

Initiation à la géologie et à la lecture de paysage.

par Maurice Moine.

« Savoir sur quoi on marche et comprendre ce qu'on voit »



La caldeira du volcan de Maure Vieil au petit matin.

Version V4.1 (MM) © juillet 2008

Présentation du cours de géologie

Objectifs

Initiation à la géologie et à la lecture de paysage

Pour le randonneur

Savoir sur quoi il marche et comprendre ce qu'il voit

Pour le géologue débutant

Démystifier la géologie et pouvoir ouvrir un livre de géologie « normal »

Le cours s'adresse à des randonneurs n'ayant au départ aucune notion de géologie. Il est gratuit.

Il repose sur le concept suivant:

- une partie théorique complète mais simple permettant de expliciter les phénomènes nécessaires à la compréhension des différents aspects de la géologie en les abordant par leur fonction
- une approche très pragmatique sur le terrain
- une liaison forte avec la géologie régionale et la lecture de paysage.

Une partie importante est consacrée à la géologie générale et traite le volcanisme, le métamorphisme et le sédimentaire.

La partie théorique aborde la chimie des roches en explicitant les notions de silicates et de feldspaths ainsi que celles de séquences et de faciès pour le métamorphisme.

La lecture de paysage qui est une des finalités du cours est traitée en lien direct avec la partie théorique et donne les outils nécessaires pour aborder le décodage du paysage.

Le cycle de formation comprend 4 séances en salle et 4 sorties sur le terrain: les volcans dans l' Esterel, le métamorphisme dans le Tanneron, le karst sur le plateau de Calern et le Mercantour (3 circuits au choix de difficulté différente)..

Conception de l'ensemble : Moine Maurice, maurice.moine@wanadoo.fr

Intervenants: Gilbert Voli gilbert.voli@laposte.net, Marievonne Bonnardel a.my.bonnardel@orange.fr,

Olivier Léonard passe-montagnes@hotmail.fr, Annie Coutor annie.coutor@club-internet.fr , maurice Moine

2

Tous droits réservés.

Sommaire

- 1 Géologie générale** p.5
 - 11. Histoire de la Terre p.6
 - 12. Tectonique et volcanisme p.9
 - 13. Les fossiles p.14
- 2 Roches et minéraux** p.15
 - 21. Les éléments chimiques p.16
 - 22. Les minéraux p.17
 - 23. Les roches p.23
- 3 Le métamorphisme** p.39
 - 31. Résultats du métamorphisme p.40
 - 32. Comment ça marche p.43
 - 33. Différentes formes de métamorphisme p.46
 - 34. Métamorphisme régional: la Chaîne Hercynienne p.49
- 4 Vie de la planète** p.51
 - 41. Cycles p.52
 - 42. Les événements p.53
 - 43. La transformation du paysage p.58
 - 44. Reconstituer l'histoire P.61
- 5 Géologie régionale et itinéraires découverte (annexe)**
- 6 Apprendre à lire le paysage (annexe)**
- 7 Apprendre identifier les roches (annexe)**

Annexes: bibliographie.

1. Géologie générale

11. Histoire de la Terre

Chronologie p.6

Les grands événements géologiques p.7

Les météorites p. 8

12. La tectonique et le volcanisme

Dynamique de la Terre p.10

Les plaques p.11

Les volcans p.12

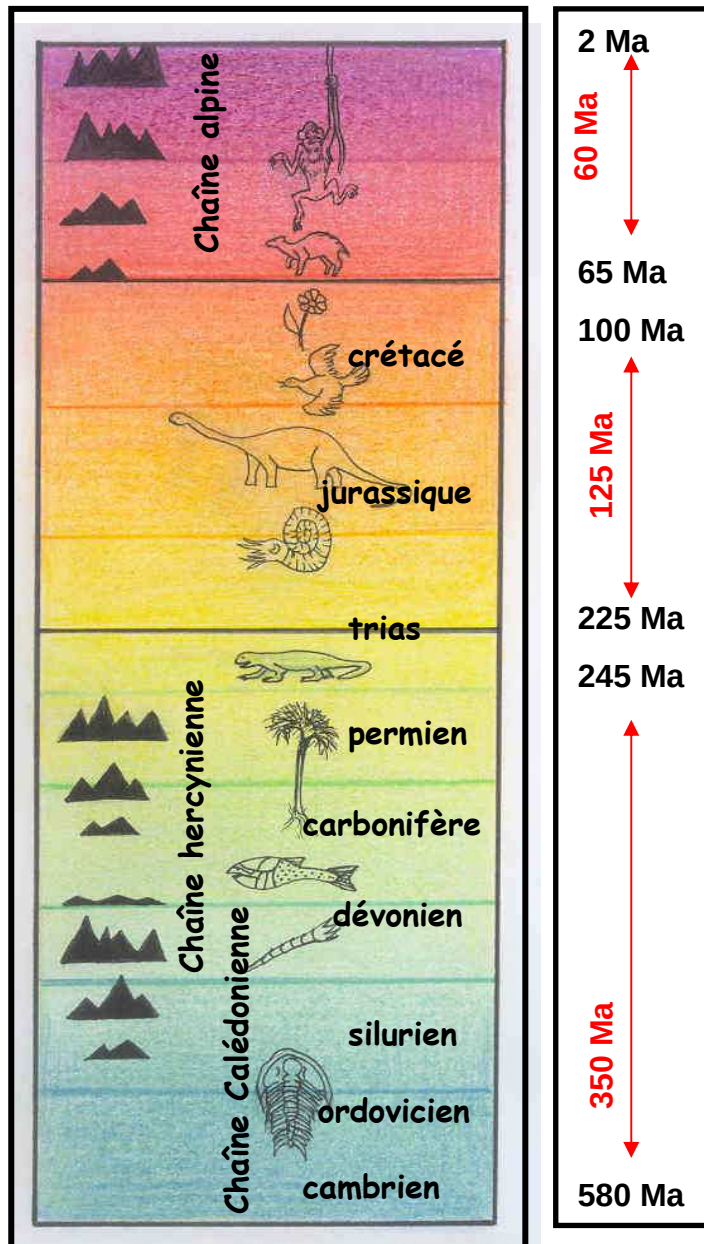
Les grandes formes de volcanisme p.13

13. Les fossiles

Généralités p.14.

