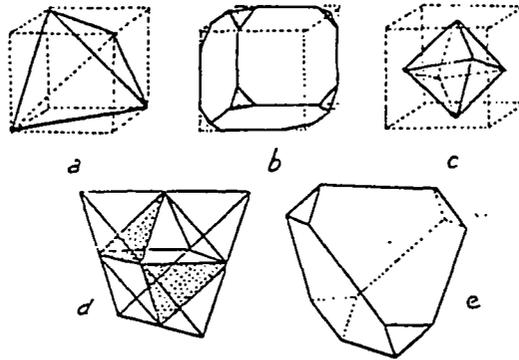
Les faces sont désignées par les lettres p, m, t (de primitif).
 Les arêtes de base par les lettres b, c, d, f.
 Les arêtes latérales par les lettres g, h.
 Les sommets par les voyelles a, e, i.



- A l'heure actuelle on utilise la notation dans la convention de Miller (3). Système un peu plus complexe.

Notation dans la convention de Miller des faces d'un cube.

Formes dérivées :



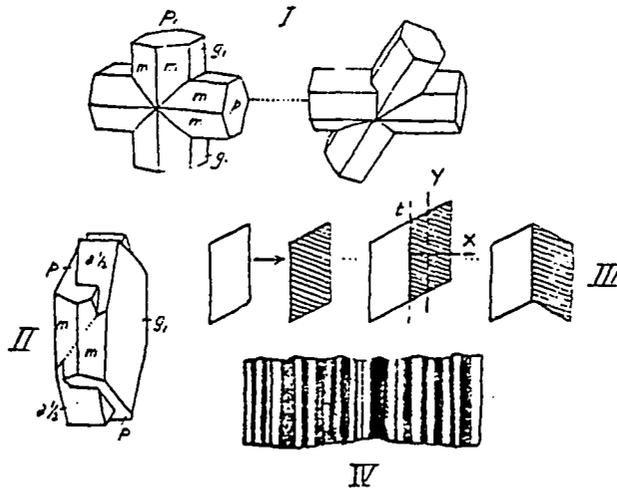
— *Formes dérivées du système cubique.* Troncatures sur les sommets, faces tronquées (b); faces tronquées: octaèdre régulier (c); la moitié des faces positives par la symétrie négative, il y a hémitropie: tétraèdre régulier (a); tétraèdre positif et négatif (d et e).

III - CRISTALLOGRAPHIE PHYSIQUE

Clivages : lorsqu'on brise un minéral, il se sépare parfois en éléments semblables limités par des plans dits de clivage.

ex : mica, calcite

Macles : accolement de deux individus cristallins.



— *Types de macles.* I, staurolite. II, orthose (macle de Carlsbad). III, hémitropie : deux cristaux se rapprochent suivant une face d'accrolement (t, trace de cette surface), le cristal de droite opère une rotation suivant un axe qui est perpendiculaire (x) à la face d'accrolement (hémitropie normale) ou parallèle à cette face (y) (hémitropie parallèle). IV, macles polysynthétiques des plagioclases (ex., albite) montrant au microscope les lamelles hémitropes éteintes par paires, ce qui les distingue des traces de clivage.

IV - PROPRIETES OPTIQUES DES MINERAUX

Etude du comportement de la lumière passant à travers un corps cristallin.

Microscope polarisant :

Permet de regarder en lames minces transparentes les minéraux soit en :

Lumière naturelle : transparence et couleur réelle des minéraux - Pléochroïsme (teintes changeantes) - les inclusions - les valeurs des indices de réfraction - la forme des cristaux - l'angle des faces - le relief - la direction des clivages.

Lumière polarisée : Parallèle - monoréfringence - biréfringence - teintes de polarisation.

Convergente - axes du minéral.

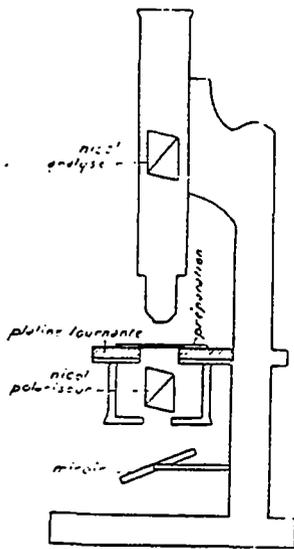
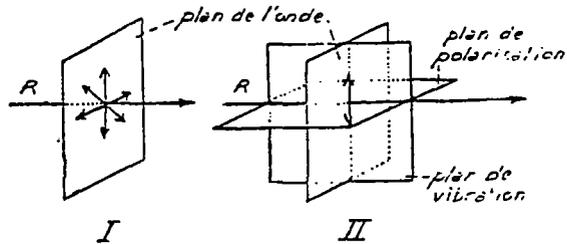
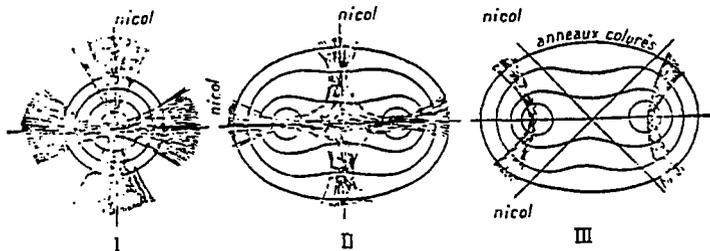


Fig. - 20.

- Microscope polarisant

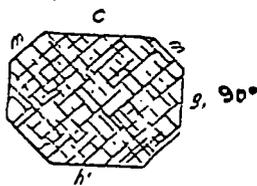


- Propagation d'un rayon lumineux. I, lumière naturelle : dans le plan de l'onde, les vibrations s'opèrent dans toutes les directions. II, lumière polarisée : dans le plan de l'onde, les vibrations ne s'opèrent que dans une direction déterminée (plan de vibration).



- Aspect de minéraux en lumière polarisée convergente. I, cristaux uniaxiaux taillés perpendiculairement à l'axe optique. II et III, cristaux à axes perpendiculaires (III) à la bissectrice des deux axes optiques.

Pyroxène



Aspect des cristaux et clivages en lame mince

Amphibole

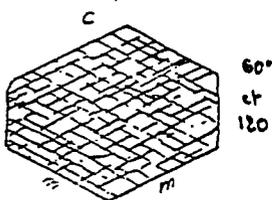
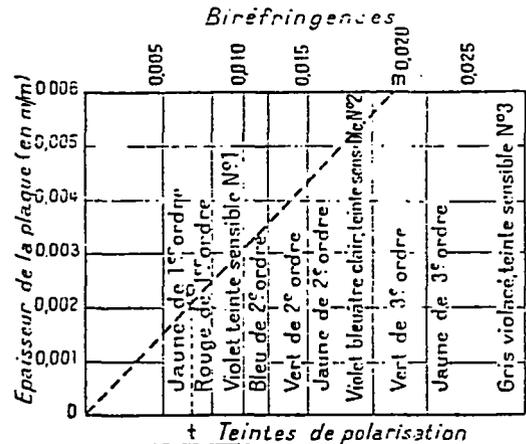


Tableau des teintes de biréfringences de Michel-Levy et Lacroix



V - AUTRES PROPRIETES

- Transparence - un minéral transparent s'oppose à un minéral opaque. Mais le même peut avoir les deux aspects - quartz hyalin et quartz laiteux.
- Couleur - un minéral coloré peut être transparent ou opaque et les couleurs variées - quartz en fumé rose, vert, violet, jaune, etc...
- Eclat - métallique (pyrite) - vitreux (quartz) - gras (TALC) - mat (craie).
- Saveur - halite → sel gemme.
- Dureté - assez bon caractère - Echelle de Dureté de MOHR
Chalcopyrite - rayer par le canif - la pyrite non.
- | | |
|-------------------|--|
| 1. Talc | } minéraux très tendres rayés à l'ongle. |
| 2. Gypse | |
| 3. Calcite | } minéraux tendres rayés par le verre. |
| 4. Fluorine | |
| 5. Apatite | } minéraux assez durs rayés par l'acier. |
| 6. Orthose | |
| 7. Quartz | } minéral dur, raye le verre. |
| 8. Topaze | } minéraux très durs. |
| 9. Corindon | |
| 10. Diamant | |
- Fusibilité - à l'aide d'un petit éclat de minéral donné, traité par la flamme au chalumeau - Echelle de fusibilité de KOPELL.
- | | |
|-------------------|---|
| 1. Stibine | } minéraux fondant à la flamme d'une bougie. |
| 2. Mésotype | |
| 3. Almandin | } minéral aisément fusible au chalumeau. |
| 4. Actinote | } les petits éclats fondent au chalumeau. |
| 5. Orthose | |
| 6. Bronzite | |
| | } au chalumeau, ne fond que sur le bord le plus mince, en s'arrondissant. |
- Propriétés chimiques
- Tests sommaires empiriques.
- A l'acide - effervescence de la Calcite (CO_3Ca) à froid avec HCl - à chaud avec la dolomie ($\text{CO}_3(\text{C.Mg})$).
- Sous le microscope - (essais microchimiques) - Certains minéraux sont sensibles à l'action de colorants, à la dissolution et à la recristallisation.
- Au chalumeau - méthode des perles
Exécuter à l'aide d'un fil de platine, d'un chalumeau et de réactifs - Borax et sel de phosphore qui ont la propriété de dissoudre les oxydes métalliques pour donner sous le chalumeau et en flamme oxydante des massés vitreuses dont la coloration dépend de la nature de l'oxyde.

d) ESSAI À LA PERLE

Éliminer par grillage sur C toute trace d'As, S, Sb

PERLES DE BORAX

Métal (I)	F. Oxy		F. Red		Observations
	à Chaud	à Froid	à Chaud	à Froid	
FER {ns S}	Jaune Jaune	Incolore Jaune	Vert Vert	Incolore Vert	Saturation très facile. En F.R. la perle très saturée est vert bouteille à froid.
MOYBDÈNE {ns S}	Jaune Jaune	Incolore Incolore	Incolore Brun	Incolore Brun	E.O. émail blanc à froid quand la perle est très saturée. F.R. réduction difficile sans Sn.
TITANE {ns S}	Jaune Jaune	Incolore Jaune	Jaune Jaune	Incolore Jaune	F.R. la perle fortement saturée est opaque.
TUNGSTÈNE {ns S}	Incolore Jaune	Incolore Incolore	Incolore Jaune	Incolore Brun jaunâtre	Réduction difficile sans étain.
URANIUM {ns S}	Jaune Jaune rouge	Incolore Jaune	Jaune Jaune	Incolore Vert	F.R. vert soutenu par réduction sur C avec Sn.
VANADIUM {ns S}	Jaune Jaune verdâtre	Incolore Jaune verdâtre	Vert Vert brunâtre	Vert Brun	
CHROMÈ {ns S}	Jaune Rouge	Vert Vert	Vert Vert	Vert Vert	E.O. perle non saturée vert jaune à froid. Saturation facile.
CUIVRE {ns S}	Vert Vert	Bleu Bleu	Vert Vert	Bleu Bleu ou rouge	F.R. la perle fortement saturée peut être opaque et rouge bien foncé. Saturation facile.
COPAIT {ns S}	Bleu Bleu	Bleu Bleu	Bleu Bleu	Bleu Bleu	Saturat. à très facile.
MANGANÈSE {ns S}	Violet Violet améthyste	Violet Violet rouge	Incolore Incolore	Incolore Incolore	Saturation extrêmement facile.
NICKEL {ns S}	Violet Violet	Brun Brun	Incolore gris et opaque	Incolore	

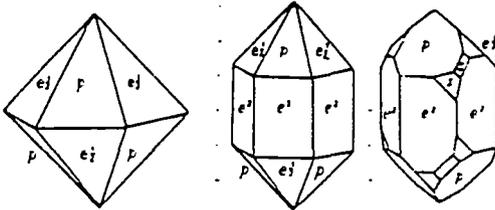
PERLES AU SEL DE PHOSPHORE

Métal (I)	F. Oxy		F. Red		Observations
	à Chaud	à Froid	à Chaud	à Froid	
FER {ns S}	Jaune Jaune	Incolore Incolore	Vert Vert	Incolore Brun	Saturation très facile. F.R. à chaud, perle vert jaune plus ou moins foncée, selon saturation.
TITANE {ns S}	Jaune Jaune	Incolore Incolore	Jaune Jaune	Incolore Violet	F.R. Perle saturée violet très pâle à froid.
MOYBDÈNE {ns S}	Vert Vert	Incolore Vert	Vert Vert	Vert Vert	F.R. Perle non saturée vert pâle à froid.
TUNGSTÈNE {ns S}	Incolore Jaune	Incolore Incolore	Incolore Jaune	Incolore Bleu vert	
URANIUM {ns S}	Jaune Jaune	Vert Vert	Vert Vert	Vert Vert	E.O. Vert jaune caract. F.R. Vert foncé par réduction avec Sn sur le charbon.
VANADIUM {ns S}	Jaune Jaune	Jaune Jaune	Vert Vert	Vert Vert	La perle verte obtenue en F.R. ne peut plus être réoxydée pour donner la perle jaune.
CHROMÈ {ns S}	Jaune Vert	Vert Vert	Vert Vert	Vert Vert	Saturation très facile.
CUIVRE {ns S}	Vert Vert	Bleu Bleu	Vert Vert	Bleu Bleu ou rouge	Saturation très facile. F.R. La perle fortement saturée peut être opaque et rouge foncé.
COPAIT {ns S}	Bleu Bleu	Bleu Bleu	Bleu Bleu	Bleu Bleu	Saturation très facile.
MANGANÈSE {ns S}	Violet Violet	Violet Violet	Incolore Incolore	Incolore Incolore	Saturation extrêmement facile.
NICKEL {ns S}	Jaune Jaune	Jaune Jaune	Rouge Rouge	Jaune Jaune	

DONNEES DES PRINCIPALES ESPECES MINERALES

I - MINERAUX ESSENTIELS DES ROCHES ERUPTIVES

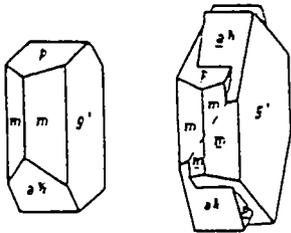
QUARTZ - Hexa. SiO_2



Formes - Cristaux ordinairement prismatiques. Souvent massif.
 En grains - clivages très imparfaits
 Cassure conchoïdale à éclat gras
 Dureté = 7 Densité = 2,65
 Transparent à translucide, parfois opaque, éclat vitreux
 Couleur variable - incolore, blanc, brun, violet, rose, jaune, vert.

FELDSPATHS

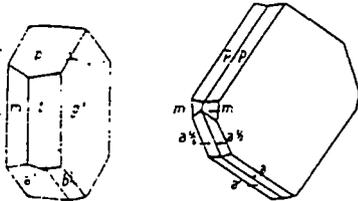
ORTHOSE - Clino. 6SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O



M. de Carlsbad

Formes - Cristaux prismatiques - macle de Carlsbad
 Clivage parfait
 Cassure inégale montrant généralement bien les clivages
 Dureté = 6 Densité = 2,56 à 2,58
 Transparent à translucide - Eclat vitreux parfois nacré. Incolore ou blanc, teinté de teintes pâles - rose.

ALBITE - Triclin. 6SiO_2 , Al_2O_3 , Na_2O

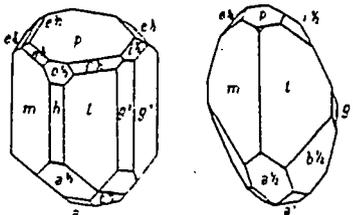


Albite

Macle de l'albite

Formes - Souvent cristaux très nets tabulaires
 Clivage parfait
 Dureté = 6 à 6,5 Densité = 2,62 à 2,64
 Transparent à translucide - Eclat vitreux un peu nacré - Parfois teinté de teintes pâles.

ANORTHITE - Triclin. 2SiO_2 , Al_2O_3 , CaO



Formes - Souvent massive
 Clivage parfait
 Dureté = 6 à 6,5 Densité = 2,74 à 2,76

PLAGIOCLASES - Mélange de m Albite + n Anorthite

Formes - Générales de l'Albite

Dureté = 6 à 6,5 Densité = 2,64 à 2,72 ↗ avec CaO ↗

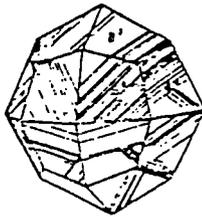
Translucide, opaque - éclat vitreux - couleurs variables

Généralement pales, blanc, rose, grisâtre -

VARIETES - Oligoclase, Andesine, Labrador, Bytownite

FELDSPATHOIDES

LEUCITE - Ortho - $4\text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3, \text{K}_2\text{O}$



Formes - Cristaux en trapézoèdres - Faces souvent striées -

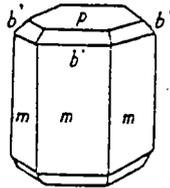
Rarement massive, parfois en grains

Cassure conchoïdale

Dureté = 5,5 à 6 Densité = 2,45 à 2,50

Translucide à opaque - Eclat vitreux - Incolore, gris sale ou rose pâle.

NEPHELINE - Hexa. - $2\text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3 (\text{Na}_2 \text{K}_2)\text{O}$



Formes - Prismes courts à 6 ou 12 faces - Les cristaux se rencontrent surtout dans les laves - Souvent massive et compacte

Clivages visibles sur la nepheline altérée

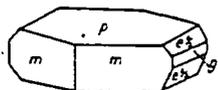
Cassure subconchoïdale

Dureté = 5,5 à 6 Densité = 2,55 à 2,65

Transparent à translucide - Eclat vitreux - Incolore, blanche, jaunâtre.

MICAS

MUSCOVITE - Clino pseudo Hexa. $2\text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3, (\text{K}_2\text{H}_2)\text{O}$



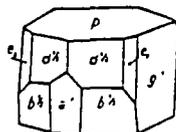
Muscovite

Formes - Empilement de lamelles, clivage très facile et parfait (contour hexagonal) - Lames de clivages flexibles et élastiques

Dureté = 2 sur face de clivage Densité = 2,76 à 3,10

Transparent à translucide, éclat nacré vif, incolore, parfois couleurs claires.

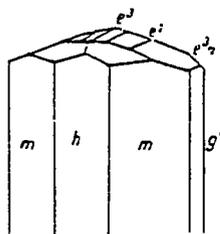
BIOTITE - Clino pseudo Hexa - $3 \text{ SiO}_2, (\text{Al}_2\text{Fe}_2)\text{O}_3, (\text{K}_2\text{H}_2)\text{O}, 2(\text{FeMg})\text{O}$



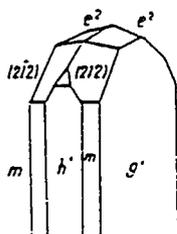
- Formes identiques à la Muscovite mais couleurs sombres : noir à brun sombre, brun acajou à vert foncé.

PYROXENES

RHOMBIQUES - $\text{SiO}_2 (\text{Mg.Fe})\text{O}$



Enstatite. Hypersthene



Hypersthene

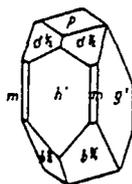
Formes - Cristaux nets rares, généralement massifs, fibreux ou lamellaires.
Formes prismatiques, parfois aplaties.
Clivage facile.
Dureté = 5 à 6 Densité = 3,4 à 3,5
Translucide à opaque, éclat vitreux, métallique (bronzite hypersthène) incolore ou gris (enstatite) brun violacé, brun foncé à noir.

Variétés - Enstatite - Clair un peu nacré.
Bronzite - Eclat submétallique, bronzé.
Hypersthène - Eclat submétallique brun violacé.
Bastite - Aspect foliacé avec éclat bronzé.

MONOCLINIQUE - $\text{SiO}_2 (\text{Mg, Ca, Fe})\text{O}, p \text{ Al}_2\text{O}_3$



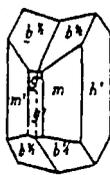
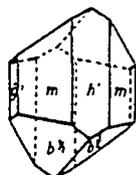
Diopside



Augite

Formes - Cristaux généralement en prismes courts et épais.
Macles très communes parfois répétées.
Clivage facile.
Dureté = 5 à 6 Densité = 3,2 à 3,6
Eclat vitreux, nacré ou métallique (Diallage).
Transparent (Diopside), opaque (Augite). Couleur variable avec la teneur en Fer - incolore ou vert (Diopside) - noir (Hedenbergite) - brun à noir (Augite) - violet (Violane).

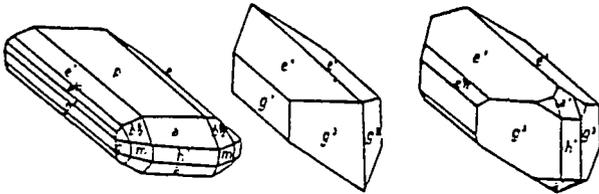
Variétés - Clinoenstatite - Incolore à jaune.
Diopside - Incolore à vert, parfois grisâtre.
Hedenbergite - Noir.
Augite - Noir, noir verdâtre ou brunâtre.



Macie h'

PERIDOTS

ORTHORHOMBIQUES - $\text{SiO}_2 \cdot 2(\text{Mg.Fe})\text{O}$ ou $(\text{Mg.Fe})\text{SiO}_4$

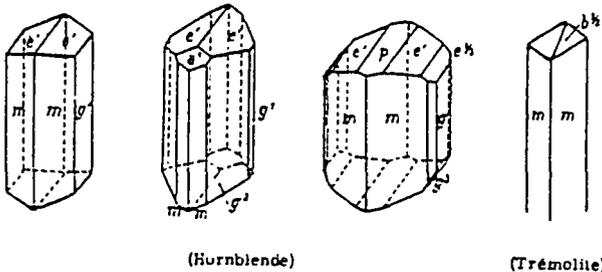


Formes - Cristaux fréquemment aplatis. Souvent massifs - en grains à surface arrondie disséminés dans la roche, ou rassemblés en ségrégations
 Macles rares
 Clivage assez net, cassure conchoïdale
 Dureté = 6,5 à 7 Densité = 3,21 à 4
 Transparent à translucide, éclat vitreux vif -
 Couleur variable avec la teneur en Fe - Incolore (Forstérite), brun noir (Fayalite)
 Olivine, jaune verdâtre à vert olive.

Variétés - Forstérite - incolore ou verdâtre
Olivine - vert olive à vert bouteille
Fayalite - brun à noir

AMPHIBOLES

CLINORHOMBIQUE ou MONOCLINIQUE : $\text{SiO}_2(\text{Ca, Mg, Fe})\text{O} \cdot p \text{Al}_2\text{O}_3$. avec Mn, Na₂, K₂

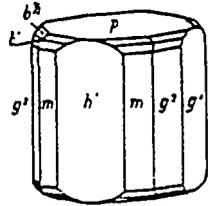
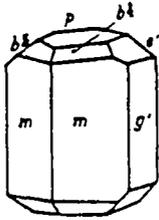


Formes - Cristaux très généralement prismatiques ; assez courts. Parfois baguettes très allongées à section losangique. Structures souvent fibreuses (Amiante)
 Macle commune
 Clivages faciles - cassure subconchoïdale
 Dureté = 5 à 6 Densité = 2,9 à 3,6
 Translucides à opaques - Eclat vitreux, soyeux dans les variétés fibreuses - Couleur variable avec la teneur en Fe - Incolore (Trémolite), verte (Actinote), vert à brun foncé à noir (Hornblende).

Variétés - Trémolite - blanche en longues baguettes losangiques
Actinote - verte à gris vert - longues baguettes ou fibres
Hornblende - cristaux souvent bien formés - couleur vert sombre ou brun noir

II - MINERAUX ACCESSOIRES DES ROCHES ERUPTIVES

CORDIERITE - Orth. 10 SiO_2 , $4 \text{ Al}_2\text{O}_3$, $4(\text{Mg,Fe})\text{O}$. $\text{H}_2\text{O}-\text{CaO}$ et MnO



Formes - Prismes courts pseudo hexagonaux, faces striées verticalement

Macles souvent répétées

Clivages indistincts - cassure conchoïdale

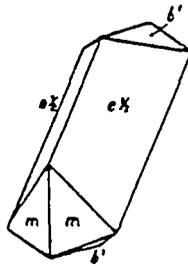
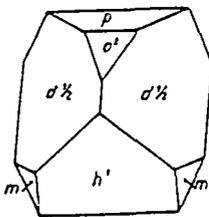
Dureté = 7 à 7,5 Densité = 2,60 à 2,66

Transparent à translucide - Eclat vitreux gras -

Couleur comprise dans la gamme des bleus.

