

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

المدرسة الوطنية العليا للفلاحة

Ecole Nationale Supérieure Agronomique



Travaux pratiques de géologie

1^{ere} année CPSNV

Nadia BOUREGHDA

Département de Science du Sol

Année 2023-2024

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
المدرسة الوطنية العليا للفلاحة
Ecole Nationale Supérieure Agronomique



Polycopié de 1^{ère} année CPSNV (Travaux pratiques)



Nadia BOUREGHDA
Département de Science du Sol

Année 2023-2024

Avant-propos

Ce polycopié est principalement destiné aux étudiants de 1^{ère} année science de la nature et de la vie afin de les aider à acquérir des connaissances de base sur les constituants terrestres. Le polycopié comprend deux parties complémentaires : la première partie est consacrée à la minéralogie et la cristallographie c'est-à-dire la description des minéraux (minéraux et cristaux), leurs critères d'identification et leurs classifications ainsi qu'à la description et la classification des trois grands types de roches (les roches magmatiques, les roches sédimentaires et les roches métamorphiques). La deuxième partie consacrée aux notions de base de cartographie (lecture de la carte topographique, établissement du profil topographique, lecture de la carte géologique et réalisation d'une coupe géologique).

Table des matières

Chapitre I. Identification des minéraux	
I – Définition	9
I-1 La couleur	9
I-2 Le trait	10
I-3 L'éclat	10
I-4 La dureté	10
I-5 La densité	11
I-6a. Groupement de minéraux	12
I-6b. La forme cristalline	12
I-7 Le système de cristallisation	13
I-8 Le clivage	14
I-9 La cassure	14
I-10 L'effervescence	15
I-11 Les macles	15
I-12 Caractères particuliers à certains minéraux	16
• La solubilité	16
• Le magnétisme	16
• La radioactivité	16
• La conductivité électrique	16
• Saveur	16
• Odeur	16
• Fluorescence, thermoluminescence	16
II. Les différentes classes des minéraux	17
II-1 Le groupe des métaux et non-métaux natifs	17
• Le graphite	17
• Le soufre	17
II-2 Les sulfures	18
• La pyrite	18
• La chalcopyrite	18

• La galène	18
II-3 Les oxydes et les hydroxydes	19
• Le spinelle	19
• La magnétite	19
• L'hématite	19
• La cassitérite	20
II-4 Les halogénures	20
• L'halite	20
• La sylvite	21
II-5 Les carbonates	21
• La calcite	21
• La malachite	21
• L'azurite	22
• La magnésite	22
II-6 Les silicates	23
• Le quartz	23
• La Topaze	23
• Les Micas	23
- la muscovite	23
- la biotite	24
• Le disthène (cyanite)	24
• Le grenat	25
• Le talc	25
II-7 Les tungstates	26
• La wolframite	26
II-7 Les Sulfates	26
• Le Gypse	26
• La Barytine	27

Chapitre 2. Les roches magmatiques

I- Introduction	28
I-1 Les roches plutoniques	28
I-2 Les roches volcaniques	28
I-3 Les roches filoniennes	28
II- Les textures des roches magmatiques	28
II-1 Texture grenue	28
II-2 Texture microgrenue	30
II-3 Texture microlitique	31
II-4 Texture hyaline (texture vitreuse)	31
III- Classification des roches magmatiques	32
III- 1 Saturation et degré d'acidité	32
III- 2 La coloration	32
III- 3 La texture	32
III- 4 Le mode de gisement	32
IV- Quelques exemples de roches magmatiques	34
IV-1 Les roches acides	34
IV-1-1 Roches plutoniques	34
• Granite	34
IV-1-2 Roches volcaniques	34
• Rhyolite (roches volcaniques)	34
• La pierre ponce	34
IV-2 Les roches intermédiaires	34
IV-2-1 Roches plutoniques	34
• Syénite	34
IV-2-2 Roches volcaniques	34
• Trachyte	34
IV-3 Les roches basiques	34
IV-3-1 Roches plutoniques	34
• Gabbro	34
IV.3.2 Roches volcaniques	34
• Basalte	34

• Bombe volcanique	34
IV-4 Les roches ultrabasiques	36
IV-4-1 Roches plutoniques	36
• Péridotite	36

Chapitre 3. Les roches sédimentaires

I- Introduction	37
I-1 L'ensemble détritique	37
I-1-1 Les rudites	38
• La brèche	38
• Le poudingue	38
I-1-2 Les arénites	38
• Les sables	38
• Les grès	38
I-1-3 Les pélites	39
• Les argiles	39
• Les marnes	39
I-2 L'ensemble physico-chimique et biochimique	39
I-2-1 Les roches ferrifères	39
I-2-2 Les roches carbonatées	39
• Les tufs et les travertins calcaires	39
• Stalactites et stalagmites	40
• Les calcaires oolithiques	40
• Les calcaires à nummulites	40
• Les calcaires à coquille de bivalves	40
I-2-3 Les roches siliceuses	40
• Le silex	40
• Les diatomites	40
I-3 Roches biogènes organiques	40
• La houille	40
• Le pétrole.....	40
• Les roches phosphatées.....	40

Chapitre 4. Les roches métamorphiques

I. Introduction	42
II. Les différents types de métamorphisme	42
II.1 Le métamorphisme de contact	42
II.2 Le métamorphisme régional	43
II.3 Le métamorphisme de choc	44
II.4 Le métamorphisme hydrothermal	45
III. Quelques roches métamorphiques	45
• Le schiste	45
• Le micaschiste	45
• Le gneiss	45
• Le marbre	45
• L'amphibolite et la pyroxénite	45
• Les cornéennes	46

Chapitre 5. La carte topographique

I. Définition	47
II. Repérages	47
II-1 Les projections cartographiques	47
II-1-1 La projection cylindrique	48
II-1-2 La projection cylindrique	49
II-1-3 La projection azimutale	49
II-2 Les coordonnées géographiques	49
III- L'échelle de la carte	49
IV- Orientation	50
V- Représentation du relief	50
V-1 Définition	51
V-2 Les courbes de niveau normales	51
V-3 Les courbes de niveau maîtresses	51
V-4 Les courbes de niveau intercalaires	51
V-5 L'équidistance	52
V-6 La planimétrie	53

Chapitre 6. Le profil topographique

I-Introduction	54
----------------------	----

II-Principe de l'exécution d'un profil topographique	54
III- Les formes du relief en courbes de niveau	55
III- 1Formes des versants	55
III.1.1 Pente constante	56
III.1.2 Pente régulièrement variable	56
III.1.2 : Pentes à variation brusques	57
III-2 : Formes des vallées	59
<u>Chapitre 7. La carte géologique</u>	
I-Introduction	60
II Eléments fondamentaux d'une carte géologique	60
II. 1 Légende géologique	60
II.1.1 La couleur	60
II.1.2. Notations des terrains	61
II.1.3 Notations des structures	62
II.2 Notice de la carte	63
<u>Chapitre 8. La coupe géologique</u>	
I Introduction	65
II- Etape de la réalisation d'une coupe géologique	65
II-1 Choix de l'emplacement et de l'orientation du trait de coupe	65
II-2 Méthode à suivre pour tracer une coupe géologique	67
<u>Références bibliographique</u>	68

Chapitre 1. Identification des minéraux

I-Définition

Un minéral est un solide naturel, homogène, possédant une composition chimique définie et une structure atomique ordonnée (Hurlbut, 1963).

Les minéraux possèdent des propriétés physiques qui permettent de les identifier et qui deviennent des critères de reconnaissances. Ce qui attire d'abord l'œil, c'est bien la couleur et la forme cristalline des minéraux, mais il y a d'autres propriétés qui peuvent être observées sans l'aide d'instruments et sont d'une grande utilité pratique.

I-1 La couleur

Certains minéraux ont une coloration caractéristique qui peut aider à leur détermination, mais c'est là un critère qui est loin d'être absolu. Un même minéral peut avoir plusieurs couleurs.

Exemple : le quartz présente plusieurs variétés selon la couleur qui va de l'incolore limpide (cristal de roche), au blanc laiteux au violet améthyste, au rouge (jaspe), au noire, au bleu etc. (Fig.1), alors que des spécimens qui ont tous la même couleur peuvent représenter des minéraux tout à fait différents, comme ces minéraux à l'éclat métallique qui ont tous la couleur de l'or : la pyrite (or des fous), la chalcoppyrite et l'or. Il faut noter que la couleur s'observe sur une cassure fraîche, car l'altération superficielle peut masquer la couleur du minéral.

Les Quartz monocristallins



Fig. 1 : Différentes couleurs du quartz (Pierres Energies)

I-2 Le trait

C'est la couleur de la trace d'un minéral frotté sur une plaque de porcelaine. Exemple : l'hématite possède une couleur noire en cassure fraîche mais laisse un trait brun rougeâtre sur la plaque de porcelaine. La pyrite de couleur jaune or possède un trait noir (Fig. 2).

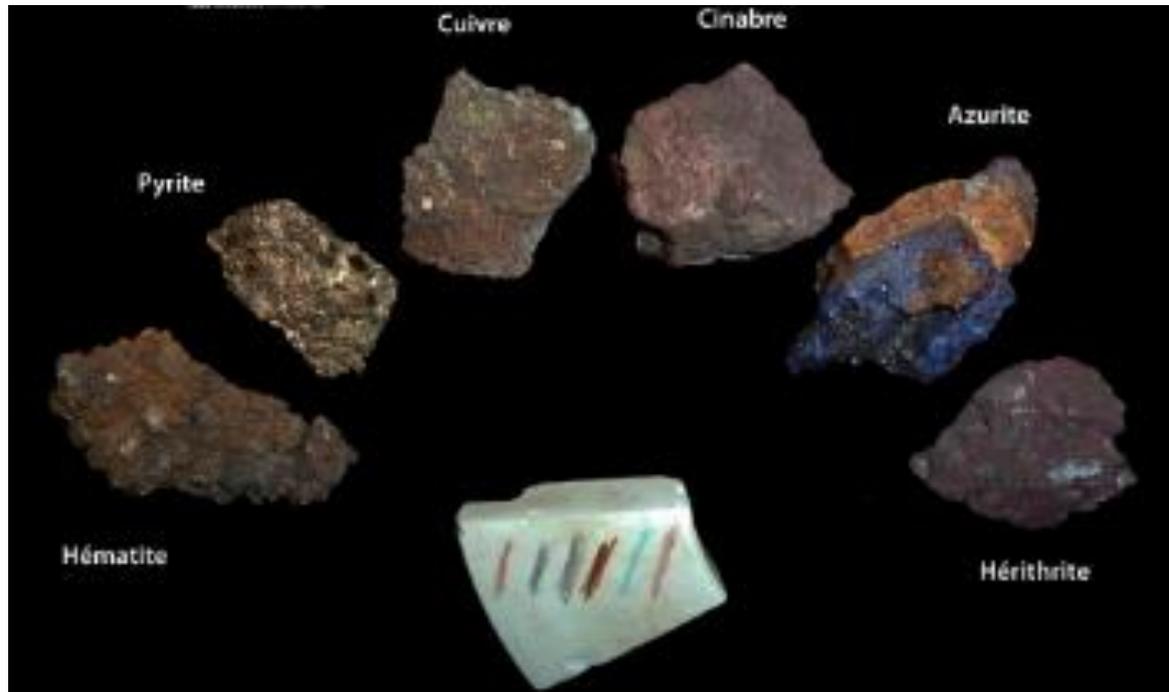


Fig. 2 : Traces de minéraux sur un fragment de porcelaine <https://geopix.ufrteb.fr/les-traces-de-mineraux-sur-une-porcelaine/>

I-3 L'éclat

C'est l'aspect qu'offre la surface des minéraux en réfléchissant la lumière. On distingue deux grandes catégories : l'éclat métallique, brille comme celui des métaux (or, pyrite, chalcoppyrite), et l'éclat non métallique qui comprend l'éclat vitreux (comme le verre), l'éclat gras comme le grenat, l'éclat adamantin (qui réfléchit la lumière comme le diamant), résineux (comme la résine), soyeux (comme la soie), nacré (comme la nacre). Certains minéraux ont un éclat sub-métallique d'autres peuvent être dépourvus d'éclat, on dit qu'ils ont un éclat terreux. idem Photos

I-4 La dureté

La dureté d'un minéral correspond à sa résistance à se laisser rayer. On dit qu'un minéral est plus dur qu'un autre si le premier raye le second. La dureté est estimée par l'échelle de dureté Mohs qui contient dix minéraux rangés de 1 à 10 (Fig. 3). Comme c'est une échelle ordinale, on doit procéder par comparaison (capacité de l'un à rayer l'autre) avec deux autres minéraux dont on connaît déjà la dureté.

Dureté des minéraux

La **dureté** d'un **minéral** est déterminée par sa résistance à se faire rayer.

Échelle relative de dureté des minéraux (Échelle de Mohs)

Dureté	Minéraux
1	Talc
2	Gypse
3	Calcite
4	Fluorite
5	Apatite
6	Orthose
7	Quartz
8	Topaze
9	Corindon
10	Diamant

On part du minéral le **moins dur** (talc) au minéral le **plus dur** (diamant)

Rayés par **l'ongle** (minéraux très tendres)

Rayés par une **pièce de monnaie de 1 cent** (minéraux assez tendres)

Rayés par une **pointe de canif** (minéraux assez durs)

Rayent le **verre** (minéraux très durs)




Fig. 3 : Échelle de Mohs (<https://tpdemain.com/module/lechelle-de-mohs/>)

I-5 Densité

La densité est une constante caractéristique d'un minéral, beaucoup de minéraux ont une densité qui se situe autour de 2.7 gr/cm^3 soit 2.7 fois plus lourd qu'un volume égale d'eau. On distingue: Les minéraux légers, $d < 3$, tel que le feldspath, quartz, micas, carbonate ; Les minéraux denses,

$d = 3$ à 5 , comme la fluorine, barytine, malachite ; Les minéraux très dense, $d > 5$, sulfure, cinabre, galène, pyrite. (La densité peut être appréciée à la main, mais il faut faire abstraction du volume).

I-6a. Groupement de minéraux

Lorsque les minéraux sont groupés, on leur attribue à leur façon de s'associer des qualificatifs évocateurs : massif, granulaire, fibreux, fibroradié, foliacé, dendritique, stalactitique, globulaire.

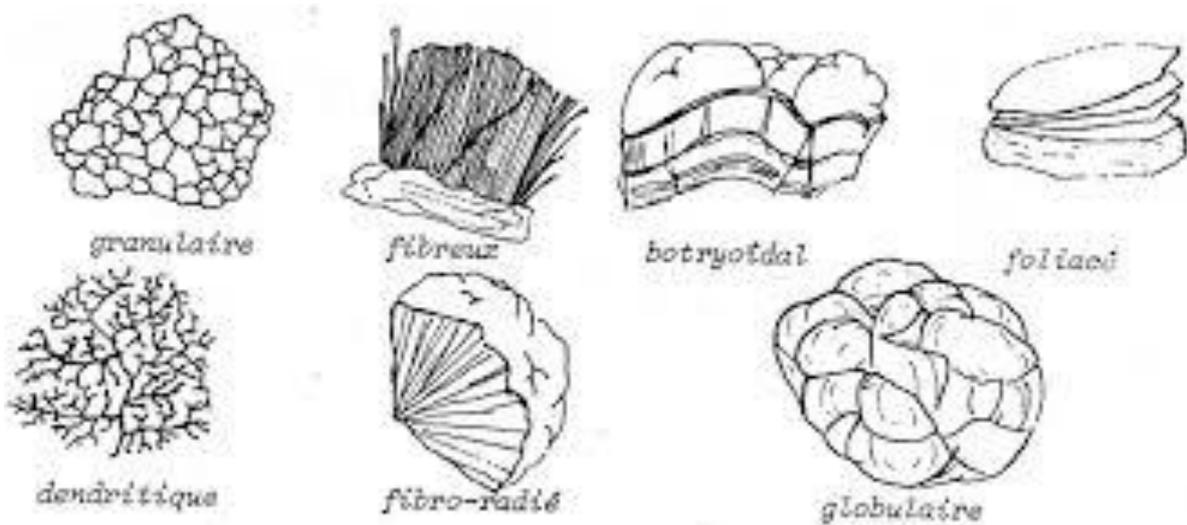


Fig. 4a : Quelques adjectifs qui qualifient les habitus de groupement de minéraux

I-6b Forme cristalline

Les formes géométriques des cristaux sont définies par leur structure cristalline. Certains minéraux se présentent sous forme de polyèdres (cubique, en prisme trapu, pyramidale en bipyramide ; Fig. 4) qui permettent de retrouver leur maille cristalline. Les minéraux peuvent avoir une géométrie mal définie à l'extérieur malgré la présence d'une organisation atomique bien définie à l'intérieur

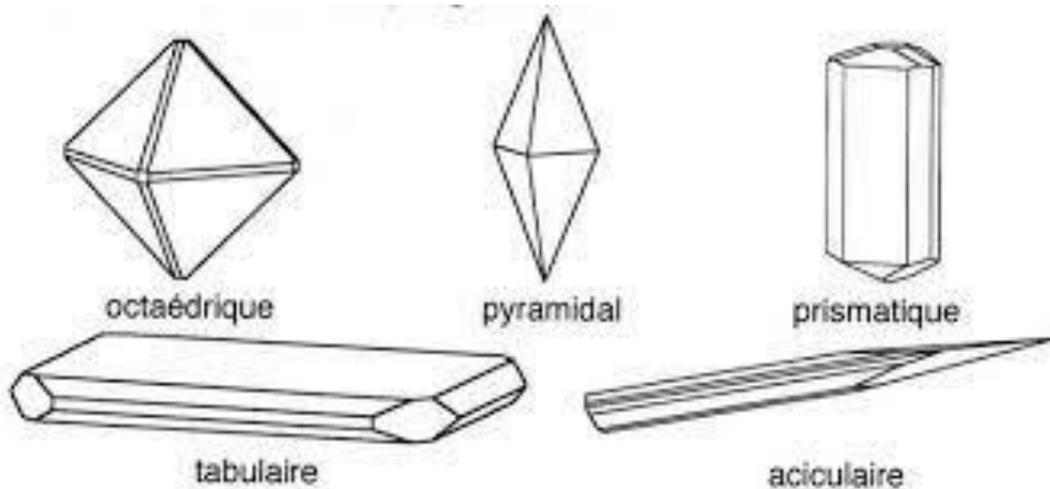


Fig. 4 b: Formes cristallines de quelques minéraux http://www.polyhedra-world.nc/stuff/cristal_introduction.pdf

I-7 Système de cristallisation

Chaque minéral cristallise dans un système cristallin. Un minéral donné reproduira toujours les mêmes formes régies par ce système. On en définit sept systèmes cristallins (Fig. 5) : le système cubique, le système quadratique, le système orthorhombique, le système rhomboédrique, le système hexagonal, le système monoclinique et le système triclinique.

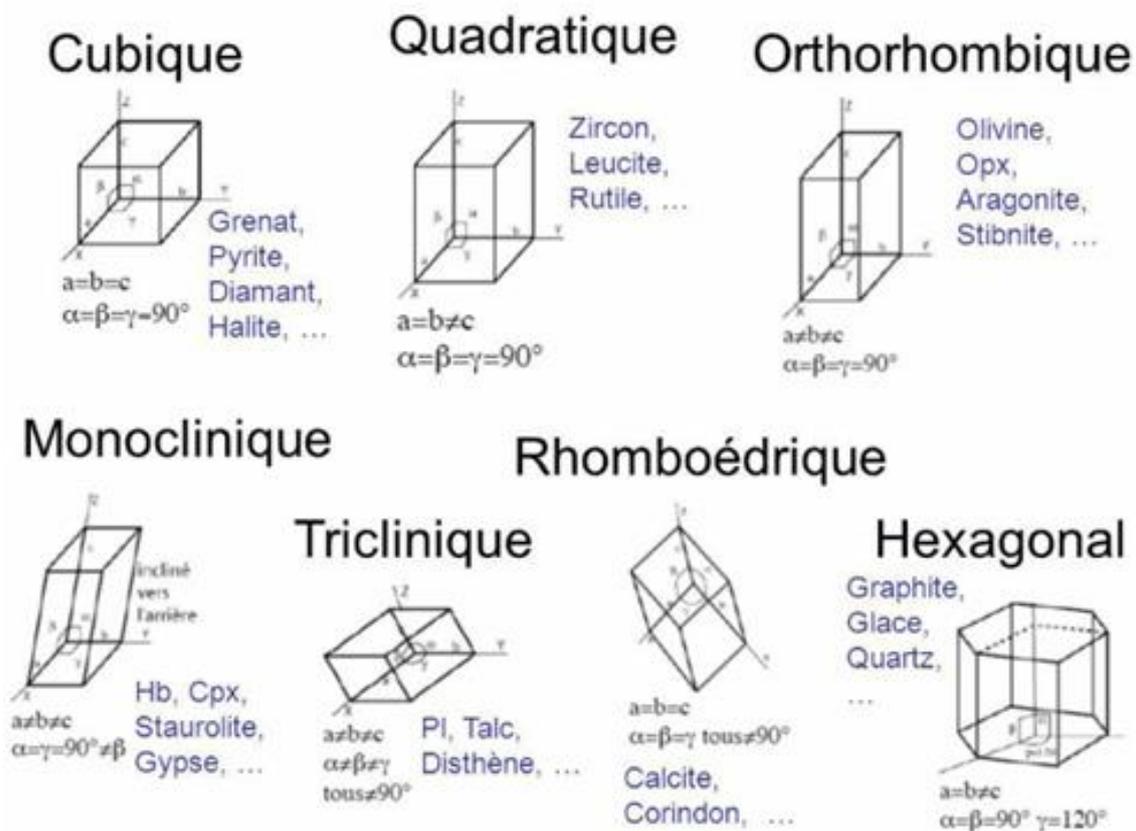


Fig. 5 : Les sept systèmes cristallins

Remarque

Dans certains cas, les minéraux ne présentent **aucune forme cristalline**; ils sont dits **amorphes**.