11. Histoire de la Terre

Chronologie simplifiée



Ère Quaternaire: apparition de l'homme.

Ère Tertiaire: plissements, soulèvements, volcanisme.

→ les mammifères

→ soulèvements des restes de la Chaîne Hercynienne : Mercantour

→ début de la surrection des Alpes. Séparation de la Corse et de l'Estérel.

Ère Secondaire: géologiquement calme.

→ Crétacé: 3ème crise biologique. Extinction d'une grande partie des espèces animale et végétales. Disparition des dinosaures, émergence des mammifères et des oiseaux

→ Jurassique: les dinosaures

Période des dépôts sédimentaires de la vie marine (calcaires)

→ Trias: apparition des ammonites (fossiles stratigraphiques).

Ère Primaire:

Fin de l' Ère Primaire: les espèces animales quittent la vie marine: c'est le début de la vie terrestre

Période de grands bouleversements biologiques et tectoniques.

Un seul continent regroupe toutes les terres émergées.

→ Permien: 2ème crise biologique et disparition de 90% des espèces vivantes, volcanisme de l'Estérel.

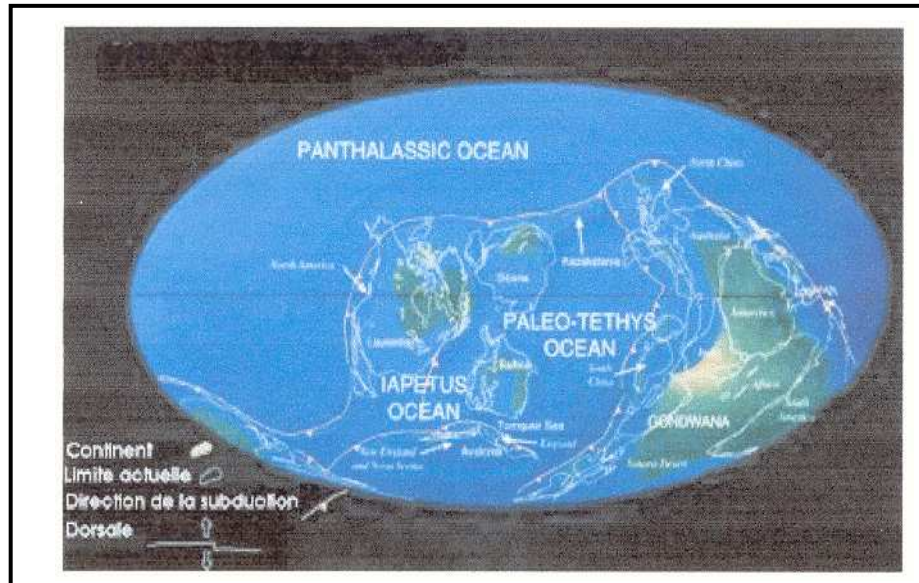
→ Carbonifère: climat tropical.

→ Ordovicien: 1ère crise biologique et disparition de 1/3 des espèces.

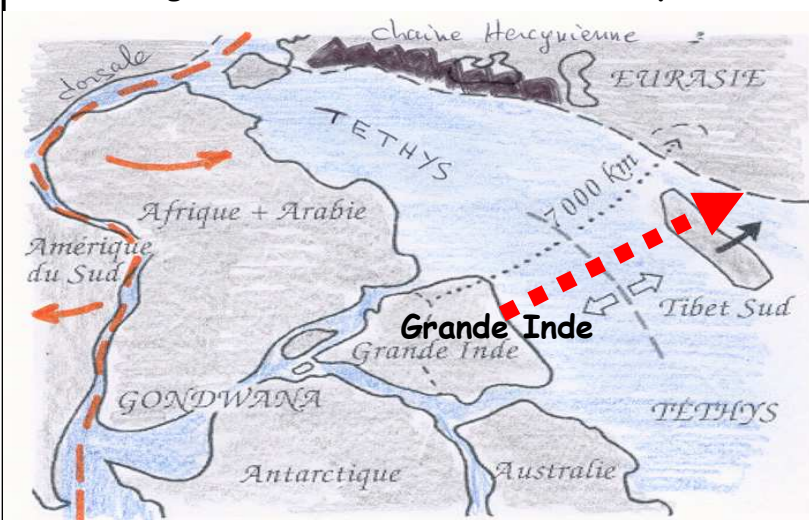
Début de la vie marine

11. Histoire de la Terre

Les grands événements géologiques



Assemblage continental à la fin de l'ère primaire



Ère Primaire.

Pendant l'ère primaire, les continents étaient tous regroupés dans un super continent: la Pangée. Période de grande activité tectonique avec la Chaîne Hercynienne. L'Afrique et l'Amérique se touchaient. L'Océan Atlantique n'existait pas encore.