- Saphir d'eau - pierre semi précieuse (Ceylan)

SPHENE - Clin. SiO_2 , TiO_2 CaO avec Fe , Mn , Y_2O_3 , Ca_2O_3



Formes - Cristaux à faciès varié, souvent aplatis et à bords tranchants - Parfois massif et compact

Macle très commune et caractéristique

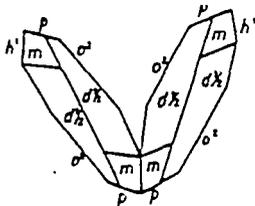
Clivage assez net

Dureté = 5 à 5,5 Densité = 3,4 à 3,5

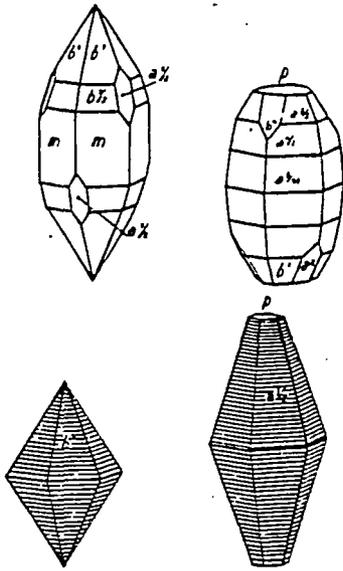
Transparent à opaque - Eclat résineux parfois adamantin - Couleur jaune miel, jaune verdâtre, vert

brun, parfois plus ou moins rouge, gris, noir, rose.

- Titanite - brun à noir

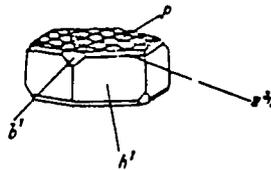


CORINDON - Rhomb. Al_2O_3

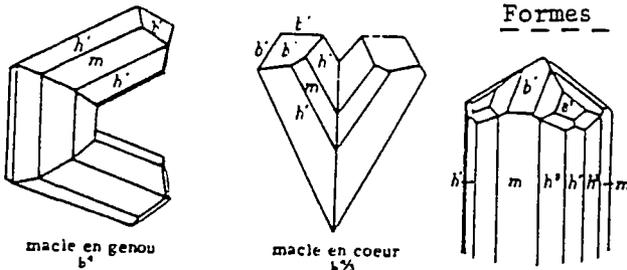


Formes - Cristaux généralement rugueux et à faces arrondies - Formes en tronc de pyramides aiguës
Prismes courts rarement tabulaires ou rhomboédriques - Egalement massif
Macle généralement lamellaire
Dureté = 9 Densité = 3,95 à 4,10
Transparent à presque opaque - Eclat vitreux à adamantin parfois nacré - Couleur variable, incolore, bleu, jaune à doré, rarement violet, pourpre, rose à rouge sang, vert, gris à noir

Variétés - GEMMES - Rubis - rouge
SAPHIR - bleu
Emeraude - vert
TOPAZE - jaune
Améthyste - violet
Rubis, Saphir étoiles (avec astérisme)
Emeri - gris à noir en masse compacte granulaire



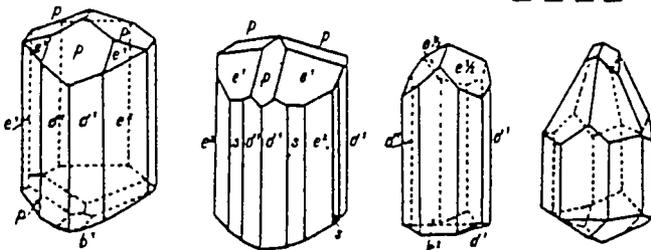
RUTILE - Quad. TiO_2



Formes - Cristaux prismatiques - généralement allongés, striés ou cannelés
Macles en genou - en coeur
Clivage souvent net
Dureté = 6 à 6,5 Densité = 4,23 à 5,6
avec Ta et Nb
Transparent seulement en lame mince - Eclat adamantin, parfois presque métallique - Couleur rouge à brun et noir, exceptionnellement bleuâtre, jaunâtre, violet.

Variétés - Leucoxène - terne, grenu, jaunâtre à brun

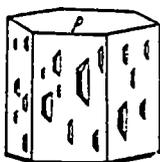
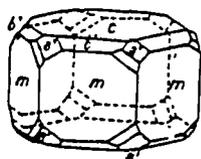
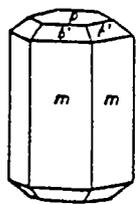
TOURMALINE - Rhomb. $12 SiO_2, 3 B_2O_3, 26 RO. 4 H_2O-Al_2-Cr_2-Fe. Mg. Mn, Li_2$



Formes - Cristaux prismatiques à section souvent triangulaire, fréquemment très allongés, même en longues aiguilles en groupes, parallèles ou radiées
Macle rare
Clivage difficile, très peu net
Dureté = 7 à 7,5 Densité = 2,9 à 3,2
Transparent à opaque, éclat vitreux à résineux, couleur variable - noir, brun noir, noir bleuté, parfois bleu, vert, rouge, rose.

Variétés - Schorlite - noir des roches éruptives ou micaschistes
Dravite - brune, jaune à brun noir - calcaires et dolomies
Elbaïte - Na parfois K - rose, bleu, vert → pegmatites

APATITE - Hexag. $3(\text{P}_2\text{O}_3, \text{CaO}), \text{Ca}(\text{Fe}, \text{Ce}_2, (\text{OH})^2)$

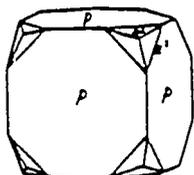
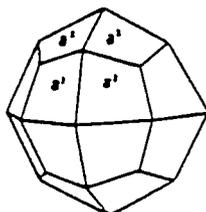


Formes - Prismes allongés, prismes courts, cristaux tabulaires
En masses, granulaires à compactes - Concrétionnée, oolithique, nodulaire, écailleuse, en croûtes, fibreuse, terreuse - macle rare - clivage grossier
Cassure inégale à conchoïdale
Dureté = 5 Densité = 3,1 à 3,2
Transparent à translucide - Eclat vitreux, parfois résineux, ou mat dans les variétés compactes. Ordinairement colorée : bleuâtre, jaune brun, gris
Parfois opalescence bleuâtre - Fluorescente aux U.V.
Parfois phosphorescente et thermoluminescente.

Variétés - Fluorapatite $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$

ZEOLITHES

ANALCIME - Cub. $4 \text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3, \text{Na}_2\text{O}, (2\text{H}_2\text{O})$

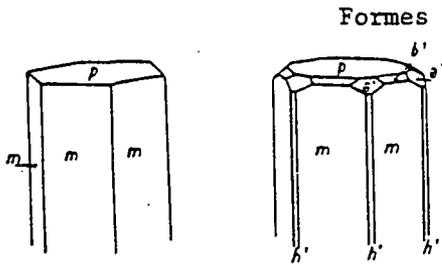


Formes - Généralement en Leucitoëdre - Parfois en cubes avec troncutures. Les cristaux sont en général des cristaux de formation secondaire.
Macles intérieures polysynthétiques - Pas de clivage.
Cassure subconchoïdale
Dureté = 5 à 5,5 Densité = 2,22 à 2,29
Transparent à translucide, éclat vitreux. Incolore, blanc parfois rosé, occasionnellement grisâtre, jaunâtre ou verdâtre.

Variétés - Scolécite
Chabasite
Heulandite
Prehnite

Roches volcaniques basiques, dans les vacuoles.

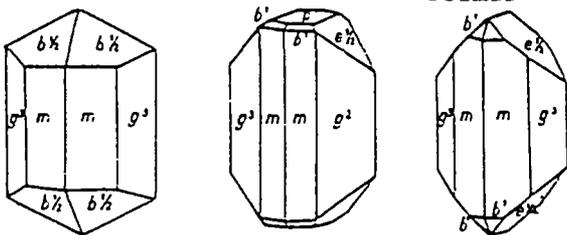
BERYL - Hexa. $6 \text{ SiO}_2, \text{ Al}_2\text{O}_3, \text{ BeO}$



Formes - Cristaux généralement prismatiques allongés. Striés ou cannelés verticalement. Section hexagonale. Occasionnellement massive.
Clivage indistinct - cassure conchoïdale
Dureté = 7,5 à 8 Densité = 2,7
Transparent à translucide, parfois presque opaque, pierreux - Eclat vitreux. Incolore, bleu ou vert pâle, jaune, rose, blanc, rarement vert émeraude.

Variétés - Émeraude ordinaire
Émeraude noble - vert émeraude (pierre précieuse)
Aigue marine - bleu vert (gemme)
Héliodore - jaune d'or (gemme)

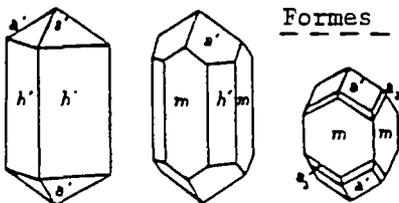
TOPAZE - Orth. $\text{Al}_2(\text{F,OH})_2, \text{ SiO}_4$



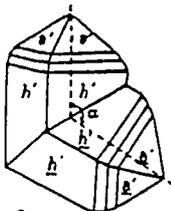
Formes - Prismes, faces très souvent striées verticalement. Parfois en grains. Egalement colonnaire
Macles de l'hémiédrie
Un clivage parfait - cassure subconchoïdale
Dureté = 8 Densité = 3,4 à 3,6
Transparent à translucide - Eclat vitreux - Couleur jaune (paille), jaune topaze ou incolore, plus souvent grisâtre, verdâtre, rougeâtre, bleuâtre.

Variétés - ordinaire - en cristaux prismatiques
Pycnite - en masse colonnaire - Pierre de joaillerie quand elle est pure

ZIRCON - Quad. SiO_4Zr



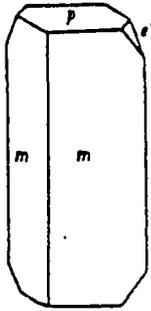
Formes - Généralement en prismes à section carrée, souvent allongés. Terminaison octaèdre - Parfois en grains
Macles rares - Clivage imparfait - Cassure conchoïdale
Dureté = 7,5 Densité = 4,7 à 4,9
Transparent à opaque. Eclat vif à adamantin.
Incolore ou jaunâtre ou grisâtre, verdâtre, brun jaunâtre, rouge.



Variétés - ordinaire - limpide à incolore - à opaque et très coloré
Hyacinthe - transparent, rouge ou orange
Malacon - altéré - brun à brun rouge

III - MINERAUX DES ROCHES METAMORPHIQUES

ANDALOUSITE - Orth. SiO_2 , Al_2O_3



Formes - Généralement en prismes assez grossiers à section carrée.
Inclusions carbonneuses. Parfois massive ou radiée
Clivages assez nets. Cassure irrégulière subconchoïdale
Dureté = 7,5 Densité = 3,16 à 3,20
Le plus souvent, pierreuse et altéré. Rarement transparent à translucide. Eclat vitreux. Couleur blanchâtre, verdâtre, rose, violet, rouge, vert olive. Fort pléochroïsme.

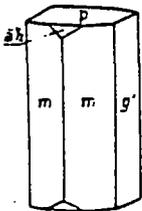
Variétés - Chiastolite - inclusions carbonneuses caractéristiques.

SILLIMANITE - Orth. SiO_2 , Al_2O_3

Formes - Prismatiques à faces striées et courbes. Souvent longues et minces baguettes groupées parallèlement en gerbes - ou structure fibreuse. Parfois fibres fines radiées ou enchevêtrées
Clivage parfait - Cassure inégale
Dureté = 6 à 7 Densité = 3,24
Transparent à translucide. Eclat vitreux vif - Couleur grisâtre, brunâtre, jaunâtre, verdâtre, vert olive clair ou incolore.

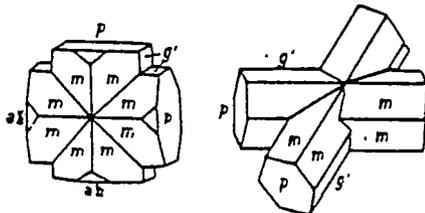
Variétés - Fibrolite - variété massive à texture fibreuse, compacte, tenace.

STAUROTIDE - Orth. 4SiO_2 , $5 \text{Al}_2\text{O}_3$, $(\text{Fe}, \text{Mg})\text{O}$, H_2O

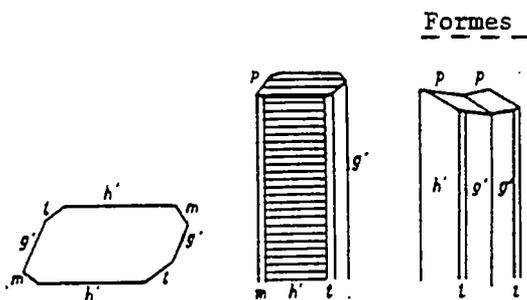


Formes - En cristaux prismatiques, assez allongés, parfois aplatis.
Macles - croix à 60° et croix à 90°
Clivage assez net - cassure inégale
Dureté = 7 à 7,5 Densité = 3,7
Transparent à opaque - le plus souvent pierreuse
Eclat vitreux ou résineux - Couleur brun rouge sombre à brun noir.

Variétés - Nordmarkite - Staurotide manganésifère (Suède)

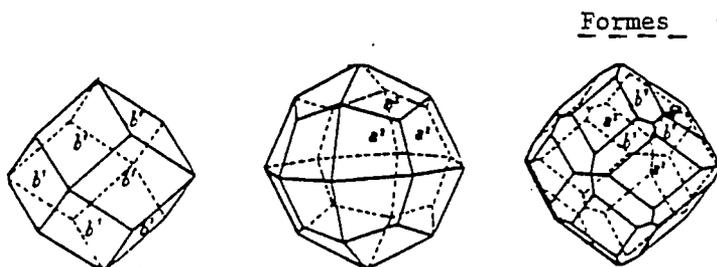


DISTHENE - Anorth. $\text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3$



Formes - Généralement longs cristaux prismatiques. Macles nombreuses, d'accolement, mécaniques, etc... Clivage parfait et facile Dureté = 4 à 5 et 6 à 7 suivant faces Densité = 3,56 à 3,67 Transparent à translucide - Eclat vitreux, nacré. Incolore à bleu de ciel. Parfois vert, gris, noir.

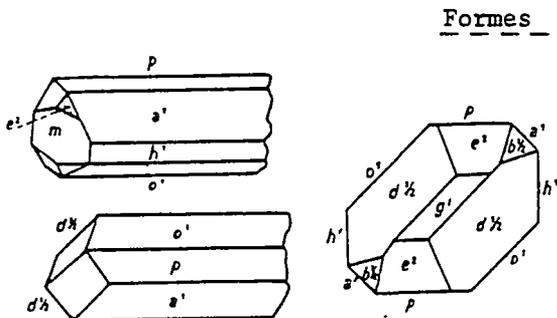
GRENATS - Cub. - $3 \text{SiO}_2, \overline{\text{M}_2\text{O}_3}, 3 \text{RO}$ - ou $\overline{\text{M}_2} = \text{Al}_2, \text{Fe}_2, \text{Cr}_2$, et $\text{R} = \text{Ca}, \text{Mg}, \text{Mn}$



Formes - Dodécaèdres rhomboïdaux et trapézoèdres - Faces souvent striées. Souvent en grains irréguliers. Parfois massifs, quelquefois lamelleux. Macle polysynthétique. Pas de clivage - cassure subconchoïdale Dureté = 6,5 à 7,5 Densité = 3,4 à 4,2 Rarement transparent - translucide à opaque. Eclat vitreux à résineux - Rarement incolore, jaune, rouge, brun, noir, rose, vert.

Variétés - Grossulaire - incolore à blanc, vert clair, jaune, rose
Ouwarowite - chromifère et calcique - vert émeraude
Pyrope - alumineux et magnésien - rouge grenat vif
Almandin - alumineux et ferreux - rouge grenat à rouge brun

EPIDOTE - Clino. $6 \text{SiO}_2, 3(\text{Al}_2, \text{Fe}_2)\text{O}_3, 4 \text{CaO}, \text{H}_2\text{O}$

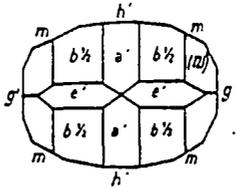


Formes - Cristaux généralement prismatiques allongés, les faces du prisme sont profondément striées selon l'allongement. Il existe des variétés fibreuses formant alors des masses compactes. Macle commune. Clivage parfait - Cassure inégale. Dureté = 6 à 7 Densité = 3,25 à 3,5 Transparent à opaque - Généralement translucide - Eclat vitreux, tendant à devenir résineux ou nacré - Couleur ordinairement vert jaunâtre à vert pistache - Pouvant devenir jaune, brun, noir, parfois rouge clair.

Variétés - Piemontite - épidote manganésifère - rouge brun à rouge très foncé

ZOISITE - Orth. $6 \text{ SiO}_2 \cdot 3 \text{ Al}_2\text{O}_3 \cdot 4 \text{ CaO} \cdot \text{H}_2\text{O}$

Formes - Prismes profondément striés selon l'allongement
Souvent massive, colonnaire à compacte
Clivage parfait - Cassure irrégulière à subconchoïdale

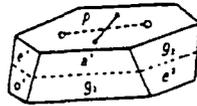
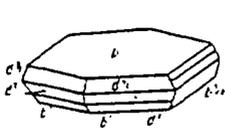


Dureté = 6 à 6,5 Densité = 3,25 à 3,37
Transparent à translucide - Eclat vitreux, nacre sur le clivage. Blanc ou gris verdâtre, parfois rose, brun, jaune vert.

Variétés - Clinozoisite - peu ferrifère, n'est pas colorée

CHLORITES - Clino. $3 \text{ SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3, 5(\text{Mg.Fe})\text{O} \cdot 4 \text{ H}_2\text{O}$

Formes - Seule la face p est nette



Macle 1

Macles des micas
Clivage très facile et parfait - Lames de clivage flexibles mais non élastiques - Tenace - Fissures de choc comme dans les micas
Dureté = 2 à 2,5 Densité = 2,65 à 2,90
Translucide à opaque - Eclat vitreux, un peu nacré sur p - Couleur généralement verte (vert herbe à vert olive). Plus rarement jaune, rose, incolore.



Pennine

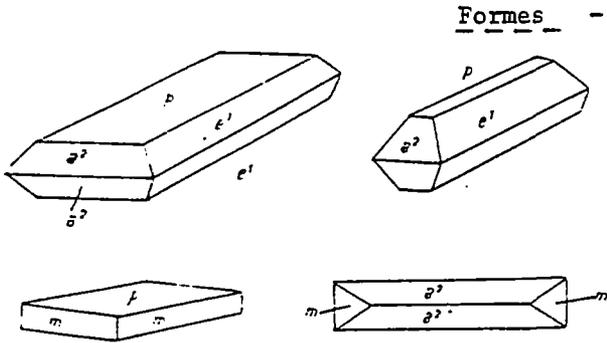
Variétés - Clinochlore

Vermiculites - s'exfolient à la chaleur → longs filaments en forme de vers (isolant)



IV - MINERAUX DES GANGUES ET DES GITES NON METALLIFERES

BARYTINE - Ortho. SO_4Ba



Formes - Cristaux généralement tabulaires, aplatis, et unis en groupes divergents. Egalement formes prismatiques. Massive, masses lamelleuses souvent crêtées ; grossièrement lamellaires - compacte, analogue au marbre - Fibreuse - globulaire - terreuse. Macle - lamelles répétées.

Clivage très parfait - Cassure inégale.

Dureté = 2,5 à 3,5 Densité = 4,48 à 4,6

Transparent à translucide - Eclat vitreux, un peu résineux, parfois un peu nacré - Incolore, blanche ou teintes claires (jaune, bleu, vert, rouge, brun pâle, brun sombre).

Variétés - Crêtées

- agrégats de cristaux tabulaires à surface crêtée

Columnnaire

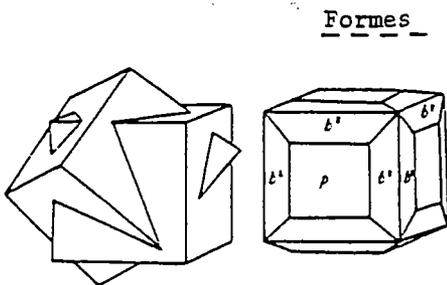
- concrétionnée, stalactitique - nodules fibreux

Terreuse

Fétide

- dégage au frottement une odeur fétide

FLUORINE ou FLUORITE - Cub. CaF_2



Formes - Cristaux cubiques - Rarement octaèdres - Parfois columnnaire à fibreuse

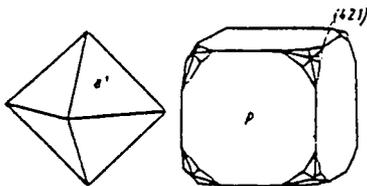
Macle par rotation de 180°

Clivage facile et parfait - Cassure légèrement conchoïdale ; esquilleuse dans certaines variétés compactes.

Dureté = 4 par définition Densité = 3,01 à 3,25

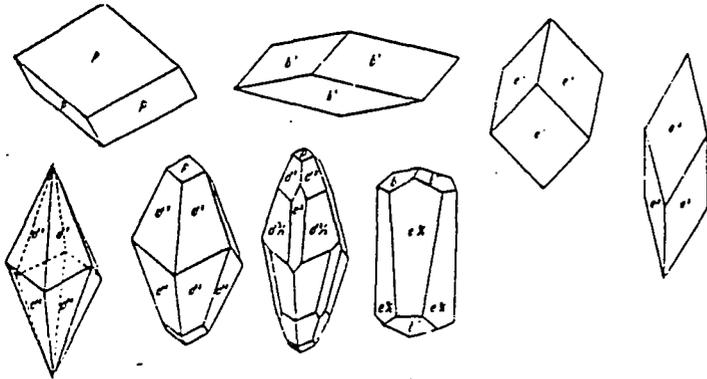
Transparent à translucide - Eclat vitreux, un peu nacré - Couleur variable - Souvent violet, bleu violacé, bleu verdâtre, vert, jaune, rose, blanc ou incolore - Rarement rouge - Parfois fluorescente.

Variétés - Fibreuse - granulaire - terreuse



V - MINÉRAUX DES ROCHES SEDIMENTAIRES

CALCITE - Rhomb. CO_3Ca



Formes - Rhomboèdres aigus ou obtus - prismes allongés ou tablettes très aplaties - Massives, de compacte à granulaire (clivable) - Cryptocristalline.

Finement ou grossièrement fibreuse - Stalactitique - Nodulaire - Parfois lamellaire - Terreuse.

Macles : pénétration et accolement

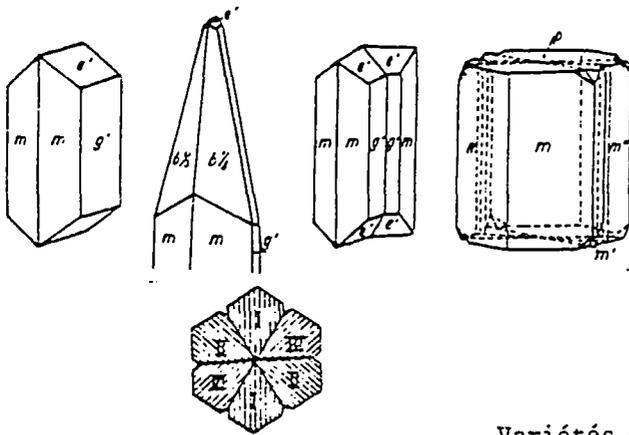
Clivage très facile - Cassure conchoïdale

Dureté = 3 par définition Densité = 2,7

Transparent à opaque - Eclat vitreux, mat dans les variétés compactes. Incolore ou blanc, ou teintes pâles : gris, rouge, vert, bleu, violet, brun, parfois noir. Certaines calcites sont fluorescentes au U.V.

Variétés - Spath d'Islande - En grands cristaux transparents
Calcaire - Roches formées de calcite, granulaire à compacte
Fibreuse, lamellaire : analogue du gypse fibreux

ARAGONITE - Ortho. CO_3Ca



Formes - Cristaux prismatiques, souvent aciculaire, ou édifices, macles. Prismes à angles rentrants, à base striée - Souvent en masses columnaires, droites ou divergentes - Stalactitique - En forme de coraux - Eventuellement globulaire, fibreuse ; en incrustations

Macle extrêmement commune

Clivage distinct - Cassure inégale à conchoïdale

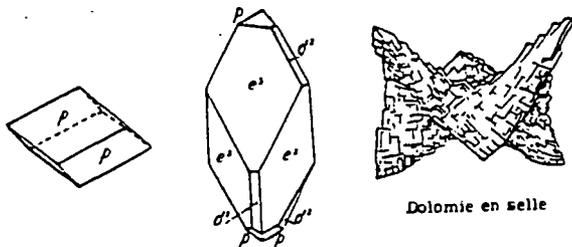
Dureté = 3,5 à 4 Densité = 2,93 à 2,95

Transparent à translucide - Eclat vitreux, un peu résineux dans la cassure - Blanc, parfois teintes pâles (gris, jaune, vert, violet).