Exemples : cristaux amorphes de silice et opale.

I-8 Le clivage

Le clivage est une propriété des minéraux de se briser suivant des plans cristallographiques parallèles aux faces cristallines, il correspond à des plans de faiblesses dans la structure cristalline. Puisqu'il s'agit de plans de faiblesse, un minéral va donc se briser facilement le long des plans de clivages, alors qui ne se briseront jamais selon ses faces cristallines. Exemple, la calcite possède un clivage rhomboédrique avec des plans à 75° et 105° (Fig. 6a). Par contre, si on brise un minéral de quartz qui est un minéral sans clivage, on obtient des fragments avec des cassures très irrégulières. Les micas se débitent en feuilles grâce à leur clivage selon un plan unique (Fig. 6b).

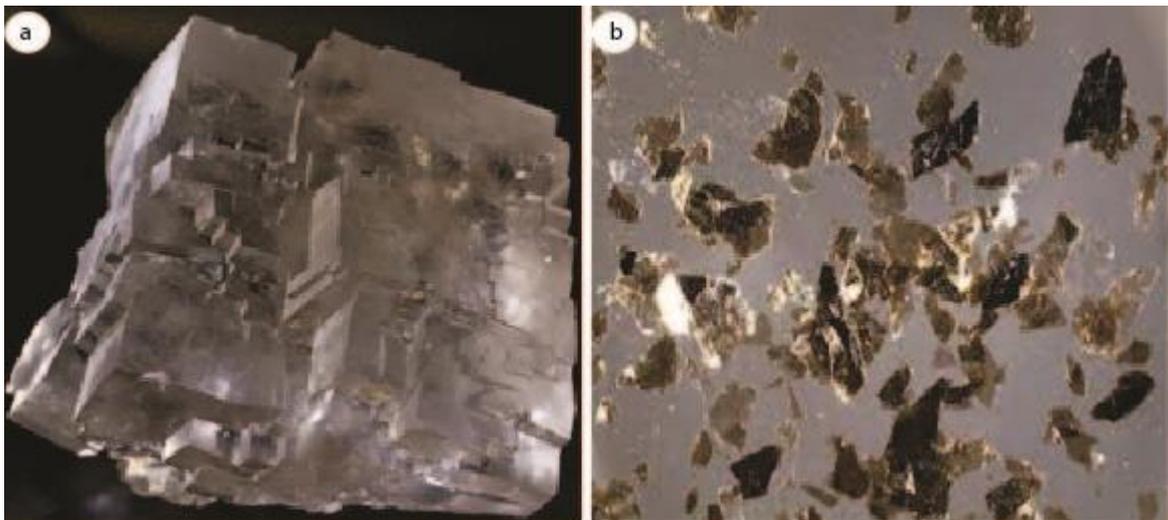


Fig. 6 : a) clivage rhomboédrique dans la calcite ; **b)** clivage des micas

I-9 La cassure

Habituellement les minéraux peuvent se briser irrégulièrement, mais cette cassure bien qu'irrégulière, présente parfois une allure caractéristique : cassure conchoïdale comme dans le quartz (analogue à celle d'un fragment de verre ; Fig. 7a) ; cassure irrégulière ; cassure en escalier comme dans le gypse (Fig. 7b).

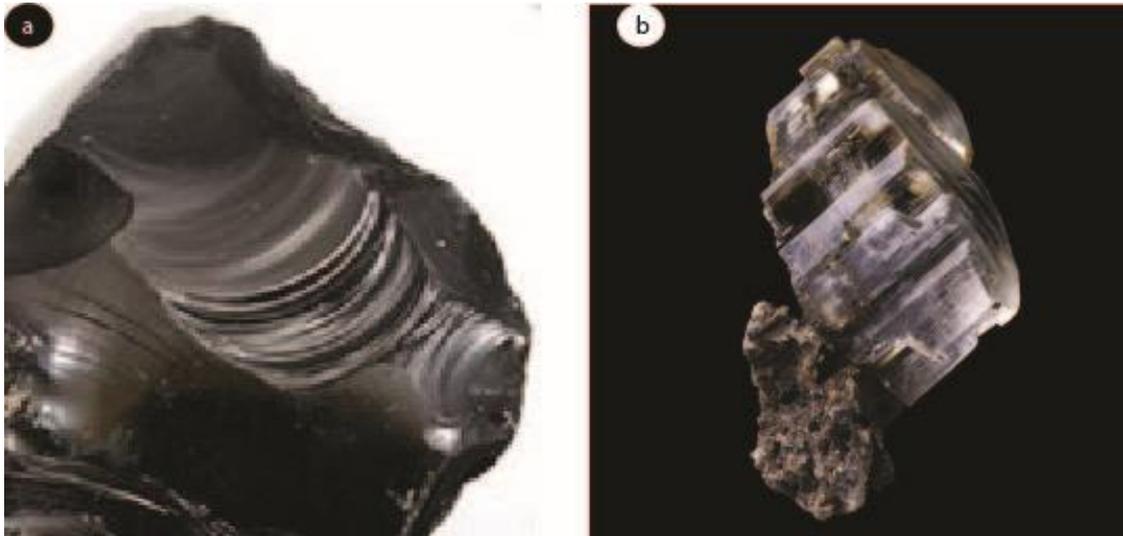


Fig. 7 : a) cassure conchoïdale <https://www.le-comptoir-geologique.com/conchoidale-lexique.html> ; b) cassure en escalier <https://www.le-comptoir-geologique.com/gypse-encyclopedie.html>

I-10 L'effervescence

Les minéraux de la classe des carbonates sont décomposés chimiquement par les acides ; cette réaction chimique dégage des bulles de gaz.

I-11 Les macles

Une « **macle** » est un édifice cristallin complexe formé par l'association de deux ou plusieurs cristaux juxtaposés et orientés les uns par rapport aux autres d'une façon déterminée. Cet accolement ne se fait pas n'importe comment, ils s'incluent dans la symétrie du cristal.

Exemple : Les macles polysynthétiques de l'albite et du péricline, les macles de Carlsbad de l'orthose ; les macles en croix dans la staurotide (Fig. 8).

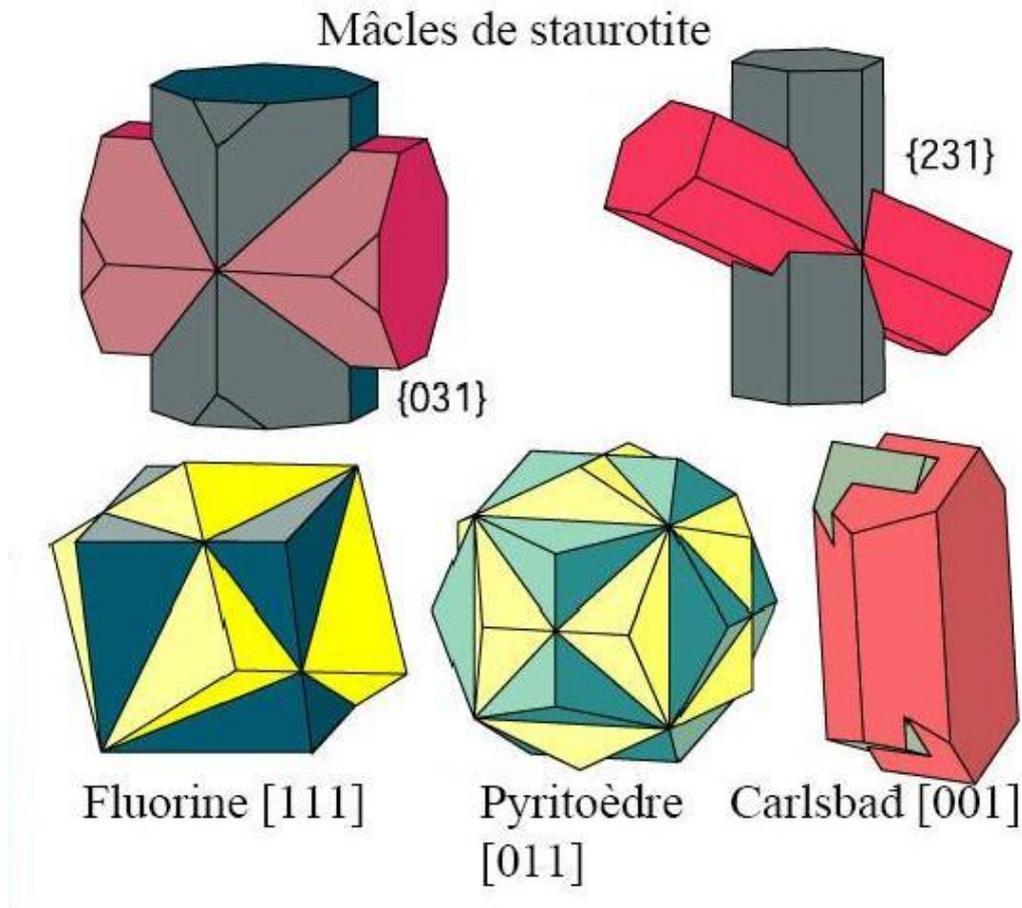


Fig. 8 : Représentation de quelques macles (https://www.geowiki.fr/index.php?title=Les_macles)

I-12 Caractères particuliers à certains minéraux

- **La solubilité :** C'est la propriété d'un minéral à se dissoudre dans l'eau ou dans un acide. Exemple : l'halite,
- **Le magnétisme :** C'est la capacité de certains minéraux riches en fer à réagir en présence d'un aimant. Exemple : la magnétite,
- **La radioactivité :** Quelques minéraux émettent un rayonnement invisible : alpha α , bêta β ou gamma γ . On mesure la radioactivité à l'aide d'un compteur Geiger-Muller.
- **La conductivité électrique :** On peut classer les minéraux en deux groupes: les conducteurs et les non-conducteurs d'électricité.
- **Saveur :** sel gemme avec un goût salé
- **Odeur :** soufre avec une forte odeur
- **Fluorescence, thermoluminescence :** (fluorine, minéraux radio actifs)

II Les différentes classes des minéraux

II-1 Le groupe des métaux et non-métaux natifs

- **Le graphite (C)**

Système : hexagonal

Densité : 2.09 à 2.23

Dureté : 1 à 2

Forme : cristaux tabulaires, en masses

Cassure : irrégulière

Couleur : noire

Trait : noire à brunâtre

Éclat : sub-métallique

Clivage : parfait basal

Effervescence : /



Graphite

<https://www.aquaportail.com/dictionnaire/definition/9942/graphite>

- **Le soufre (S)**

Système : orthorhombique

Densité : 2.05 à 2.09

Dureté : 1.5 à 2.5

Forme : pyramidal à tabulaire

Cassure : Conchoïdale à sécable

Couleur : jaune

Trait : blanc

Éclat : résineux

Clivage : parfait

Effervescence : /



Soufre

<https://lanouvelletribune.info/2020/07/le-soufre-aux-therapies-sulfureuses-benefiques/>

II-2 Les sulfures

- **La pyrite (FeS₂)**

Système : cubique

Densité : 5

Dureté : 6

Forme : cube, dodécaèdre individualisé, massive

Cassure : irrégulière

Couleur : jaune or

Trait : noire

Éclat : métallique

Clivage : faible sur {100} et {111}

Effervescence : /



Pyrite : <https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/terre-pyrite-4594/>

- **La chalcopirite (CuFeS₂)**

Système : quadratique

Densité : 4.3

Dureté : 3.5-4

Forme : cristaux tétraédriques souvent en masse

Cassure : en escalier

Couleur : jaune laiteux

Trait : noir verdâtre

Éclat : métallique



Chalcopirite <https://www.france-mineraux.fr/vertus-des-pierres/pierre-chalcopirite/>

- **La galène (PbS)**

Système : cubique

Densité : 7.6

Dureté : 2.5

Forme : cube individualisé, massif

Cassure : en escalier

Couleur : gris de plomb

Trait : gris de plomb

Éclat : métallique

Clivage : parfait

Effervescence : /



Galène
<https://universmineral.fr/blogs/pierres-daventures/galene>

II-3 Les oxydes et hydroxydes

- **Le spinelle ($MgAl_2O_4$)**

Système : cubique

Densité : 3.6 à 3.7

Dureté : 8

Forme : cubique, octaédrique

Cassure : conchoïdale, irrégulière

Couleur : diverses

Trait : blanc

Éclat : vitreux

Clivage : aucun

Effervescence : /



Spinelle <https://www.mindat.org/min-3729.html>

- **La magnétite (Fe_3O_4)**

Système : cubique

Densité : 5.2

Dureté : 5.5 - 6.5

Forme : octaédrique, massive à finement granulaire

Cassure : irrégulière

Couleur : noire

Trait : noire

Éclat : métallique

Clivage : Indistinct

Effervescence : /



Magnétite
<https://www.geowiki.fr/index.php?title=Magn%C3%A9tite>

- **L'hématite (Fe_2O_3)**

Système : rhomboédrique

Densité : 5

Dureté : 5 - 6

Forme : cristaux tabulaires, rhomboédriques, formes mamelonnées

Cassure : irrégulière à conchoïdale

Couleur : gris métallique à rouge terreux

Trait : rouge vif à rouge indien

Éclat : métallique à éclatant

Clivage : Aucun

Effervescence : /

- **La cassitérite (SnO₂)**

Système : quadratique

Densité : 6,3 - 7,3

Dureté : 6 - 7

Forme : cristaux prismatiques avec terminaisons pyramidales ; cristaux aciculaires ou en aiguilles

Cassure : sub-conchoïdale à rugueuse et irrégulière quelconque

Couleur : souvent transparente et brillante parfois opaque

Trait : blanc à brunâtre

Éclat : adamantin à métallique

Clivage : {100} imparfait et léger

Effervescence : /



Cassitérite <https://www.mindat.org/min-917.html>

II-4 Les halogénures

- **L'halite ou sel gemme (NaCl)**

Système : cubique

Densité : 2.1

Dureté : 2.5

Forme : cube massive

Cassure : irrégulière

Couleur : transparent, blanc, gris, jaune

Trait : incolore

Éclat : vitreux

Clivage : très fréquent

Effervescence : /



Halite <https://www.le-comptoir-geologique.com/halite-mineraux-halite-ref-z01-09.html>

- **La sylvite (KCl)**

Système : cubique

Densité : 1.9 à 2

Dureté : 1.5 à 2.5

Forme : cubes, octaèdres, cuboctaèdres.

Cassure : irrégulière, conchoïdale

Couleur : incolore, gris, jaune, bleu ou violet

Trait : blanc

Éclat : vitreux

Clivage : parfait suivant {001}

Effervescence : /



Sylvite

<https://www.sciencephoto.fr/image/11591418-Sylvite-mineral>

II-5 Les carbonates

- **La calcite (CaCO₃)**

Système : Rhomboédrique

Densité : 2.71

Dureté : 3

Forme : rhomboèdre, massive

Cassure : irrégulière.

Couleur : transparent, blanc, brun, jaune

Trait : incolore

Éclat : nacré à vitreux

Clivage : trois familles de clivages parallèles aux faces du rhomboèdre

Effervescence : Elle réagit à l'HCl



Calcite

<http://www2.ggl.ulaval.ca/personnel/boulique/s2/calcite.html>

- **La malachite [Cu₂CO₃(OH)₂]**

Système : monoclinique

Densité : 3,6 à 4,05

Dureté : 3,5 à 4

Forme : aciculaire, prismatique,

Cassure : irrégulière

Couleur : vert, vert noirâtre, vert clair, vert foncé



Malachite <https://www.mindat.org/min-2550.html>

Trait : vert clair, vert pâle

Éclat : vitreux, adamantin, soyeux, mat, gras, terreux

Clivage : parfait sur {201}, irrégulier sur {010}

Effervescence : Elle réagit à l'HCl

- **L'azurite** [$\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$]

Système : monoclinique

Densité : 3,8

Dureté : 3,5 - 4

Forme : prismatique

Cassure : conchoïdale

Couleur : bleu azur, bleu clair ou sombre

Trait : azur

Éclat : vitreux

Clivage : parfait à {011}, bon à {100}

Effervescence : /



Azurite (bleu), malachite (verte)

<https://www.mcpgallery.com/product/azurite-malachite-morocco-gfs0256/>

- **La magnésite** MgCO_3

Système : trigonal (rhomboédrique)

Densité : 3

Dureté : 4

Forme : Cristaux rhomboédriques ou plus rarement prismatiques ou scalénoèdres

Cassure : conchoïdale

Couleur : blanc, gris, jaunâtre jusqu'à brun, plus rarement vert

Trait : blanc

Éclat : vitreux ; mat

Clivage : parfait dans les trois directions du rhomboèdre

Effervescence : /



Magnésite

<https://www.lecomptoirdedharma.com/2020/08/la-magnesite.html>

II-6 Les silicates

- **Le quartz (SiO₂)**

Système : Hexagonal

Densité : 2.7

Dureté : 7

Forme : prisme hexagonal, granulaire, massif

Cassure : conchoïdale

Couleur : transparent (incolore), noir, violet, blanc, gris

Trait : incolore

Éclat : vitreux

Clivage : /

Effervescence : /



Quartz

<https://www.preciver.com/verre-quartz.html>

- **La topaze [Al₂SiO₄(F, OH)₂]**

Système : orthorhombique

Densité : 3.49 à 3.57

Dureté : 8

Forme : Dipyramidale

Cassure : Irrégulière, sub-conchoïdale

Couleur : Incolore à blanc, bleu, verdâtre, brun jaune, orange, rose, rougeâtre et violet

Trait : blanc

Éclat : vitreux

Clivage : parfait sur {001}

Effervescence : /



Topaze

<https://www.minerals.net/mineral/topaz.aspx>

- **Les micas :**

- **La muscovite [(Si₆Al₂O₂₀)Al₄(OH)₄K₂]**

Système : monoclinique

Densité : 3

Dureté : 2.5

Forme : paillette hexagonale

Cassure : irrégulière

Couleur : incolore, gris (argent)

Trait : incolore

Éclat : nacré

Clivage : très facile parallèle aux paillettes

Effervescence : /

- La biotite [(Si₆Al₂O₂₀) (Mg, Fe)₆ (OH)₄K₂]

Système : monoclinique

Densité : 3

Dureté : 2.5

Forme : paillette hexagonale

Cassure : irrégulière

Couleur : brun, noir

Trait : incolore

Éclat : sub-métallique

Clivage : très facile parallèle aux paillettes

Effervescence : /



Biotite <https://ukge.com/product/biotite-mica/>

• **Le disthène (cyanite) [Al₂O (SiO₄)]**

Système : triclinique

Densité : 4

Dureté : 4 (axe c) 7 (axe b)

Forme : cristaux longs, en lamelle ou latte

Cassure : esquilleuse

Couleur : généralement bleu mais peut aussi être blanc, gris, ou vert

Trait : blanc

Éclat : vitreux à nacré

Clivage : parfait suivant 100

Effervescence : /



Disthène
<https://www.1001mineraux.com/disthene-ou-cyanite-bresil-mineraux-a-cristaux-10-3cm-324g-ba103-f600701.html>

- **Le grenat** $[(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Ca})_3 (\text{Al}, \text{Fe})_2 (\text{SiO}_4)_3]$

Systeme : cubique

Densité : 3.5

Dureté : 6.5 à 7.2

Forme : pseudo sphérique, dodécaèdre

Cassure : irrégulière

Couleur : brun, noir, grenat

Trait : blanc

Éclat : résineux à vitreux

Clivage : Aucun

Effervescence : /



Grenat

<https://universmineral.fr/blogs/pieres-daventures/grenat>

- **Le talc** $[\text{Mg}_3(\text{OH})_2(\text{Si}_4\text{O}_{10})]$

Systeme : monoclinique

Densité : 2.58 à 2.83

Dureté : 1

Forme : cristaux rares, généralement en agrégats feuilletés

Cassure : irrégulière

Couleur : gris

Trait : blanc

Éclat : gras à nacré

Clivage : parfait

Effervescence : /



Talc

<https://fr.geologyscience.com/min%C3%A9raux/talc/#gsc.tab=0>

II-7 Les tungstates

- **La wolframite** $[(Fe,Mn,Mg)WO_4]$

Système : monoclinique

Densité : 7,14 - 7,54

Dureté : 4 - 4,5

Forme : Cristaux tabulaires, aux faces souvent striée

Cassure : irrégulière

Couleur : gris-noir

Trait : marron rougeâtre

Éclat : sub-métallique à résineux

Clivage : parfait sur {010}

Effervescence : /



Wolframite <https://www.le-comptoir-geologique.com/wolframite-encyclopedie.html>

II-8 Les sulfates

- **Le gypse** $[SO_4Ca, 2H_2O]$

Système : monoclinique

Densité : 2.3

Dureté : 2

Forme : tablettes, fibres massives

Cassure : en escalier

Couleur : transparent, blanc, gris, jaune

Trait : incolore

Éclat : nacré à vitreux

Clivage : trois familles de clivages

Effervescence : /



Gypse
<https://cours.polymtl.ca/PBedard/g1100/mineraux/gypse/gypse.html>

- **La barytine (BaSO₄)**

Système : orthorhombique

Densité : 4.48

Dureté : 3 - 3,5

Forme : cristaux aplatis selon (001), parfois lamellaires

Cassure : irrégulière, conchoïdale

Couleur : incolore, parfois blanc, jaune

Trait : blanc

Éclat : vitreux à résineux

Clivage : parfait sur {001} et {210}, bon sur {010}

Effervescence : /



Barytine

<https://cours.polymtl.ca/PBedard/glq1100/mineraux/barytine/barytine.html>

Chapitre : 2 Les roches magmatiques

I- Introduction

Les roches magmatiques appelées également roches ignées, elles sont issues de la solidification du magma. Selon leur mode de gisement (mise en place), les roches magmatiques sont subdivisées en trois grands groupes : les roches plutoniques, les roches volcaniques et les roches filoniennes.