Ère Secondaire .

Période géologiquement calme pour notre région qui est occupée par un océan appelé Téthys. Les dépôts provenant de la vie marine se déposent et forment des roches calcaires qui donneront plus tard tous nos montagnes des Alpes du Sud. L'assemblage continental comment a se modifier. Progressivement la Théthys se ferme.

Ère Tertiaire.

Grande activité tectonique avec l'Afrique qui se déplace et entre en collision avec l'Europe provoquant l'apparition d'une nouvelle chaîne de montagne: les Alpes. Le soulèvement alpin se poursuit encore de nos jours.

1. Histoire de la Terre

Les chutes de météorites

Au cours de sa formation la Terre a subi d'intenses bombardements de météorites et de comètes. Pendant la période d'accrétion au tout début, ces bombardements ont apporté les matériaux qui ont constitué la Terre, y compris l'eau et le carbone bases de la future vie. Le dégazage interne par les volcans a participé à la création de l'atmosphère et des océans.

La Lune serait née d'une collision gigantesque de la Terre avec un objet de la taille de Mars. La violence de la collision a projeté des matériaux dans l'espace qui se sont agglomérés pour former notre satellite.

La période des grandes chutes de météorites est maintenant terminée. Néanmoins il arrive encore que des météorites de grande taille percute encore notre planète (photo) mais la majorité sont maintenant très petites.

Les chutes de météorites sont souvent impliquées dans les processus d'extinctions d'espèces. Dans le cas de l'extinction du Crétacé - Tertiaire (celle des dinosaures mais qui a été massive pour les espèces: 80 % ont disparu) il semble que la cause principale soit une gigantesque période volcanique durant 1 million d'années en Inde avec simultanément la chute d'une énorme météorite provoquant un changement climatique important et durable.

Les effets sur les roches sont très violents car la pression est énorme mais de très courte durée. Par contre l'énergie est très grande et provoque un échauffement considérable qui peut transformer les roches. On parle de métamorphisme d'impact.



Météor Cratère (Arizona, USA). Age 3 000 ans.
Diamètre du cratère: 1300mètres provoqué par la chute d'une météorite de 20 mètres de diamètre.