Variétés - Stalactitique - compacte ou à texture fibreuse
Coralloïde - en ramifications analogues des coraux
CONCHITE - poreuse

DOLOMIE - Rhomb. CO_3Ca . CO_3Mg

Formes



- Formes habituelles : rhomboèdres, ou bien des formes se présentant comme des assemblages de petits cristaux à faces gauches : dolomie en selle

Egalement massive, masses compactes ou granulaires rugueuses ressemblant généralement à du marbre

Macles nombreuses

Clivage parfait - Cassure conchoïdale

Dureté = 3,5 à 4

Densité = 2,8 à 2,9

Transparent à translucide. Eclat vitreux vif, un peu nacré - Incolore, blanc, blanc rougeâtre, verdâtre, gris, jaune, brun également rose.

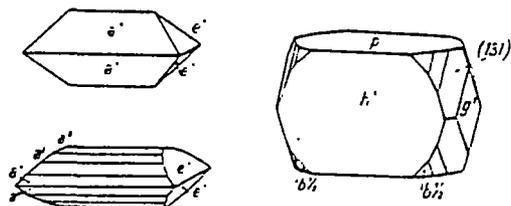
Variétés

- Dolomies - Roches sédimentaires ou métamorphiques

- Ankérîte - Ferrifère parfois manganésifère

ANHYDRITE - Ortho - SO_4Ca

Formes



- Cristaux isolés rares, tabulaires ou prismatiques - En général, masses cristallines montrant les 3 clivages - Parfois finement granulaire, un peu écailleuse - Fibreuse = fibres parallèles, radiées, pennées et souvent courbes - Formes concrétionnées, contournées.

Macle rare

Clivage très parfait - Cassure inégale, parfois esquilleuse

Dureté = 3 à 3,5

Densité = 2,98 à 3

Transparent à translucide - Eclat vitreux, très nacré, un peu gras. Incolore, souvent teinté de gris bleu, de violet, plus rarement rougeâtre, brunâtre, mauve, rose, blanc. Produit d'évaporites.

Variétés

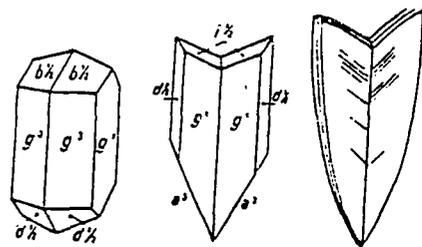
- Fibreuse

- VULPINITE = écailleuse

- TRIPSTONE = concrétionnée

GYPSE - Clin. $\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Formes - Cristaux souvent gros, généralement aplatis ou prismatiques et allongés parallèlement. Cristaux parfois lenticulaires.



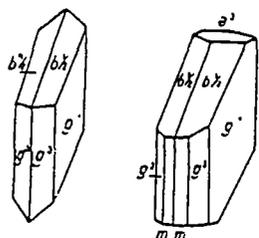
Masses foliacées - Fibreuses - Variétés lamelleuses - En agrégats, en rosettes - compact, saccharoïde (ALBATRE) - Variétés terreuses.

Macles nombreuses - en queue d'aronde, fer de lance, cruciforme.

Clivages nombreux

Dureté = 2 par définition Densité = 2,31 à 2,33

Transparent à translucide - Eclat vitreux, nacré, soyeux sur le clivage fibreux - mat dans les variétés compactes. Incolore, masses compactes souvent teintées de gris, rose, jaune, brun.



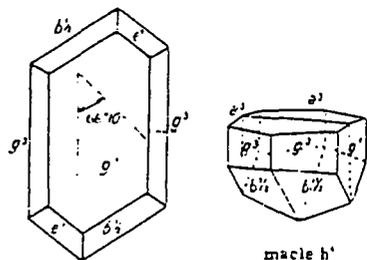
Variétés - Fibreuse

- spath satiné
- grain très fin - teintes délicates

ALBATRE

Terreux

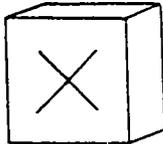
- souvent impur avec calcaire, argile, silice.



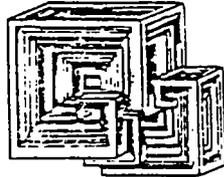
macle h'

SELS DE SOUDE ET DE POTASSE

SEL GEMME - Cub. NaCl



Solide de Clivage
montrant les
fissures de choc



Formes - Cubiques, cubes à faces lisses ou en trémies
Rarement octaèdres - Souvent masses cristal-
lines ne montrant que les clivages - de gros-
sièrement granulaire à compacte.
Clivage parfait - Cassure conchoïdale
Dureté = 2,5 Densité = 2,16 à 2,6
Transparent à translucide - Eclat vitreux.
Incolore, blanc grisâtre ou teinté de bleu,
rouge, pourpre, jaune.

SYLVINE - Cub. KCl

Formes - Comme le sel gemme - généralement en masses
cristallines, de grossièrement granulaires
à compactes.
Clivage parfait - Cassure inégale
Dureté = 2 Densité = 1,97 à 1,99
Transparent à translucide - Eclat vitreux.
Incolore, blanc, grisâtre, bleuâtre ou teinté
de rouge.

CARNALLITE - Orth. - KCl, MgCl₂, 6 H₂O

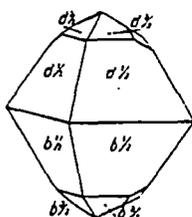
Formes - En général masse granulaire, informe, déli-
quescente
Cristaux exceptionnels.
Pas de clivage - Déliquescence en atmosphère
humide
Dureté = 2,5 Densité = 1,59 à 1,60
Transparent à translucide, éclat vitreux,
un peu gras. Incolore, blanc laiteux, parfois
coloré en rouge.

POLYHALITE - Anorth. 2 SO₄Ca. SO₄Mg. SO₄K₂. 2 H₂O

Formes - Cristaux indistincts, petits et rares - Or-
dinairement en masses ; également fibreuse
ou lamellaire
Macles très communes - Clivage parfait
Dureté = 3,5 Densité = 2,77 à 2,78
Transparent à translucide - Eclat résineux,
un peu nacré sur le clivage - Incolore,
blanc, gris, souvent rose saumon à rouge
brique.

KYESERITE - Clin. $\text{SO}_4\text{Mg} \cdot \text{H}_2\text{O}$

Formes - Généralement massive, granulaire à compacte
Cristaux rares.



Macles polysynthétiques, fréquemment visibles au microscope - Clivages parfaits - Parfois friable
Dureté = 3,5 Densité = 2,5 à 2,6
Translucide - Eclat vitreux - Incolore, blanc, grisâtre ou jaunâtre.

GLAUCONIE - Silicoaluminat de fer et de Potassium

Formes - Terreuse, ressemblant à la chlorite terreuse, confusément cristalline, en grains informes
Clivage micacé - fragile
Dureté = 2 Densité = 2,2 à 2,4
Opaque - Eclat mat - Couleur : vert jaunâtre, vert olive à vert noirâtre. Poussière verdâtre.

La Glaucomie dérive des ILLITES par substitution de Fe^{III} à AL dans le feuillet. Elle est en outre plus potassique que ces dernières.

- PHOSPHATES SEDIMENTAIRES -

Les phosphates de chaux sédimentaires sont des phosphates d'origine biochimique répartis à l'état de grains ou de nodules, dans la masse de certaines assises de roches sédimentaires consolidées (Calcaires, marnes, grès) - ou non consolidées (Sables, graviers).

Ils ne sont pas constitués par de l'apatite détritique, mais par une substance d'apparence amorphe, cryptocristalline, parfois concrétionnée, parfois fibreuse, qui s'est développée dans le sédiment ou y a été remaniée.

- Graviers et granules sont constitués par une fluorapatite hydratée et carbonatée - Cryptocristalline appelée COLOPHANITE
- Translucide à opaque - éclat vitreux ou cornée à structure finement ou indistinctement zonée, parfois nettement concrétionnée, sphérolithique, pulvérulente.
Dureté = 3 à 4 Densité = 2,5 à 2,9
Parfois présence de Francolite
- Grains de phosphates - Taille de 1/20 de mm au millimètre - sont jaunes, bruns ou gris - souvent oolithiques.
- Les nodules de quelques centimètres à quelques décimètres sont jaunes, verts ou noirâtres, avec une cassure brillante ou terreuse.
- Phosphorites - dépôts mamelonnés ou stalagmitiques de Colophane - Francolite - Tapissant ordinairement d'anciennes cavités de dissolution dans les calcaires.

SILICE DES ROCHES SEDIMENTAIRES

- ARGILES - Silicates d'Alumine hydratés

Résultant de l'altération de nombreux minéraux alumineux. Ces minéraux argileux sont à la base des roches sédimentaires dites "Argiles", marnes, schistes et calcaires argileux.

Dans ces roches l'argile minérale peut se présenter sous différentes formes.

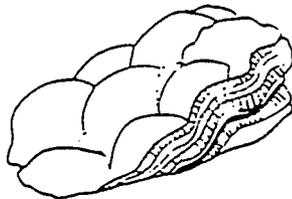
- l'Hallophane - ($Al_2O_3, SiO_2. 4 H_2O$) variété amorphe et colloïdale d'argile.

- . La Kaolinite
- . l'Halloïsité
- . La Montmorillonite

Variétés cristallisées en petites paillettes blanchâtres, nacrées, incolores ou grises.

Le Koalin - présence de Kaolinite - provient de la désagrégation des roches feldspathiques à orthose - C'est une argile blanche, assez pure, utilisée dans l'industrie de la porcelaine.

SILICE AMORPHE COLLOIDALE



- . La CALCEDOINE - caractérisée par sa structure fibreuse
- . L'OPALE - silice amorphe, hydratée et soluble
- . La CALCEDOÏNE associée à l'opale, forme dans les roches sédimentaires des objets appelés SILEX.

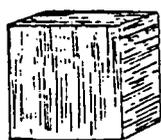
Les SILEX se sont formés sur le fond marin presque en même temps que le sédiment qui les renferme et dans lequel ils sont souvent alignés en lits ou cordons.

Silice colloïdale → opale → cristallisation en CALCEDOÏNE.

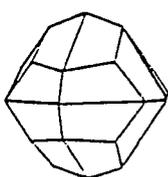
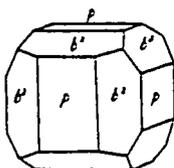
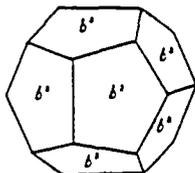
VI - MINERAUX METALLIFERE

SULFURES

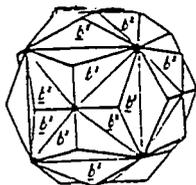
PYRITE - Cub. FeS_2



triglyphe



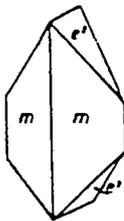
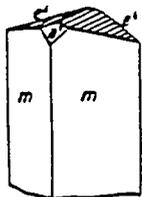
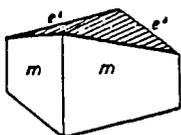
(111) macle a la Croix de fer



Formes - Cristaux : cubes et pyritoèdres - Faces souvent striées parallèlement - Fréquemment massive, finement granulaire - Parfois fibreuse, radiée, globulaire. Macle par rotation de 90°
Clivages et plans de séparation très indistincts - Cassure conchoïdale ou inégale - Fait feu au briquet.
Conducteur de l'électricité
Dureté = 6 à 6,5 Densité = 4,95 à 5
Opaque - Eclat métallique - Couleur jaune laiton pâle - Poussière noir verdâtre

Variétés - Pyrite nickelifère - de jaune laiton à blanc d'argent
Pyrite cobaltifère - violacé à gris

MISPICKEL - Orth. $FeAsS$

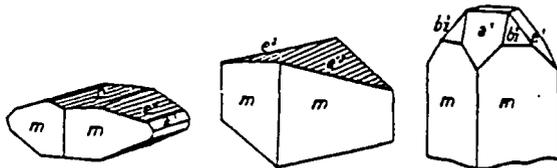


Formes - Cristaux prismatiques, allongés ou courts - Egalement massif, granulaire ou compact - Columnaire, parallèle ou divergent
Macle commune - Clivage assez net - Cassure inégale
Dureté = 5,5 à 6 Densité = 6,07
Opaque - Eclat métallique - Couleur blanc d'argent à gris d'acier clair - Poussière noire

Espèce voisine : Lollingite - blanc d'argent

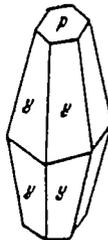
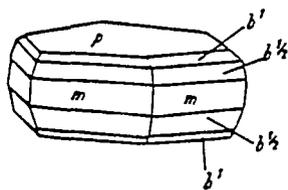
MARCASSITE - Orth - FeS₂

Formes - Cristaux généralement aplatis ; parfois pyramidaux - Faces fréquemment courbes - Rarement en cristaux prismatiques. En masses globulaires rayonnées, ou stalactitiques à texture interne radiée et surface hérissée de pointements cristallins - Egalement concentrique - Rarement capillaire Macle commune - Clivage assez net - Cassure inégale
Dureté = 6 à 6,5 Densité = 4,89
Opaque - Eclat métallique - Couleur grise à peine jaunâtre dans la cassure fraîche. Souvent jaune à la surface par altération. Poussière noire grisâtre
Minéral des dépôts superficiels - basse température.



PYRRHOTINE - Hexa - Fe^{1-x}S - x entre 0 et 0,2 Souvent + Ni et Co

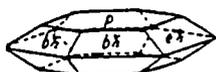
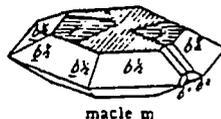
Formes - Cristaux nets rares, la plupart du temps tabulaires, ou pyramidaux aigus, avec faces striées horizontalement - Presque toujours massif, en masses granulaires plus ou moins feuilletées, lamellaires. Parfois en rosettes, en nodules
Macle avec axe des 2 cristaux presque rectangulaires
Pas de clivage - Cassure conchoïdale ou inégale - Magnétique
Dureté = 3,5 à 4,5 Densité = 4,6 à 4,7
Opaque - Eclat métallique - Couleur jaune bronze, rougeâtre à brunâtre - Terni brun à l'air, parfois irisé - Poussière noire un peu verdâtre.



Variétés - TROILITE - FeS - pyrrhotine des météorites.

CHALCOSINE - Orth. Cu₂S

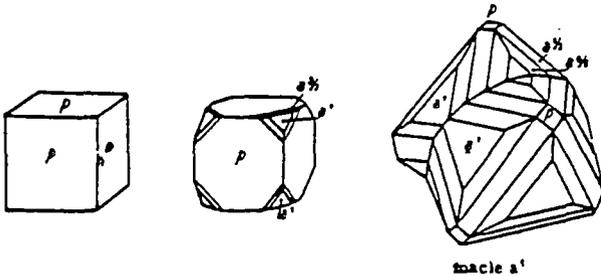
Formes - Cristaux aplatis - Tabulaires épais, en prismes courts, parfois prismatiques - Généralement massive, à structure granulaire à compacte
Macle fréquente - Clivage indistinct - Cassure conchoïdale - Imparfaitement sectile
Dureté = 2,5 à 3 Densité = 5,5 à 5,8
Opaque - Eclat métallique, le plus souvent faible. Se ternit rapidement, avec production d'irisations bleues - Couleur gris noir plombé - Poussière noire.



Espèces voisines : STROMEYRITE
ACANTHITE

GALENE - Cub PbS

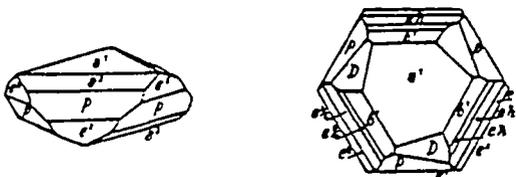
formes



- généralement en cubes, ou en cubo-octaèdres. Exceptionnellement tabulaire. Souvent massive, ne montrant que les clivages trirectangulaires. De grossièrement à finement granulaire. occasionnellement fibreuse
Macles communes :accolement en pénétration
Clivages très parfaits. Cassure lisse en subconchoïdale.
Dr : 2,5 fragile Ds : 7.58
Opaque-éclat métallique-couleur gris de plomb poussière gris de plomb.

CINABRE - Hex. HgS

formes

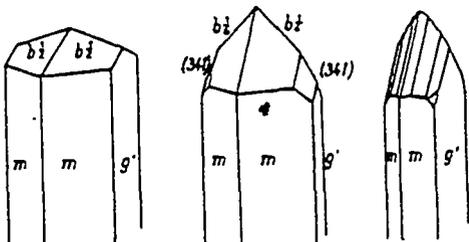


- Cristaux généralement rhomboédriques ou en tablettes épaisses. Exceptionnellement en prismes. Le plus souvent en masses granulaires à clivage visible, ou en incrustations macle comme le quartz-clivage parfait cassure inégale à subconchoïdale
Dr : 2 à 2,5 Ds : 8,09 un peu sectile
Eclat adamantin, presque métallique dans les variétés sombres-mât dans les variétés terreuses
couleur rouge carmin, parfois rouge brunâtre parfois presque noir ou gris de plomb-poussière écarlate.

Variétés : Cinabre Hépathique - Brun avec parfois poussière brunâtre et texture écailleuse.

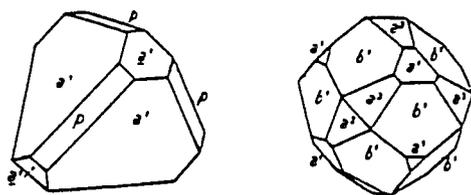
STIBINE - Orth $Sb_2 S_3$

Formes

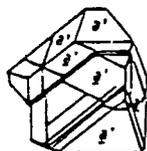


- Prismes très allongés (longues aiguilles) faces canelées ou striées en long-commune en agrégats confus ou radiés de cristaux aciculaires parfois massives-macles-clivages très faciles légèrement sectile-cassure conchoïdale
Dr : 2 Ds : 4,63
Opaque-éclat métallique (intense sur le clivage) couleur gris de plomb, un peu bleuâtre-poussière gris de plomb-se ternit assez rapidement, parfois avec irisations.

BLLENDE - Cub. ZnS



Formes - Cristaux souvent compliqués à faces arrondies - Cubes, dodécaèdres - Le plus souvent masses clivables grossièrement à finement granulaires - Plus rarement masses compactes fibreuses.



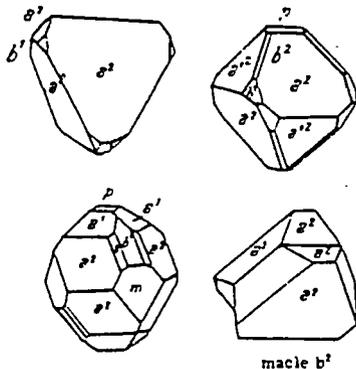
macles a' répétées

Macles par rotation de 180° - Clivage très parfait - Cassure conchoïdale
Dureté = 3,5 à 4 Densité = 3,9 à 4,1
Transparent à translucide ou presque opaque
Eclat adamantin à résineux, parfois submétallique - Couleur jaune, brun, noir parfois rouge, vert.

Variétés - MARMATITE - ferrifère - couleur brun à noir
Eclat métallique

BLLENDE MIELLEUSE - jaune miel très translucide

CHALCOPYRITE - Quad - CuFeS₂ - avec souvent Ag et Au



macles b²

Formes - Les cristaux montrent souvent les formes caractéristiques de l'Hémièdre Sphénoédrique. Les formes conjuguées coexistent souvent sur le même cristal, l'une à faces largement développées, oxydées, ternes et striées diagonalement, l'autre à faces restreintes, mais lisses et brillantes.



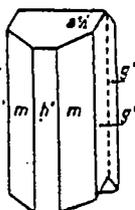
Macles fréquentes - Clivages parfaits - Cassure inégale
Dureté = 3,5 à 4 - Rayable au canif
Densité = 4,1 à 4,3
Opaque - Eclat métallique - Couleur jaune d'or, souvent terne ou irisée (dans les teintes rouges à violettes), par oxydation superficielle.
Poussière noir verdâtre.

Espèces voisines :

Cubanite - CuF₂S₃ - voisine comme aspect de la Pyrrhotine.

S'altère fréquemment en Covelline, Chalcosine, Malachite, Azurite, Chrysocolle, Ténorite, parfois en sulfate à l'exposition à l'air d'où les affleurements parfois teintés de :

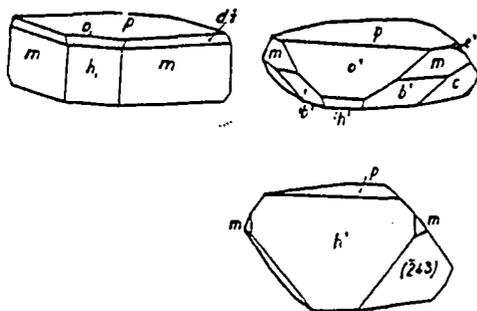
MALACHITE - Clin - Cu₂(OH)²CO₃



Cristaux rares - Le plus souvent massive à structure concrétionnée et plus ou moins finement fibreuse.

Agrégats fibreux délicats, gerbés ou compacts
Clivages parfaits - Cassure subconchoïdale irrégulière
Dureté = 3,5 à 4 Densité = 4 à 5
Translucide à opaque - Eclat vitreux.
Couleur vert franc - Poussière vert pâle

AZURITE - Mono - $\text{Cu}_5(\text{OH})^2 (\text{CO}_3)^2$



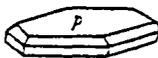
Cristaux à faciès très variés - En groupements subparallèles ou agglomérats globulaires
Rarement massif - Stalactitique à structure colonnaire ou grossièrement radiée - En enduits à aspect amorphe, terreux - Clivage parfait - Cassure conchoïdale
Dureté = 3,5 à 4 Densité = 3,8
Transparent à translucide - Eclat vitreux
Couleur bleu azur ou bleu de prusse
Poussière bleu clair - S'altère fréquemment en Malachite.

CHRYSOCOLLE - $\text{SiO}_2 \cdot \text{CuO} \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ - se décompose par HCl

Masses concrétionnées informes, cryptocristallines - Incrustations - Remplissage de fissures - Aspect parfois d'opale ou d'émail, parfois terreux.
Cassure conchoïdale
Dureté = 2 à 4 Densité = 2 à 2,24
Translucide à opaque - Eclat vitreux ou mat
Couleur vert bleu à bleu turquoise
Poussière incolore.

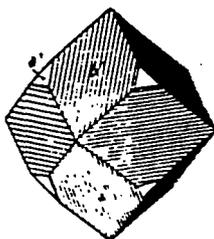
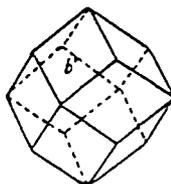
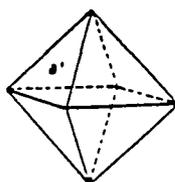
MOLYBDENITE - Hexa. MoS_2

Formes - Cristaux ou paillettes - hexagonaux, tabulaires, analogues à ceux du Graphite - Striation triangulaire - Parfois prismes très courts légèrement en barillet - Le plus souvent en masses ou ~~ma~~ches foliacées informes, ou en lamelles micacées - Parfois en écailles grossièrement divergentes - Clivage très facile et parfait - Lamelles de clivage très flexibles, sans élasticité Sectile - Toucher gras - Tache les doigts.
Dureté = 1 à 1,5 Densité = 4,62 à 4,73
Opaque - Eclat métallique - Couleur gris de plomb avec reflet bleuâtre - Trace gris bleuté sur le papier, verdâtre sur la porcelaine.



OXYDES

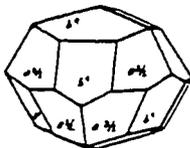
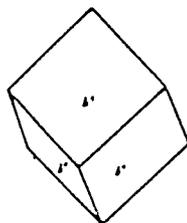
MAGNETITE - Cub. Fe_2O_3 . FeO



Formes - Le plus généralement en octaèdre - En masses granulaires à compactes - En grains - Rarement à structure colonnaire radiée et surfaces mamelonnées - Parfois en cristallites microscopiques dans les roches éruptives - Macles parfois en lamelles répétées - Clivage variable - Cassure subconchoïdale à inégale - Fortement magnétique - Dureté = 5,5 à 6,5 - Densité = 5,17 à 5,18 - Opaque - Eclat métallique (variable), de vif à presque terne - Couleur noir - Poussière noire.