I-1 Les roches plutoniques

C'est des roches magmatiques qui cristallisent à l'intérieur de la lithosphère où le refroidissement est lent.

I-2 Les roches volcaniques

Le magma est émis directement à la surface de la terre, à travers les volcans, les fissures ou bien au niveau des dorsales médio-océaniques. Le matériel magmatique subit un refroidissement rapide.

I-3 Les roches filoniennes (ou "roches de semi-profondeur")

Elles ont une texture intermédiaire microgrenue, les cristaux sont de tailles minuscules.

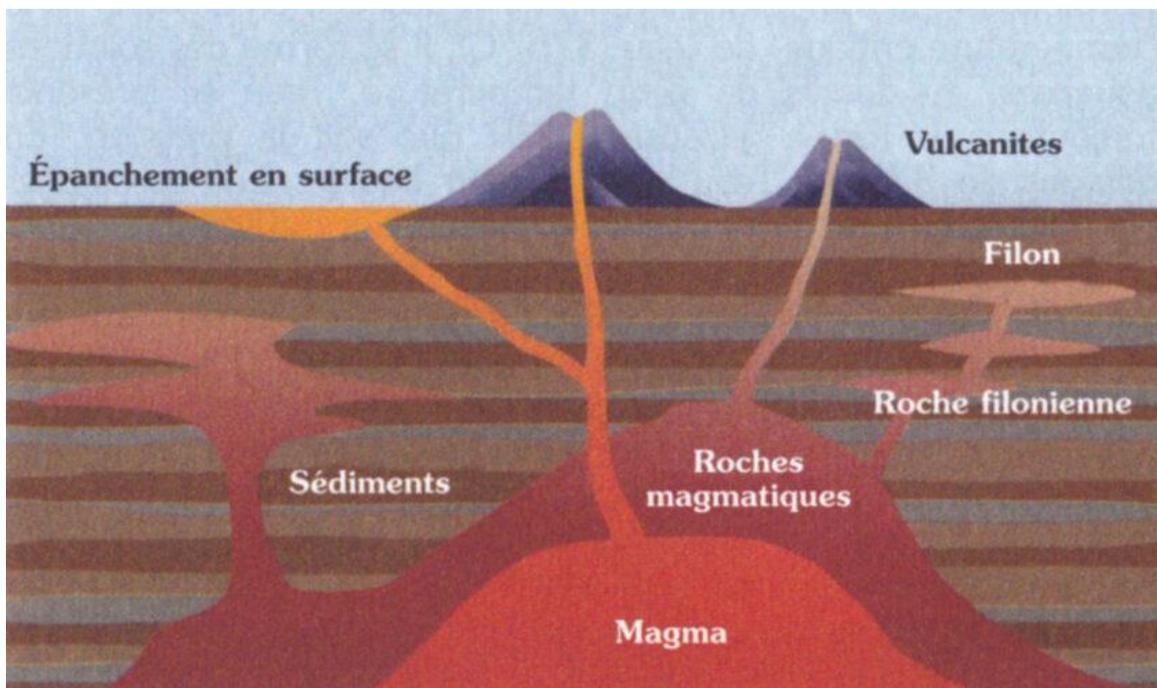


Fig. 9 : Mise en place des roches magmatiques <https://etreenlien.ch/lithosphere/la-formation-des-mineraux/>

II- Les textures des roches magmatiques

Il s'agit de la disposition des minéraux telle qu'on peut l'étudier à l'échelle de l'échantillon ou au microscope.

II-1 Texture grenue

La roche est entièrement cristallisée et tous les minéraux sont visibles à l'œil nu. **La texture grenue normale** (ou équante) a tous les éléments qui sont de mêmes tailles (Fig. 10a); **la texture aplitique** présente les minéraux très petits et à peines visibles à l'œil nu (Fig. 11b); **la texture pégnatitique** montre un développement énorme de tous les minéraux (parfois plusieurs décimètres, Fig. 11b) et dans **la texture porphyroïde**, la roche n'est plus homogène, il existe une famille de grands cristaux et une famille de cristaux de petites tailles (Fig. 10b).

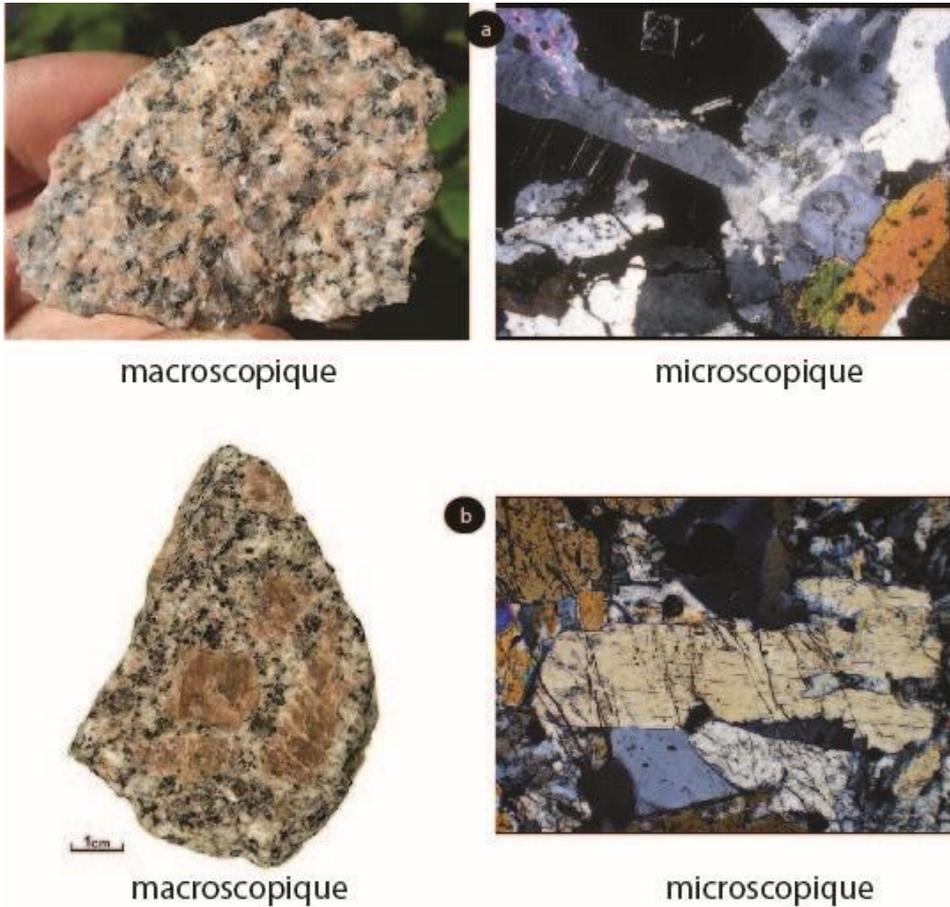


Fig. 10 a) texture grenue ; **b)** texture grenue porphyroïde

(<https://pellenard.files.wordpress.com/2019/01/tp3-minc3a9ralo-11-2020.pdf>).

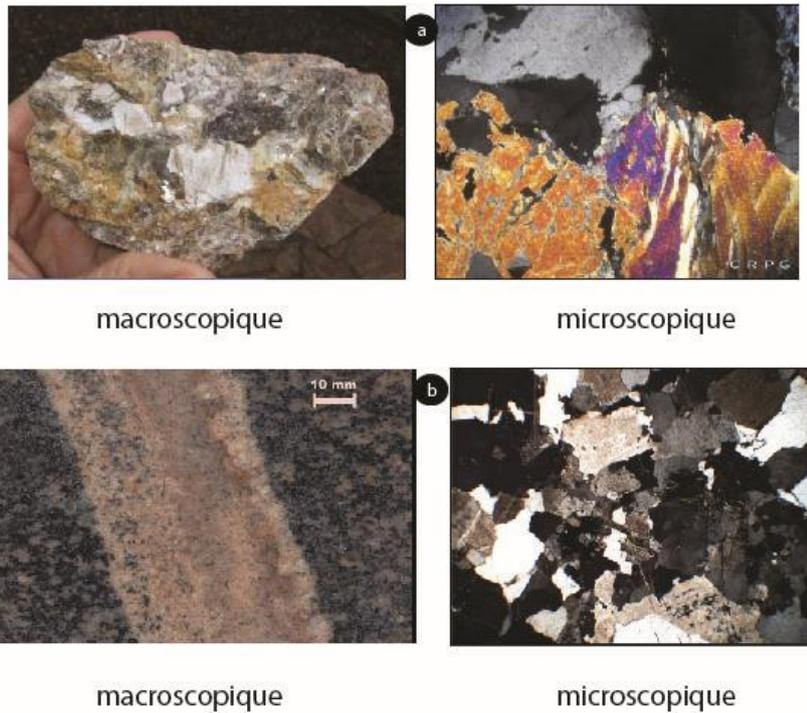


Fig. 11 : a) texture pégmaticite ; b) texture aplitique (<https://pellenard.files.wordpress.com/2019/01/tp3-minc3a9ralo-l1-2020.pdf>).

II-2 Texture microgrenue

La roche est complètement cristallisée, mais les cristaux ne sont pas visibles à l'œil nu, ils sont de tailles microscopiques (Fig. 12)

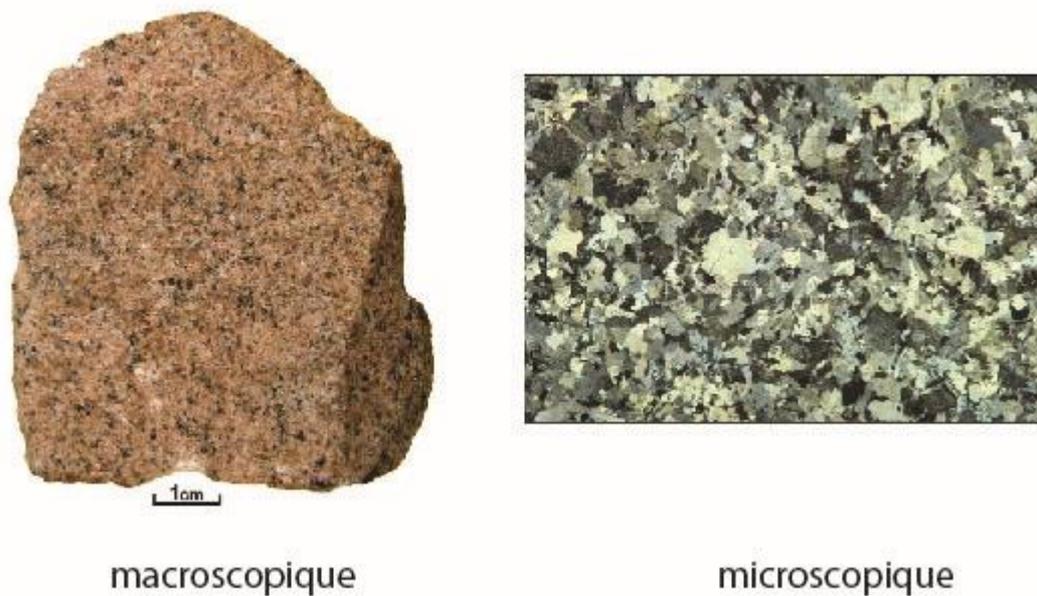


Fig. 12 : Texture microgrenue (<https://pellenard.files.wordpress.com/2019/01/tp3-minc3a9ralo-l1-2020.pdf>).

II-3 Texture microlitique

Dans ce cas la roche n'est plus entièrement cristallisée. Il existe des cristaux et une pâte amorphe vitreuse qui indique une phase de refroidissement rapide, c'est donc une texture des roches volcaniques. Deux textures sont identifiées :

- **La texture microlitique porphyrique** : Elle a des cristaux automorphes de grande taille (phénocristaux) enrobés dans une mésostase aphanitique (Fig. 13a),
- **Texture trachytique**: Elle se dit de la texture présente dans les roches volcaniques caractérisée par des microlites orientées suivant la direction d'écoulement (Fig.13b)

II-4 Texture hyalines (texture vitreuse)

Elle est relativement rare, le refroidissement rapide n'a pas laissé le temps aux minéraux de se former, c'est un véritable verre. La **texture vacuolaire** est marquée par des bulles d'air, vésicules ou **vacuoles** dans du verre volcanique (Fig. 13c).

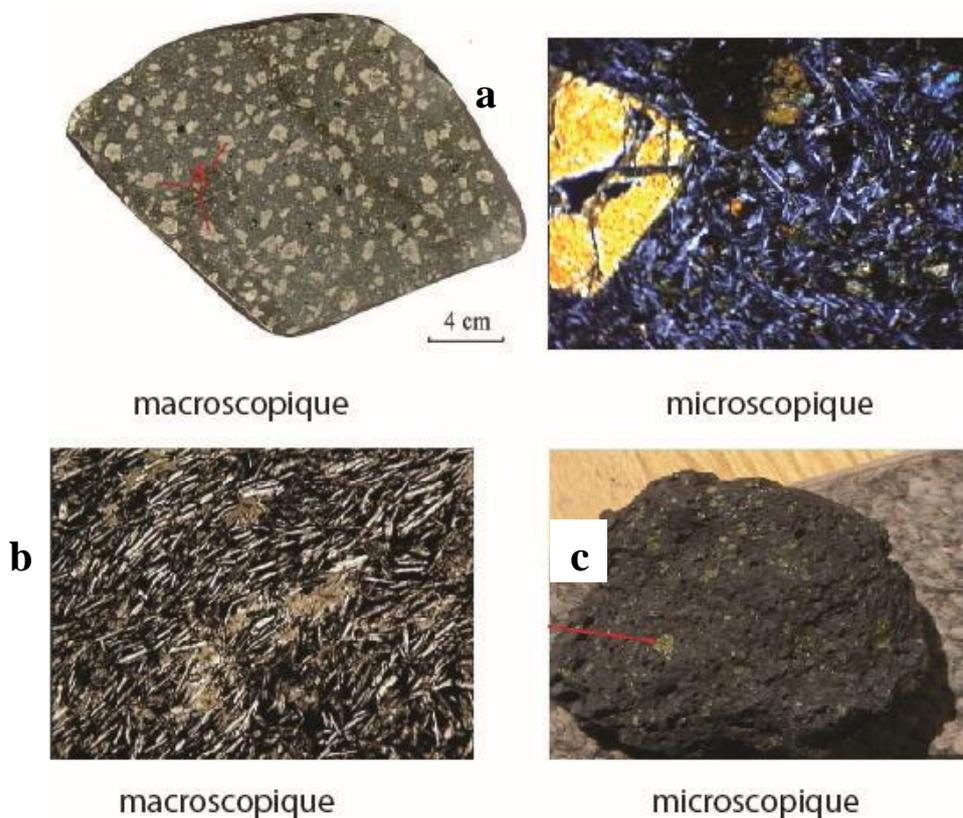


Fig. 12: a) texture microlitiques; <https://geologie.discip.ac-caen.fr/Micropol/endogen/texture/endotext.html>; b) texture trachytique ; <https://www.slideserve.com/emmett/g-othermes> c) Texture vitreuse vacuolaire <https://www.slideserve.com/seoras/les-roches-ign-es>

III- Classification des roches magmatiques

Les roches magmatiques peuvent être classées en fonction de :

- La saturation et degré d'acidité
- La coloration
- La texture
- Le mode de gisement

III- 1 Saturation et degré d'acidité

En fonction du degré de saturation en silice, nous distinguons :

- Les roches sursaturées en silice (+ Quartz)
- Les roches saturées en silice (- quartz, – feldspathoïdes)
- Les roches sous-saturées en silice (+ feldspathoïdes)

Une roche est considérée comme acide ou basique en fonction de la teneur en silice qu'elle contient. Elles sont classées comme suit :

- Roche acide $\text{SiO}_2 > 65\%$
- $65\% < \text{Roche intermédiaire} > 55\%$
- $55\% < \text{Roche basique} > 45\%$
- Roche ultrabasique $< 45\%$

III- 2 La coloration

Elles sont définies comme suit :

- Leucocrate (blanc à gris clair) : $0\% < \text{minéraux Ferro-magnésiens (Fe-Mg)} < 35\%$
- Mésocrate (gris) : $35\% < \text{minéraux Ferro-magnésiens} < 65\%$
- Mélanocrate (sombre, gris foncé à noir) : $\text{minéraux Ferro-magnésiens} > 65\%$

III- 3 La texture

La texture d'une roche est en relation avec la taille, la forme et le mode d'agencement des minéraux dans une roche. On distingue :

- Les textures des roches plutoniques - grenue
- Les textures des roches volcaniques - microlitique et vitreuse (hyaline)
- Les textures des roches filoniennes – microgrenue

III- 4 Le mode de gisement

Il définit les types de roches suivantes :

- Les roches endogènes où le magma est piégé à l'intérieur de la croûte – roches plutoniques

- Les roches exogènes où le magma est éjecté à travers le volcan vers l'extérieur de la croûte – roche volcanique
- Les roches de sub-surface – roches filoniennes

Tableau I : Classification des roches magmatiques

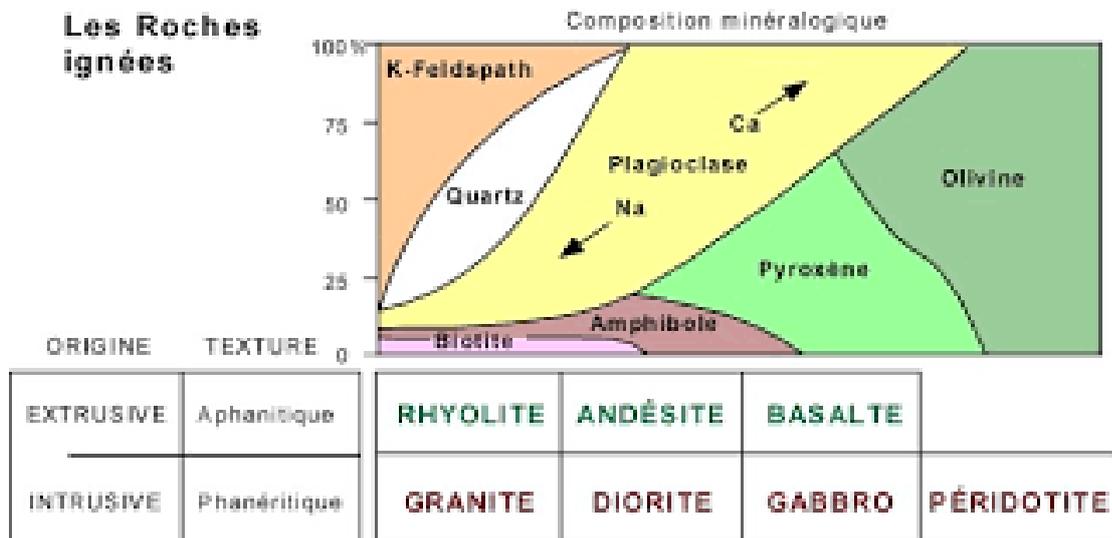
ROCHES MAGMATIQUES		Roches saturées		Roches sous-saturées	
		Avec quartz et feldspaths	Avec feldspaths, sans quartz	Avec feldspaths et feldspathoïdes	Avec feldspathoïdes seuls
Feldspaths alcalins seuls	Groupe leucocrate	GRANITES Rhyolites	SYENITES Trachytes	SYENITES NEPHELINIQUES Phonolites	IJOLITES (à néphéline) Néphélinites et MISSOURITES (à leucite) Leucitites
Feldspaths alcalins et plagioclases		GRANODIORITES Rhyodacites	MONZONITES Trachyandésites	ESSEXITES Téphrites	
Plagioclases seuls	Groupe mésocrate Plagio An < 50	DIORITES QUARTZIQUES Dacites	DIORITES Andésites		
	Groupe mélanocrate Plagio An > 50	GABBROS QUARTZIQUES Basaltes tholéïtiques	GABBROS Basaltes	THERALITES Basanites	
			AMPHIBOLOLITES, PYROXENOLITES, PERIDOTITES Picrites		

En majuscules : les roches à texture grenue

En minuscules : les roches à texture microlitique

Tableau II : Composition des roches ignées et des assemblages minéralogiques.

<http://www2.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/s2/r.ign.html>



IV- Quelques exemples de roches magmatiques

IV-1 Les roches acides

IV-1-1 Roches plutoniques

- **Granite**

Le granite à texture grenue est composé de quartz, de feldspath et de micas (Fig. 13b).