12. La tectonique et le volcanisme

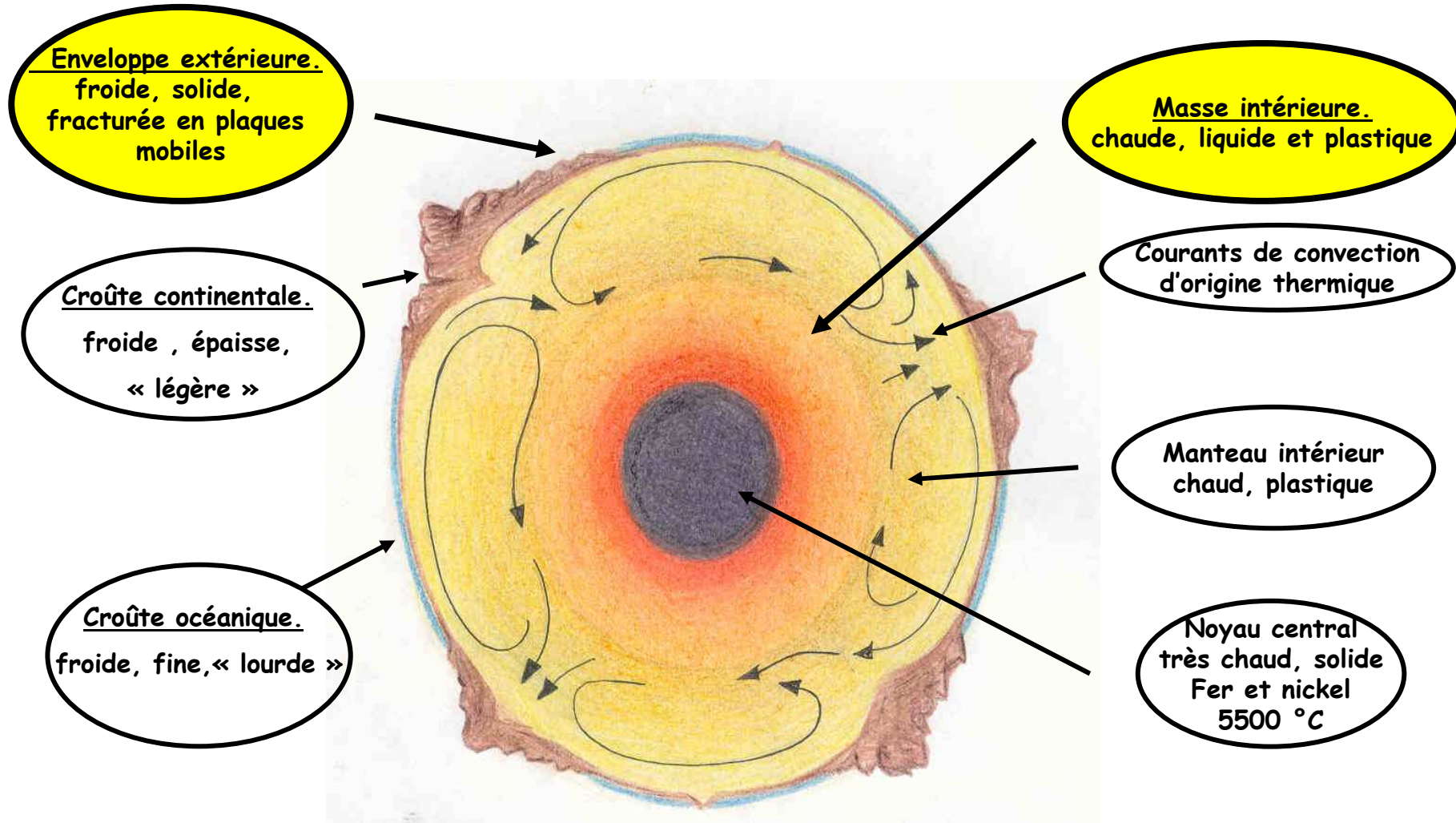


Le Karimsky

Kamchatka, août 2002 Photo TdG

12. Tectonique et volcanisme.

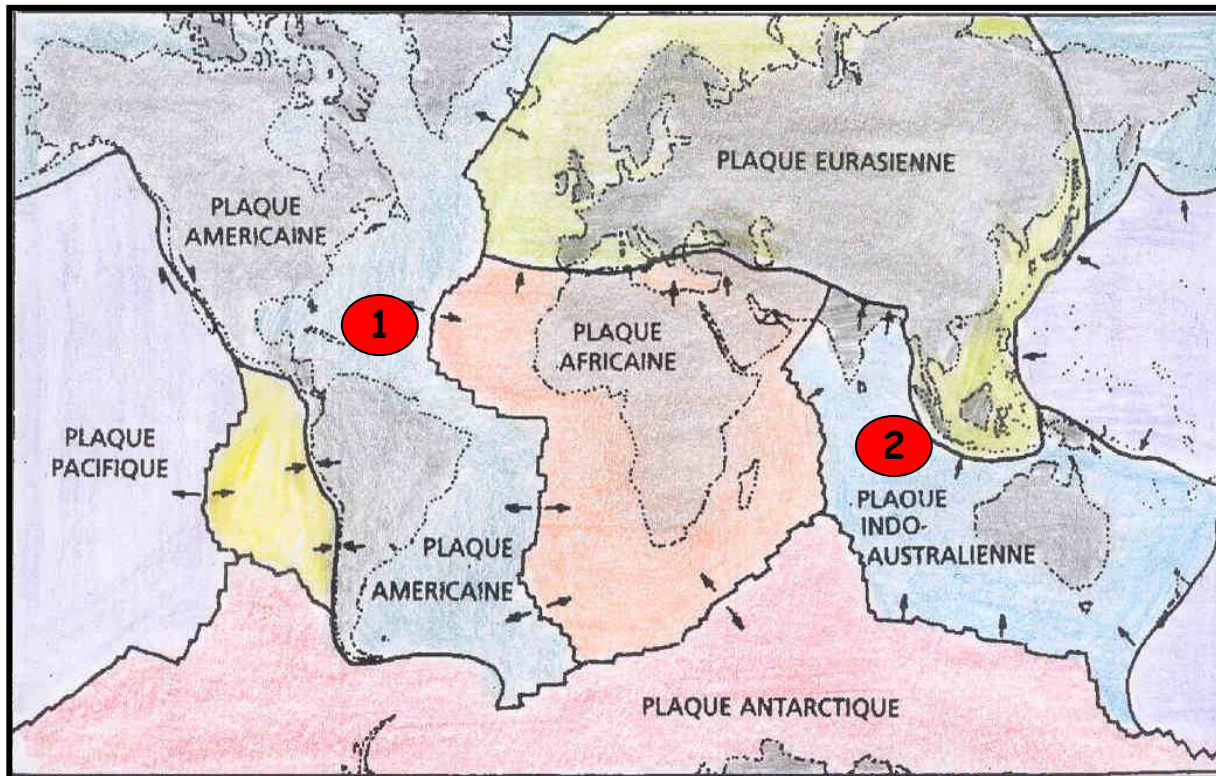
Dynamique interne de la Terre.



La croûte est l'enveloppe externe solide de la Terre. Elle peut être épaisse au niveau des continents (60 km) ou fine dans les océans (10 km). Elle est composée de plaques qui se déplacent sous l'effet des courants de convection. Les courants de convection sont le moteur de la dynamique interne de la Terre. Ce sont eux qui fracturent la croûte en plaques et les déplacent.

12. Tectonique

Les plaques



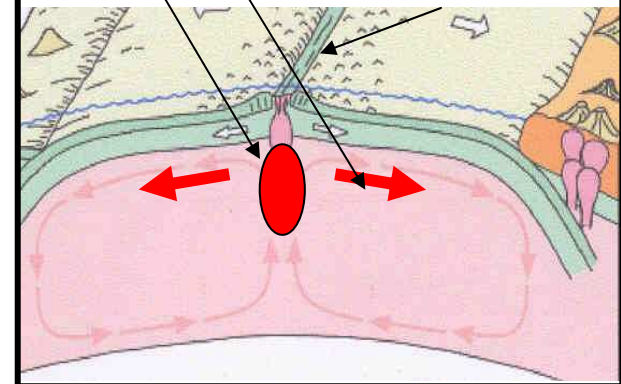
Pourquoi les plaques tectoniques se déplacent à la surface du globe ?

3 phénomènes principaux:

1: Accumulation de chaleur par les courants de convection = fusion locale et affaiblissement

2: Entraînement par effet mécanique de frottement

3: rupture de la croûte = dorsale



La surface de la Terre est complètement couverte par des plaques qui forment une enveloppe. Il y a 2 sortes de plaques: 1) océaniques 2) continentales.

Les limites entre plaques sont:

- les dorsales là où la croûte est moins épaisse (1) avec accrétion de matière venant du magma
- les zones de subduction (2) avec disparition de matière qui retourne dans le magma.