Variétés - Jacobsite
Titanomagnétite - jusqu'à 7,5 % TiO_2

OLIGISTE - Rhomb. - Fe_2O_3



Formes - Cristaux généralement tabulaires, en lamelles minces ou épaisses parallèles et souvent groupées en positions parallèles ou en rosettes - Parfois micacés - Massif, granulaire, fibreux et fréquemment radié, terreux - Macles lamellaires et par accolement - Pas de clivage - Flexible et élastique - Cassure subconchoïdale à inégale. - Dureté = 5 à 6 - Densité = 4,9 à 5,3 - Opaque, transparent en lames très minces - Eclat métallique parfois vif - Terne souvent dans les variétés compactes - Terreux dans les variétés en poussière ou en masses rugueuses - Poussière rouge (sanguine), à brun rougeâtre.

Variétés - Oligiste spéculaire

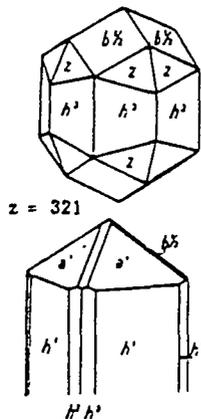
- Oligiste micacé - en paillettes métalliques fusibles
- Hématite rouge - masses compactes, à éclat variable, métallique ou submétallique. Rouge, rouge brunâtre à noir de fer
- Ocres rouges - variétés terreuses, impures, mêlées d'argiles.

LIMONITES - $\text{Fe}_2\text{O}_3, n \text{H}_2\text{O} . p \text{FeO} (\text{OH})n . \text{H}_2\text{O}$

Formes - Produits mal définis - hydrate de fer dominant - mélange de Goethite et de Lépidocrocite cryptocristalline - Se présente sous les faciès suivants : massive, compacte à cassure faiblement conchoïdale, ou à texture plus ou moins nettement fibreuse, subparallèle, divergente, radiée, colonnaire, mamelonnée; à surface lisse, mate ou luisante - Concrétionnée, pisolithique, oolithique, stalactitique, en revêtements à structure lâche, poreuse, terreuse - Parfois fragile
Dureté = 4 à 5 Densité = 2,7 à 4,3
Opaque - Eclat variable, souvent terreux, mat, mais parfois vernissé à submétallique dans les variétés compactes et mamelonnées - Couleur : brun à noir brunâtre ; brun terne, jaune brunâtre, brun rouge dans les variétés terreuses ; ocre jaune, brun orangé dans les variétés pulvérulentes.
Poussière brun jaune à jaune.

Variétés - Hématite brune - compacte ± fibreuse, concrétionnée
Limonites - variétés terreuses
OCRES - jaunes, bruns, argiles colorées par la limonite
Oolithique - oolithes (épisolithes) en limonite liées par un ciment ferrugineux
Limonites - Limonites récentes avec sables, phosphates, acides organiques.

PYROLUSITE - Orth. - MnO_2



Formes - Cristaux (formés de petits cristaux élémentaires microscopiques de Polianite en position subparallèle) - Masses fibreuses - Souvent massive, granulaire à pulvérulente, colonnaire à fibreuse, souvent divergente - Revêtements ruiformes, concrétionnés - Incrustation dendritiques délicates - Friable, souvent tachant les doigts - Clivage parfait - Poussière noire ou noir bleuâtre.
Dureté = 2 à 3,5 Densité = 4,4 à 5
Opaque - Eclat métallique - Couleur gris de fer foncé à noir, parfois bleuâtre dans les variétés compactes.

BAUXITES -

Formes - Comme les phosphates sédimentaires, sont des mélanges en proportions variables de : Hydrate d'alumine, Silice, Oxydes de fer, Argiles, Calcite.
Aspect amorphe, argileux, terreux - Structure compacte, pisolithique, bréchoïde - Happe à la langue - Cassure terne, parfois un peu luisante.

Densité = 2,5

Couleur blanche, grisâtre, rose, rouge brique, parfois verdâtre - Soluble dans SO_4H_2 et NaOH (différence avec les argiles).

Variétés - LATERITES - produits de l'altération des roches sous les climats tropicaux - Mélanges d'argiles et d'hydrates d'alumine.
Forme de matière argileuse rouge brique à la surface des sols - pouvant parfois devenir de véritables Bauxites.

CRYOLITHE - Clin. - $AlF_3 \cdot 3 FNa$

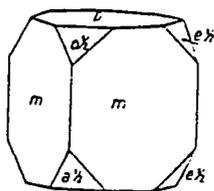
Formes - En général massive, ne montrant que les clivages trirectangulaires - Cristaux rares, souvent d'apparence cubique.

Macle commune - Clivage parfait - Cassure inégale -

Dureté = 2,5

Densité = 2,95 à 3,00

Transparent à translucide - Eclat vitreux faible, éclat de suif un peu nacré - Incolore à blanc de neige, parfois teinté de brun, de rouge - Poussière incolore -



Pendant longtemps le seul minerai d'aluminium.

SILICATES

1 - Silicates à tétraèdres isolés.

- a) péridots : forsterite : dans dolomies métamorphiques,
olivine : vert olive, vitreux, cassures courbes, roche
éruptive, serpentine
fayalite
- b) silicates d'alumine (SiO_2) Al_2O_3
andalousite : roches métamorphiques, rose, éclat vitreux,
prismatique,
sillimanite : roches métamorphiques, fibreuse, blanc por-
celaine,
disthène : baguettes aplaties, bleu noir, roches métamor-
phiques,
staurotide : roches métamorphiques, gros prismes,
topaze : roches pegmatites, prisme limpide,
- c) grenats : almandin : rose clair,
pyrope : rouge foncé à brun
grossulaire : grenat clair dans calcaire métamorphique,
andradite
- d) épidote : prismes striés en long, vert pistache,
roche métamorphiques, fentes hydrothermales,
zoizite : blanche
allanite : prismes bruns foncés,
sphène : roches éruptives et métamorphiques, éclat résineux.
zircon : roches éruptives et métamorphiques, prismes incolores.
chloritoïdes : en lamelles verts foncés,
melilite : roches volcaniques.

2 - Silicates à tétraèdres en chaîne.

- a) chaînes fermées :
tourmaline : roches érupt. + métam., noire à vert,
béryl (émeraude) : prismes hexagonaux, vert, dans les pegmatites.
cordierite : roches érupt. + métam., vert foncé, éclat cireux.
- b) chaînes ouvertes :
pyroxènes ferromagnésiens (roches érupt. + métam.)
- enstatite : prismes verdâtres;
- hypersthène : noir
pyroxènes calciques
- diopside : clair ou sombre, en prismes,
- augite (avec Al ou Ti), noir ébène dans les basaltes,
pyroxènes sodiques
- aegyrine ; roches éruptives, prismes verts,
- jadeïte
- wollastonite en calcaire métamorphique.
- c) chaînes doubles
amphiboles (ions OH)
- ferromagnésienne,
- calciques : tremolite : r. métam. aiguille blanche,
actinote : r. métam., aiguille verte,
hornblende : + Al, prismes sombres, vertes
ouralite : alt des pyroxènes
- sodiques : riebeckites : r. érupt. noir bleuté, en aiguille,
glaucophane : r. métam., prismes trapus, noir.

3 - Silicates à tétraèdres en feuillets (phylites).

- a) talc : phyllite à 3 couches de 10 Å
r. métam. et hydrothermales.
- b) micas : biotite (noir), r. érupt. + métam., altération en chlorite
muscovite (blanc), r. érupt. + métam. + séd. et alt. sup.
très gros en pegmatite, micro en sericite
des schistes.

- c) chlorites : altération des micas, vert très pâle
pennine : vert, non élastique, alt. de biotite
chamosite : en r. séd. des minerais de Fe.
structure proche des serpentines
- d) serpentine : alt. des péridots.
vert foncé - amiante ou asbeste
alt. de l'olivine - isotype magnésien de la kaolinite
- e) argiles : alt.
kaolinite (blanc) continentale : lac ou estuaire,
illite (vert) lagunaire, séd., glauconie ferrugine
montmorillonite : gonfle dans l'eau.

4 - Silicates à tétraèdres associés en 3 dimensions.

- a) feldspath : F potassique : microcline et orthose (sanidine) - rose si
hématite.
F sodique : albite, plagioclase
F calcique : anorthite
- b) plagioclases : acide : albite (0 à 10 % anorthite)
oligoclase (10 à 30 % anort)
moyen : andésine 30 à 50
basique labrador 50 à 70
bytownite 70 à 90
anorthite 90 à 100
- plagio. acide : altération en séricite,
plagio. basique : alt. en saussurite (albite, + épidote)
feldspaths noirs : faciès malgachitiques (hydrate ferreux).

- c) feldspathoïdes néphéline : prismes hexagonaux, incolores, éclat gris
leucite : trapézoèdres blancs translucides.

- d) wernérites : r. métam. plagio. à tendance pneumatolytique.

- e) Zéolithes.

- f) silice cristalline

quartz : temp. inf. 867° cristal de roche :
trydimite < 1470°
cristoballite > 1470°
amorphe
calcédoine : quartz fibreux de basse temp.
opale : silice fibreuse, aspect amorphe.

MINERAUX AUTRES QUE SILICATES

- 1 - Carbonates : calcite, aragonite
dolomie, ankérite, sidérose, magnésite
- 2 - Sels : sulfates : anhydrite, gypse,
phosphates : apatite, collophane,
chlorure : sel gemme,
fluorures : fluorite
sulfures : pyrite, pyrrothite, marcassite.
- 3 - Oxydes et hydrates.
- a) oxyde et hydroxyde d'aluminium
Corindon : Al_2O_3
Gibbsite : $\text{Al}(\text{OH})_3$
Diaspore : $\text{Al O}_2\text{H}$
Rochmite : Al O O H } minerais de bauxites
- b) oxydes et hydrates de fer
hématite : Fe_2O_3 (fer oligiste)
magnétite : Fe_3O_4 (avec titane)
Goétite : id. Gibbsite
Limonite
- c) divers
rutile : r. érupt. et métam. brun
ilménite : brun violacé
spinelles : Cr_2FeO_4
cassitérite SnO_2

CHAPITRE 2

LES ROCHES SÉDIMENTAIRES

Rédigé par J.B. CHAUSSIER

LE CYCLE DES ROCHES

UNE ROCHE SEDIMENTAIRE PROVIENT DE L'ALTERATION D'UNE ROCHE PREEXISTANTE, ET DE SON TRANSPORT VERS UN AUTRE MILIEU DE DEPOT OU ELLE SUBIT DES TRANSFORMATIONS PHYSICO-CHIMIQUES APPELEES DIAGENESE.

PAR INFLUENCE DE LA PRESSION ET LA TEMPERATURE ELLE SE METAMORPHISE, SUBIT DES INFLUENCES DE ROCHES MAGMATIQUES AVANT QUE CES DERNIERES APPARAISSENT EN SURFACE SOUS FORME DE ROCHES EFFUSIVES OU VOLCANIQUES A PARTIR DESQUELLES LE CYCLE RECOMMENCE.

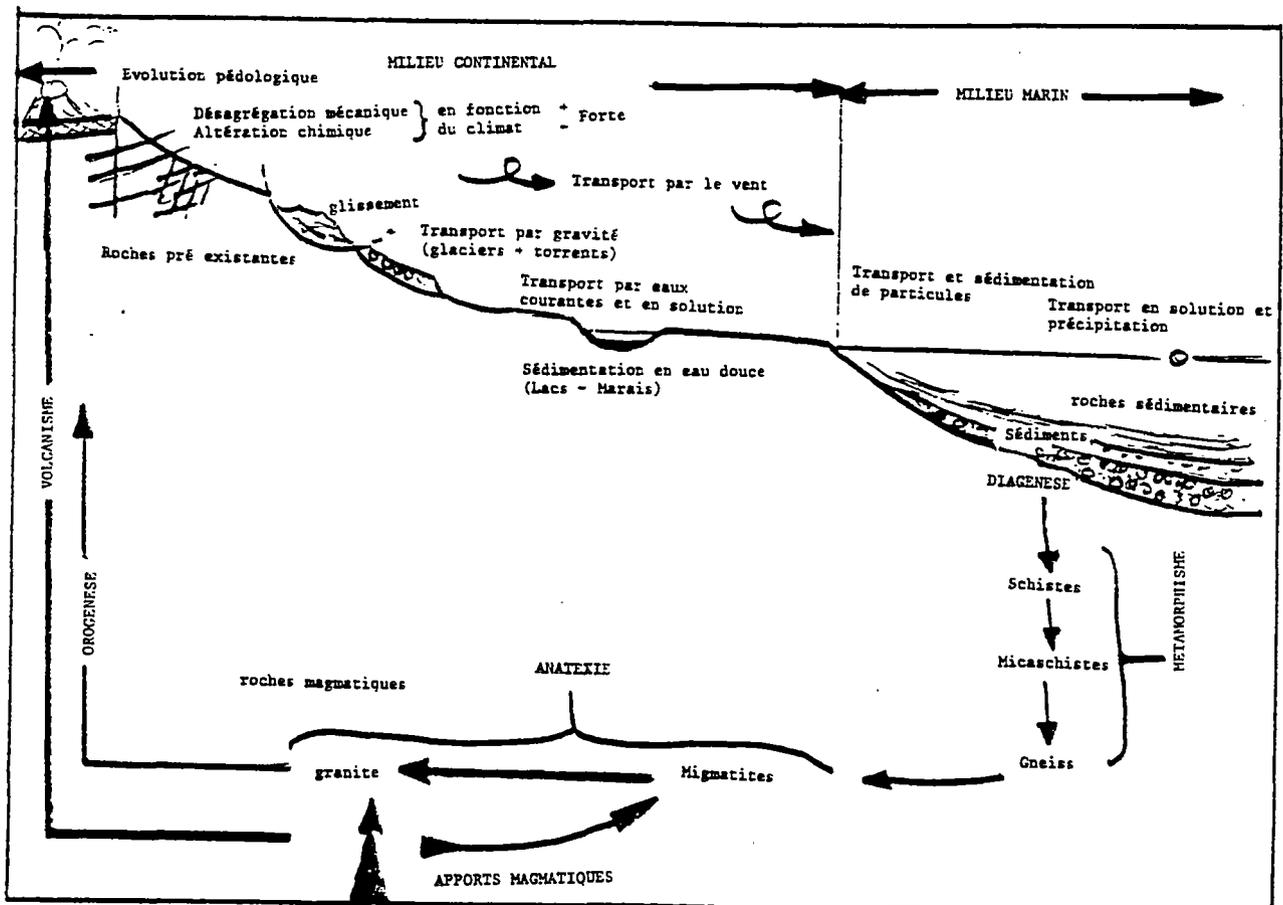
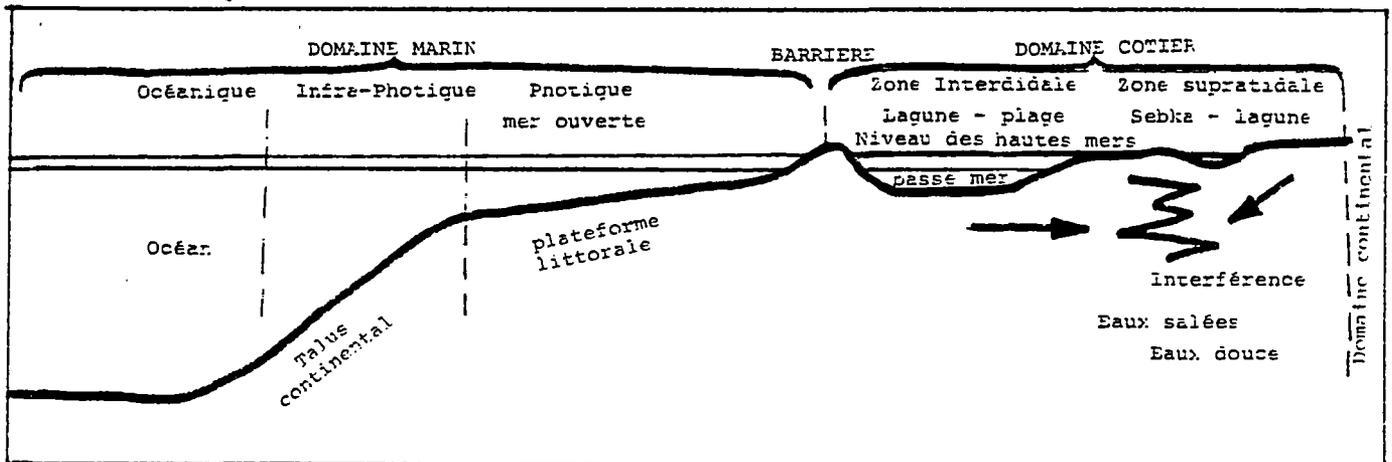


TABLEAU DES FACTEURS INTERVENANTS DANS LE CYCLE DE FORMATION DES ROCHES
(En partie d'après DERCOURT et PAQUET - Extrait de GEOLOGIE - Objets et Méthodes 1978)

I - LES MILIEUX DE DEPOT DES ROCHES SEDIMENTAIRES

DOMAINE CONTINENTAL
 DOMAINE COTIER
 DOMAINE MARIN

- 1 - ZONE D'ALTERATION :
 Paléosols - paléosurfaces - cuirasses (latérite, bauxite, fer, nickel)
 dépôts résiduels.
 Karst.
 - 2 - DEPOTS FLUVIATILES :
 Eluvions, placers actuels, Flat.
 Dépôts éoliens, dépôts glaciaires.
 Loess - moraines
 - 3 - CONTEXTES DELTAIQUES :
 Continentaux : (Oued Tafessaset - Ténéré.)
 Lacustres : (Lac Tchad.)
 Sebka continentale, dépôts de sels. (chotts Tunisiens)
-
- 4 - ZONE SUPRATIDALE :
 Sebka de lagune. Schörres (Lagunes du languedoc)
 Milieu confiné de Lagon.
 - 5 - ZONE INTERTIDALE (limite entre Haute et Basse Mer) :
 Plages - baïnes, lagunes ouvertes, cordon littoral. Slikkes
 Estuaire. delta marin (Bassin d'arcachon)
-
- 6 - DOMAINE MARIN PHOTIQUE :
 Plate-forme littorale
 pro-delta - chenaux...
 mer épicontinentale ouverte ou fermée.
 Barrières épicontinentales - récifs - coraux.
 - 7 - DOMAINE MARIN INFRAPHOTIQUE :
 Talus continental - canyons sous-marins. chenaux d'estuaires
 - 8 - DOMAINE MARIN OCEANIQUE
 - 9 - CROUTE OCEANIQUE

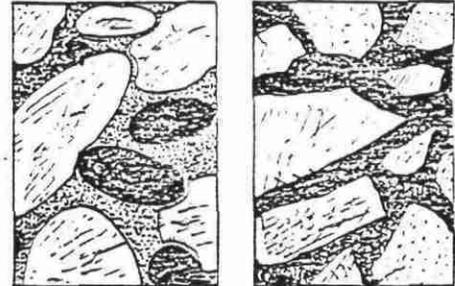


I - LES DIVERS TYPES ROCHES SEDIMENTAIRES :

A Les Roches Détritiques :

1 - CONGLOMERATS - blocs ou cailloux joints par un ciment de nature diverse.

- éléments arrondis
= Poudingues
- éléments anguleux
= Brèches



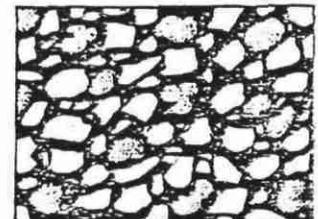
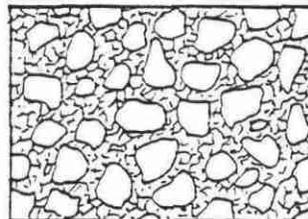
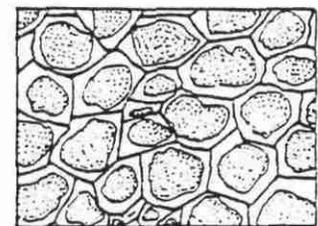
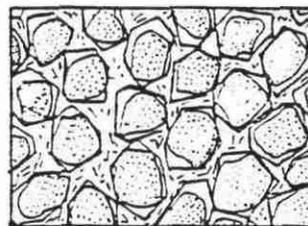
POUDINGUES

BRECHES

Il existe aussi des brèches TECTONIQUES ou de FAILLES

2 - GRES - éléments sableux consolidés, avec des ciments variables, siliceux, carbonatés, ou dolomitiques.

- I Grès à ciment ferrugineux
- II Quartzite, ciment de silice sur grains siliceux
- III Grès à ciment calcaire
- IV Grès à ciment phosphaté et ferrugineux



3 - SABLES divers généralement formés de grains de Quartz.

4 - LUTITES - éléments très fins < 64 μ . Schistes argileux noirâtres, (Shales) souvent avec pyrite.

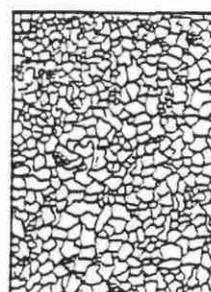
B Les Roches Chimiques et Organiques :

Ce sont des roches construites, par précipitation chimique ou par dépôts de coquilles d'organismes vivants, animaux ou des dépôts de végétaux ou de bactéries.

1 - ROCHES CARBONATES -

- Calcaires -
formés de CO_3Ca =
Calcite

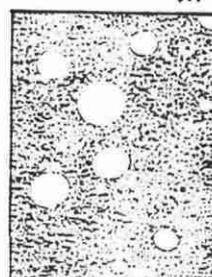
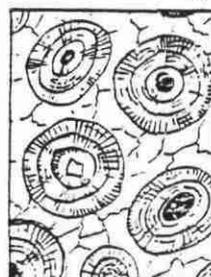
- I Calcite grenue
- II Calcite saccharoïde
- III Calcite granuleuse
- IV Calcaire gréseux
- V Calcaire oolithique
- VI Calcaire marneux
- VII Calcaire granuleux
- VIII Calcaire à entroques
(tiges de crinoïdes)
- IX Calcaire à foraminifères
(coquilles d'Orbitolines)
- X Calcaire à MILIOLES
- XI Calcaire marin profond à
grains fin
- XII Calcaire marin



I

II

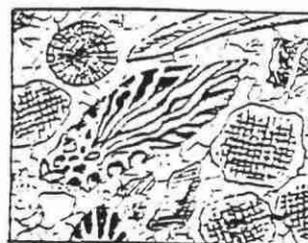
III



IV

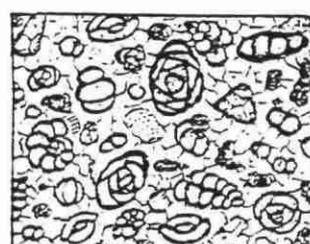
V

VI



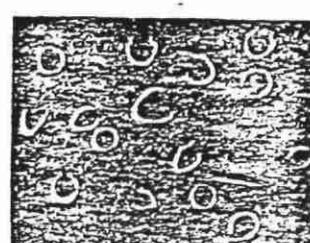
VII

VIII



IX

X



XI

XII

Milieu de dépôt :

Les roches carbonatées calcaires se déposent principalement en milieu marin de plateforme, à faible profondeur, ou en milieu lacustre.

- Calcaires Dolomitiques -

Formes de l'association de Calcite et de dolomie (CO_3Mg)
Dépôt en milieu mixte à la limite du domaine marin et lagunaire.

2 - ROCHES PHOSPHATEES -

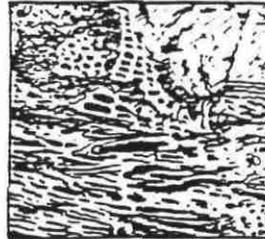
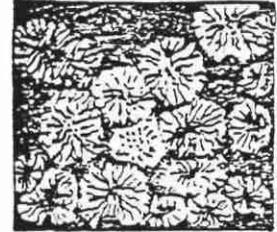
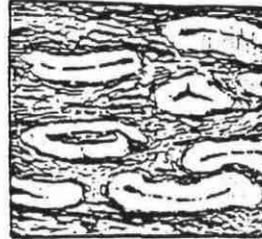
Dépôts marins par précipitation chimique des phosphates
ou dépôts continentaux par drainage du phosphate des matières
organiques animales (exemple : phosphorites).