Le granite à texture porphyroïde a la même composition que le granite. Il possède de gros cristaux d'orthose (Fig. 13a).

Le granite à texture pegmatite a la même composition que le granite où tous les cristaux sont géants (Fig. 13c).

Micro granite à texture microgrenue présente la même composition que le granite et présente des minéraux de petites tailles.

IV-1-2 Roches volcaniques

- **Rhyolite (roches volcaniques)** : a une texture microlitique et une composition de quartz et de feldspath en phénocristaux (Fig. 13d).
- **La pierre ponce** : présente une texture vitreuse, contenant de nombreuses bulles de gaz, leur conférant une grande légèreté (Fig. 13e).

VI-2 Les roches intermédiaires

IV-2-1 Roches plutoniques

- **Syénite** : la texture est grenue, composée de feldspaths potassiques (orthoses), de plagioclases sodiques (albite) et d'amphiboles (Fig. 13f).

IV-2-2 Roches volcaniques

- **Trachyte** : la texture est microlitique, constituée de plagioclase calco-sodique, d'amphibole et de pyroxène (Fig. 13g).

IV-3 Les roches basiques

IV-3-1 Roches plutonique

- **Gabbro** : la texture est grenue, contenant de plagioclase calcique, de pyroxène, d'amphibole et d'olivine (Fig. 13h).

IV-3-2 Roches volcaniques

- **Basalte** : la texture est microlitique, composée d'olivine, de feldspath, de pyroxène, d'amphibole et de microlites de plagioclases (Fig. 14a).
- **Bombe volcanique** : la texture est vacuolaire.

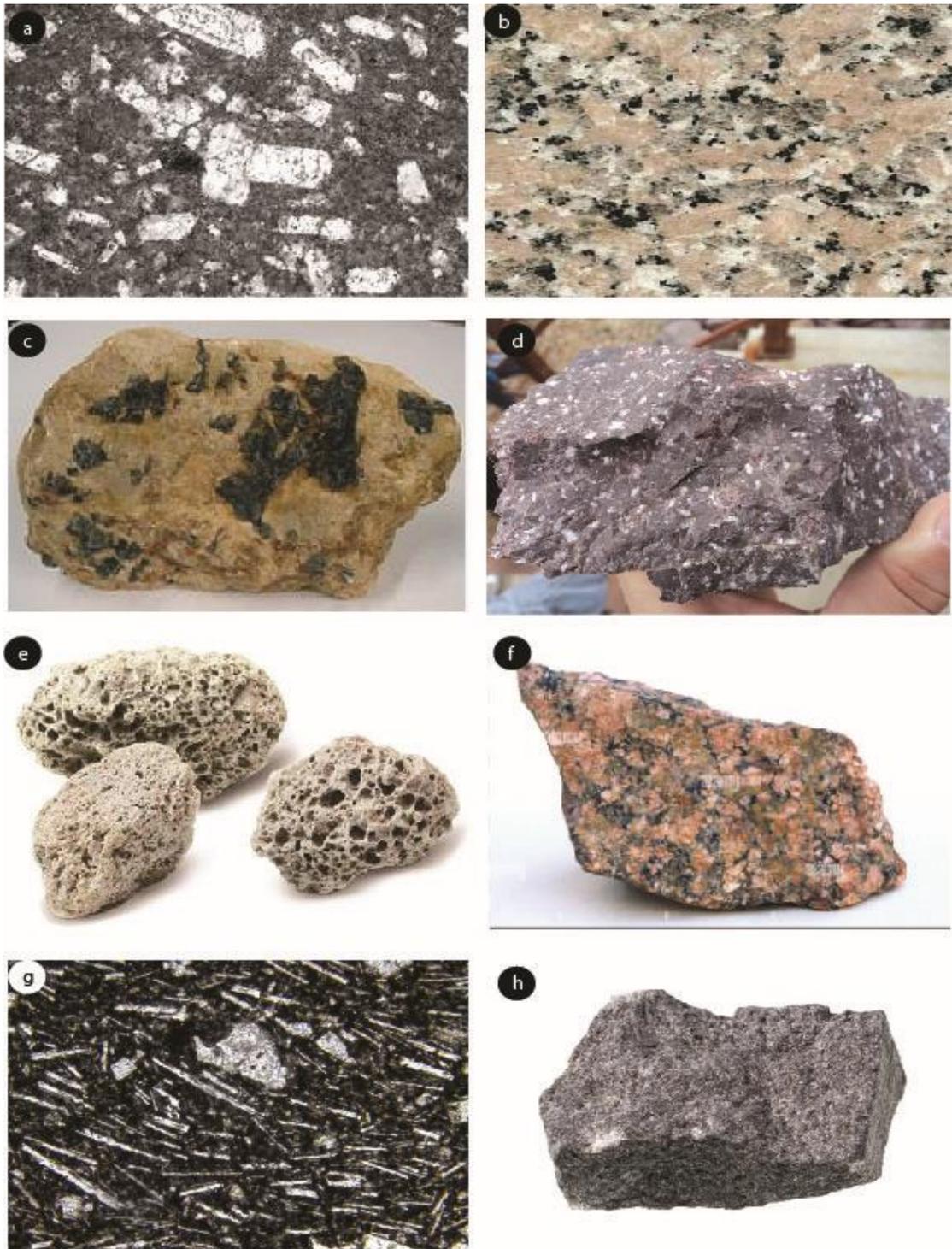


Fig. 13: a) Granite (texture grenue) <https://forums.futura-sciences.com/geologie-catastrophes-naturelles/455526-texture-grenue-microlitique-roches-magmatiques.html> ; b) Granite (texture grenue porphyroïde) <https://fr.wikipedia.org/wiki/Pegmatite> ; c) Pegmatite (texture pégmatic) <https://fr.wikipedia.org/wiki/Pegmatite>; d) Rhyolite (texture microlitique) <https://fr.geologyscience.com/roches/roches-ign%C3%A9es/rhyolite/>; e) pierre ponce (texture vacuolaire) <https://www.futura-sciences.com/maison/dossiers/maison-materiaux-construction-modernite-tradition-960/page/14/> ; f) Syénite (texture grenue ; photographe : JM. Barres) ; g) Trachyte (texture trachytique) ; h) Gabbro (texture grenue) https://www.123ambre.com/pierre_sgabbro/

IV-4 Les roches ultrabasiqes

IV-4.1 Roches plutoniques

- **Péridotite** : c'est la principale roche du manteau supérieur constituée que d'olivine et de pyroxène (Fig. 14b).

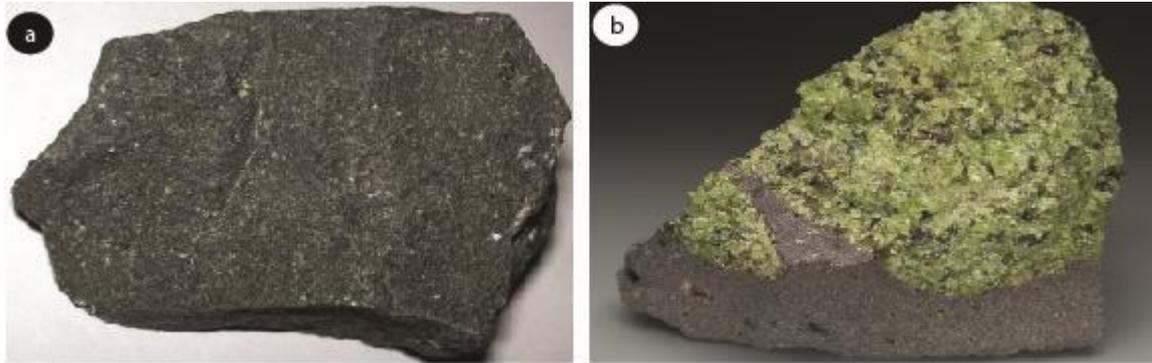


Fig-14 : a) Basalte (texture microlitique; Basalte. @James St. John/Flicker / CCBY-SA 2.0.);
b) Péridotite (texture grenue) <https://www.mindat.org/min-48407.htm>

Chapitre 3 : Les roches sédimentaires

I-Introduction

Les roches sédimentaires ne forment, en volume, que 5 % de la croûte et pourtant, elles constituent 75 % en surface des terres émergées.

Les classifications des roches sédimentaires sont comme toutes les classifications, soit descriptives, soit génétiques (Fig.15a).

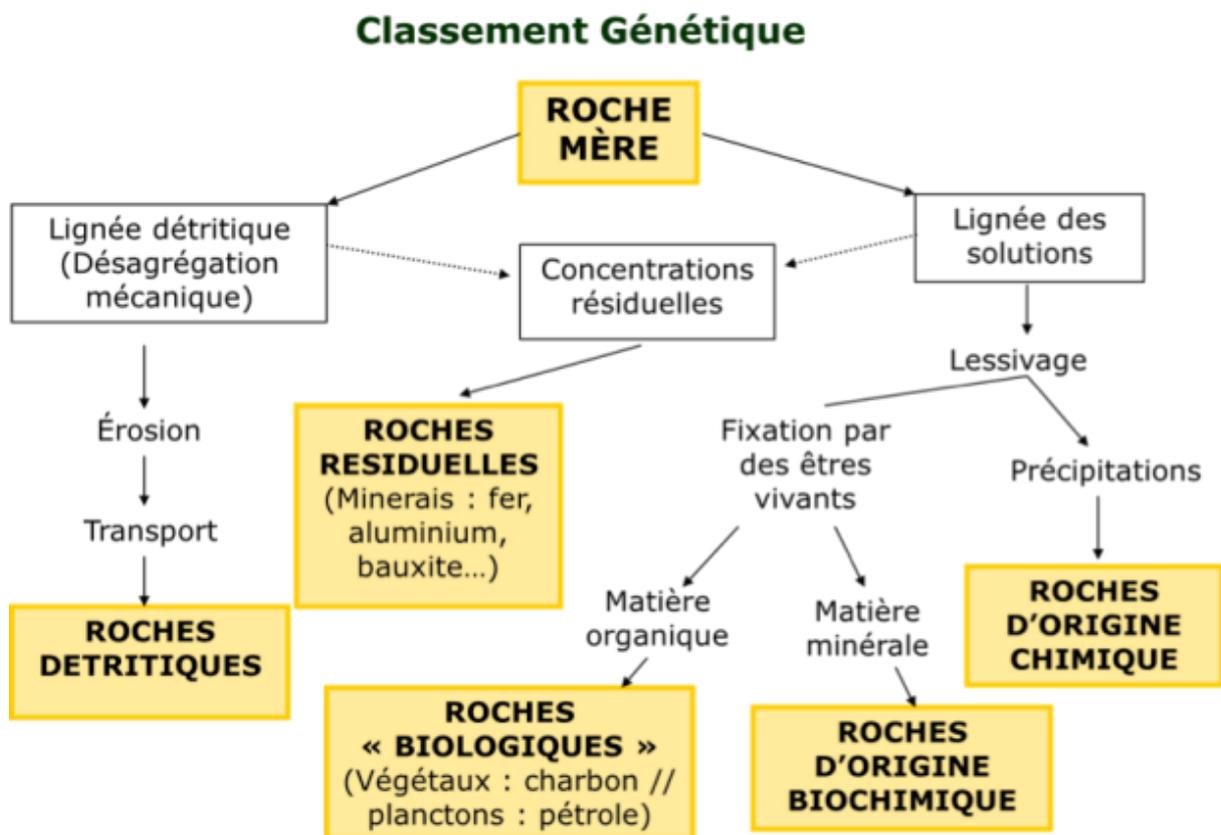


Fig. 15 a : Classification des roches sédimentaires https://pairform.imt-atlantique.fr/doc/17/138/441/web/co/4_4.html

Dans ce qui suit nous distinguons les ensembles détritiques, physico-chimiques et bio-organiques.

I-1 L'ensemble détritique

En fonction de la taille des éléments, on distingue du plus grossier au plus fin: **Les rudites** (brèches et conglomérats) ; **Les arénites** (grès) et **Les pelites** (argilites).

I-1-1 Les rudites

Leurs éléments sont formés de débris de roches ou de minéraux, dont le diamètre est supérieur à 2 millimètres. Les rudites ou conglomérats sont très variées et selon la forme des galets, éléments cimentés, qui sont soit des éléments anguleux, soit des galets plus ou moins arrondis, ces conglomérats sont dénommés brèches ou poudingues (Fig. 15b).

- **La brèche** est formée d'éléments anguleux à sub-anguleux liés par un ciment naturel,
- **Le poudingue** est une roche formée de galets plus ou moins arrondis réunis par un ciment naturel (les galets ont subi un transport sur une certaine distance dans des rivières ou sur un littoral).

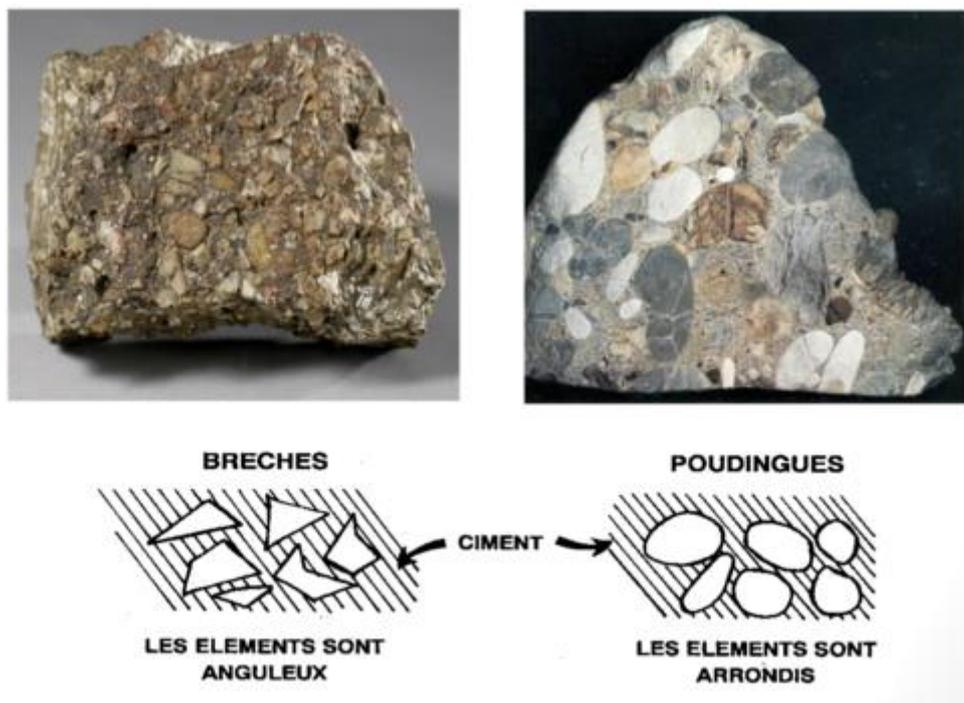


Fig. 15 b: Poudingue et brèche <https://quizlet.com/ch/637801727/geologie-roches-sedimentaires-flash-cards/>

I-I-2 Les arénites

Elles constituent les sables et les grès.

- **Les sables** : ils sont formés de minéraux isolés et surtout de quartz. Les micas peuvent également être présents
- **Les grès** : ils correspondent à des sables sous une forme et une masse homogène (Fig. 16a), on peut les classer en fonction de la nature de leurs grains détritiques d'une part et de leur ciment d'autre part. Exemple : Grès ferrugineux, grès calcaires, grès siliceux, etc.

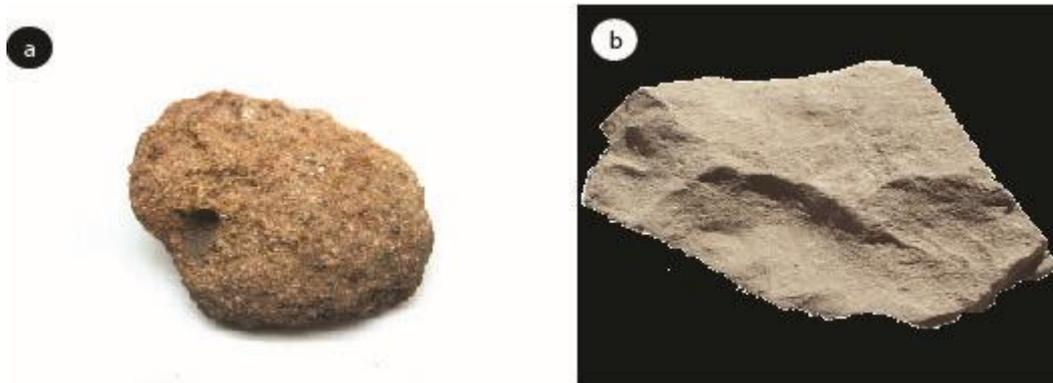


Fig. 16 : a) grès ; <https://fr.wikipedia.org/wiki/Gr%C3%A8s%28g%C3%A9ologie%29> b) argile https://pairform.imt-atlantique.fr/doc/17/55/110/web/co/5_Marne.html

I-1-3 Les pélites

Les pélites ou roches à granulométries très fines sont essentiellement représentées par les roches argileuses.

- **Les argiles :** lorsqu'elles sont sèches, elles sont rayables à l'ongle et elles happent à la langue (Fig. 16b),
- **Les marnes :** elles sont constituées par un mélange d'argile et de calcaire. Elles réunissent donc leurs caractéristiques, elles happent à la langue comme les argiles et elles font effervescence à l'acide comme les calcaires.

I-2 L'ensemble physico-chimique et biochimique

Il est issu de la précipitation des éléments en solutions.

I-2-1 Les roches ferrifères

Ces formations sont généralement des sédiments marins épicontinentaux et elles sont surtout abondantes à certaines époques notamment au précambrien.

1-2-2 Les roches carbonatées

Elles représentent, environ 20 % de l'ensemble des sédiments. Elles tirent essentiellement leur origine du calcium des solutions et se forment à la faveur des précipitations physico-chimiques ou biochimiques. Nous distinguons :

- **Les tufs et les travertins calcaires :** ils ont une origine à la fois chimique et biochimique par l'activité des plantes aquatiques (Fig. 17a),
- **Les stalactites et stalagmites :** Elles sont d'origine chimique et se forment dans les terrains karstiques (Fig. 17b).

- **Les calcaires oolithiques** : ils se sont formés en milieu marin agité. Ils sont composés d'oolithes, petites sphères de calcaires où la calcite est répartie en couches concentriques (Fig. 17c).

- **Les calcaires à nummulites** : Ils sont formés de l'accumulation de microorganismes à test calcaire (Fig. 17d)

- **Les calcaires à coquille de bivalves** : Ils sont constitués de l'accumulation de coquilles de bivalves (Fig. 17e).

I-2-3 Les roches siliceuses

Dans les roches siliceuses, d'origines organiques ou chimiques et non détritiques, on ne retrouve plus le quartz mais l'opale ou à la rigueur la calcédoine qui joue le rôle le plus important.

- **Le silex** : il est constitué d'opale et de calcédoine teintée par de l'oxyde de fer (Fig ; 17f)

- **Les diatomites** : elles sont composées de test de diatomées (algues microscopiques). La diatomite ne fait pas effervescences à HCl (Fig. 17g).

I-3 Roches biogènes organiques

Elles sont issues de la désintégration des êtres vivants après leur mort (végétaux et animaux).

- **La houille** : elle est noire et légère,

- **Le pétrole** : c'est un liquide avec des teintes variées,

- **Les roches phosphatées** : elles contiennent de nombreux restes de vertébrés (Fig. 17h).