Le mouvement des plaques est de l'ordre de 10 cm par an et provoque:

- la création, la vie et la fermeture des océans ce qui est événement majeur en géologie.
- la collision de plaques avec la création des chaînes de montagne et du volcanisme.

L'océan Atlantique est un océan jeune (200 Ma)

La collision de la plaque Afrique avec la plaque Eurasienne provoque la ligne sismique du moyen Orient et la surrection des Alpes.

12. Tectonique et volcanisme.

les volcans.

Il y a 3 phénomènes et 3 sortes principales de volcans.

1: Extension: cassure et une faille gigantesque apparaît au milieu de l'océan

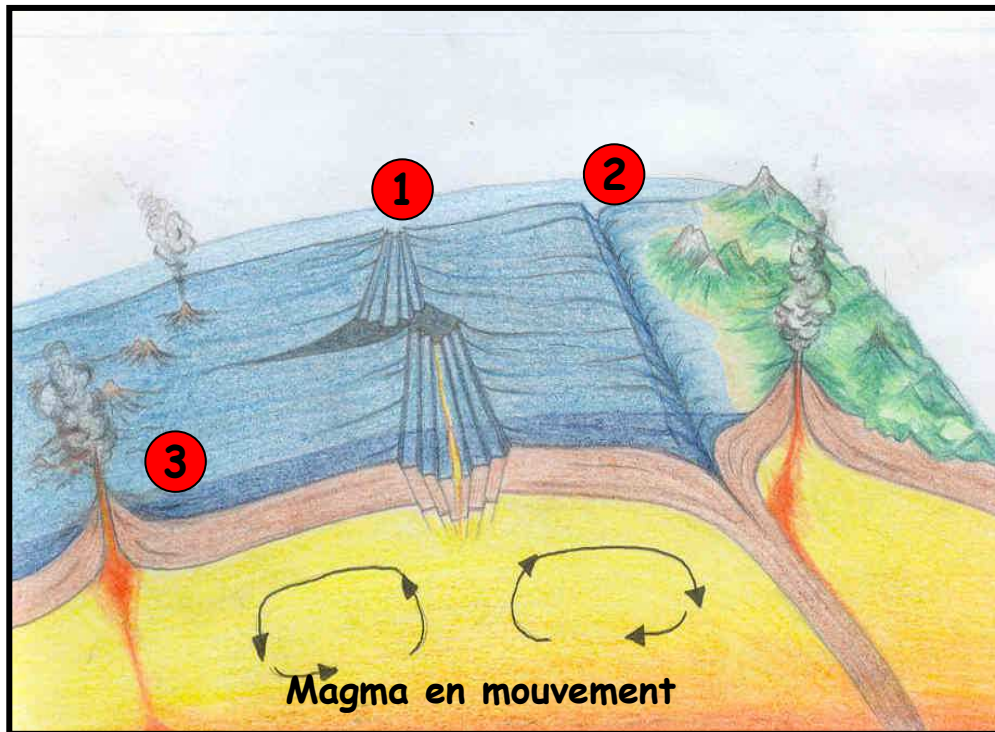
Le magma remonte et s'engouffre entre les 2 plaques : c'est une dorsale . Ce sont des volcans sous marin.

2: Compression: une plaque en affronte une autre et glisse dessous.

Au contact il y a friction, fusion de la roche et apparition d'un volcan. Ce volcanisme de subduction est explosif et dangereux. Montagne Pelée en Martinique, Ceinture de feu du Pacifique.

3: Perforation: une plaque est perforée en son milieu par la puissance du magma : ce sont les volcans de points chauds.

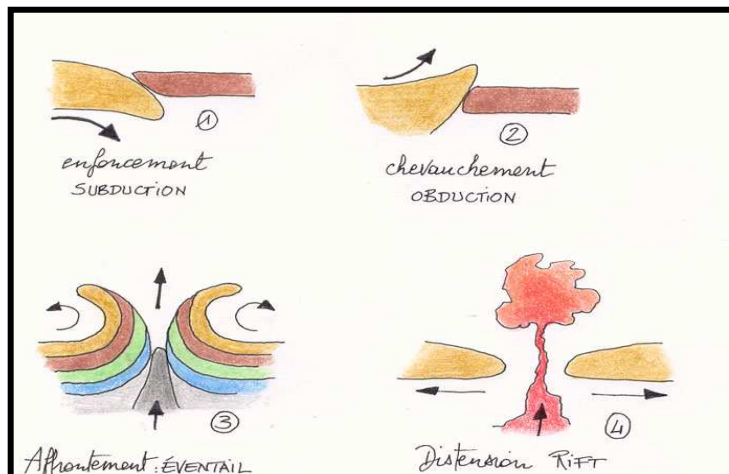
La fournaise à La Réunion dans l'Océan Indien, Hawaï dans l'Océan Pacifique.



Note: l'orientation de la ligne de volcans de point chaud est inexacte par rapport au mouvement de la plaque..

L'ensemble de ces phénomènes dépendent des mouvements du magma existants sous la croûte.

Il y a environ 1000 volcans actifs à la surface du globe.



Une plaque avance et heurte une autre plaque.

1 : si elle passe dessous et s'enfonce, c'est une **subduction**

2 : si elle passe dessus et chevauche, c'est une **obduction**

3 : si elles s'affrontent : c'est l' **éventail**. Ce phénomène est celui qui se produit avec le soulèvement alpin. Les couches superficielles basculent et il se produit un raclement du socle et des roches de grandes profondeurs sont ramenées à la surface (Mont Viso).