3 - ROCHES CARBONEES - à partir d'éléments végétaux
ou COMBUSTIBLES

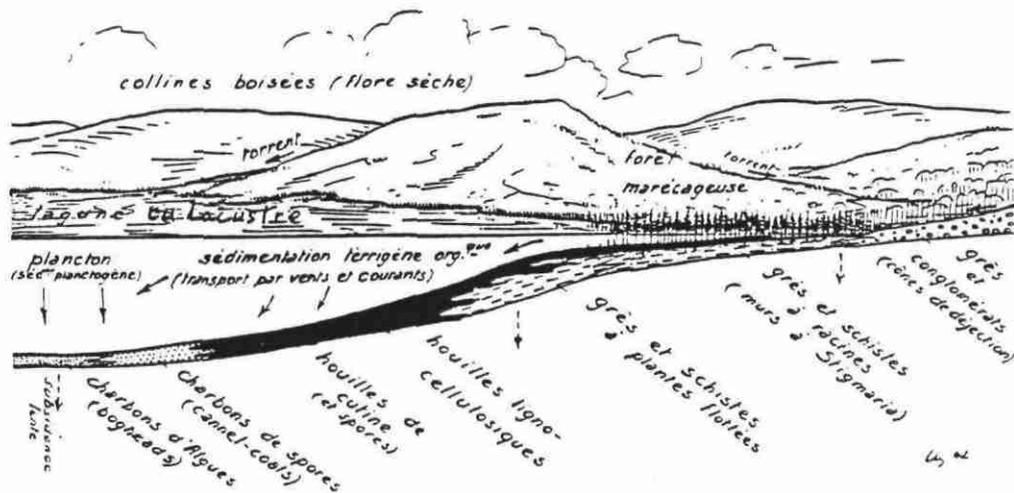
. Les charbons de bois :

+ ancien | Houille
ou | Lignite
+ récent ▼ Tourbe

- I Charbon de spores
- II Charbon d'algues (boghead)
- III Charbon cellulosique (à partir de bois)
- IV Charbon de cuticule



Milieu de dépôt :

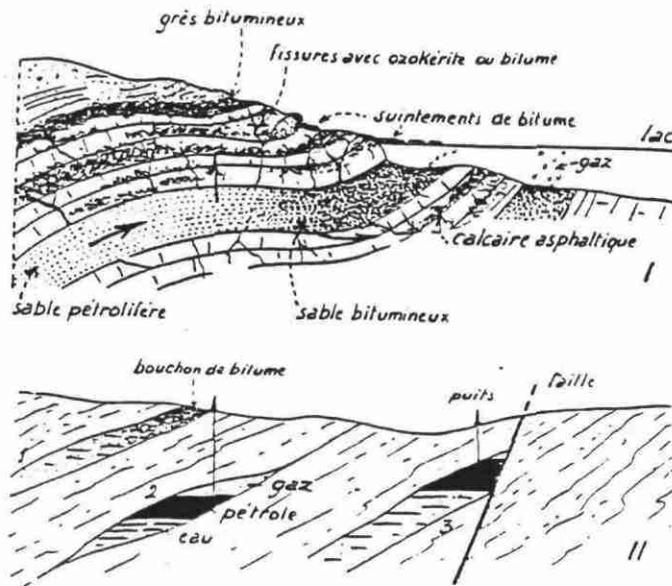


— Reconstitution d'une lagune houillère en période calme (formation de l'amas végétal, origine de la houille). On voit la répartition des sédiments : détritiques, mixtes, charbonneux. Dans la lagune, la sédimentation terrigène est uniquement constituée de débris végétaux (cuticules, fragments ligno-cellulosiques, spores, Algues), tandis que, dans la zone des forêts marécageuses bordières, se forment des sols tourbeux (inspiré de DUPARQUE).

. Les Bitumes et Asphaltes :

On les trouve dans des schistes bitumineux ou des sables. Ils résultent de la pourriture de micro-organismes dans des sédiments en l'absence d'air.

-
Exemples de
gisements
de bitumes
et de pétrole
-



. Les HYDROCARBURES LIQUIDES OU GAZEUX - PETROLE :

formés par l'accumulation et la putréfaction de micro-organismes marins dans les "Roches mères".

- Il y a ensuite transport et accumulation dans un réservoir "roche magasin" par blocage par un "piège".

4 - ARGILES SEDIMENTAIRES (ARGILITES)

Ce sont des matières très fines, colloïdales, formées de silice (SiO_2 .)

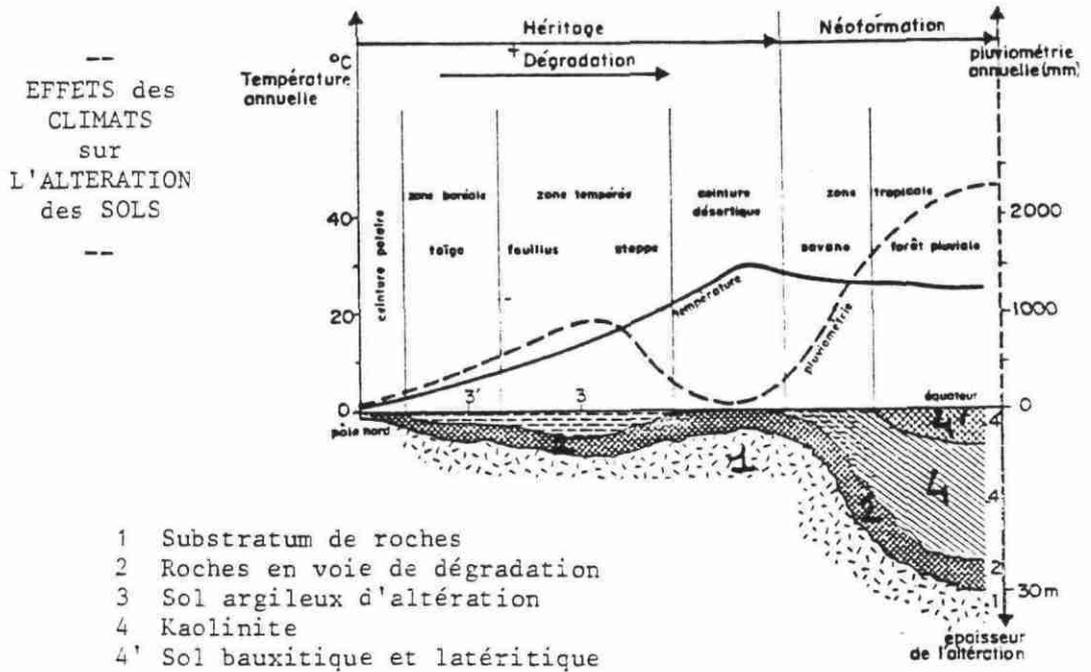
Elles sont imperméables.

On distingue :

- les argiles continentales déposées dans des lacs, ou estuaires.
Elle est blanche → KAOLINITE
- les argiles marines, déposées en mer ou dans des lagunes ouvertes.
Elle est verte → ILLITE
- les argiles éoliennes transportées par le vent ou LOESS.
- les argiles marines profondes, noires ou SHALES.

5 - ARGILES RESIDUELLES -

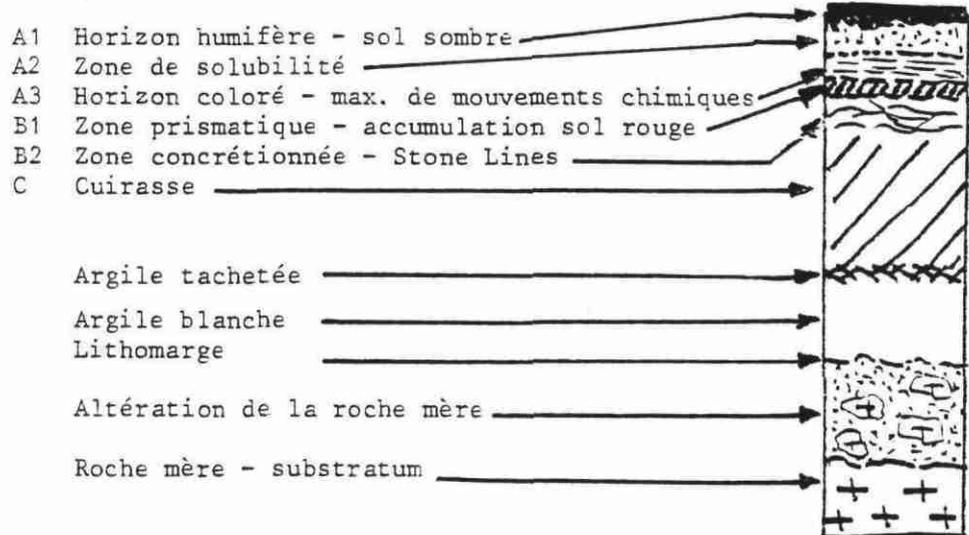
Elles sont formées par lessivage des roches de surface en fonction des climats.



L'altération de surface des argiles aboutit à des cuirasses de latérite par concentration du fer ou de l'aluminium (bauxite) ou du Nickel (Latérites nickellifères de Nouvelle Calédonie).

L'altération des calcaires en zone Karstique donne des argiles de décalcification ou "terra rossa".

COUPE D'UN SOL :



- PROFIL D'UNE CUIRASSE EN ZONE EQUATORIALE -

6 - ROCHES FERRIQUES -

- Ce sont les minerais de fer sédimentaires, sous forme oolithique, déposés en mer ou en lagune ou lac. (Minette de Lorraine).
- Quartzites rubannés → itabirites
- Grès ferrugineux déposés en milieu continental alios d'altération - (voir ci-dessus, les argiles résiduelles).

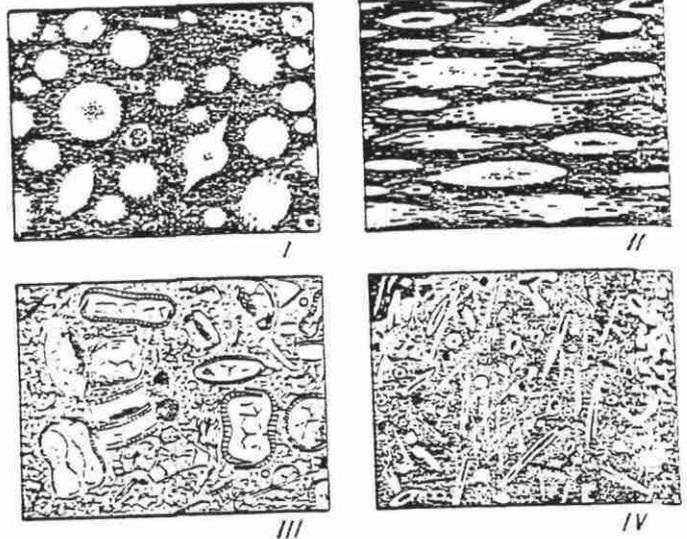
7 - ROCHES SILICEUSES -

- Roches organiques à partir de SiO_2 servant de coquilles à des micro-organismes marins ou lacustres.

- I Radiolarite
- II La même étirée par un plissement
- III Diatomite
- IV Spongolithe (formée de squelette d'éponge)
(gaize-chert en nodules dans des calcaires).

Parmi les radiolarités, on distingue suivant la couleur les :

- . jaspes rouges
- . lydiennes noires
- . phtanites vertes

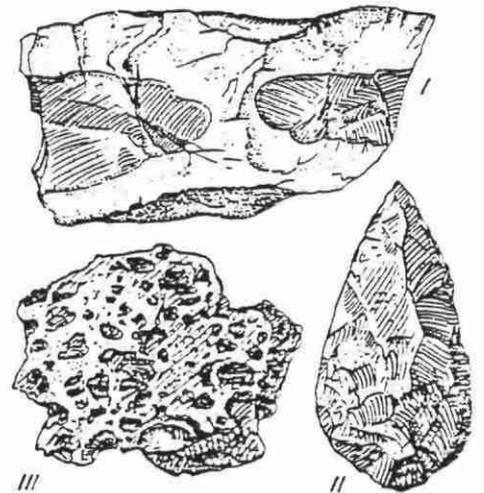


- Roches uniquement chimiques formées à partir de concrétions siliceuses.

- I Silex dans des calcaires, formé de calcédoine = SiO_2 non cristallisé
- II Silex taillé préhistorique
- III Meulière - formation siliceuse dans un lac

Les chailles sont des nodules silicifiés dans les calcaires, purement chimiques, contrairement aux Gaize et Cherts organiques.

OPALE en fissure : gemme

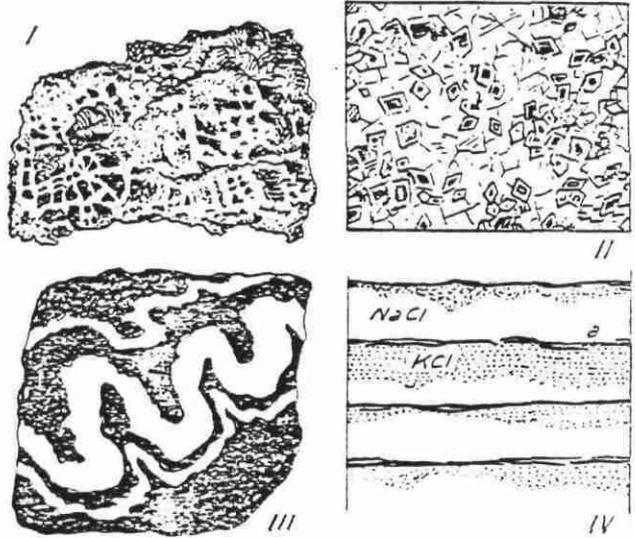


8 - EVAPORITES ou ROCHES SALINES -

Elles se forment par concentration et évaporation dans un milieu fermé - lagune côtière ou Sebka (chott) continental.

- I Cargneule du trias
- II Sel en cristaux
- III Couche d'anydrite plissée
- IV Alternance de Sel de sodium et de potasse - Alsace

On trouve aussi du gypse SO_4Ca de diverses formes et de la dolomie pure CO_3Mg en milieu lagunaire.

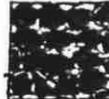


III - DESCRIPTION A LA LOUPE DES ELEMENTS CONSTITUTIFS DES ROCHES SEDIMENTAIRES

Texture (classification de DUHAM).

GRAINSTONE	- éléments jointifs	- pas de boue
PACKSTONE	- éléments jointifs	- un peu de boue
WACKSTONE	- éléments laches	- avec boue
MUDSTONE	- éléments dispersés	- beaucoup de boue
BOUNDSTONE	- calcaire construits, coraux	

GRAINSTONE



PACKSTONE



WACKSTONE



MUDSTONE



Taille des grains (pour des détritiques, pour des formations carbonatées, on y ajoute le préfixe calcilutite, ou dololutite, calcarenite ou dolarenite).

RUDITES	- > 2 mm	- conglomérats (poudingues, brèches)
ARENITES	-	- sables siliceux ou débris de ca caires, grès divers
LUTITES	- < 64 μ	- boues et vases, argileuses, silt loess, boues et vases carbonatées.

Nature des éléments.

INTRA-CLASTES	- fragments de sédiments carbonatés, copeaux.
OOLITES	- éléments arrondis, taille diverse.
PELLETS	- boulettes de calcite d'origine fécale.
BIOCLASTES	- fossiles ou fragments, bryozoaires, foraminifères...
GRAVELLES	- détritiques, micas flottés, quartz, débris ligniteux...
ONCOLITES	- globules de calcaires centimétriques, spongieux, alguaire...

CLASSIFICATION DES ROCHES SEDIMENTAIRES

I - ROCHES DETRITIQUES

CONGLOMERATS : blocs et cailloux joints par un ciment, de nature diverse :

- (Rudites)
> 2 m/m
- Poudingues : galets usés, ovoïdes
 - Brèches : éléments anguleux
 - Tillites : brèches fluvio-glaciaires

GRES : éléments sableux, et ciment variable :

- Arénites
- Siliceux (grès, quartzites, arkose, psammite)
 - Pélitique (grès rouges, grès houillers) flysch et grauwackes)
 - Carbonaté (grès calcaires, calc-gréseux - calcarénites) molasses
 - Ferrugineux (alios - latérites)
 - Eléments calcaires et ciment calcaire

LUTITES < 64 μ

- colloïdal : pélites - schistes argileux, ampélites noirs à pyrite (shales)

II - ROCHES CHIMIQUES ET ORGANIQUES

1 - ROCHES CARBONATEES par précipitation chimique :

- CALCAIRES**
- calc. lithographiques : boues non cristallisées (calcilutites) craie.
 - calc. noduleux : nodules dans boue
 - calc. oolithiques
 - brèches de glissement "slumping"
 - calc. coquillers (suivant les débris des organismes)
 - calc. construits (polypiers = récifs, calc. à algues)
 - calc. argileux (marnes) ou gréseux (pélites)
 - calc. impurs, à silice, fer, bitumineux, tufs, travertins)

- DOLOMIE**
- et calc. dolomitiques
 - dolomie ferrifère (ankerite)

2 - ARGILES SEDIMENTAIRES (ARGILITES) de couleurs diverses et composition variable :

- kaolinite (blanche, continentale, lacustre, estuaires)
- illite (verte, lagunaire et marine)
- loess (colloïde et calcaire, fines transportés par le vent)
- shale = argile + pélites, en lits

3 - ROCHES MIXTES : CaCO₃ + Carbonate + argile = MARNES

Ces 3 types de roches peuvent se mélanger
suivant le diagramme ci-joint :

4 - ROCHES CARBONEES

- houille (éléments végétaux)
- lignites (" ")
- tourbes (" ")
- bog head (charbon d'algues)
- bitumes (algues)
- pétrole et son gaz (micro-organismes)

5 - ROCHES SALINES - EVAPORITES

- anhydrite
- gypse
- sels gemmes ClNa
- sels divers - natron, etc...

6 - ROCHES PHOSPHATEES par précipitation chimique comme les carbonates :

- phosphates en grains - nodules en milieu carbonaté
- phosphates des sables glauconieux
- phosphorites continentales en argiles résiduelle en milieu karstique

7 - ARGILES RESIDUELLES par lessivage de roches en surface

- argiles résiduelles en sol (silicates d'alumine)
- latérites (sl) (hydrates d'aluminium ou de fer)
 - . bauxite (Al)
 - . sidérolitique (Fe)
- terra rossa (argile de décalcification) en zone karstique (avec Al, Fe ou Ph)

8 - ROCHES FERRIQUES

- minerais de fer oolithiques lacustre ou marin
- sphérasidérite colloïdal
- quartzites rubanés à hématite, grès ferrugineux, alios

9 - ROCHES SILICEUSES - OPALE

- . à partir de SiO₂ fixé par des organismes
 - radiolarites . jaspes rouges
 - . lydiennes noires
 - . phtanites vertes
- diatomites : (formées par des cendres volcaniques)
- spongolites - gaize - chert
- . concrétions siliceuses
 - silex formé de calcédoine
 - chailles = calc. silicifiés en nodules
 - meulière = id. pour des calc. lacustres

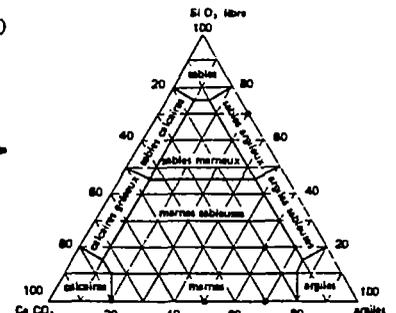


Diagramme ternaire des roches sédimentaires avec les trois éléments SiO₂, argiles, CaCO₃. On quantifiera en exercice les points figurés.

CHAPITRE 3

LES ROCHES MÉTAMORPHIQUES

ROCHES METAMORPHIQUES

I - INTRODUCTION

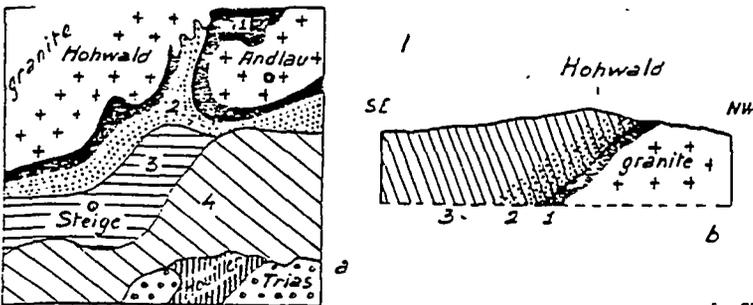
Le métamorphisme est l'ensemble des transformations et des réactions que subit une roche initialement solide, lorsqu'elle est portée dans des conditions de pression et de températures différentes de celles ayant présidé à sa genèse.

II - MODIFICATIONS LIEES AU METAMORPHISME

- 1°) Modifications chimiques - pratiquement aucune
- 2°) Modifications minéralogiques - Il va apparaître au cours du métamorphisme des minéraux caractéristiques d'une température et pression données - Grenat - Staurotide - Andalousite - Disthène - Sillimanite -
- 3°) Modifications structurales - Au cours du métamorphisme il va se produire une orientation des minéraux phylliteux (minéraux plats → Foliation) - micas - chéorites - argiles.

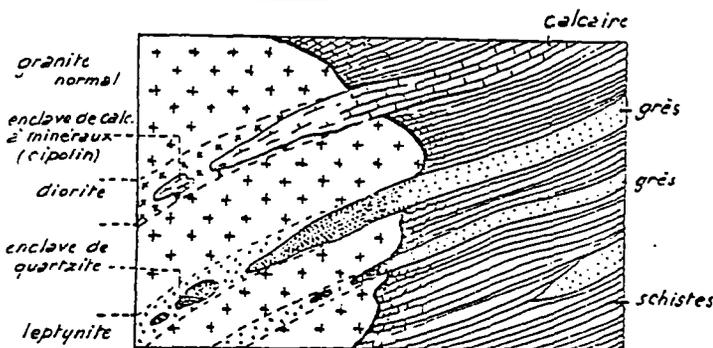
III - DIFFERENTS TYPES DE METAMORPHISME

- 1°) Dynamométamorphisme - Pression très élevée - Température faible - chute de météorite - Zones fortement tectonisées → mylonites (Déformation mais non transformation).
- 2°) Métamorphisme de contact - en bordure de massifs plutoniques (Granite). Température forte et pression très faible.



— Métamorphisme de contact. I, métamorphisme d'Andlau : a, carte géologique ; b, coupe ROSENBUSCH. 1, cornéenne à andalousite ; 2, schistes micacés noduleux et schistes argileux tachetés ; 3, schistes de Villé ; 4, schistes de Steige.

II, Métamorphisme de contact, type Montagne Noire, Bretagne et Pyrénées. Le trait noir au contact du granite représente la zone feldspathisée, et les traits interrompus dans le sédimentaire les auréoles de métamorphisme des schistes.



METAMORPHISME DE CONTACT - CORNEENNES

SEQUENCE PELITIQUE	SEQUENCE ARGILEE	SEQUENCE CARBONATEE	SEQUENCE CALCARO-PELITIQUE	SEQUENCE VOLCANIQUE
PELITE SCHISTES SED.	GRES SILICEUX	CALCATRES	MARNE	RHYOLITE ANDESITE
SCH. TACHETES	QUARTZITES	CALC. CRISTALLINS	TACTITES	META/ RHYOLITE ANDESITE
SCH. NODULEUX	QUARTZITES	MARBRES à silicate	TACTITES RUBANNÉES	
CORNEENNE MICACEE				
CORNEENNE FELDSPATIQUE				↓

3°) Métamorphisme régional

EPIZONE

- zone d'enfouissement peu profond - Température et pression faibles - Modifications minéralogiques et structurales peu intenses - GRAIN FIN - Commencement de Foliation - Exemple : SCHISTES.

MESOZONE

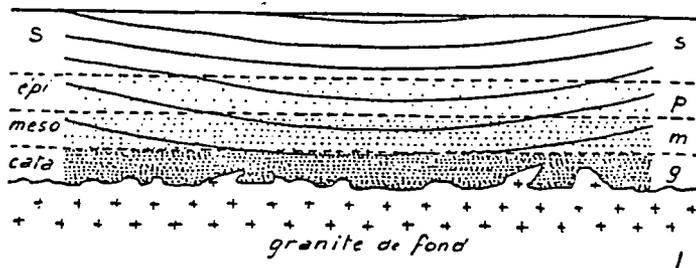
- zone d'enfouissement moyennement profonde - Température et pression moyennes - Foliation - Commencement de l'augmentation de la taille des grains - MICASHISTES.