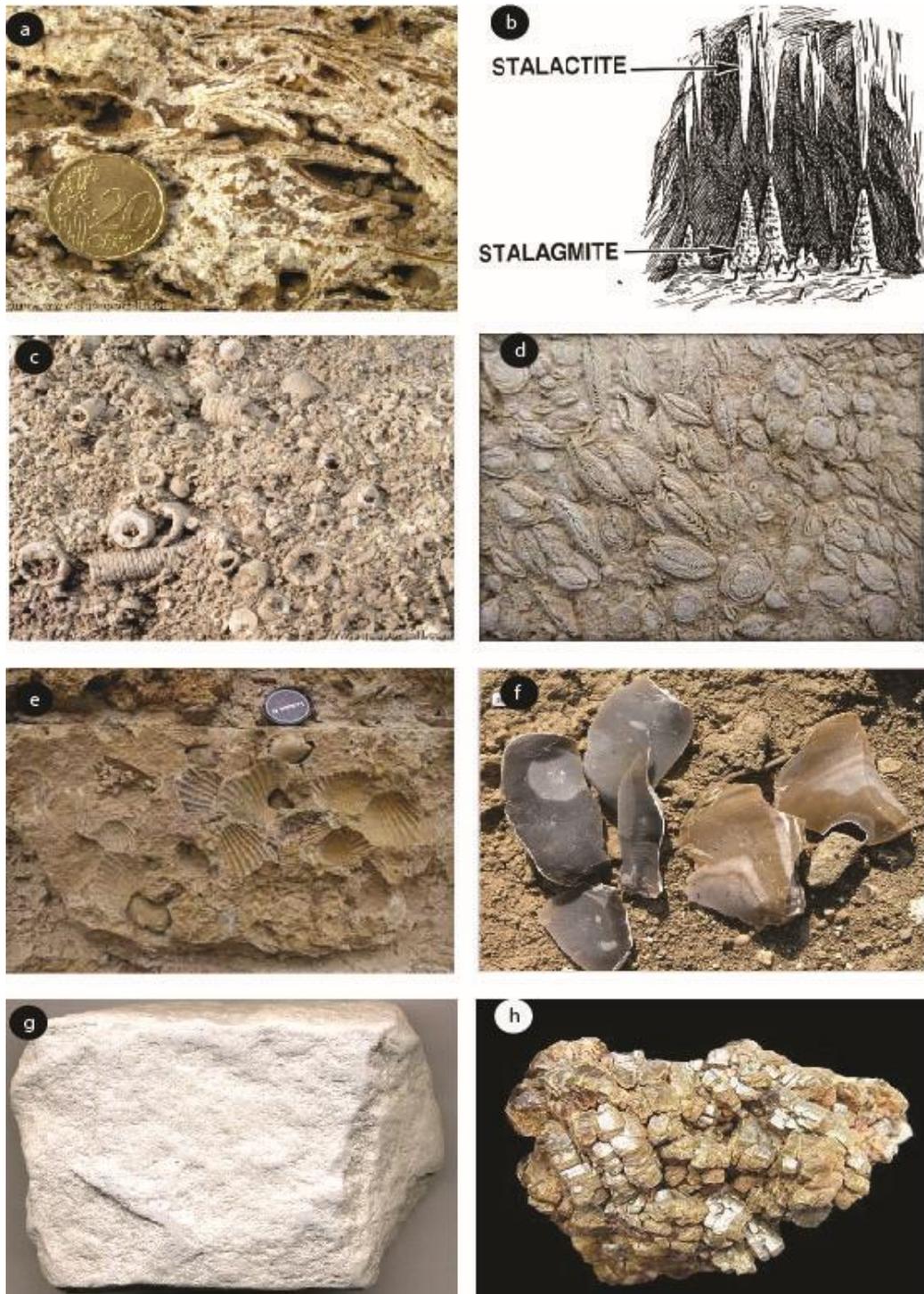


Fig. 17: a) Travertin sédimentaire <https://www.aquaportail.com/dictionnaire/definition /7438/travertin/>; b) Stalactite et stalagmite <https://fr.wikipedia.org/wiki/Stalagmite>; c) Calcaire oolithique <https://www.aquaportail.com/dictionnaire/definition/7504/oolithique/> ; d) Calcaire à Nummulites <http://www.defipho.com/photos/Calcaire-a-Nummulites-perforatus-8499.html>; e) Calcaire à coquille de bivalves <https://ent2d.ac-bordeaux.fr/disciplines/lithotheque/40-pierre-coquilliere/> ; f) Silex <https://www.prehistoir.com/savoir-et-connaissance/histoire-du-silex/> ; g) Diatomite <https://www.flickr.com/photos/47445767@N05/8514080462>; h) Roche phosphatée <https://www.fichier-pdf.fr/2017/12/17/phosphate/>

Chapitre 4 : Les roches métamorphiques

I- Introduction

Les roches métamorphiques sont issues de la transformation de roches ignées, sédimentaires et aussi métamorphiques sous l'effet de la variation de température et/ ou de pression (élevées). Donc, le métamorphisme peut se définir comme l'ensemble des modifications intervenant à l'état solide dans la composition minérale et la structure d'une roche soumise à des conditions de température et de pression différente de celles où elle s'est formée. Si le métamorphisme, ainsi défini, a affecté des roches sédimentaires, on parle de roches paradérivées ; s'il affecte des roches magmatiques, on parle de roches orthodérivées.

II- Les différents types de métamorphisme

Nous distinguons classiquement le métamorphisme de contact, d'extension limitée (quelque centimètre à quelques kilomètres). Le métamorphisme régional ou général qui constitue des formations entendues sur des dizaines ou centaines de kilomètres, le métamorphisme de choc lié à l'impact de météorites et enfin le métamorphisme hydrothermal.

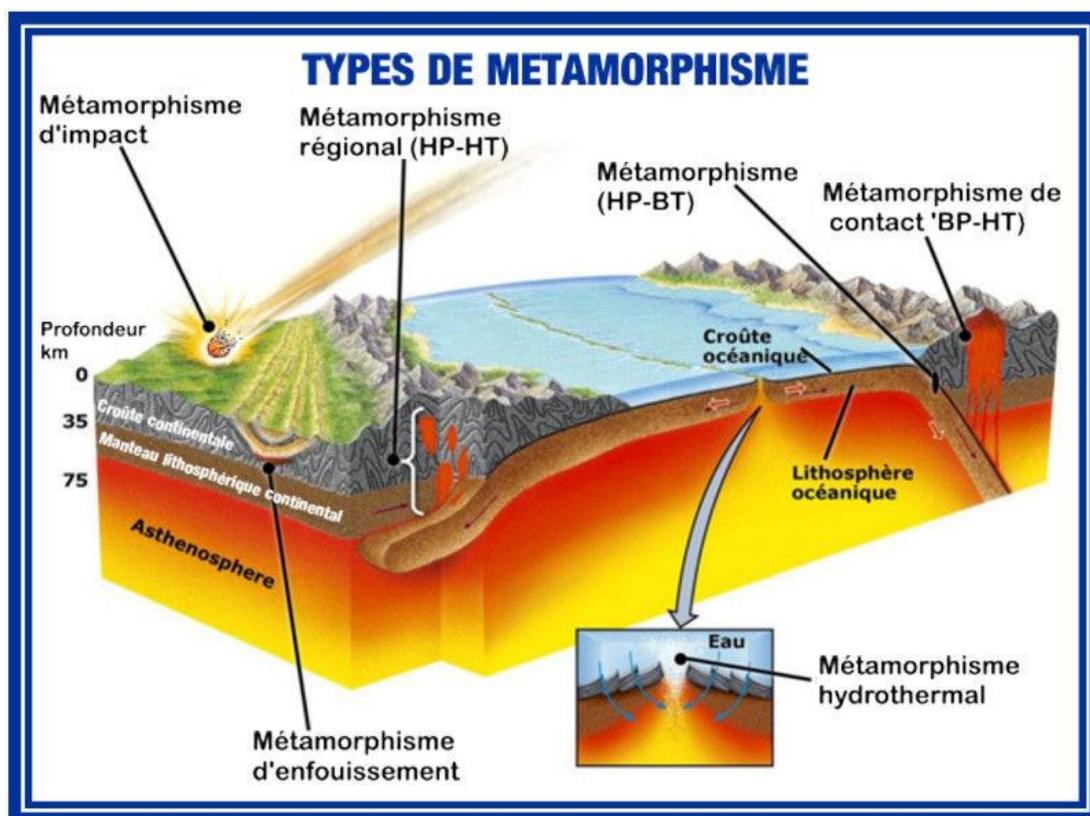


Fig. 18 : Bloc diagramme montrant les différents types de métamorphismes <https://www.mineralogie.club/geologie-metamorphisme>

II-1 Le métamorphisme de contact

Le métamorphisme de contact est celui qui se produit dans la roche encaissante au contact d'intrusifs (Fig. 19). Lorsque le magma, encore très chaud, est introduit dans une séquence de roches froides, il y a un transfert de chaleur, les roches encaissantes sont affectées de modifications texturales et minéralogiques (auréole de métamorphisme). La nature et l'importance de ces transformations dépendent de deux facteurs

- La distance par rapport à l'intrusion
- La nature de la roche encaissante.

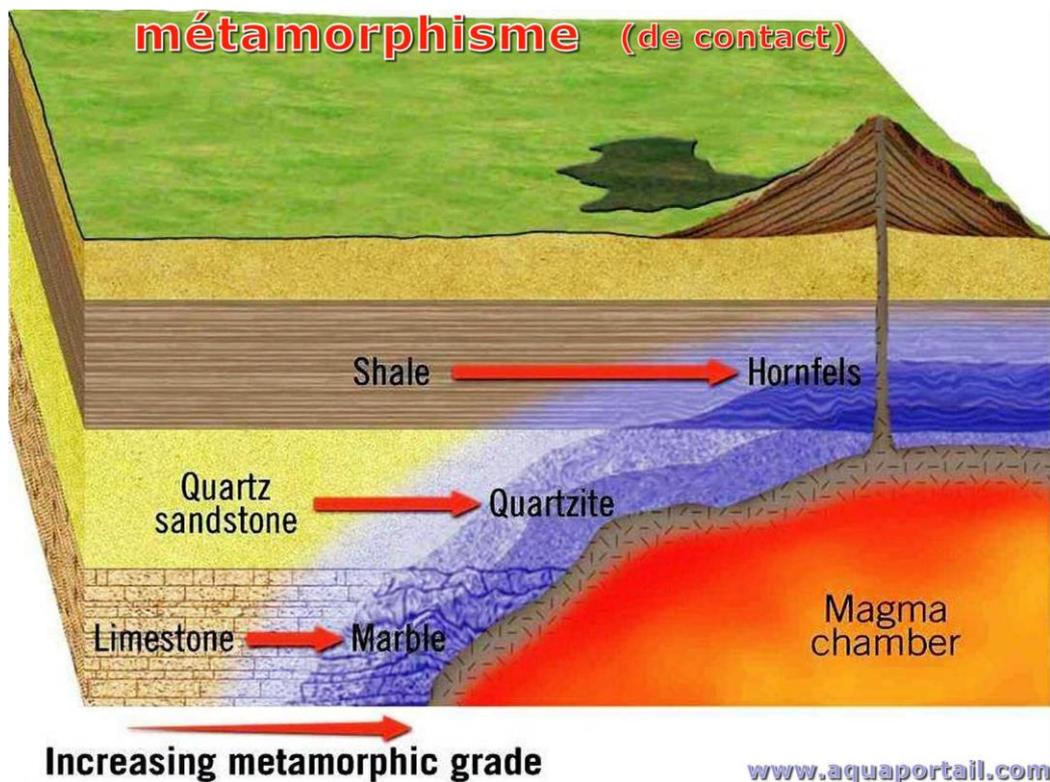


Fig. 19 : Métamorphisme de contact <https://www.aquaportail.com/dictionnaire/definition/2913/metamorphisme>

II-2 Le métamorphisme régional

Le métamorphisme régional est celui qui affecte des grandes régions, il est à la fois contrôlé par des augmentations de pression et de température. C'est le métamorphisme de racine des chaînes de montagnes (Fig. 20). Le métamorphisme régional produit trois grandes transformations : une déformation souvent très poussée de la roche ignée ou sédimentaire ; le développement de minéraux dits métamorphiques et le développement de la foliation métamorphique. Dans ce dernier cas, les cristaux ou les particules d'une roche ignée ou sédimentaire seront aplatis, étirés par la pression sous des températures élevées et viendront

s'aligner dans des plans de foliations. C'est la foliation métamorphique caractéristique de ce type de métamorphisme.

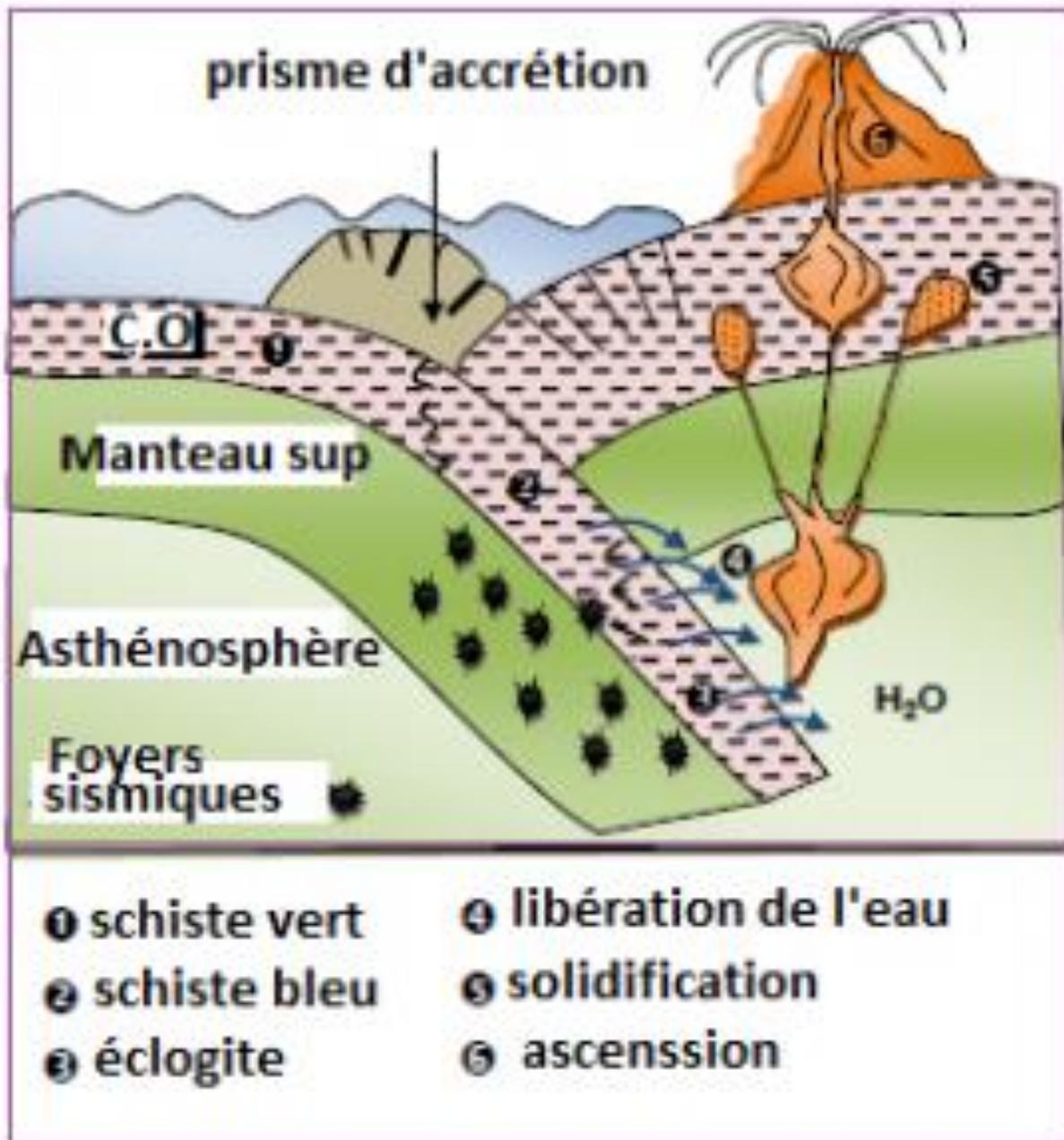


Fig. 20 : Zone de subduction <https://www.kezakoo.com/cours/2bac/filiere-svt/le-metamorphisme-et-sa-relation-avec-la-tectonique-des-plaques-2/>

II-3 Le métamorphisme de choc

Le métamorphisme de choc est celui produit par la chute d'une météorite à la surface de la planète. Le choc engendre des températures et des pressions énormément élevées qui transforment les minéraux de la roche choquée (Fig. 21). Des températures et des pressions qui sont bien au-delà de celles atteintes dans le métamorphisme régional.

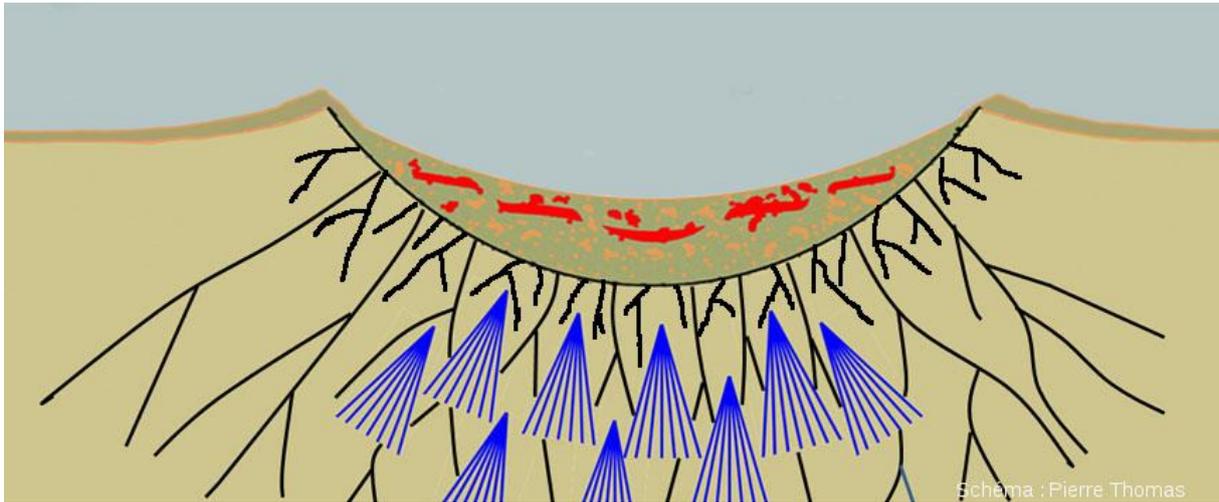


Fig. 21 : Schéma d'un cratère d'impact <https://planet-terre.ens-lyon.fr/planetterre/objets/Images/impact-craterre-meteorite/impact-craterre-meteorite.pdf>

II-4 Le métamorphisme hydrothermal

L'hydrothermalisme ou le métamorphisme hydrothermal est caractérisé par la transformation des roches suite à un apport d'éléments chimiques lié à la circulation de fluides.

III- Quelques roches métamorphiques

Les roches les plus importantes sont :

- **Le schiste** : il caractérise toute roche métamorphique présentant une schistosité c'est-à-dire des plans de débitage donnant un aspect feuilleté à la roche (Fig. 22a)
- **Le micaschiste** : c'est une roche métamorphique présentant une schistosité et une foliation (schistosité minéralogique correspondant à des accumulations de minéraux le long de plans). Il est riche en lamelles de micas (brillantes) visibles à l'œil nu (Fig. 22b)
- **Le gneiss** : c'est une roche métamorphique à foliation très nette (Fig. 22c) caractérisée par des alternances de lits de teinte sombre (riches en minéraux ferromagnésiens) et de lits clairs (quartz et feldspaths),
- **Le marbre** : est une roche métamorphique calcaire à grains fins (Fig. 22d) présentant ou non des veines colorées correspondant à différents minéraux argileux. Ils proviennent de calcaires ou de dolomies.
- **L'amphibolite et la pyroxénite** : Ces roches métamorphiques sont sombres où dominent les amphiboles ou les pyroxènes. Elles peuvent provenir d'argiles sédimentaires, de basaltes ou encore de gabbros,

- **Les cornéennes** : Il s'agit de roche spécifique du métamorphisme de contact présentant une dureté importante et une cassure à l'aspect corné. Elles peuvent provenir d'un grand nombre de roches sédimentaires ou magmatiques.

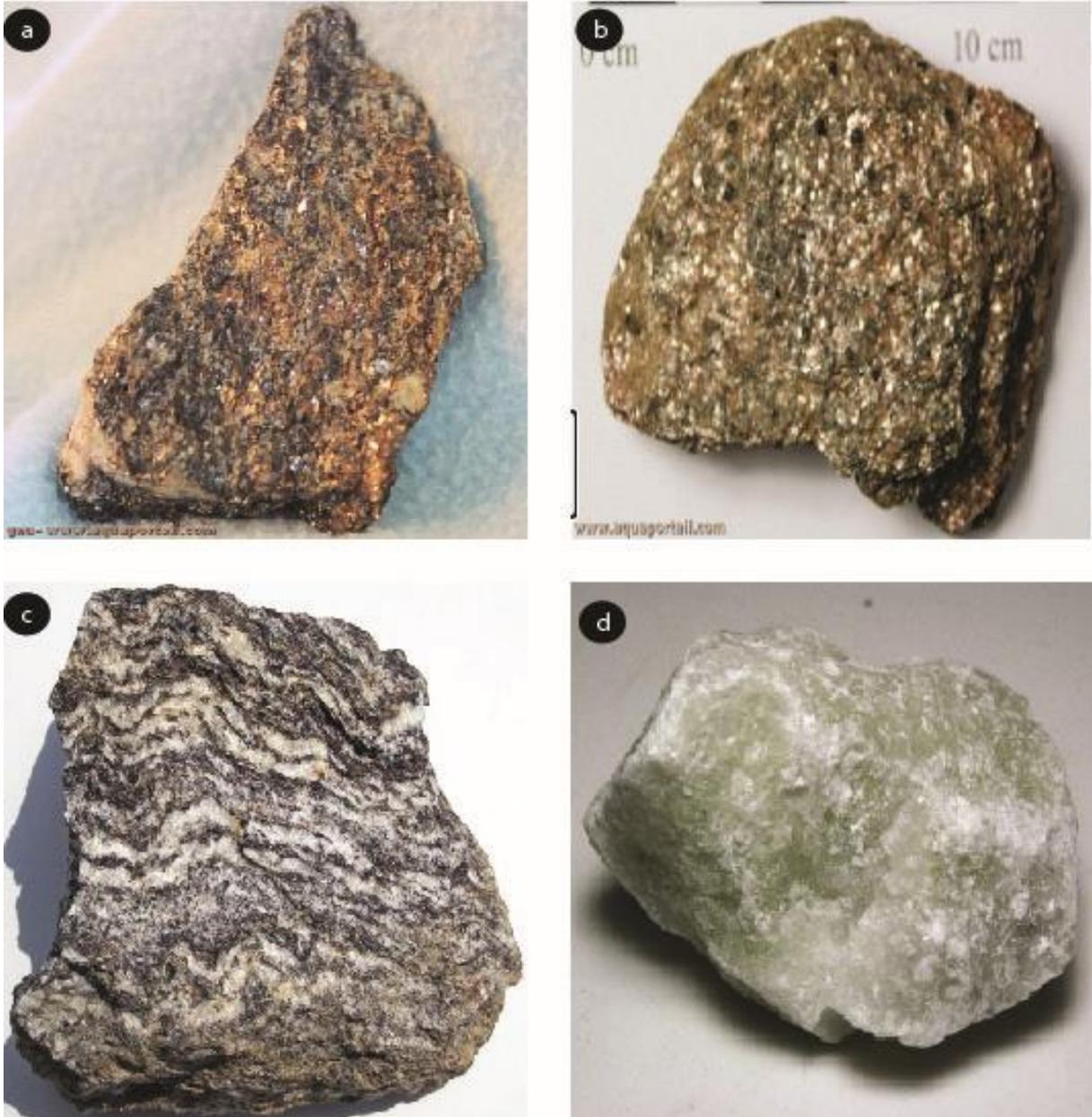


Fig. 22 : a) schiste <https://www.aquaportail.com/dictionnaire/definition/9646/schiste> ; b) micaschiste <https://www.aquaportail.com/dictionnaire/definition/7379/micaschiste> ; c) gneiss <https://fr.geologyscience.com/roches/roches-m%C3%A9tamorphiques/gneiss/#gsc.tab=0> ; d) marbre <https://geologyscience.com/rocks/metamorphic-rocks/marble/#gsc.tab=0>

Chapitre: 5 La carte topographique

I- Définition

C'est une représentation plane d'une portion de la surface terrestre. Elle s'obtient par la projection cylindrique de la surface terrestre sur un plan horizontal, c'est la planimétrie complétée par la représentation du relief ou orographie (Fig. 23).