4 : si les 2 plaques s'éloignent, c'est une **distension** et il peut y avoir apparition d'un volcanisme effusif (Esterel).

12. Tectonique et volcanisme.

Grandes formes de volcanisme

Explosif

Mont Saint Helens
(mai 1981)



Effusif

Hawaii, Noël 2000



Photo TdG

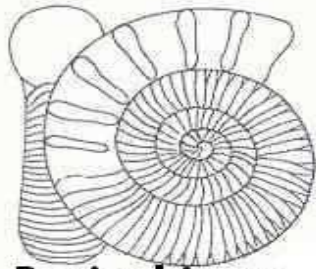
13. Les fossiles

Généralités

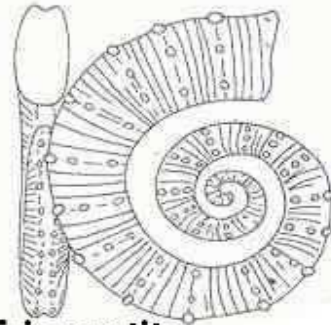
Les fossiles sont des indicateurs extrêmement précieux pour l'étude et la datation des terrains.

On distingue:

- les fossiles stratigraphiques qui permettent de dater un terrain
- les fossiles de faciès qui indiquent les caractéristiques d'un milieu particulier



Perisphincte
Oxfordien, - 150 Ma



Crioceratite
Barrémien, - 115 Ma



On observe le début du « déroulement » de l'ammonite qui est caractéristique d'une période donnée.

Fossiles de faciès

Les animaux marins sont différents suivant la température, la profondeur etc Les fossiles permettent d'identifier ces éléments.

Exemple: les fossiles de corail sont caractéristiques d'une eau chaude et peu profonde.

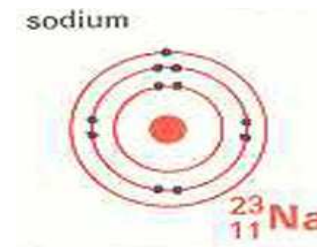
Exemple: le plateau de Calern.

La présence d'un type d'ammonites particulier sur le plateau permet de dire que la partie supérieure du plateau était couverte par la mer pendant le Jurassique (Oxfordien , 154 Ma)

2. Chimie des roches et minéraux

21. Les éléments chimiques

généralités page 16



22. Les minéraux

généralités page 17

les cristaux page 18

le cristal de quartz page 19

silicates et feldspaths page 20

fabrication page 21



23. Les roches

Cycle de transformation page 24

classification page 25

fabrication page 26

les roches magmatiques page 27

les roches sédimentaires page 31



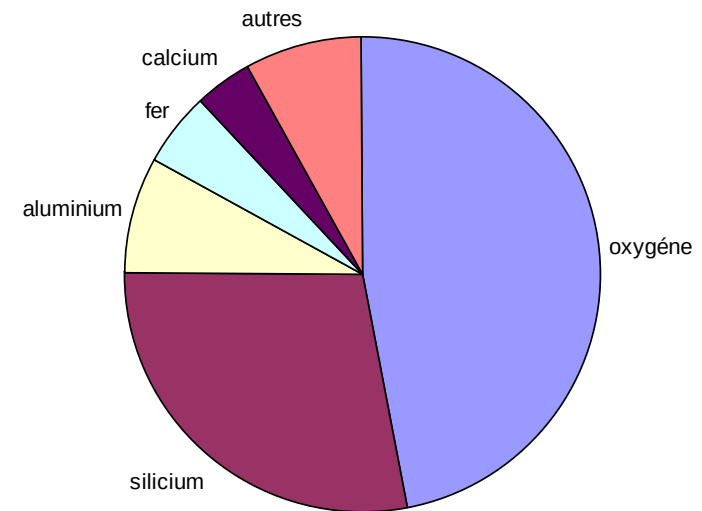
21. Les éléments chimiques

Généralités

- Il existe 103 éléments chimiques : hydrogène, fer, carbone, chlore, etc
- Éléments de base constituant de toute la matière.
- Substances simples non décomposables .
- Ils sont définis et classés dans le tableau de Mendeleïev.
- Ils composent les minéraux et les roches.

Composants de la croûte terrestre

- Oxygène: 47% , Silicium: 28% Total = 75%
- Fer + aluminium + Sodium + Potassium + Magnésium = 20%.
- Calcium + carbone = 4% : important dans la composition des roches calcaires



Le silicium et l'oxygène sont les composants de base de toutes les roches

Les autres composants, même en très faibles proportions, font varier profondément la nature des roches et des minéraux.

Le carbone et le calcium sont la base des roches « calcaires »

22. Les minéraux.

Généralités

Composition

Les minéraux sont composés d'éléments chimiques et il en existe plus de 3000 sortes.

Ils sont toujours sous forme cristalline à l'état solide.

Exemples la silice: SiO_2 oxyde de silicium (1 part de Silicium, 2 parts d'oxygène). Nom courant: verre, sable.

Les oxydes de silicium sont la base de nombreuses familles de minéraux.

Exemples :

Famille de la silice, on trouve des minéraux de même composition mais de structure différente

SiO_2 : quartz

SiO_2 : agate

Famille des feldspaths: silicate d'aluminium + calcium / sodium / potassium + etc.