CATAZONE

- zone d'enfouissement profond - Température et pressions fortes - AUGMENTATION de la taille des grains, foliation plus grossière - GNEISS.

ULTRAZONE

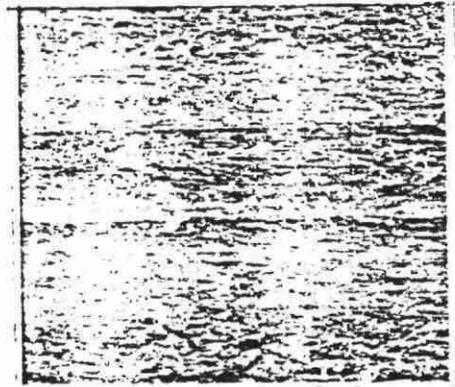
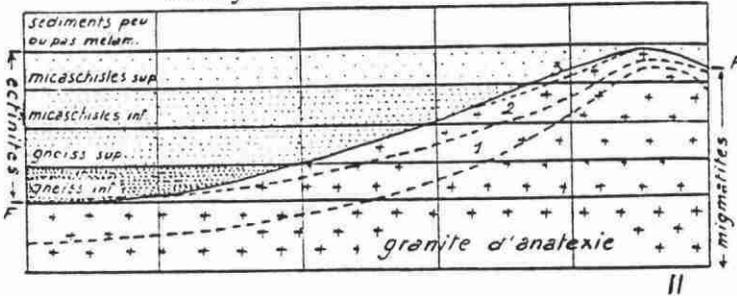
- zone d'enfouissement très profond - Température et pressions très fortes - Fusion partielle de la roche - Anatexie - Disparition partielle de la Foliation - GRANITE D'ANATEXIE.



Légende page suivante

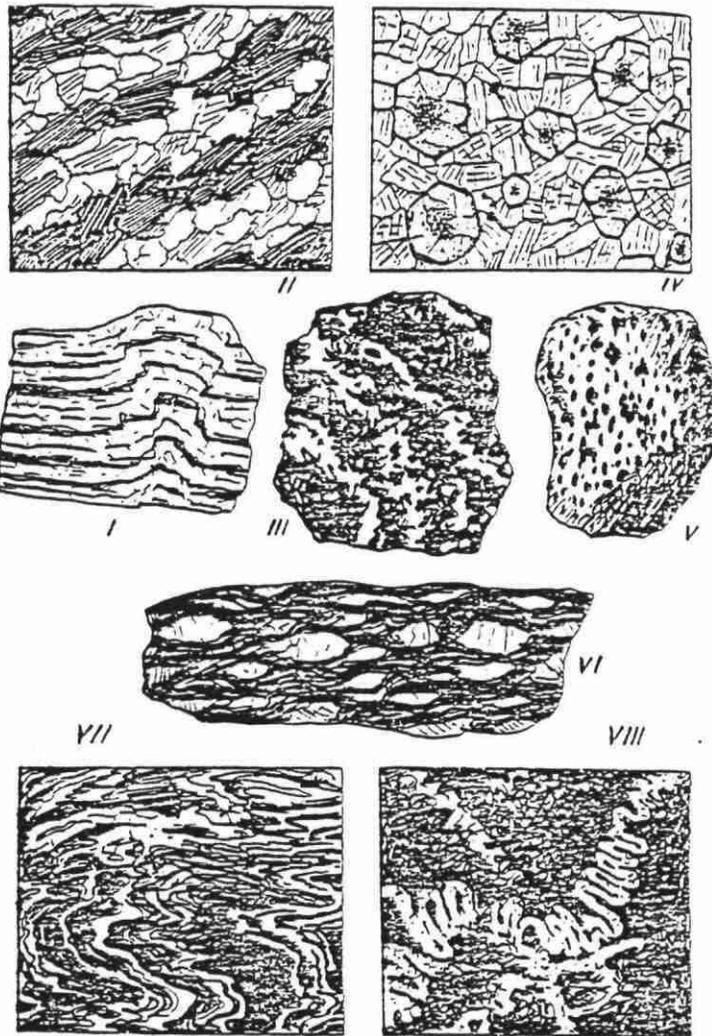
Métamorphisme Régional

Vosges Moyenne Bas-Limousin Rouergue Montagne-
Dordogne Lot Noire



Section d'un banc de schistes à minéraux, région d'Allasac, coupe de Brive à Tulle.

— **Métamorphisme régional.** I, les zones d'isométagmisme dans le fond d'un géosynclinal (théorie classique): g. gneiss; m. micaschistes; p. phyllades; s. sédiments non métamorphiques. II, diagramme représentant les variations de hauteur du front des migmatites (FF) dans le Massif Central: 1, anatexite; 2, embréchites; 3, diadysites, correspondant à des variations de migmatites pouvant se distinguer sur le terrain: migmatites imbibées (I), fondantes (2), traversées (3). La densité du pointillé indique la correspondance approximative avec les zones épi, méso, cata, du schéma précédent (M. ROQUES).



— **Types de roches cristallophylliennes.** I, morceau de gneiss (gr. nat.): les zones noires sont du mica, les blanches le mélange quartz-feldspath. II, coupe mince dans un gneiss. III, aspect macroscopique d'une amphibolite du massif de Belledonne: les zones noires sont de l'amphibole hornblende, les zones blanches du feldspath plagioclase avec parfois un peu de quartz (gneiss amphibolique). IV, coupe mince dans une éclogite: gros cristaux de grenats réunis par un enchevêtrement de cristaux de pyroxènes verts (omphacite). V, schiste tacheté du Cambrien métamorphique du Haut-Atlas (gr. nat.). VI, fragment de gneiss cillé (gr. nat.). VII, aspect macroscopique des migmatites de Finlande (réd.: 1/10). VIII, migmatite (artérite) de Finlande, les injections d'aplite dans le gneiss sont très plissotées (d'après J. J. SEDERHOLM) (réd.: 1/10).

IV - EVOLUTION DES DIFFERENTES ROCHES AU COURS DU METAMORPHISME

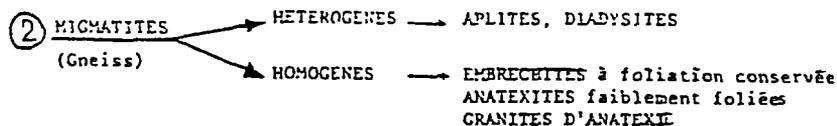
Le paramétamorphisme désigne le métamorphisme des roches sédimentaires -
PARAGNEISS = PELITE comme roche initiale.

L'orthométamorphisme désigne le métamorphisme de roches éruptives
ORTHOgneiss = GRANITE comme roche initiale.

ROCHES CRISTALLOPHYLITENNES - METAMORPHISME GENERAL

① CORRÉLATION ZONÉOGRAPHIQUE ENTRE LES SÉQUENCES D'ECTINITES

SÉQUENCES PARA				SÉQUENCES ORTHO			
SÉQUENCE PLUTONIQUE	SÉQUENCE ARÉNACÉE	SÉQUENCE CARBONATÉE	SÉQUENCE CALCAIRO- PÉLTIQUE	SÉQUENCE VOLCANIQUE ACIDE	SÉQUENCE VOLCANIQUE BASIQUE	SÉQUENCE PLUTONIQUE ACIDE	SÉQUENCE PLUTONIQUE BASIQUE
ROCHE INITIALE Schistes ardoisiers Pélites	Grès feldspathiques	Calcaires et dolomies	Marnes	Rhyolites	Basaltes	Granites	Gabbros
Schistes sériciteux EPIZONE	Leptynites sériciteuses	Calcaires et dolomies avec minéraux Cipolins	Schistes lustrés et prasinites Prasinites (para)	Porphyroïdes	Prasinites (ortho)	Protogine	Prasinites (ortho)
Micaschistes à deux micas MÉSOZONE Gneiss à deux micas	Leptynites (para)	Marbres purs et à minéraux	Amphibolites et pyroxénites (para)	Leptynites (ortho)	Amphibolites et pyroxénites (ortho)	Orthogneiss	Amphibolites et pyroxénites (ortho)
Gneiss à biotite et sillimanite CATAZONE							
Granulites ULTRAZONE	Granulites		Pyroxénites (para)	Granulites	Pyroxénites	Granulites	Pyroxénites



V - LES NOUVEAUX MINÉRAUX

- GRENAT -

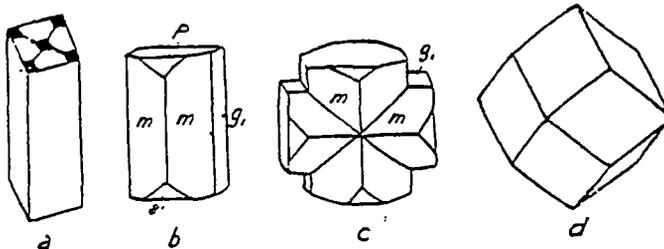
- Cristal cubique.
Presque toujours en cristaux arrondis - Couleur
rouge à brun.
Cassure conchoïdale.
Dureté = 6,5 à 7,5 Densité : 3,5 à 4,3

- ANDALOUSITE -
 - Cristal orthorhombique.
 - Prismes à sections carrées comprenant des inclusions de matières carbonneuses disposées en croix - chiastolite minéral blanchâtre, éclat vitreux à gras.
 - Dureté = 7,5
 - Densité = 2,2
 - Métamorphisme faible
 - Epizone début mésozone.

- DISTHENE -
 - Cristal triclinique.
 - Cristaux prismatiques aplatis souvent striés - Couleur bleu ciel - Transparent - Eclat vitreux - Clivage parfait
 - Dureté = 5 à 7
 - Densité = 3,5
 - Métamorphisme moyen
 - Mésozone.

- SILLIMANITE -
 - Cristal orthorhombique.
 - Masses fibreuses, agrégats en aiguilles - Couleur blanche - éclat nacré
 - Dureté = 6 à 7
 - Densité = 3,2
 - Métamorphisme élevé
 - Catazone.

- STAUROTIDE -
 - Cristal monoclinique.
 - Prismes aplatis - souvent maclés en "croisette" 90° ou en "Croix Saint-André 60°" - Faces rugueuses
 - Couleur brun sombre.
 - Dureté = 7
 - Densité = 3,7



— Silicates de métamorphisme. a, andalousite. b, cristal simple de staurotide. c, macle en croix de la staurotide. d, grenat (dodécaèdre rhomboïdal).

CHAPITRE 4

LES ROCHES ÉRUPTIVES

ROCHES ERUPTIVES

I - INTRODUCTION

- Roches Plutoniques
 - Refroidissement lent du magma
 - Masse puissante
 - Cristaux bien formés.

- Roches Volcaniques ou effusives
 - Refroidissement rapide
 - Quelques cristaux ± développés
 - Baignant dans un verre ou une pâte finement cristalline.

II - MINERAUX DES ROCHES ERUPTIVES

1°) Minéraux essentiels

- QUARTZ

- FELDSPATHS -
 - . Potassiques - ORTHOSE, MICROCLINE - Macle de deux cristaux - Transparent à rose rayé l'acier.

 - . Calco-sodiques - PLAGIOCLASES
ALBITE - OLIGOCLASE - ANDESINE -
LABRADOR - ANORTHITE
Nombreuses macles fines - aspect laiteux -
rayés par l'acier.

- FELDSPATHOIDES - LEUCITE
NEPHELINE
SODALITE

2°) Minéraux secondaires

- MICAS
 - blancs → MUSCOVITE
 - noirs → BIOTITE

- PYROXENES
 - orthorhombique
 - monoclinique

- AMPHIBOLES

- PERIDOTS - OLIVINE

3°) Minéraux accessoires

- SPHENE - RUTILE - TOURMALINE - APATITE - ZIRCON - CORINDON - CALCITE - OXYDES divers.

III - LES STRUCTURES

1°) Tous les cristaux sont visibles à l'oeil nu = Roches Plutoniques.

- Cristaux automorphes → formes propres
- Cristaux xénomorphes → occupent des espaces libres
 - Structure Grenue - cristaux millimétriques
 - Structure Aplitique - cristaux inframillimétriques
 - Structure Pegmatitique - cristaux centimétriques à décimétriques.



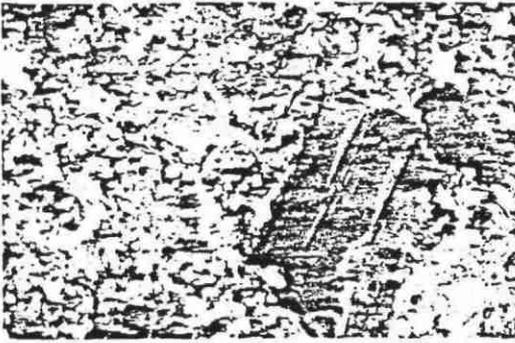
Structure grenue, gabbro, sections de plagioclases maclés et de pyroxène : lumière polarisée ; Photo D. Fantinet, > 50.



Granite : structure grenue, association quartz - perthite - plagioclase : lumière polarisée, > 20.

2°) Quelques cristaux sont visibles à l'oeil nu = Roches volcaniques ou effusives, coulées, explosions, filons.

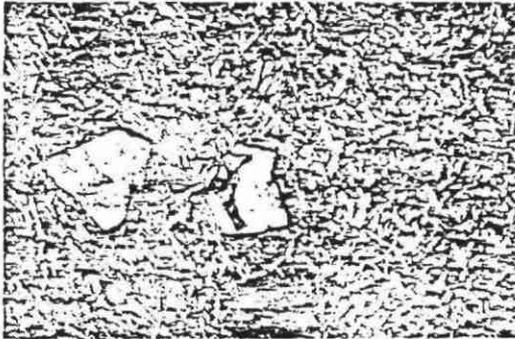
- Structure microgrenue - masse entièrement cristalline à grain très fin
- Structure microlithique - nombreux petits cristaux allongés (microlites) dans un verre homogène
- Structure vitreuse - verre uniquement.



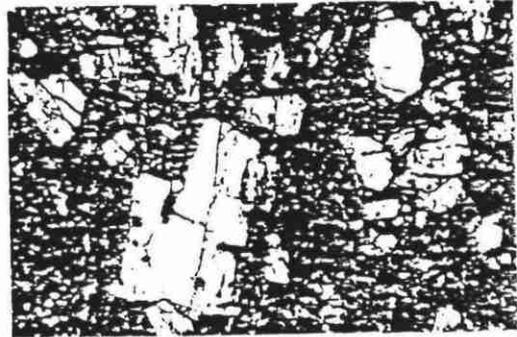
Structure microgrenue, microgranite, sections de feldspaths altérés; lumière polarisée; Photo D. Fantinet, x 75.



Andésite : phénocristaux de plagioclases, biotite, amphibole et pyroxène dans pâte micro-litique; lumière polarisée, x 20.



Structure microlitique, basalte, sections de phénocristaux d'olivine; lumière polarisée; Photo D. Fantinet, x 75.



Basalte : structure microlitique, phénocristaux d'olivine et de pyroxène, microlites, verre; lumière polarisée, x 20.

IV - CLASSIFICATION

1°) Roches consolidées

- DIVISIONS

Quartz - Roches saturées ou acides - sans quartz
 sous-saturées - Basiques
 Quartz et Feldspaths
 Feldspaths seuls
 Feldspaths et Feldspathoïdes
 Feldspathoïdes seuls
 Ferromagnésiens uniquement - Amphiboles, Pyroxènes
 ou à olivine.

- FAMILLES

Nature des Feldspaths, puis Feldspathoïdes et Ferromagnésiens
 Feldspath alcalin
 Feldspath alcalin + Plagioclase
 Plagioclase

| Les Feldspathoïdes
 | Les Ferromagnésiens

- GROUPES

Leucocrate	0 - 35 %	minéraux sombres	-	Roches claires
Mesocrate	35 - 65 %	"	"	- moyennement claire
Melanocrate	65 - 100 %	"	"	- sombre

a) Tableau de classification.

Familles ↓ Divisions →	Roches QUARTZIQUES	Roches uniquement FELDSPA- THIQUES	Roches FELDSPATHIQUES & FELDSPA- THOÏDIQUES	Roches purement FELDSPA- THOÏDIQUES (= FOÏDITES)	
Roches à feldspaths alcalins seuls et Roches à feldspaths alcalins et plagioclases	1. GRANITES 2. Rhyolites	1. SYÉNITES 2. Trachytes	1. SYÉNITES NÉPHÉLINIQUES 2. Phonolites	1. IJOLITES 2. Néphélinites	
Roches à Plagioclases seuls	Groupe (A) Groupe leucocrate Groupe (B) Groupe mésocrate Groupe (C) Groupe mélanocrate	1. DIORITES QUARTZIQUES 2. Dacites 1. GABBROS QUARTZIQUES 2. Basaltes tholéiitiques	1. DIORITES 2. Andésites 1. GABBROS 2. Basaltes 1. AMPHIBOLOLITES, PYROXÉNO- LITES ET PÉRIDOTITES 2. Picrites	1. ESSEXITES 2. Téphrites 1. THÉRALITES 2. Basanites	1. MISSOURITES 2. Leucitites

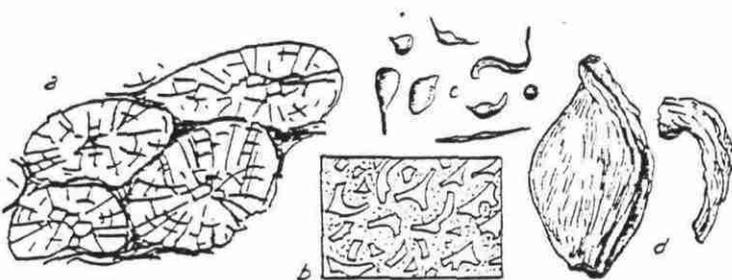
1. Structures grenues (roches plutoniques). Majuscules dans le tableau.
2. Structures microlitiques et vitreuses (roches effusives). Minuscules dans le tableau.

N. B. La nomenclature des structures microgrenues est dérivée de celle des structures grenues: on leur adjoint le préfixe micro (ex. microgranite, microgabbro, ...).

2°) Roches pyroclastiques

- Liées aux phénomènes volcaniques.

Diamètre des éléments	roche meuble	roche cimentée
+ de 30 mm	blocs	brèches
de 2 à 30 mm	Lapillis	tufe
- 2 mm	Cendres	Cinérите



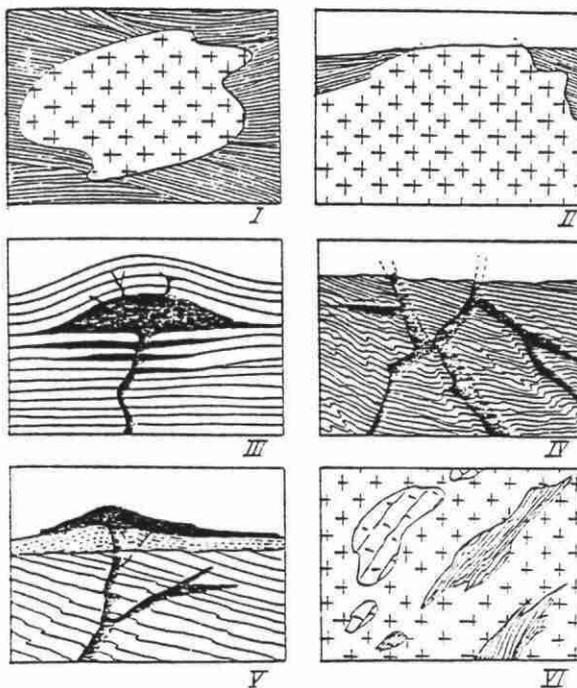
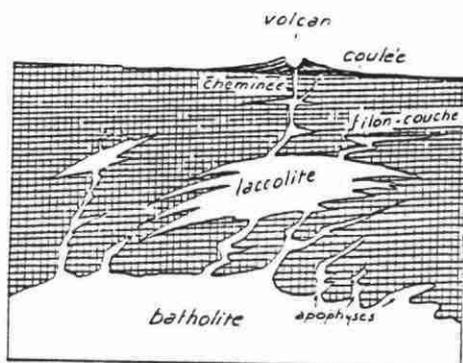
- Structure des roches volcaniques. a, structure en oreiller (pillow-lava) (très réduit). b, texture cinéritique (cendres volcaniques) (très grossi). c, larmes et gouttes volcaniques (lapillis) (gr. nat.). d, petites bombes volcaniques (gr. nat.).



- Une bombe craquelée (en croûte de pain) de la Montagne Pelée.

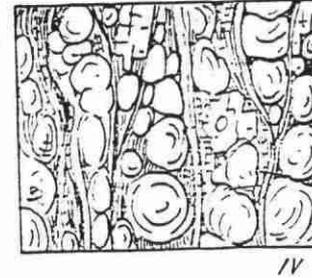
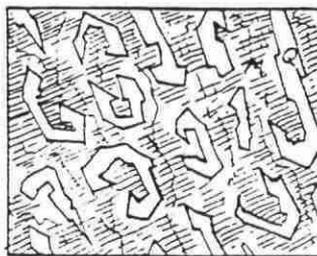
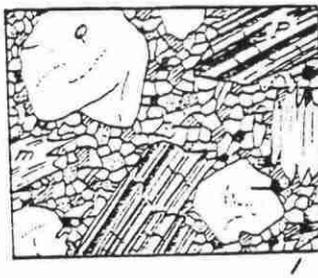
V - MODE DE GISEMENT DES ROCHES ERUPTIVE

— Relations entre les roches profondes et les roches superficielles (volcans). Le quadrillage représente l'écorce sédimentaire ou cristallophyllienne. En blanc, les magmas éruptifs.



— Mode de gisement des roches éruptives. I et II, massifs en plan à gauche, coupe à droite. III, laccolite. IV, filons. V, roches laviques. VI, enclaves.

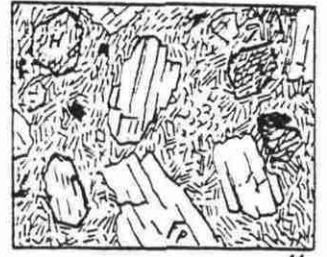
VI - QUELQUES TYPES DE ROCHES PLUTONIQUES ET VOLCANIQUES



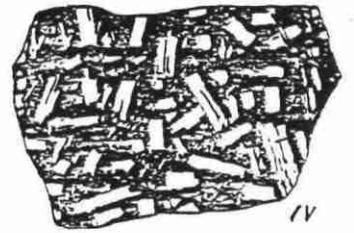
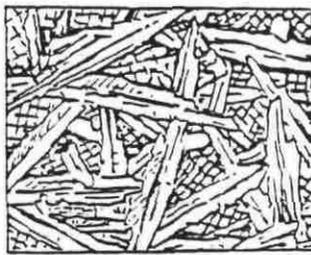
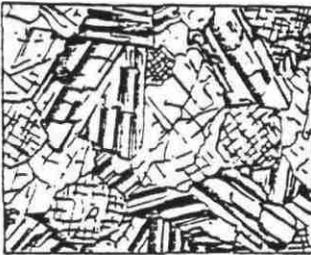
— Roches grenues de la famille des granites. I, granite normal. II, granite à plagioclase (oligoclase). III, granulite. IV, pegmatite graphique (Q, quartz; m, mica; F, feldspath orthose; P, plagioclase; M, microcline).

— Roches microgrenues, microlitiques et vitreuses de la famille des granites. I, microgranulite : phénocristaux de quartz (Q), plagioclase (P), mica biotite (m), dans une pâte microgrenue constituée des mêmes éléments. II, rhyolite : phénocristaux de quartz (Q), feldspath orthose (F) et mica (m), dans une pâte microlitique vitreuse avec sphérolites. III, pyroméride : gros sphérolites à croix noire dans une pâte vitreuse avec opale et calcédoine fluidale (v.). IV, pectstein perlitique : bandes de verre amorphe avec fissures perlitiques et quelques cristaux d'orthose vitreux (d'ap. VÉLAIN).