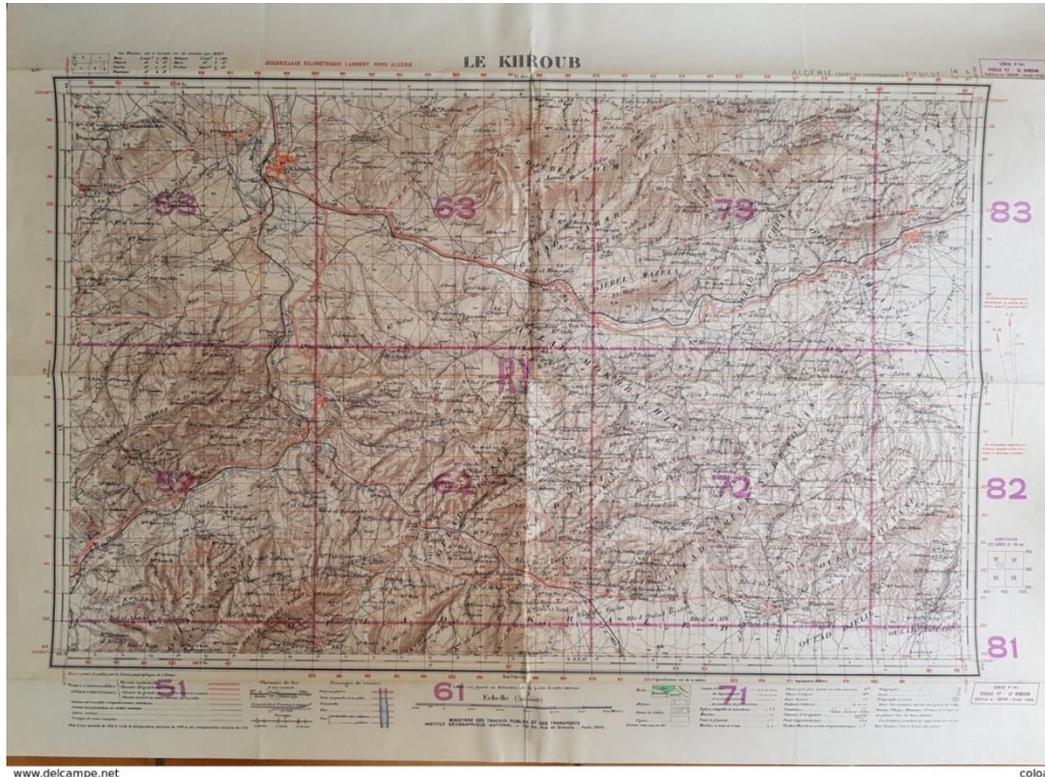


Fig. 23 : Carte topographique - Le Khroub à l'échelle 1/50 000 (édition : 1960)

II- Repérages

Sur une carte chaque couleur a une signification. Le réseau hydrographique est représenté en bleu, la végétation en vert. La planimétrie, le bâti, la toponymie sont figurées en noir et l'orographie, représentation du relief, est en couleur bistre.

II- 1 Les projections cartographiques

Les projections représentent la transition d'une forme quasi sphérique (la Terre en trois dimensions) vers une surface plane (la carte en deux dimensions).

Cette projection peut se faire sur trois types de surface : un cylindre (projection **cylindrique**), un cône (projection **conique**), un plan (tangent le plus souvent aux pôles, projection **azimutale**). Ensuite, cette surface peut être découpée pour adopter une forme plane, c'est-à-dire la carte (Fig.24).

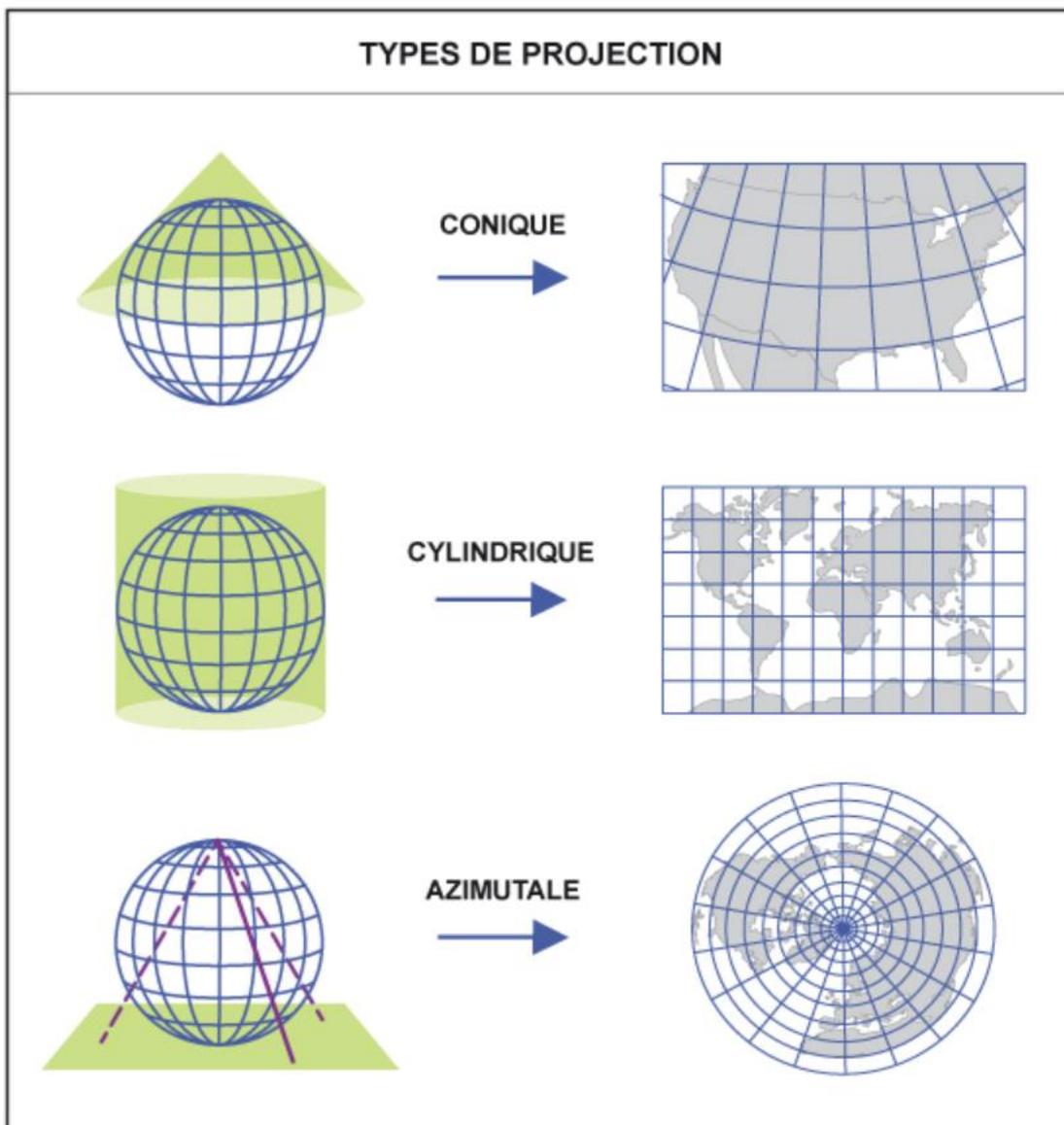


Fig. 24 : les types de projection <https://www.maxicours.com/se/cours/reflexions-critiques-sur-la-cartographie/>

Quel que soit le choix opéré, représenter un globe (qui est tridimensionnel) sur une surface plane (qui est bidimensionnelle) pose de nombreux défis mathématiques. Cette opération, appelée projection, entraîne inévitablement des « erreurs », que ce soit dans la préservation des angles ou dans la déformation des surfaces. C'est la raison pour laquelle les projections couramment utilisées se basent sur divers modèles mathématiques afin de minimiser les inconvénients spécifiques à chacun. Il n'existe donc pas de planisphère parfait, et le choix entre différentes projections dépend de considérations démonstratives et de préférences de style.

II-1-1 La projection cylindrique de Mercator (1569) est une projection cylindrique tangente à l'équateur. Elle est qualifiée de conforme car elle préserve les angles et donc les formes, ce

qui en fait une projection couramment utilisée en navigation. Cependant, elle n'est pas équivalente, car elle ne conserve pas les distances. On observe effectivement un « étirement » des distances, de manière de plus en plus prononcée à mesure que l'on s'éloigne de l'équateur.

II-1-2 La projection cylindrique de Peters (1974), quant à elle, préserve les surfaces. En mettant en valeur la taille réelle des pays du Sud, elle a connu une grande popularité dans les années 1980, notamment dans le cadre des débats liés au tiers-mondisme.

II-1-3 La projection azimutale, centrée sur le pôle nord, a été choisie comme symbole sur le drapeau de l'ONU. Son avantage réside dans le fait que les grandes puissances (Europe, États-Unis, Chine, Japon, etc.) sont à égale distance du centre, créant ainsi une égalité visuelle. Bien que le pôle sud soit absent, cela n'a pas suscité de problème diplomatique, étant donné son caractère inhabité.

II-2 Les coordonnées géographiques

Les coordonnées géographiques sont un moyen de situer un lieu sur la Terre en utilisant trois mesures : l'altitude, la longitude et la latitude. Ces coordonnées jouent un rôle essentiel dans des technologies telles que le GPS.

- **latitude** est définie par la distance angulaire de ce point à l'équateur, mesurée en degrés
- **La longitude** est définie par la distance angulaire de ce point au méridien d'origine mesurée en degrés

Par convention les coordonnées géographiques s'écrivent ainsi : 45° 45' 35" Nord, 4° 50' 32" Est.

- **l'altitude** : c'est la lettre Z des coordonnées en « XYZ ».

L'équateur représente la ligne de latitude 0° qui divise le géoïde terrestre en deux hémisphères égaux. Le méridien d'origine, traversant la ville de Greenwich près de Londres, où se trouve l'Observatoire royal, a été choisi par convention pour délimiter les hémisphères est et ouest, en conjonction avec son opposé, le méridien 180°.

III L'échelle de la carte

La projection, d'une partie plus ou moins grande du globe terrestre, nous conduit à utiliser une échelle réduite.

L'échelle (**e**) d'une carte est le rapport entre la longueur sur la carte (**ℓ**) et la longueur réelle sur le terrain (**L**).

Il s'agit d'un rapport, donc **l'échelle n'a pas d'unité**, mais **ℓ et L** doivent être exprimés dans la même unité pour que la valeur de (**e**) soit correcte.

$E = \text{Longueur mesurée sur la carte } (\ell) / \text{Longueur horizontale correspondant sur le terrain } (L)$

Exemple :

- Si l'échelle d'une carte (e) est de 1/50 000, cela signifie que 1mm sur la carte représente 50 000 mm sur le terrain ou 50m

- Si deux points A et B sont distants de 10 Km sur le terrain et sont représentés sur la carte par une longueur de 10 cm ; **l'échelle** de cette carte sera $e = 10 \text{ cm} / 10 \text{ km} = 10 / 1\,000\,000 = 1/100\,000$

Une carte est dite à '**petite échelle**' si le rapport ℓ / L est petit, par exemple 1 / 1 000 000 : dans ce cas la carte montre peu de détails mais localisés sur de très grands espaces

Au contraire, une carte est dite à '**grande échelle**' quand le rapport ℓ / L est grand, par exemple 1 / 20 000 : dans ce cas la carte montre beaucoup de détails mais l'espace cartographié est peu étendu

Toute carte ou document cartographique doit comporter l'indication de son échelle : Soit sous forme du rapport déjà mentionné c'est-à-dire l'échelle numérique. Soit sous la forme d'une échelle graphique qui précise directement à quoi correspond, sur le terrain, les longueurs lues sur la carte

0  200m 0  5km

IV Orientation

Le Nord, sur une carte topographique, est mentionné par deux types :

- Le Nord géographique (NG) qui indique la direction du pôle,
- Le Nord magnétique (NM) qui indique la direction de l'aiguille aimantée d'une boussole.

V Représentation du relief

L'orographie ou la représentation du relief est mentionnée soit par des points cotés, soit par les systèmes de courbes de niveau.

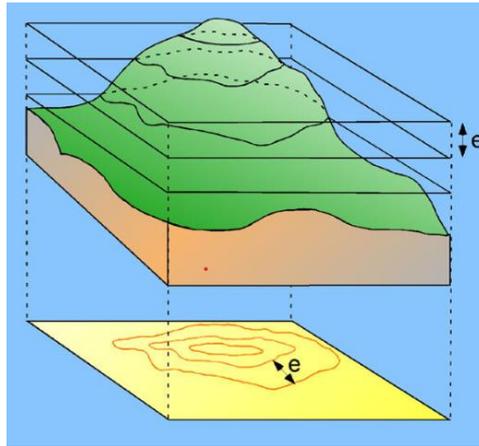


Fig. 25 : Principe de réalisation des courbes de niveau <https://coursgeologie.com/la-carte-geographique-et-topographique-80/>

V-1 Définition

On appelle courbe de niveau le lieu des points de la surface topographique ayant la même altitude. Ces courbes représentent l'intersection de la surface topographique avec un plan horizontal (Fig. 25).

Il existe trois types de courbes de niveau

V-2 Les courbes de niveau maîtresses

Elles sont représentées sur une carte par un trait marron épais, elles sont espacées de quatre courbes de niveau dites normales. Sur ces courbes l'altitude est généralement mentionnée (Fig. 26).

V-3 Les courbes de niveau normales

Elles sont représentées par un trait fin, leur équidistance est, en général, 5m, 10m, 20m, 25m, 50m, 100m, 200m, etc.

V-4 Les courbes de niveau intercalaires

Dans les régions plates ou dans les vallées, la pente est douce ou faible, pour plus de précision, on rajoute une courbe, dite intercalaire dont l'altitude diffère d'une demi-équidistance de celles des deux courbes normales qui l'encadrent. Les courbes intercalaires sont dessinées en tireté (trait discontinu) (Fig. 27).

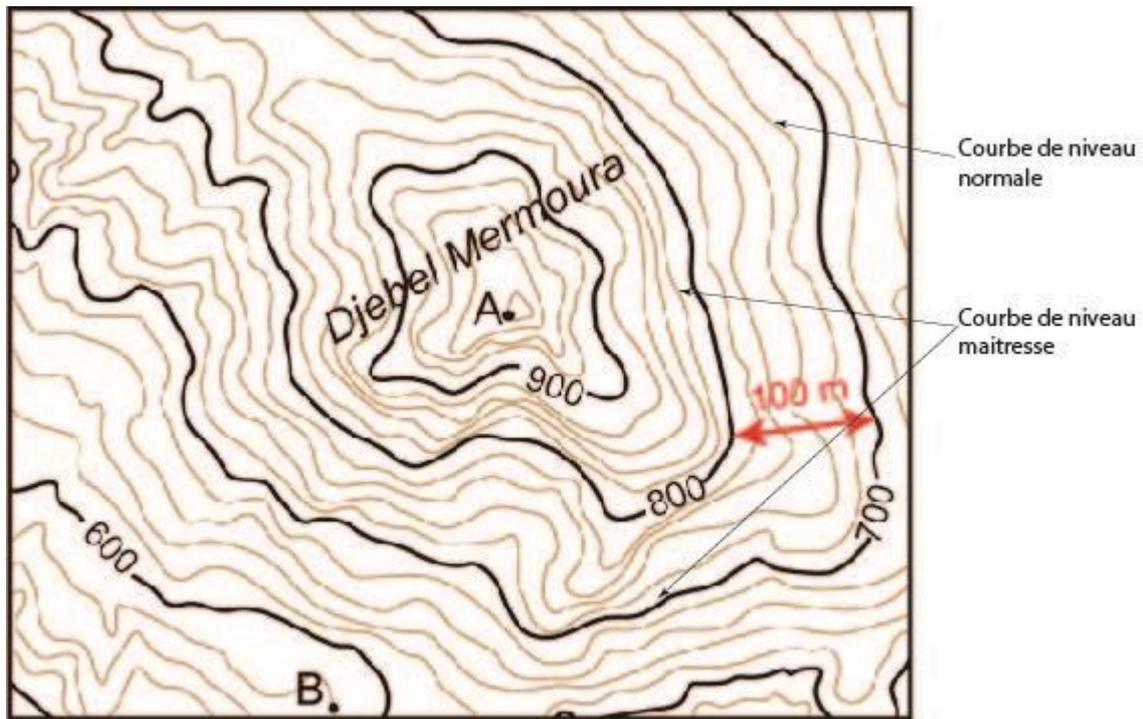


Fig. 26 : Différents types de courbes de niveau

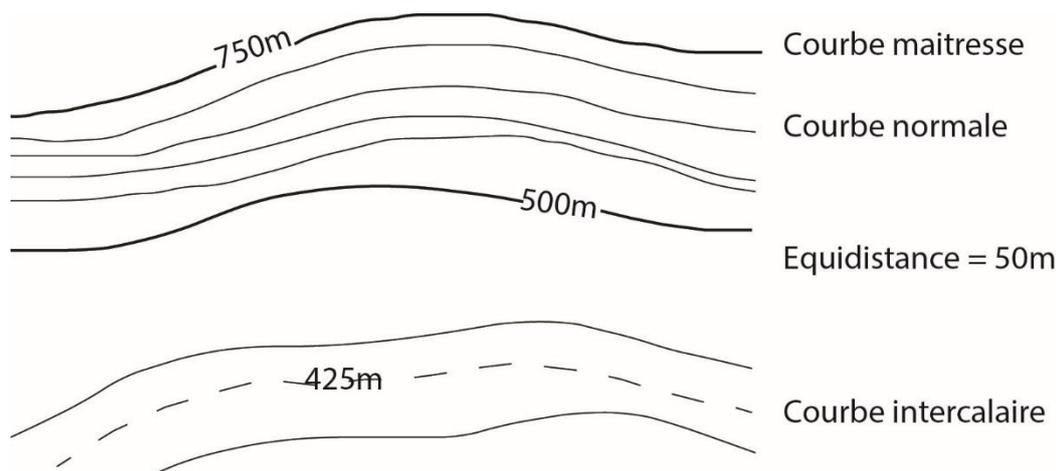


Fig. 27 : Les courbes de niveau intercalaires

V-5 L'équidistance

Elle correspond à la différence d'altitude constante qui existe entre deux courbes de niveau successives, elle est soit de 10m, de 20m de 50m ou même plus. Il ne faut pas confondre avec l'écartement en projection sur la carte qui n'est pas constant. L'équidistance et l'échelle peuvent changer d'une carte à l'autre mais jamais dans la même carte.

V-6 La planimétrie

C'est la représentation des différents éléments de la surface terrestre sur la carte topographique. Elle est réalisée à l'aide de symboles conventionnels dont la signification est expliquée dans la légende de la carte.

On adopte en générale les conventions suivantes :

- Le bleu : pour l'hydrographie
- Le vert : la végétation
- Le noir : est attribué à tout ce qui résulte de l'activité humaine, ainsi qu'à la toponymie (noms des lieux)
- le bistre (teinte voisine du marron): pour l'orographie (courbes de niveau).

Chapitre: 6 Le profil topographique

I-Introduction

La réalisation du profil topographique est très importante, elle permet d'une part de visualiser le relief et d'autre part de support de la coupe géologique

II-Principe de l'exécution d'un profil topographique

La réalisation du profil topographique se fait comme suit (Fig. 27a, 27b et 27c) :

- Le choix d'une ligne de coupe A-B suivant laquelle le relief est représentatif, ensuite, on le matérialise sur la carte par un trait fin au crayon, appelé trait de coupe ;
- On applique le bord supérieur d'une feuille du papier millimétré le long de cette ligne ;
- Les intersections des courbes de niveaux et de la ligne de coupe sont reportées sur la feuille du papier millimétré, ensuite leurs valeurs sont abaissées à leur altitude sur l'échelle de la coupe ;
- on relie les différents points entre eux par une courbe fine et continue.