Exemple : Lazurite

Ces minéraux sont les plus abondants parmi tous les constituants de la croûte terrestre

Les minéraux peuvent avoir des compositions très complexes : $\text{Na}(\text{LiAl}_3)\text{Al}_6(\text{BO}_3)_3\text{Si}_6\text{O}_{18}(\text{OH})_4$ → la tourmaline

Ou une structure extrêmement simple : C → le diamant

Classement

Les minéraux sont classés par dureté sur une échelle de 1 à 10 (Échelle de Mohs) :

Le talc : 1. La calcite : 3, elle est rayée par l'acier (pointe de couteau). Le quartz : 7, n'est pas rayé par l'acier, la pointe de couteau glisse.

Le diamant: 10 est le plus dur de tous les minéraux.

Mode de fabrication

Les conditions de fabrication sont essentielles dans la nature finale du minéral : pression, température, temps

Dans les volcans. Exemple : soufre, hématite, fluorite

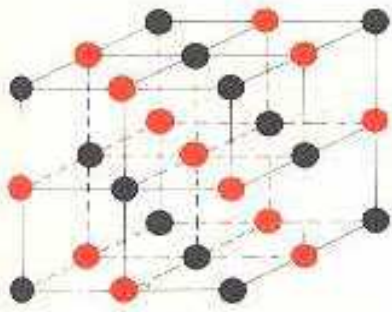
Par sédimentation dans les lagunes: le gypse, le sel gemme

Par transformation (métamorphisme) : zone de contact, sources hydrothermales etc

Les conditions de fabrication peuvent être recrées artificiellement : fabrication des diamants.

22. Les minéraux.

Les cristaux.



Les différents atomes s'organisent dans l'espace dans une **structure ordonnée** : c'est un cristal.

Structures très complexes: 7 formes principales (cubique , hexagonale etc).

Taille: 2 angströms, soit 5 millions de cristaux pour faire 1 mm.

Quelques fois les atomes s'organisent en structure désordonnée, par exemple en cas de refroidissement trop rapide. On parle alors de **structure amorphe** ou de verre.

L'eau est un minéral qui est composée d'un assemblage d'éléments chimiques. Elle est liquide à la température ambiante.

En dessous de 0° C elle est solide sous forme cristalline.

Les conditions de fabrication font qu'avec les mêmes éléments on peut obtenir plusieurs formes solides:

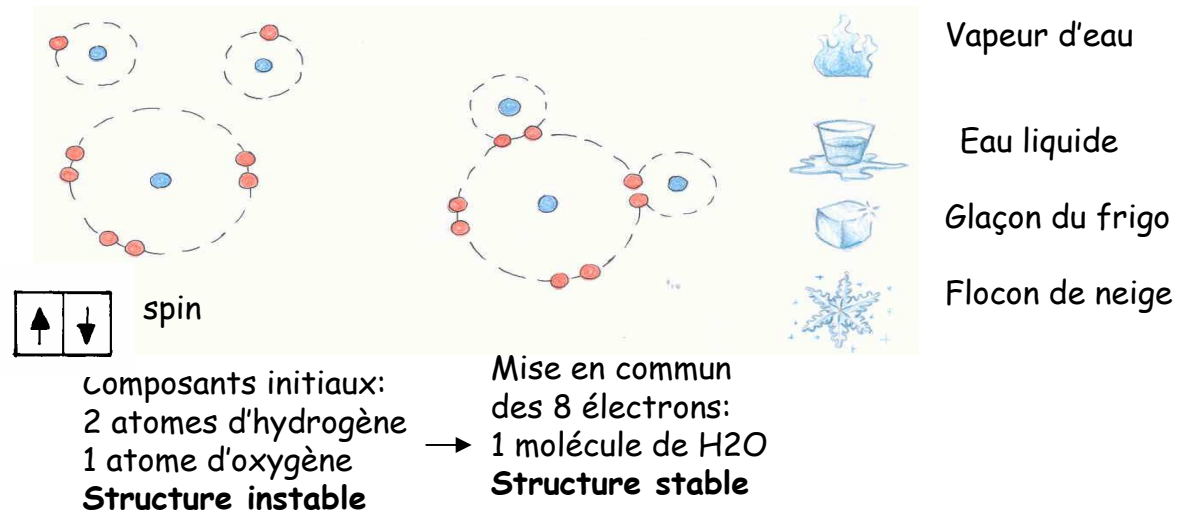
-> soit un glaçon banal

-> soit un merveilleux flocon de neige.

Note: il existe une dizaine de structures de glaces différentes suivant P et T°.

Exemple: à -160° et 22 kbars on a la glace n° VIII.

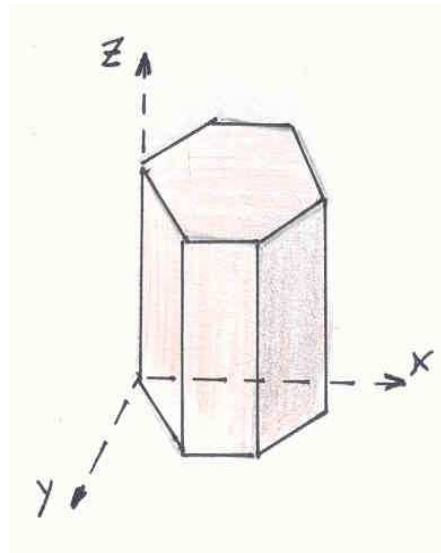
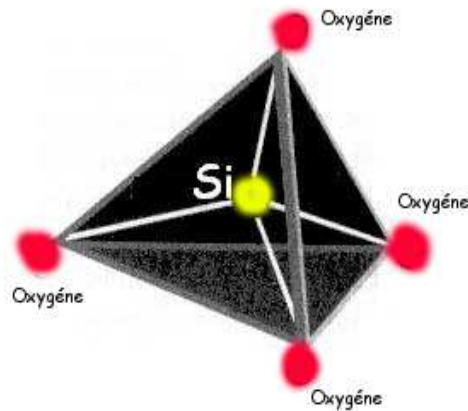
États et aspects physique de la matière (cas de H₂O)



Tous les minéraux peuvent avoir plusieurs formes physiques: gaz, liquide ou solide.
Et plusieurs structures cristallines solides suivant les conditions de fabrication (glaçon ou flocon dans le cas de l'eau).