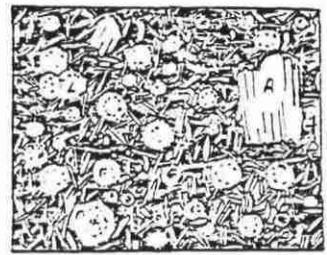
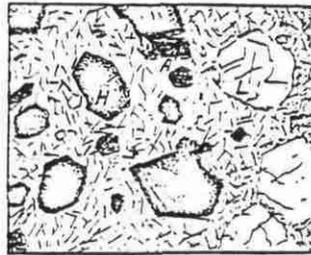
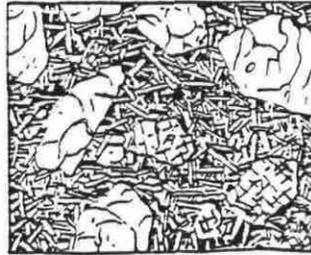
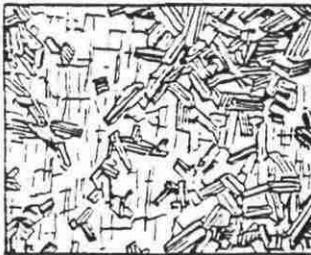
- SUITE -



— *Roches de la famille des syénites.* I, syénite normale : Fo, orthose; Fp, plagioclase (oligoclase); H, hornblende. II, trachyte : au milieu, phénocrystal de sanidine (s), dans une pâte amorphe riche en microcristaux de magnétite.



— *Roches de la famille des diorites.* I, Diorite andésitique : Fp, plagioclases dont quelques-uns maclés suivant les lois de l'albite et de la péricline; H, hornblende; en noir, remplissant les intervalles, fer oxydulé et sphène. II, andésite à amphibole hornblende (H), grands cristaux de labrador (Fp), pâte vitreuse avec microcristaux d'oligoclase et cristaux (en noir) de fer oxydulé et de tridymite. III, diorite orbiculaire (gr. nat.). IV, andésite cambrienne du Djebel Toubkal (Haut-Atlas), à grands cristaux de labrador (gr. nat.).

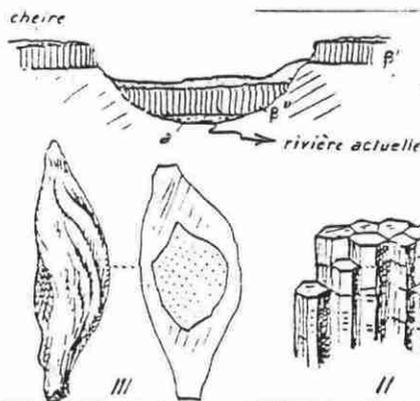


— *Roches de la famille des gabbros.* I, gabbro : plagioclase, labrador et augite (A). II, diabase ophiolite : cristaux de plagioclase (andésine) moulés par de l'augite (intérieur des mailles). III, ophite : gros microcristaux de labrador dans pyroxène. IV, basalte : cristaux de péridot (o), d'augite (A), dans une pâte vitreuse avec nombreux microcristaux de labrador et d'augite.

— *Phonolites et leucotéphrites.* I, phonolite leucitique : H, hauyne; A, augite méryimique; L, leucite. II, leucotéphrite (Vésuve) : A, augite; L, cristaux arrondis de leucite avec inclusions; pâte avec microcristaux de labrador, d'augite, de fer oxydulé.



— *Lherzolite* : D, diopside; O, olivine; E, enstatite; en noir, fer oxydulé.



— *Basaltes.* I, coupe schématique d'une vallée dans le Massif Central montrant les basaltes des Plateaux (B') et le basalte des vallées (B''). II, prismes de basaltes. III, bombe basaltique en fuseau spiralé; à droite, bombe brisée montrant son noyau de péridot.

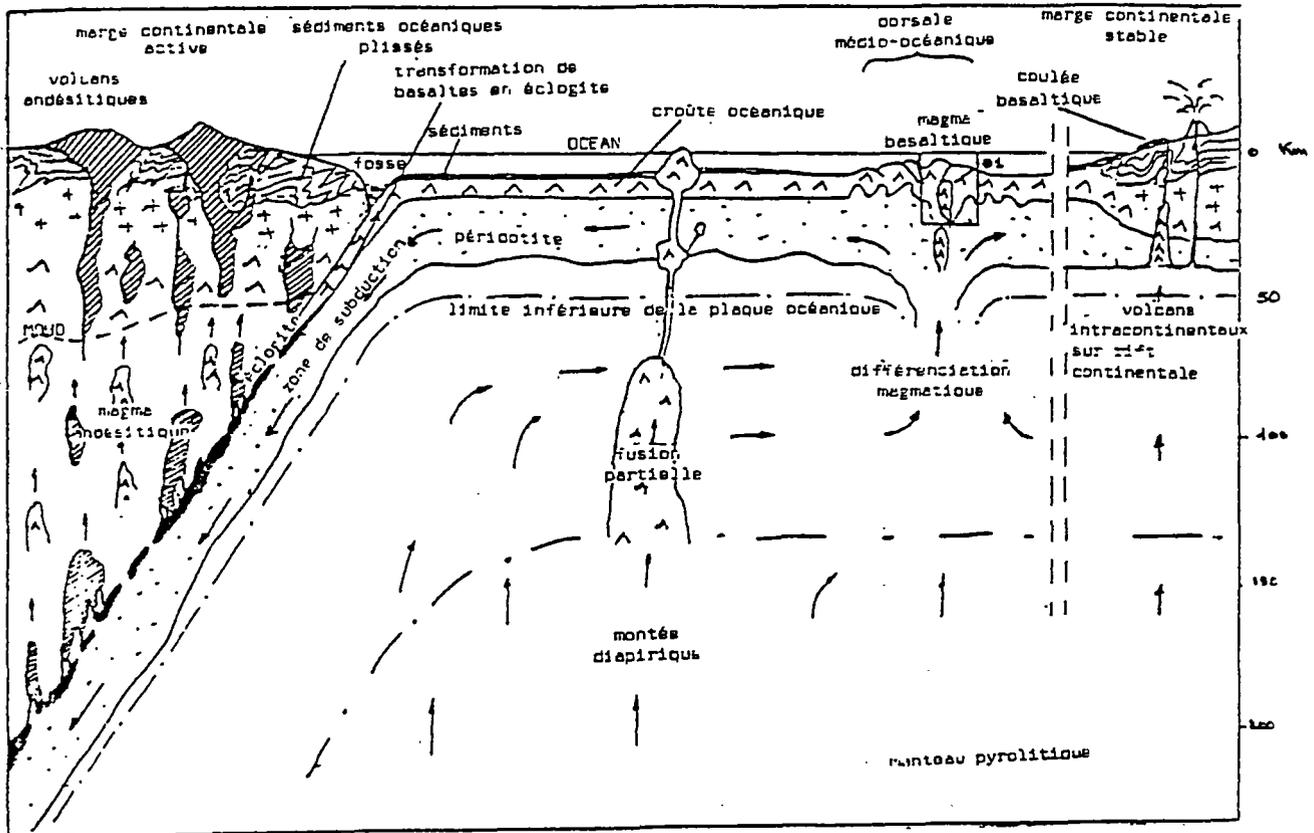
VII - MISE EN PLACE DES ROCHES MAGMATIQUES

3.1. Mise en place.

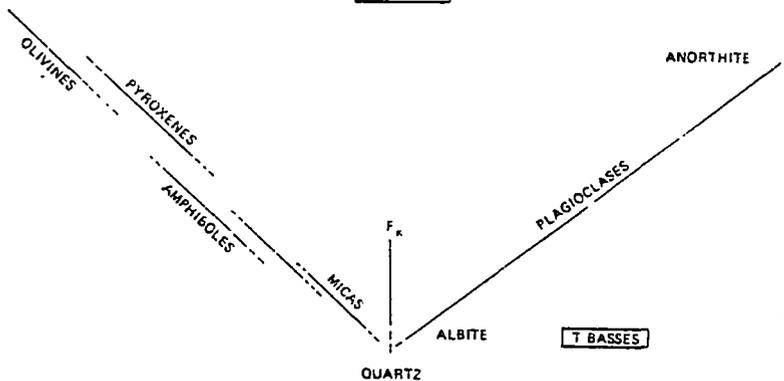
Elles se forment en profondeur et se mettent en place à des niveaux variés et selon des mécanismes différents :

- niveau profond → roches plutoniques,
- niveau superficiel → roches subvolcaniques,
- épanchement en surface → roches volcaniques (effusives).

Schéma de
MISE EN PLACE DES ROCHES MAGMATIQUES



T ÉLEVÉES



Les magmas basaltiques (Roches volcaniques) ont des profondeurs plus grandes que les magmas granitiques - Les magmas basaltiques sont donc plus chauds (1.200°).

VIII - COMMENT RECONNAITRE LES ROCHES MAGMATIQUES ?

MATERIEL

- une loupe (grossissement 10 ou 12)
- une pointe en acier dur
- un morceau de verre

METHODE

1- Trouver la structure de la roche

- . Roche uniquement formée de grains → ST. GRENUE
- . Gros cristaux dans une pâte de petits cristaux invisibles → ST. MICROGRENUE
à la loupe
- . Nombreux petits cristaux allongés (microlites) dans une pâte qui à la loupe, paraît homogène → ST. MICROLITIQUE
- . "Verre seulement" (très rare) → ST. VITREUSE

2- Reconnaître ensuite les minéraux

Il faut ensuite reconnaître les minéraux principaux (tableau 1 ci-joint).

1) Y a-t-il du quartz ?

- . si oui → Famille de GRANITE ou diorite quartzite)
- . si non → autres familles

En fonction de la structure déterminée ci-dessus on pourra dire s'il s'agit d'un granite, d'un microgranite, d'un rhyolite ou d'un verre (tableau 2)

2) Y a-t-il du feldspath ? Est-ce une rothose ou un plagioclase ?

- . pas de quartz -ORTHOSE- Peu de plagioclases
→ Famille des SYENITES

→ comme ci-dessus, en fonction de la structure, rechercher la roche sur le tableau 2
2ème colonne verticale.

pas de quartz -surtout PLAGIOCLASES-

roche claire⁺ — Famille des DIORITES

En fonction de la structure rechercher le nom sur le tableau 2, 2ème colonne

roche sombre — Famille des GABBROS
(voir le tableau 2, 4ème colonne)

DETERMINATION DES MINERAUX A LA LOUPE

- TABLEAU 1 -

MINERAUX	COULEUR	ASPECT	DURETE	AUTRES CARACTERES
	Blanc à noir (transparent)	éclat oras, aspect de grain de sel	raye le verre et l'acier	
FELDSPATH Orthose	blanc à rose	transparent	raye le verre et l'acier	macle à 2 cristaux
Plagioclase	blanc à vert	laiteux - rare- ment transparent	raye par l'acier " " " dur	macles nombreuses difficilement visib.
MICA BLANC	incolore à gris	transparent	rayé par le verre	1 clivage s'écaille à l'ongle
MICA NOIR	brun rouge foncé à noir	mordoré	rayé par l'acier	1 clivage s'écaille à l'ongle
AMPHIBOLE	noir verdâtre	aspect en baguettes	rayé par l'acier	2 clivages à 60°
PYROXENE	noir	ferrugineux	rayé par l'acier	2 clivages
PERIDOT OLIVINE	vert à jaune	éclat gras	raye le verre et l'acier	craquelé

DETERMINATION DES ROCHES ERUPTIVES

- TABLEAU 2 -

		QUARTZ		PAS DE QUARTZ	
<u>MINERAUX</u>	(1)	Orthose peu de plagioclase		Plagioclase surtout	
	(2)	Orthose peu de plagioclase		Roches claires	roches sombres
<u>STRUCTURE</u>					
	Grenue	GRANITE	SYENITE	DIORITE	GABBRO
	microgrenue	MICROGRANITE	MICROSYENITE	MICRODIORITE	MICROGABBRO
	microlitique	RHYOLITE	TRACHYTE	ANDESITE	BASALTE
	vitreuse	VERRES (Obsidienne et Ponce)			

COMMENT RECONNAITRE LES MINERAUX

① LE QUARTZ:

- cristaux hexagonaux - (6 faces)
- couleur blanche à sombre
- transparent à translucide
- aspect grain de sel.
- rayé l'acier.

② FELDSPATH ALCALIN - ORTHOSE:

- couleur blanc à rose
- peu transparent
- rayé l'acier
- maille caractéristique.

③ FELDSPATH PLAGIOCLASE:

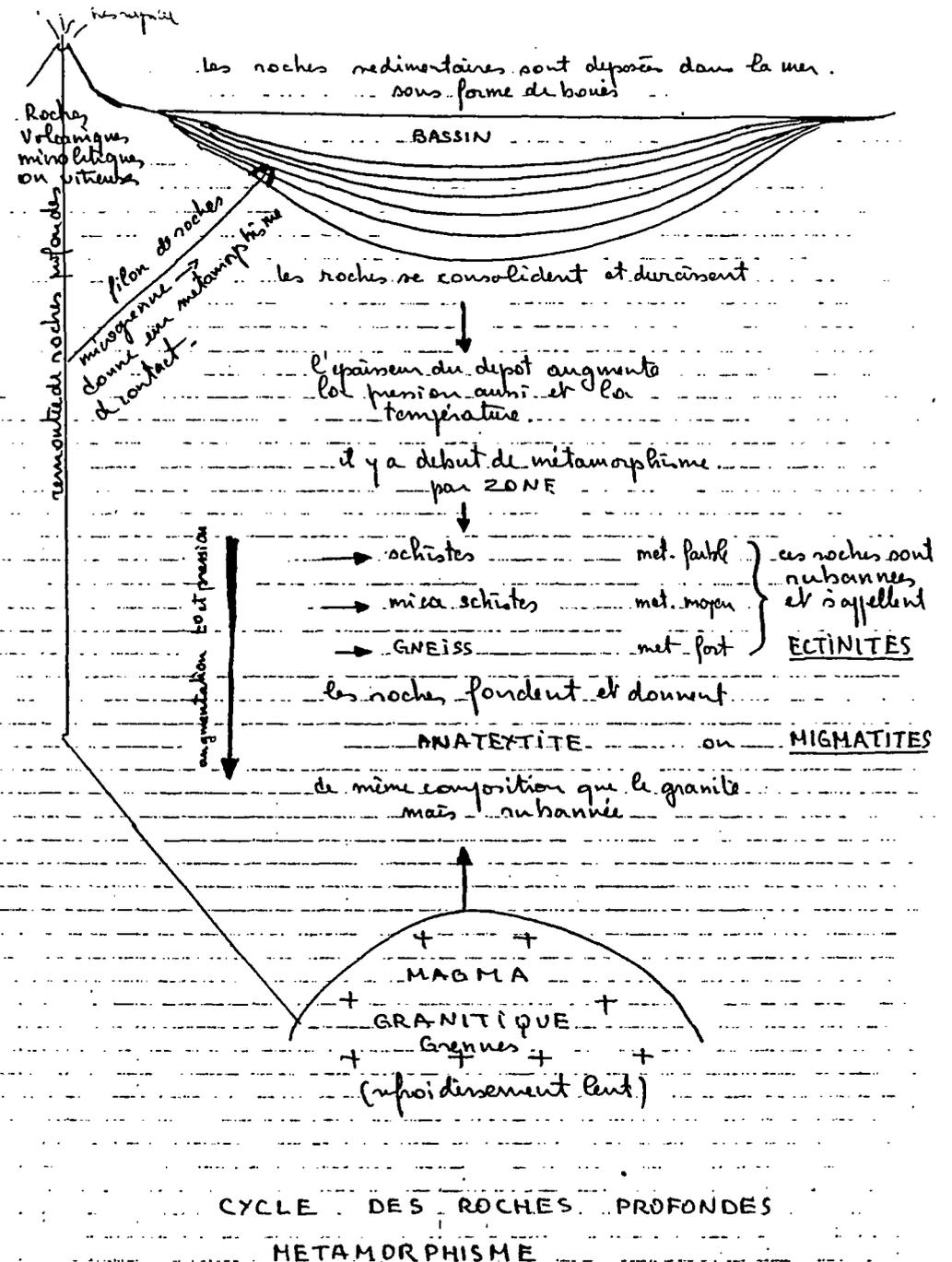
- blanc à vert
- aspect laiteux
- rarement transparent
- rayé par l'acier

④ MICA:

- couleur blanc doré ou noir
- incolore à sombre
- transparent ou fine lamelle.
- rayé par le verre
- s'écaille à l'ongle.

⑤ MINERAUX ACCESSOIRES:

- Amphibole - en baguette - vert à noir rayée par l'acier
- pyroxène - noir, rayé par l'acier.



CYCLE DES ROCHES PROFONDES
METAMORPHISME

CHAPITRE 5

LES GITES MINÉRAUX

Rédigé par J.B. CHAUSSIER

On distingue :

1 - **Substance minérale** au sens strict, dite « Non métallique »

Matériaux de construction et de remblaiement	{ Sable et gravier pour ciment Pierres à bâtir et ornements Matériau à ciment, calcaire Gypse pour plâtre Pierres à ballast et remblai
Matériaux chimiques	{ Sel - fluorine Chromite chimique (Pyrite) → soufre → acide sulfurique
Fertilisants (engrais)	{ Phosphates (+ Détergents) Potasse Nitrates et talc Soufre

Matériaux céramiques	{ Argile → brique, poterie Silice (Sable) pour verrerie (et Baryte) Feldspath - talc - (et pâte à papier)
Réfractaires	{ Silice Argile Chromite - réfractaire
Abrasifs pour polissage	{ Grès Corindon Diamant industriel
Isolants	{ Magnésie (talc) Asbeste (amiante) Mica
Peinture ou support de produits chimiques	{ Ocre Argile - Kaolinite Diatomite Barytine - Titane
Produits pharmaceutiques	Talc - argile (Attapulгите)
Pierres précieuses et semi-précieuses, etc...	{ Diamant et autres gemmes, etc... (industrie et joaillerie)

2 - Minerais métalliques

<u>Ferreux</u>	{ Fer Ferro-alliages (aciers)	{ Fer Manganèse Chromite métallurgique Molybdène, nickel, cobalt, tungstène, vanadium, etc...
<u>Non-Ferreux</u>	"de base" (terme très discutable ou ancien)	{ Cuivre, plomb, zinc Etain, etc...
	légers	{ Aluminium Magnésium Titanium, etc...
	précieux	{ Or Argent Platine, etc...
	rares	{ Radium - Uranium - métaux radio-actifs Beryllium (glucinium, Lanthanes)

3 - Combustibles minéraux (énergétiques)

Combustibles minéraux (énergétiques)	{ Fluides Solides (d'origine organique)	{ Liquide : Pétrole Gazeux : Gaz naturel
		{ Tourbe Charbons, lignites, boghead (charbons d'algues) Schistes bitumineux

DEFINITION D'UN GITE MINERAL

On appelle « clarke » la concentration moyenne d'un élément dans l'écorce terrestre.

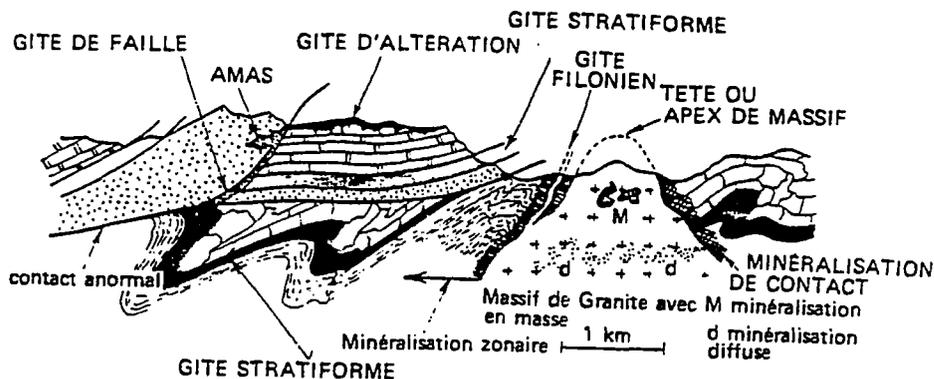
Le « clarke » de l'oxygène par exemple est de 46,60 %, celui du silicium de 27,72 %.

Les corps géologiques qui méritent l'appellation de gîtes métallifères montrent des concentrations plus élevées que le clarke. C'est pourquoi on appelle « clarke » de concentration le facteur multiplicateur du clarke (concentration moyenne) d'un élément dans un gîte.

On distingue :

- 1 - Anomalie : Géochimique, géophysique, magnétique, scintillométrique, ...
Comme son nom l'indique, cela implique que "quelque chose" n'est pas normal par rapport à l'environnement.
- 2 - Occurrence : implique une anomalie exprimée, c'est-à-dire que l'on peut apercevoir un cristal de minerai à l'oeil nu... (ou à la loupe de géologue...).
- 3 - Indice : C'est déjà une notion qualitative, suite à une prospection, l'anomalie est devenue "une cible", un "point d'accrochage"... c'est-à-dire une anomalie intéressante à suivre et susceptible de donner un résultat positif, hors du contexte économique (du moins dans l'immédiat, et avant poursuite des travaux).
- 4 - Gîte Minéral : Notion purement géologique et gîtologique, mais qui implique qu'il s'agit d'un amas minéral reconnu en 3 dimensions - par sondages, éventuellement par des galeries - et susceptible d'être exploité dans un contexte économique à définir.
- 5 - Mine : Gîte minéral exploitable économiquement dans des conditions actuelles et dont on a reconnu les teneurs, tonnages et valeurs commerciales du minerai.

- DIVERS TYPES DE GITES -



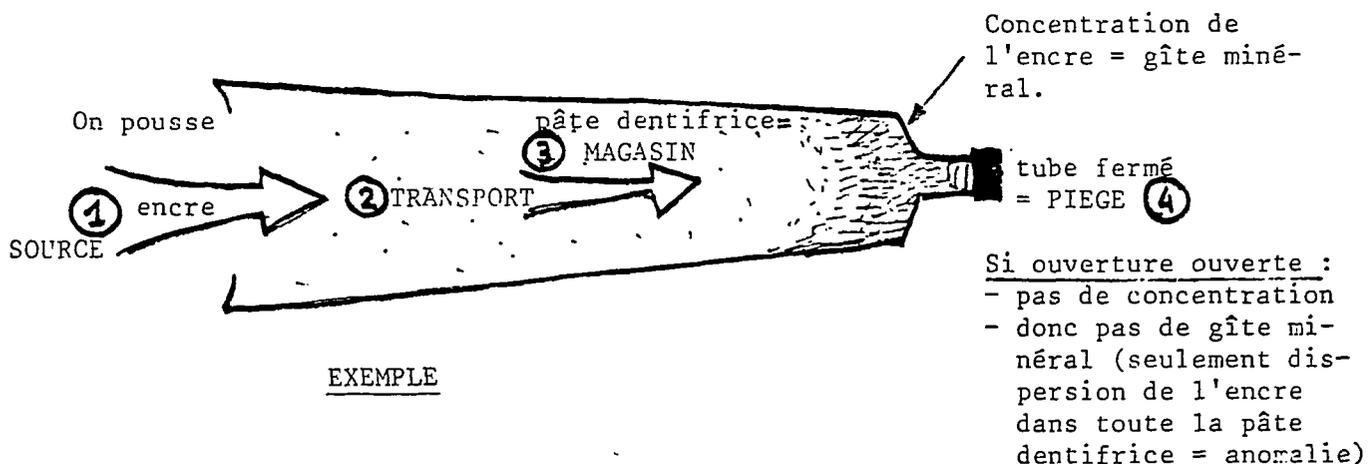
- FORMATION D'UN GITE MINERAL -

L'existence d'un GITE MINERAL est subordonnée aux quatre facteurs suivants :

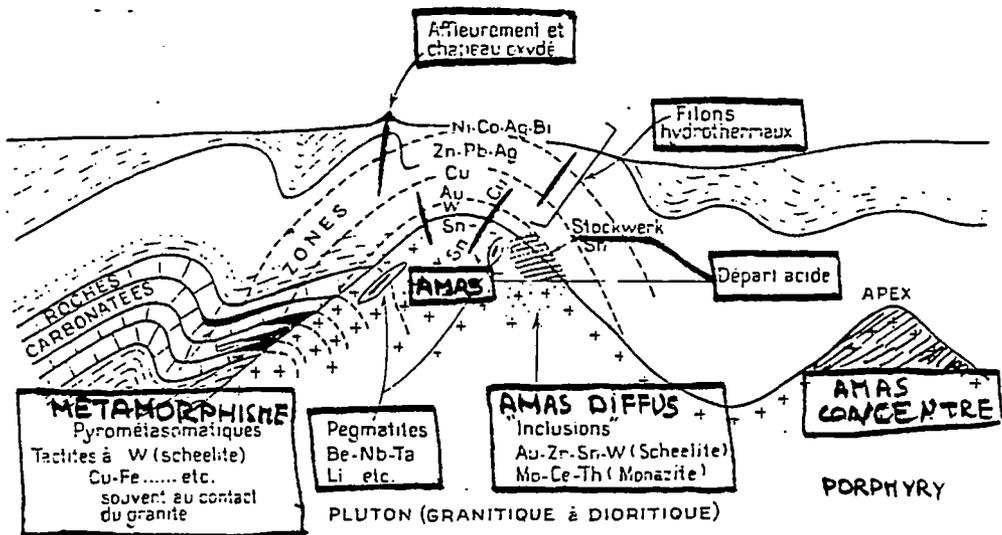
- 1 - Une source du minéral (voir un traité de gîtologie, ce qui n'est pas le but de ce document)
- 2 - Un transport du minéral, d'origine magmatique, fumerolle, ou en secondaire, par reprise d'un gîte pré-existant, par transport mécanique (par les ruisseaux, les rivières...) en solution par les eaux, sous forme combinée ou libre.
- 3 - Un magasin où les conditions physico-chimiques favorables à la concentration sont réunies (soit un effet "d'éponge").
- 4 - Un piège, c'est-à-dire un blocage interdisant à la solution minéralisatrice de quitter le magasin "éponge" = le bouchon.