On obtient ainsi un profil topographique, avec les altitudes en ordonnée et les distances en abscisse.

Pour une représentation correcte du profil, les pentes et l'échelle doivent être respectées. Surtout que le profil topographique va servir de base à la coupe géologique.

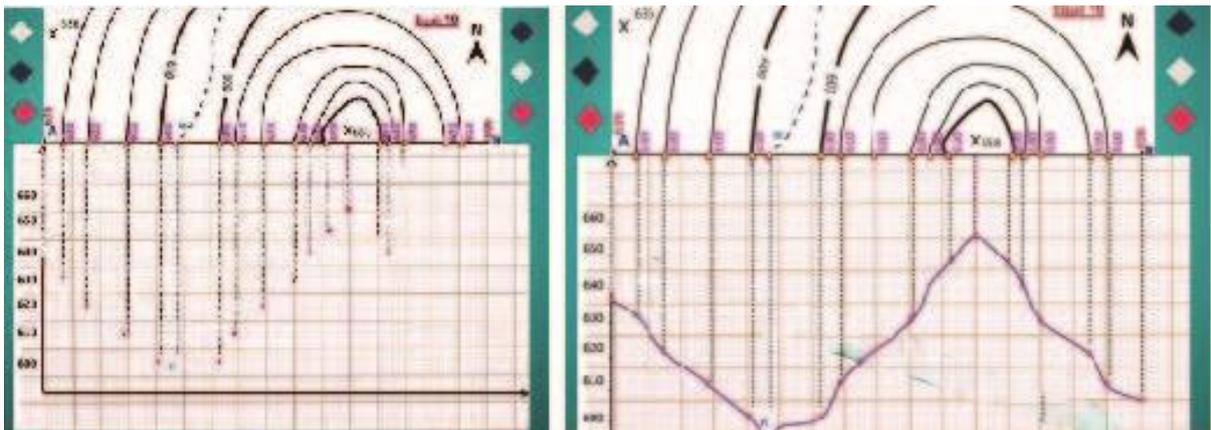


Fig. 27a : Principe de la réalisation d'un profil topographique selon AB = trait de coupe

Un exemple de profil topographique achevé (on parle d'**habillage**) est donné plus bas (Fig. 30b)

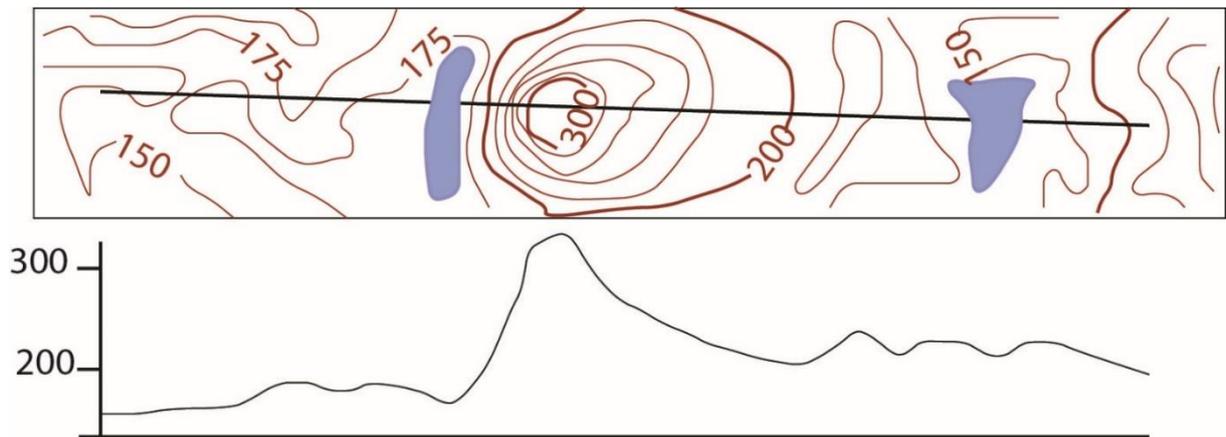


Fig. 27b : Un exemple de profil topographique

On complète la coupe par des éléments nécessaires à savoir (fig. 30c) :

- L'orientation, en général au-dessus de la coupe, en utilisant les points cardinaux
- Les repères (villages, rivières, voies de communication importantes, etc.) sur toute la longueur de la coupe
- Le nom de la carte
- Les échelles : numérique et graphique

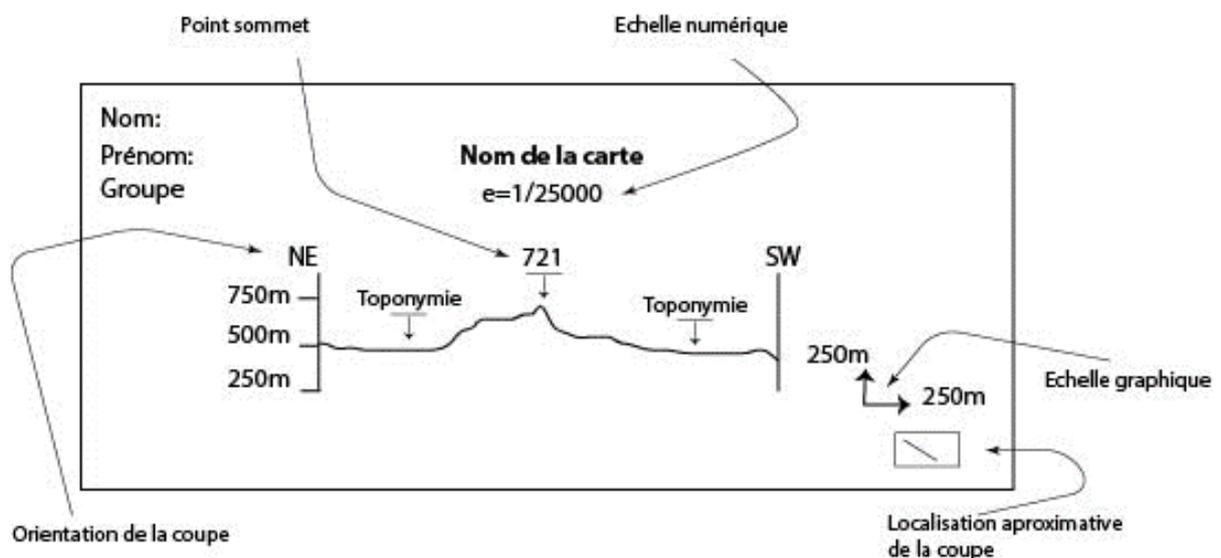


Fig. 27c : Présentation d'un profil sur papier calque

III- Les formes du relief en courbes de niveau

III- 1Formes des versants

Un versant est la zone reliant une ligne de faite à une ligne de thalweg, il peut être décomposé en un certain nombre d'éléments.

III.1.1 Pente constante

Lorsque les courbes de niveau sont régulièrement espacées (Fig. 28)

- plus la pente est forte, plus les courbes de niveau sont rapprochées
- plus la pente est faible, plus les courbes de niveau sont écartées.

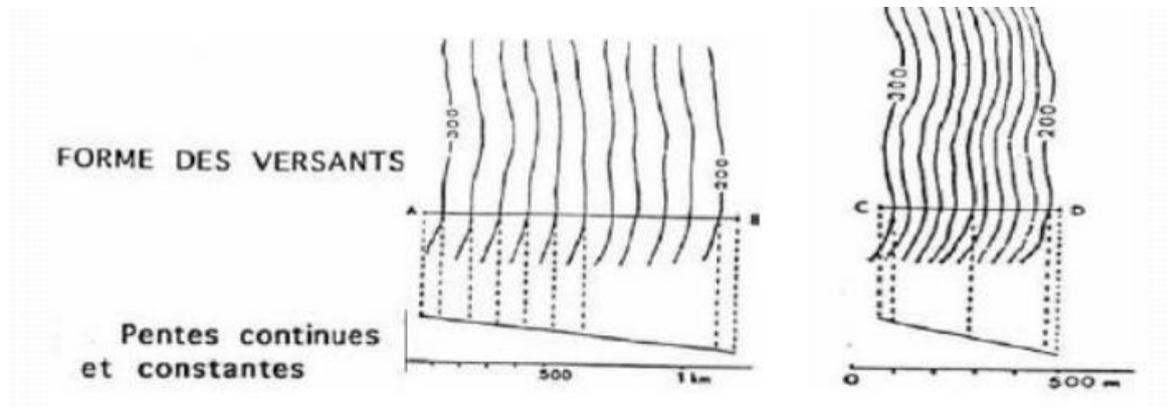


Fig. 28 : Pente constante

III.1.2 Pente régulièrement variable

Une pente concave vers le haut est caractérisée par des courbes de niveau de plus en plus écartées en allant vers le bas. Une pente convexe vers le haut est caractérisée par des courbes de niveau de plus en plus serrées en allant vers le bas (Fig. 29)

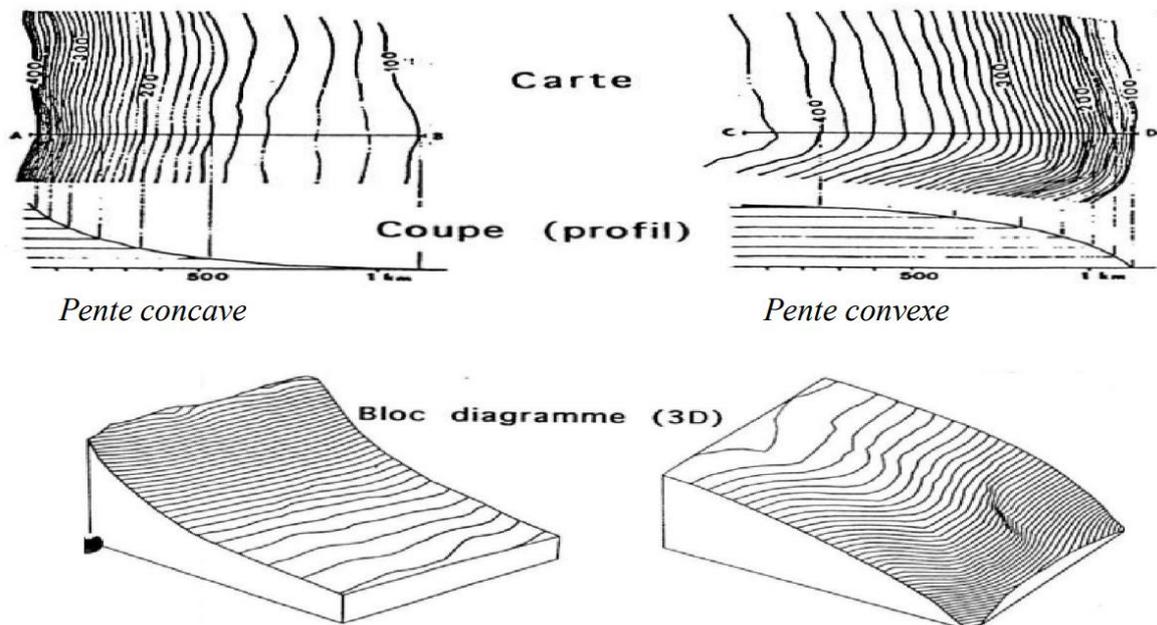


Fig. 29 : Pentes continues mais variables

III.1.2 : Pentas à variation brusques

L'écart entre les courbes de niveau change brusquement (Rupture de pente, abrupts et falaises ; Fig. 30)

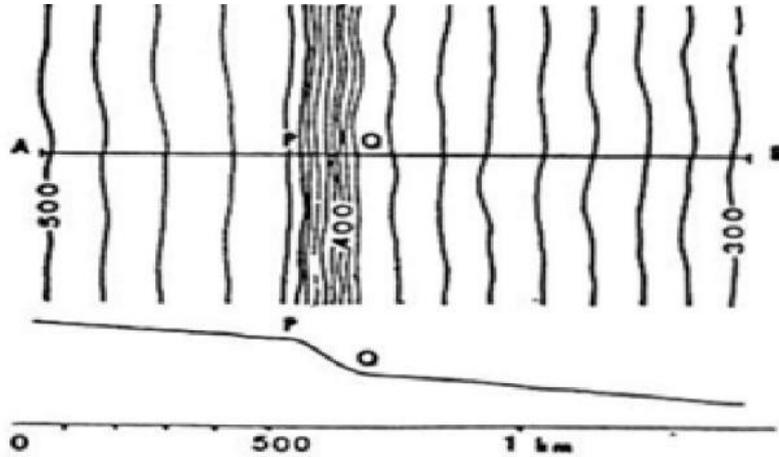


Fig. 30 : Rupture de pente

➤ Les falaises

Quand la pente topographique est extrêmement prononcée, la densité des courbes est tellement élevée qu'elles se superposent, fusionnant en une image difficile à déchiffrer. Pour résoudre cette problématique, on a recours à un symbole spécial évoquant une falaise rocheuse (Fig. 31).

La hauteur de l'abrupt = l'altitude de son sommet – l'altitude de sa base

$$H = S - B$$

- Il n'y a pas de continuité des courbes de niveau de part et d'autre de la falaise
- Il est très important d'orienter convenablement les falaises c'est-à-dire de dessiner l'abrupt du bon côté. Pour cela il faut déterminer parfaitement le sommet et la base de la falaise.
- détermination du sommet
 - lorsqu'il y a des points cotés, ils sont généralement placés sur la crête,
 - le sommet correspond le plus souvent à un replat et les courbes de niveau y sont donc rares et largement espacées.
- Détermination de la base

- La pente qui se trouve au pied de falaise est en général forte et concave vers le haut. Elle est souvent creusée de nombreux ravins.
- Le pied est moins marqué que le sommet à cause de l'accumulation d'éboulis.

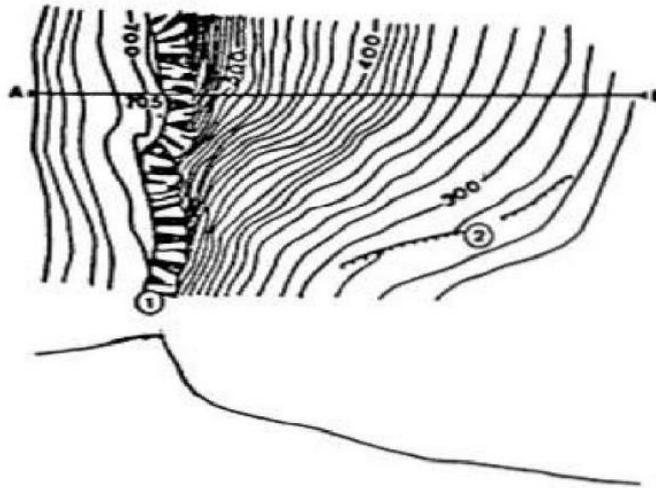


Fig. 31 : Falaise

➤ **Les sommets**

Les courbes de niveau adoptent une disposition concentrique, le point central présentant une altitude supérieure à celles des courbes qui l'entourent (Fig.32a).

➤ **Les cuvettes**

Les courbes de niveau adoptent également une disposition concentrique, avec l'altitude du point central inférieure à celle des courbes qui l'entourent (Fig.32b). Parfois, une flèche indique le centre de la dépression (parfois occupé par un lac).

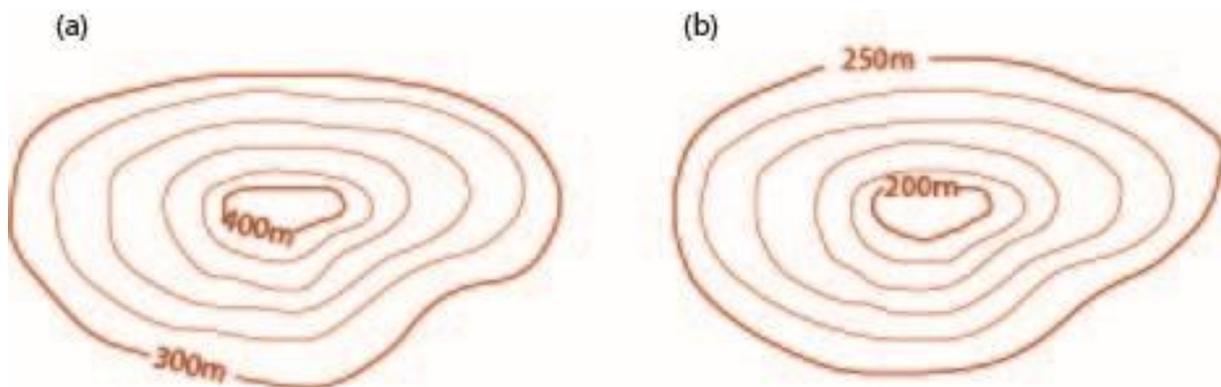


Fig. 32 : a) Sommets ; b) Cuvettes

III-2 : Formes des vallées

La ligne de thalweg : Il s'agit de la ligne reliant les points les plus bas d'une vallée : celle-ci se distingue par une forme en V des courbes de niveau, la pointe du V, plus ou moins aiguë ou émoussée, indique l'amont de la vallée. La courbe enveloppante est à une altitude plus élevée que la courbe enveloppée.

- Vallée en V Les courbes de niveau présentent un rebroussement anguleux à la traversée du thalweg b
- Vallée à fond plat ou en U Le dessin des courbes de niveau rappelle la forme de la vallée, serrées sur les versants, elles sont écartées dans la partie plate.

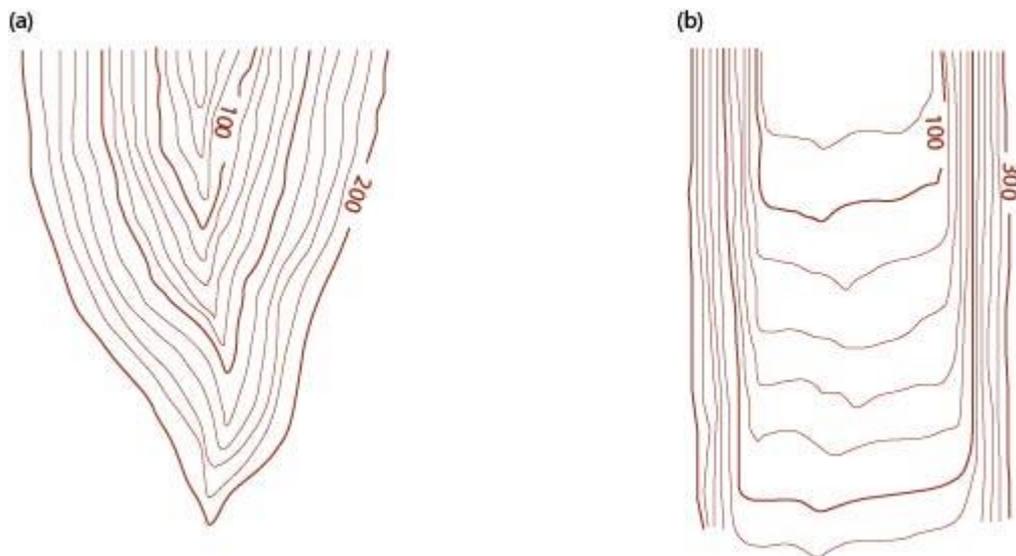


Fig. 32 : Représentation des vallées par des courbes de niveau ; a) Vallées en V et b) vallées en U

Chapitre : 7 La carte géologique

I Introduction

La carte géologique est une représentation sur un fond topographique, à une échelle donnée (ex : 1/50 000), des diverses formations géologiques qui affleurent à la surface du sol ou qui ne sont cachés que par une faible épaisseur de formations superficielles récentes (alluvions, éboulis..), identifiées par différentes couleurs (Fig.33).



Fig. 33 : Extrait d'une carte géologique montrant différents affleurements

II Eléments fondamentaux d'une carte géologique

Nous définissons une formation géologique comme un volume de roche identifiable selon des critères spécifiques tels que la lithologie ou l'âge. Les roches sédimentaires sont différenciées en fonction de leur âge, tandis que les roches cristallines le sont selon leur nature. Des lignes continues ou des contours géologiques délimitent ces formations les unes des autres. À l'intérieur de ces limites, chaque couche géologique ou chaque roche est représentée par une couleur spécifique et assortie d'une notation.

II. 1 Légende géologique

Elle est imprimée en marge de la carte. Elle est indispensable à la lecture des types de roches rencontrés.

Les différentes couches, représentées par une couleur affectée d'une notation correspondante, sont disposées sous forme d'un petit rectangle dans l'ordre de superposition normale (de bas en haut, on va de la couche la plus ancienne vers la couche la plus récente).

II.1.1 La couleur : Les diverses strates géologiques sont illustrées par des nuances conventionnelles internationales et délimitées les unes des autres par des limites fines.

- Le noir et/ou le blanc réservé au quaternaire
- Jaune réservé au Tertiaire
- Le vert réservé au crétacé
- Le bleue réservé au jurassique
- Le violet réservé au trias
- Des teintes sombres sont réservées au primaire
- Des teintes vives pour les roches magmatiques

II.1.2. Notations des terrains

Les âges des couches sont indiqués par des notations (ou indices).

- La notation comporte une lettre qui rappelle la nomenclature des divisions stratigraphiques.
- Chaque lettre est accompagnée d'un indice ou d'un exposant, qui permettent de subdiviser les ensembles désignés par les lettres :
 - **les exposants**, écrits en chiffres arabes, sont employés en ordre croissant lorsqu'on monte dans la série stratigraphique. De bas en haut, on écrit par exemple : c^1 , c^2 , c^3 , etc...
 - **les indices**, écrits en chiffres romains, sont employés en ordre croissant lorsqu'on descend dans la série stratigraphique. De haut en bas, on écrit par exemple : c_I , c_{II} , c_{III} , c_{IV} , c_V , etc...
- Des divisions supplémentaires peuvent être introduites par l'emploi de lettres (a, b, c, d,...) placées en indice. Lorsqu'elles sont employées en même temps que les chiffres arabes, on les écrit dans l'ordre alphabétique en montant dans la série stratigraphique. De bas en haut, on écrit donc : c_a , c_b , c_c ,...ou c_{1a} , c_{1b} , c_{1c} , ...Lorsqu'elles sont employées en même temps que des chiffres romains, on les écrit dans l'ordre alphabétique lorsqu'on descend dans la série, de haut en bas, on écrit c_{Ia} , c_{Ib} , c_{Ic} .
- Lorsqu'on a besoin de grouper plusieurs subdivisions, on écrit ensemble les notations de la plus élevée et de la plus basse des couches, en commençant par la première, exemple : e_{II-C_3}

Lorsque le début de ces deux notations est le même, on ne l'écrit qu'une fois ; exemple : c_{II-III} et non $c_{II-C_{III}}$

C_{5-2} désigne tous les terrains allant de c_2 à c_5 inclus.

- Pour distinguer des faciès, au sein d'une même division chronologique, on se sert de lettres majuscules, exemple : n_{2G} : Valanginien gréseux.

Les légendes des cartes précisent ces notations particulières

- Pour les terrains métamorphiques, ne nous retenons que les notations suivantes : ξ (Ksi) : micaschistes, ζ (dzéta) : gneiss, M : migmatites.
- Pour les roches éruptives, on utilise des lettres grecques, en principe proches de l'initiale du nom de la roche. Voici les plus courantes : α (alpha) : andésite β (bêta) : basalte γ (gamma) : granite η (êta) : diorite θ (thêta) : gabbro ρ (rô) : rhyolite τ (tau) : trachyte ϕ (phi) : phonolite Ω (oméga) : ophite

II.1.3 Notations des structures :

➤ La direction de la couche

La direction d'une couche est l'angle que fait avec le Nord, une ligne horizontale tracée dans le plan de stratification de la couche. Elle se mesure sur le terrain avec la boussole.

➤ Le pendage

Le pendage d'une couche est l'angle que fait le plan horizontal avec la ligne de plus grande pente (Fig. 34). Le pendage se mesure dans un sens perpendiculaire à la direction de la couche. La direction et pendage déterminent la géométrie des couches géologiques.

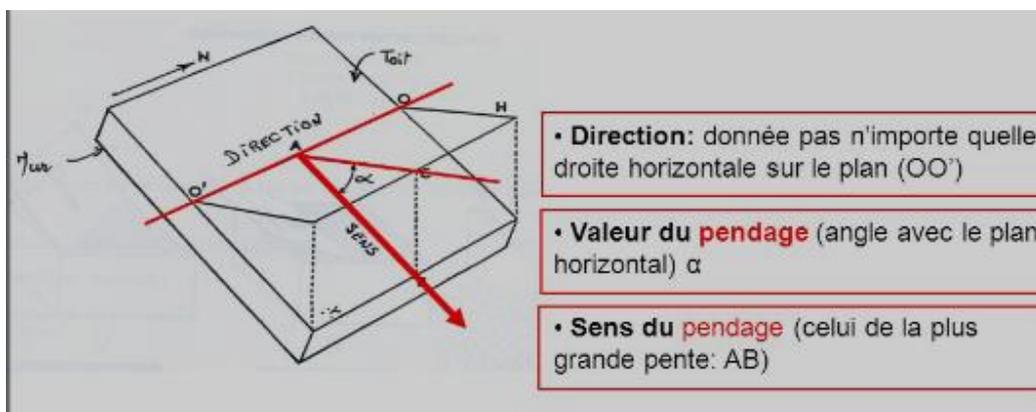
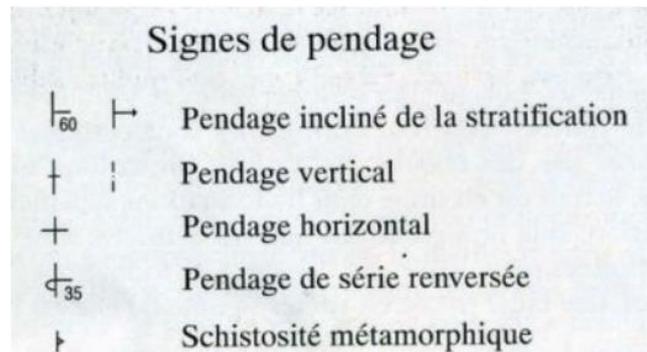
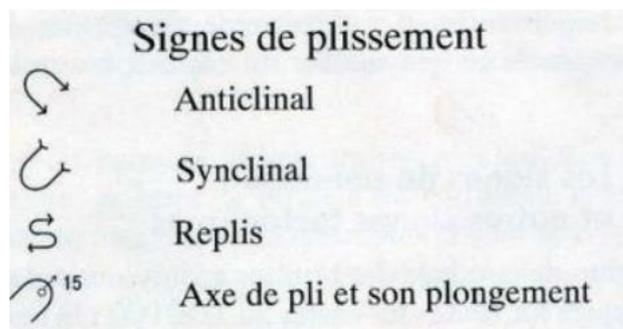


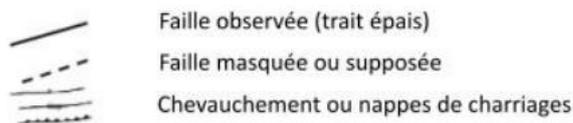
Fig. 34: Pendage d'une couche <https://les-mathematiques.net/vanilla/discussion/1328144/calculer-un-pendage-geologique-avec-4-points>



➤ **Les plissements**



➤ **Les failles**



II.2 Notice de la carte

Une carte géologique est généralement accompagnée d'un livret (notice) explicatif qui offre des informations complémentaires et détaillées sur la région étudiée, incluant la situation géographique, une description détaillée des terrains avec leur épaisseur, leur lithologie, les variations latérales, le contenu fossilifère, ainsi que l'évolution structurale de la région. Cette notice est typiquement divisée en trois parties :

- une introduction géographique,
- la description des terrains représentés avec des données sur leur épaisseur, leur nature lithologique et ses variations (passage de faciès), les fossiles qu'on y rencontre, etc...,
- un aperçu structural et paléogéographique, qui reflète bien souvent l'opinion personnelle de l'auteur et les idées en vigueur.

Il existe trois principales méthodes d'étude d'une carte géologique:

- Établir un commentaire géologique
- Établir un schéma structural
- Réaliser des coupes géologiques

Chapitre 8 : La coupe géologique

I Introduction

Les coupes géologiques ont un double rôle : elles sont à la fois un outil d'interprétation et un moyen d'explication de la carte géologique (Fig. 32). En géologie, après le dépôt des strates, elles subissent généralement des forces tectoniques qui perturbent leur agencement initial et donnent lieu à la formation de structures géologiques.

II- Etape de la réalisation d'une coupe géologique

L'établissement d'une coupe géologique passe par les étapes suivantes :

II-1 Choix de l'emplacement et de l'orientation du trait de coupe

Voici quelques recommandations pour le choix de l'emplacement et de l'orientation du trait de coupe

- Repérer les principales structures, et, si on en a, les failles (Fig. 35) et les plis, ainsi que les signes de pendage
- Eviter les zones cachées que par une des formations superficielles récentes (alluvions, éboulis)
- D'une manière générale, en terrains horizontaux (Fig. 36a), le choix du trait de coupe est plus libre, la ligne de coupe passera à la fois par les altitudes les plus basses et les plus élevées.
- En structure monoclinale (Fig.36b) où toutes les couches ont la même inclinaison sur de grandes étendues, la coupe géologique doit être faite transversalement à la direction des couches
- Dans une structure plissée (Fig.3-c), où les couches présentant des pendages variables, dirigés dans des sens divers
 - **L`anticlinal** c`est un pli dont la concavité est tournée vers les couches les plus anciennes, les couches les plus anciennes sont au cœur (centre) de la structure.
 - **Le synclinal** c`est un pli dont la concavité est tournée vers les couches les plus récentes, les couches les plus récentes sont au cœur de la structure.

La direction de la coupe doit être perpendiculaire à l'axe des plis

Une faille est une structure tectonique se manifestant par cassure ou une zone de rupture où deux compartiments rocheux se déplacent l'un par rapport à l'autre.

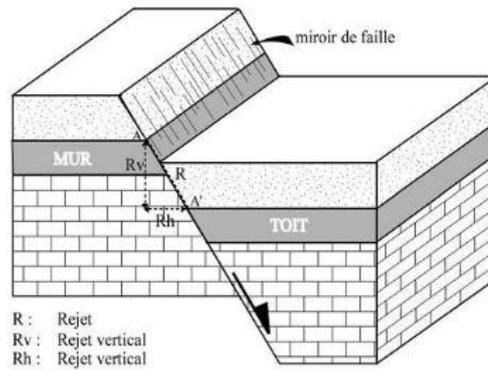


Fig. 35 : Bloc-diagramme d'une faille [Les accidents tectoniques -données tectoniques - synclinal, anticlinal.pdf \(univ-msila.dz\)](#)

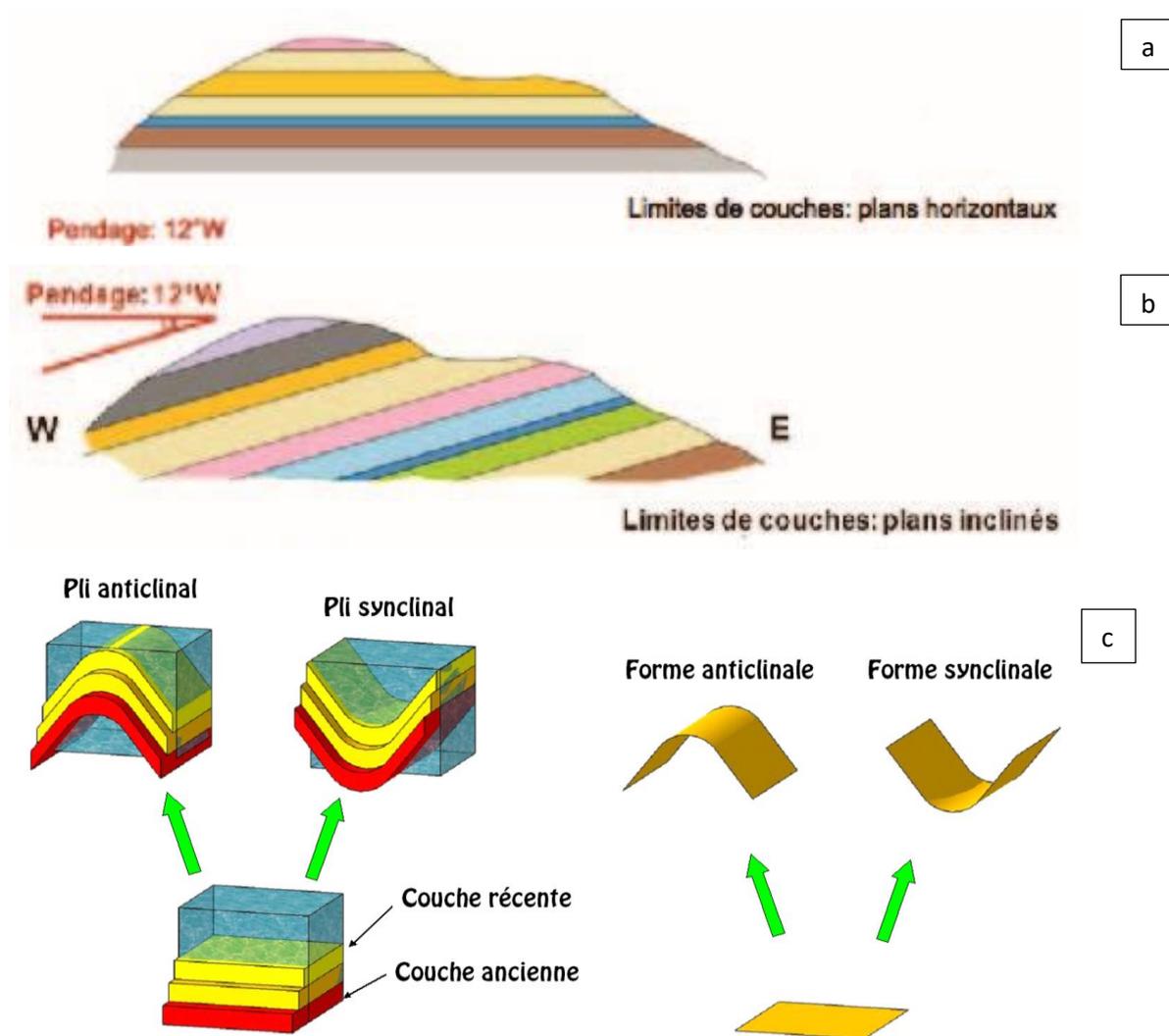


Fig. 36 : a) Schémas simplifié d'une structure tabulaire ; b) Schémas simplifié d'une structure monoclinale <https://slideplayer.fr/slide/10430585/> ; c) Schémas simplifié des strates géologiques anticlinales et synclinales https://jeretiens.net/wpcontent/uploads/2016/12/synclinalanticlinalsch%C3%A9ma_g%C3%A9ologie_strates_ordre.png

II-2 Méthode à suivre pour tracer une coupe géologique

- Réaliser le profil topographique, l'orienter et mettre l'échelle.
- Reporter les limites des affleurements traversés par le trait de coupe sur le profil topographique Fig. 37 (mentionner les notations de ces affleurements sur le bord du papier millimétré).
- Réaliser la coupe géologique : commencer par représenter les failles en premier (le cas échéant, chaque ensemble délimité par une faille sera traité comme une structure indépendante), puis procédez au dessin en débutant par les terrains les plus récents. il faut veiller à garder la même puissance de couche (épaisseur stratigraphique) d'un endroit à l'autre de la coupe.
- Attribuer à chaque strate une représentation graphique appropriée selon le type de roche qui la compose.
- Finalisez la coupe en élaborant la légende : la coupe doit être accompagnée d'une légende stratigraphique reprenant sous forme de colonne et dans l'ordre chronologique, les différentes couches avec la signification de leurs figurés.
- Par convention, la couche la plus ancienne occupe le bas de la colonne stratigraphique.

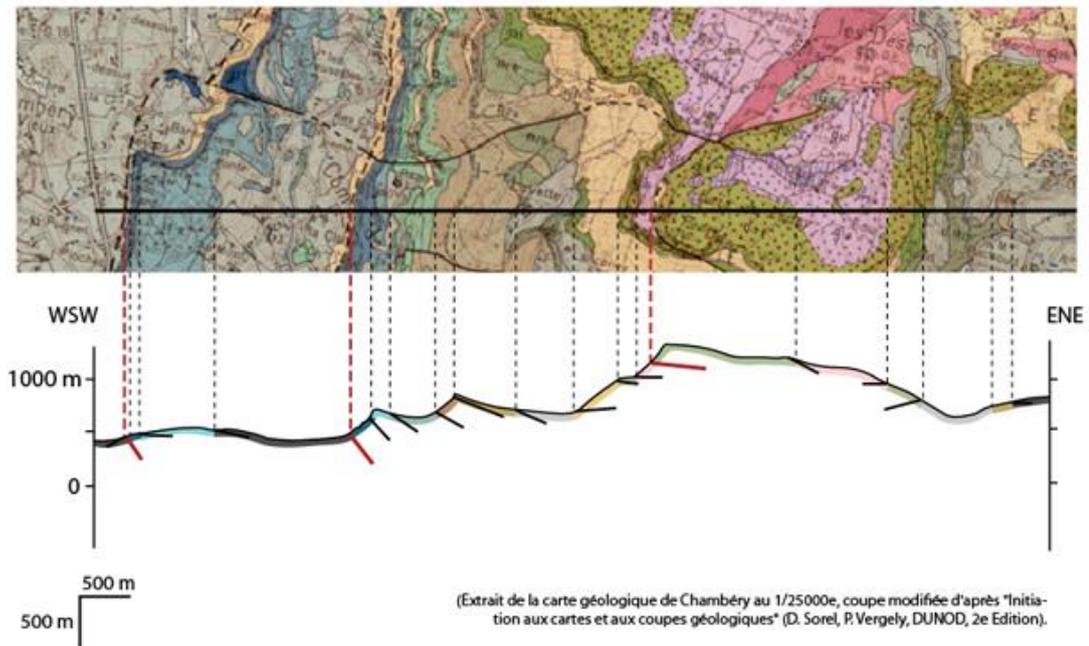


Fig. 37: Projection des limites de couche dans la réalisation d'une coupe géologique <https://www.geo-fbajolet.com/teaching.html>

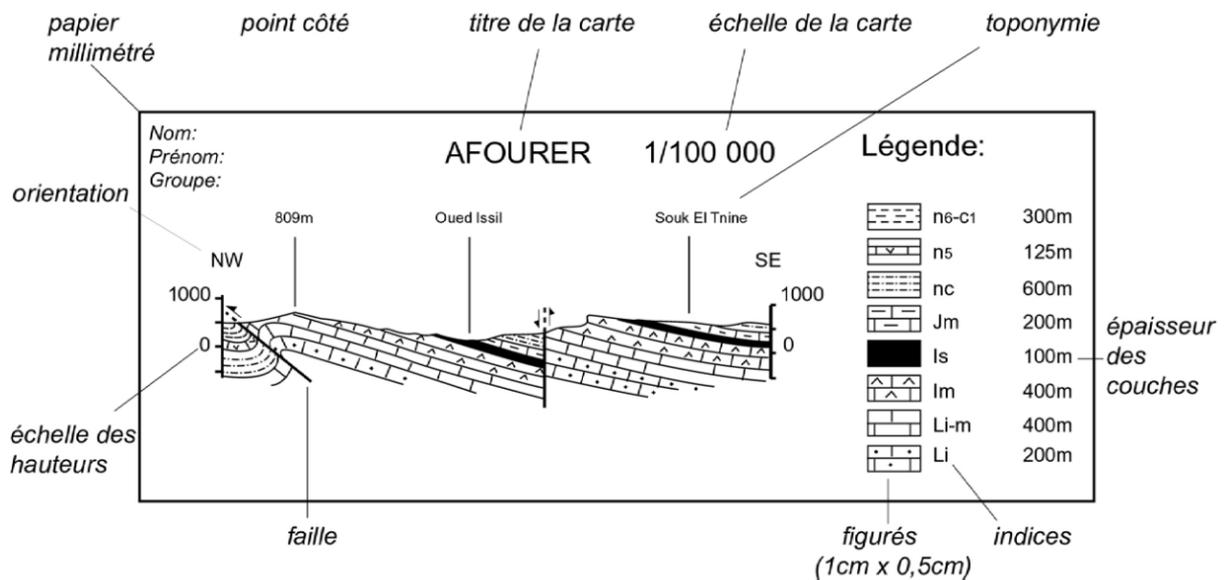


Fig. 38 : Exemple d'une coupe géologique <https://iast.univsetif.dz/documents/Cours/Initiation AuxCartesEtAuxCoupesGeologiqueL2Geo21.pdf>

Références

Bellair, P., C. Pomerol, C. 1984. Eléments de géologie. Paris [FRA] : Armand Colin, 495 p.

Rousseau J-J ; Gibaud A. 2007. Cristallographie Géométrique Et Radiocristallographie. Dunod. 3e Edition

Cipriani, N. 1997. Minéraux et roches - Recherche, classification, utilisation, Gründ, 167 p

Aubouin, J., Lehman, J-P., Brousse, R. 1993. Précis de géologie, Dunod, Tome 1, 736p

Foucault, A. et Raoult, J.-F. 1980: Dictionnaire de géologie, Paris, Masson, 334 p

Hurlbut, Cornelius S., Jr. 1963. Dana's Manual of Mineralogy, 17th edition. John Wiley and Sons: New York. 609p.

Sites Internet

<https://pierres-energies.fr/blog/post/3-les-quartz-monocristallins>

<https://www.alloprof.qc.ca/fr/eleves/bv/geographie/la-carte-topographique-g1065>

<https://www.delcampe.net/fr/collections/cartes/cartes-topographiques/algerie-carte-topographique-djidjelli-1-50-000-1957-272812109.html>

<https://uncailloudanslachaussure.ch/courbes-de-niveau/>

<https://www.uca.ma/public/files/docs/site-164-19a618ccb353322b339875a856e925db-657949969.pdf>

https://pairform.imt-atlantique.fr/doc/17/138/499/web/co/10_1_6.html

<file:///C:/Users/MyPC/Desktop/Desktop/bureau/GRM/Polycopie/carte%20geologique.pdf>

<http://dierrab-geologie-guelma.e-monsite.com/pages/notions-importantes/coupe-geologique.html>