Les relations "Pièges" "Magasins" sont appelés métallotectes.

En fait : Une "solution" minéralisatrice, qu'elle vienne du fond de la croûte, ou qu'elle se dépose dans des sédiments, n'est pas du tout solide, mais plutôt à assimiler à un fluide -comme de l'encre- (ou un gaz) circulant dans une roche ayant la dureté d'une pâte dentifrice, et qui se bloquera à la sortie du tube, où il y aura concentration du minéral.



GITES LIES A UN MASSIF GRANITIQUE



— Dépôts métallifères en relation avec un massif granitique post-tectonique ou circonscrit. Schéma synthétique.

L'allure des zones est figurée, mais non leur position exacte par rapport aux symboles des métaux. On n'a tenu compte ici que de la zonalité péri-plutonique.

Situation des minéralisations autour d'un massif granitique avec zonalité due à la température et divers types de gîtes.

- TYPE 1 Chapeau oxydé
- TYPE 2 Filons hydrothermaux
- TYPE 3 DEPART ACIDE - stockwerk
- TYPE 4 AMAS concentré ou diffus
- TYPE 5 pégmaites
- TYPE 6 contact METAMORPHIQUE

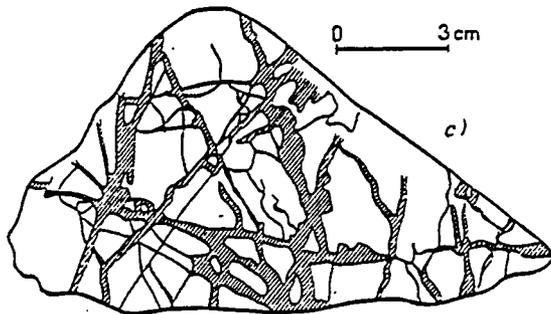


FIG. a

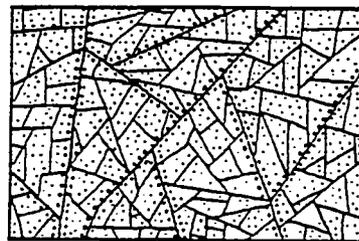
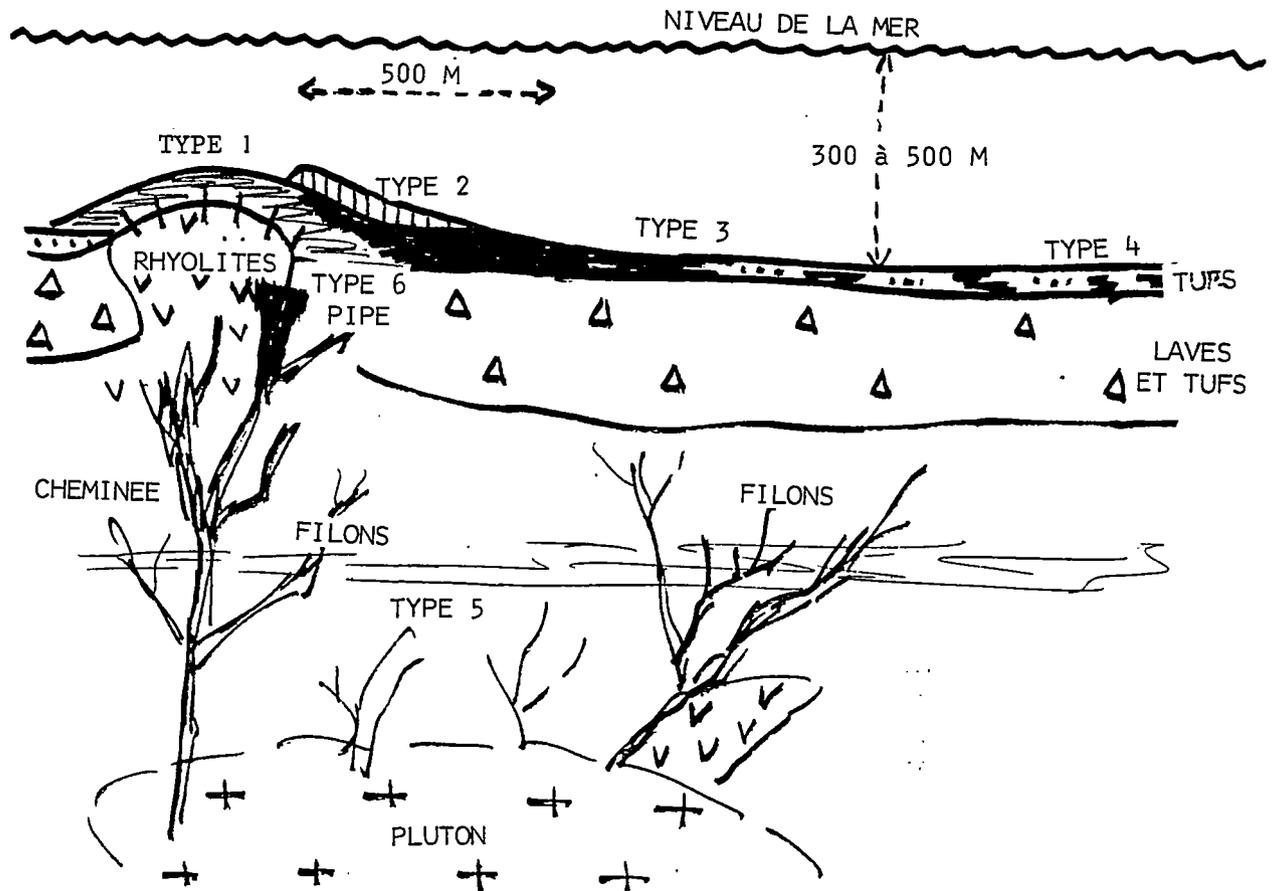


FIG. b

— Stockwerk de veines quartzzeuses à molybdénite dans granite modérément silicifié et pyritisé. Minéral riche de Climax (Colorado). D'après B. S. BUTLER et J. W. VANDERWILT, 1933, pl. 30.

GITES LIES A DES FORMATIONS VOLCANIQUES



- TYPE 1 : STOCKWERK MINERALISE SOUS L'AMAS
- TYPE 2 : AMAS SULFURE SUR LE FLANC D'UN VOLCAN ACIDE
- TYPE 3 : AMAS EBOULE SUR PENTE
- TYPE 4 : MINERAI EN BASSIN A COTE D'APPAREILS VOLCANIQUES
VOLCANO-SEDIMENTAIRES, en amas couche ou lentille
- TYPE 5 : FILONS A PARTIR DU PLUTON GRANITIQUE
- TYPE 6 : PIPE VOLCANIQUE

GITES FILONIENS

MORPHOLOGIE D'UN FILON

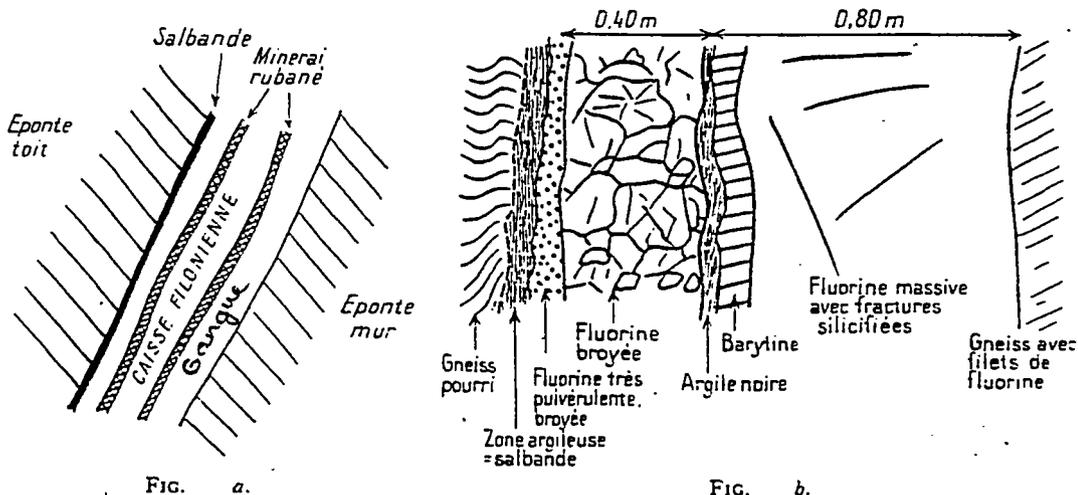


FIG. a.

FIG. b.

— a) Coupe transversale schématique d'un filon.

b) Coupe réelle d'un filon de fluorine, Le Boisset, près Herment (Puy-de-Dôme).

Noter le glissement de l'éponte de gauche. Exemple de fracture minéralisée ayant rejoué postérieurement à la minéralisation, donc à la fois anté et post-minérale.

Ces gîtes sont liés à des fractures des roches

On note 2 types de filons :

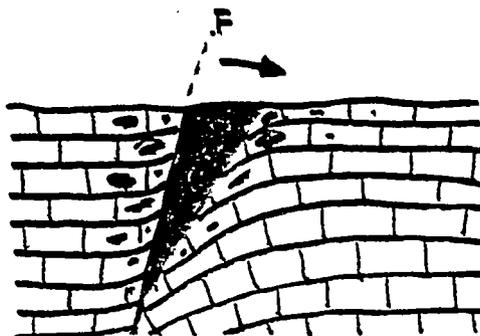
1 - Les FILONS HYDROTHERMAUX

qui sont des minéralisations par fumerolle provenant d'une roche profonde chaude. Les fumerolles se refroidissent en remontant et déposent le minerai de bas en haut

On connaît ainsi la température de dépôt du minerai et inversement sa position dans le filon (voir tableau page suivante)

2 - Les FILONS DE COUVERTURE

Qui sont des fractures, généralement en terrain sédimentaire, remplies de solutions minéralisatrices venant du haut en bas



Fracture minéralisée remplie par le haut

Ce sont des filons froids

SITUATION DES MINERALISATIONS DU SOCLE

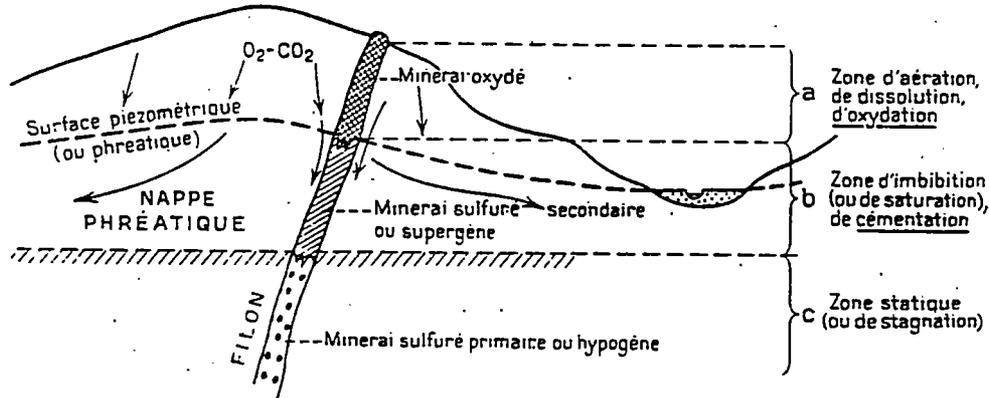
TYPES	VOLCANIQUE		GRANITE			FILONS						
	Eruptive Rocks	Ore Deposits	Pegmatitic-Pneumatolytic			Hydrothermal						
			Pegmatites	Heavy Metal Pneumatolysis	Cassiterite Pneumatolysis	Tourmaline Quartz Veins	Pyrites-Gold Deposits	Pb-Zn-Ag Deposits	Ni-Co-Ag Deposits	Sb-Hg Deposits		
Pt, Pd, Os Ir, Ru, Rh		Native, Sperryite										
Cr		Chromite, Chrome SmeI										
Ni		Pentlandite, Pyrrhotite, rarely Ni-Arsenides									Ni-Arsenides etc	
Vd												
Ti			Perovskite Titanite Ilmenite Zr-Silicates Zr-Oxide Rutile			Mostly Rutile						
P		Apatite	Various Phosphates									
Cl		Sodalite, Scapolite Apatite	Appears in Scapolite									
Rare Earths Sc, Y, La, G			Silicates, Zr-Silicates, Niobates, Phosphates									
Nb, Ta			Tantalates, Niobates with Titanates									
Zr, Th		Zircon	Zircon, Zr Silicates									
Li (Rb Cs)			Li-Silicates & Phosphates									
Be			Mostly Beryl									
B			Tourmaline, B-Silicates, Borates		Tourmaline							
Sn					Cassiterite	Stannite						
Ge					Ge-Sulpho-Salts							
Mo					Molybdenite		Wulfenite					
W					Wollramite & Scheelite							
Bi (U)			Bismuth & Bismuthinite		Pitchblende		Native Bismuth					
Cu			Chalcopyrite			Chalcopyrite, As-Sb-Sulphosalts						
As			Arsenopyrite			Cu-Sulphosalts			Realgar			
Au					Native Sulphides		Tellurides					
Te					Mostly with Gold							
Se					Mostly with Gold						or Hg	
Zn (Cd, Ga, In)					Zinc Blende							
Pb					Galena		Sulphosalts					
Ag					In Sulphides, Native, Argentite, As-Sb-Sulphosalts			Native Ag				
Sb					Tetraehedrite			Sulphite				
Co		In Sulphides			Cobaltite						Co-As-Ores	
Ba					Barytes, Witherite							
Sr					Strontianite, Celestine							
CO ₂		F. Carbonates of Rare Earths			Various Carbonates		Calcite					
Hg					Scarce in Sulphosalts						Cinnabar	
Tl												

Le tableau de séquence de P. NIGGLI. (Ore deposits of magmatic origin, 1929.)

Haute température  Basse température

GITES SEDIMENTAIRES

GITE D'ALTERATION D'UN FILON



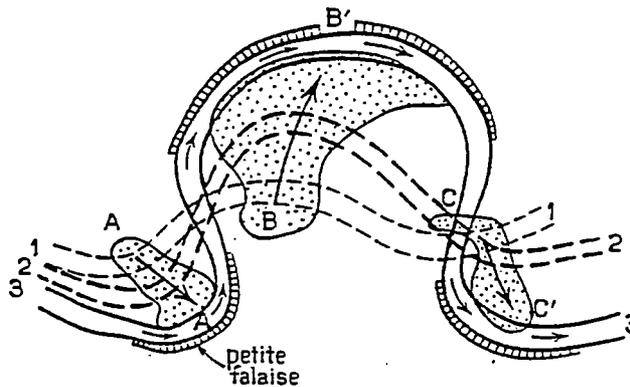
GITE LATERITIQUE (voir cours de pétrographie p 39)

GITE FLUVIAL OU PLACER

Peut se trouver aussi en mer au débouché des fleuves.

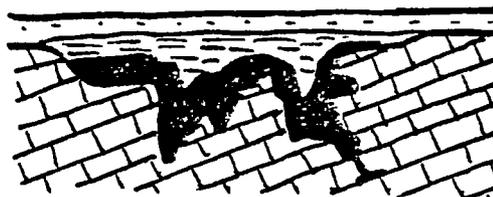
— Dépôt des alluvions et des minéraux lourds sur les rives convexes d'un cours d'eau; un méandre s'accroît en migrant latéralement et vers l'aval. Les dépôts formés en A, B, C au stade 1 s'étendent latéralement et vers l'aval durant les stades 2 et 3 (flèches épaisses). Des trainées payantes (pay streaks) se développent ainsi progressivement.

D'après BATEMAN, Traité, 1950, p. 232.



GITE KARSTIQUE

Par dissolution de poches de calcaire et remplissage par du minerai ou de la bauxite.



GITES LACUSTRES ET SALIN

Charbons et lignites-houilles-tourves-dépôts de fer-argiles diatomites-sels.

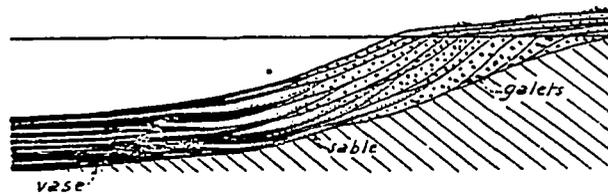
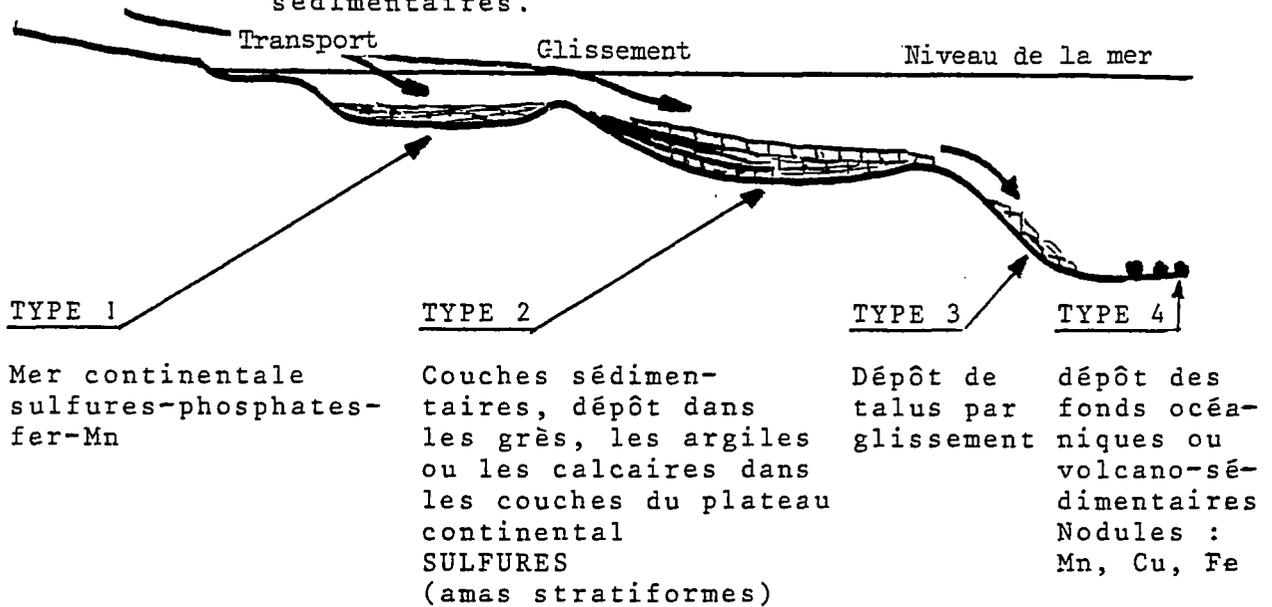


FIG. 78. — Alluvionnement dans les lacs.
Coupe schématique d'un delta lacustre.

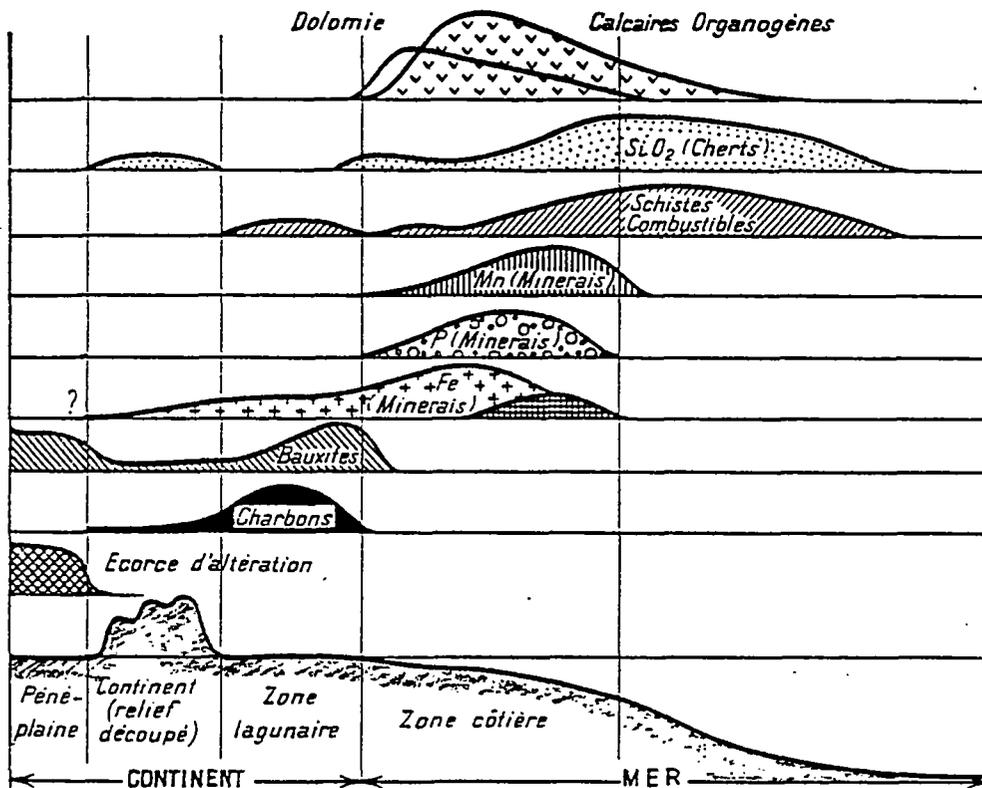
Voir formation des roches
cours de pétrographie sédimentaire

GITES MARINS

Liés à la sédimentation :
Voir cours sur les roches
sédimentaires.



SITUATION DES MINERAIS SEDIMENTAIRES



— Concentrations formées par sédimentation du « type humide ». Zonalité paléogéographique.
D'après N. M. STRAKHOV, 1957, figure 4.

La formation des concentrations s'effectue en partie dans l'écorce d'altération des régions pénéplanées (minerais de fer, bauxites, kaolins), en partie par transport (or, platine, diamants, certains minerais de fer et d'aluminium), et surtout par dépôt dans les zones périphériques des mers et dans les golfes, ainsi que dans les zones périphériques des grands lacs.

Les différents minerais se sont déposés suivant une règle.

Charbons, dans des lagunes dessalées, marais riverains, zones de deltas (bassins de charbon dits « paraliques »).

Bauxites, dans lacs, lagunes dessalées et plate-forme littorale supérieure.

Minerais de Fe, dans lacs, lagunes dessalées et plate-forme littorale, mais un peu plus loin des rivages.

Minerais de Mn et phosphates, sur plate-forme, un peu plus loin des rivages.

Schistes bitumineux (« combustibles ») souvent avec concentrations de Cu, U, etc., au bord de la plate-forme et au début du talus continental (cette position paraît douteuse et ne semble pas s'appliquer aux schistes bitumineux, cuprifères, allemands).

Dépôts carbonatés, répartition très large : du rivage jusque dans les parties centrales des mers, mais les variétés les plus pures dans la zone côtière, les variétés dolomitiques surtout à sa partie supérieure, avec parfois concentrations de Zn, (Pb), Ag.

On notera que ce schéma de la zonalité paléogéographique présente un caractère tout à fait synthétique dont quelques points restent douteux.

BIBLIOGRAPHIE

Les photocopies illustrant ce cours sont extraites des ouvrages suivants :

Pour la minéralogie :

DONNEES DES PRINCIPALES ESPECES MINERALES
par R. FISCHESSE
Ed. Société de l'industrie minérale - Réédition 1970

Pour la pétrographie et la géologie

PRECIS DE GEOLOGIE
de L. MORET
Ed. Masson 1947

GEOLOGIE OBJETS ET METHODES
par J. DERCOURT et J. PAQUET
Ed. Dunod Université 1981

CE COURS EST RESERVE A LA FORMATION DES PROSPECTEURS ET
AIDES-PROSPECTEURS DU B.R.G.M.