22. Les minéraux

Le cristal de quartz Si O_2 (silice)



« Molécule » ou « cristal élémentaire » de silice. Il en faut 5 millions pour faire 1 mm.

[Si O₄] 4-

Cristal « normal » de silice.
Il est du type hexagonal .

- Cristal le plus commun bâti sur le « module » de base [Si O₄] 4-
- La silice Si O_2 cristallise suivant un système hexagonal.
- Le cristal « grandit » en gardant la même forme: il reste cristal unique
- Il peut présenter des troncutures: faces supplémentaires à l'emplacement du sommet
- La présence d'impuretés amène des irrégularités nombreuses de formes et de couleurs.
- Il peut être translucide (cristal de roche), teinté en violet par quelques atomes de fer et de manganèse (améthyste), laiteux etc.
- Il peut avoir des formes physiques variables: énorme cristal unique (photo) ou assemblage de cristaux très petits.



Cristal réel de quartz.
On remarque les anomalies.

22. Les minéraux.

Silicates et feldspaths

Les silicates

Assemblages complexe d'atomes de silicium et d'oxygène

Motif de base: 1 silicium + 4 oxygènes [Si O₄] 4 -

A la base d'une foule de minéraux différents

1 = en tétraèdre isolés, pas de Ox en commun Ex: grenats, olivine

2 = tétraèdres unis par 2: sorosilicate. Ex : les amphiboles

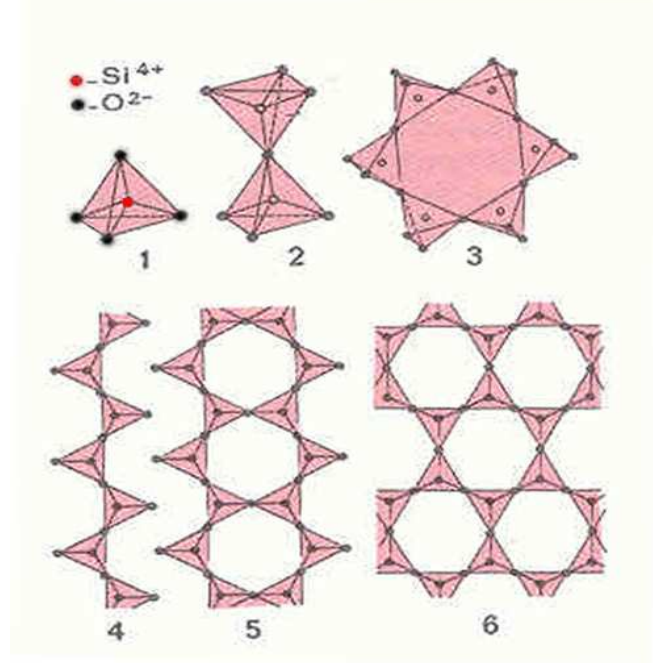
3 = tétraèdres disposés en anneaux. Ex: tourmaline

4 = en chaîne simple, ex: pyroxène

5 = en chaînes doubles, ex: amphibole.

6 = en feuillets, 3 Ox. en commun ex: les micas, argiles

X = tétraèdres unis par tous les sommets, en charpente.



Les feldspaths

Ce sont les minéraux les plus communs dans les roches magmatiques et métamorphiques.

Ce sont des silicates.

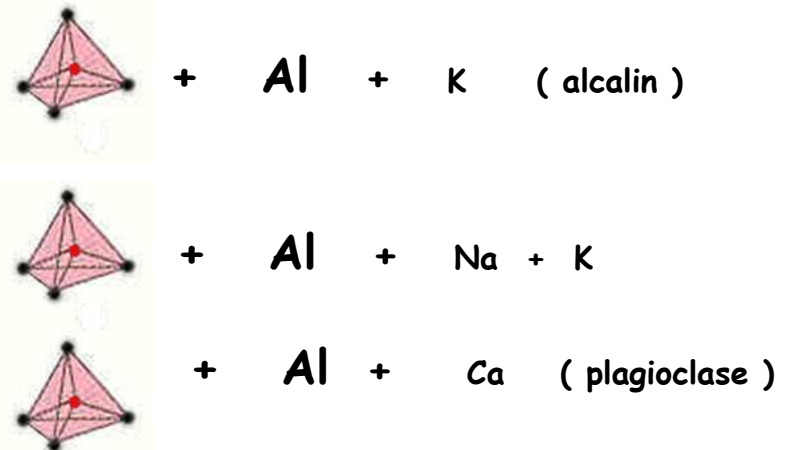
Constitués d'ions [Si O₄] 4- unis par les 4 sommets.

Les feldspath sont des **silicates d'aluminium** et auxquels s'ajoutent :

du potassium K -> feldspath potassique ou alcalin.

du sodium Na et K -> sodi potassique

du calcium Ca -> les plagioclases



Les cristaux de feldspaths ont une structure voisine de celle du quartz (tétraèdres unis par tous les sommets).

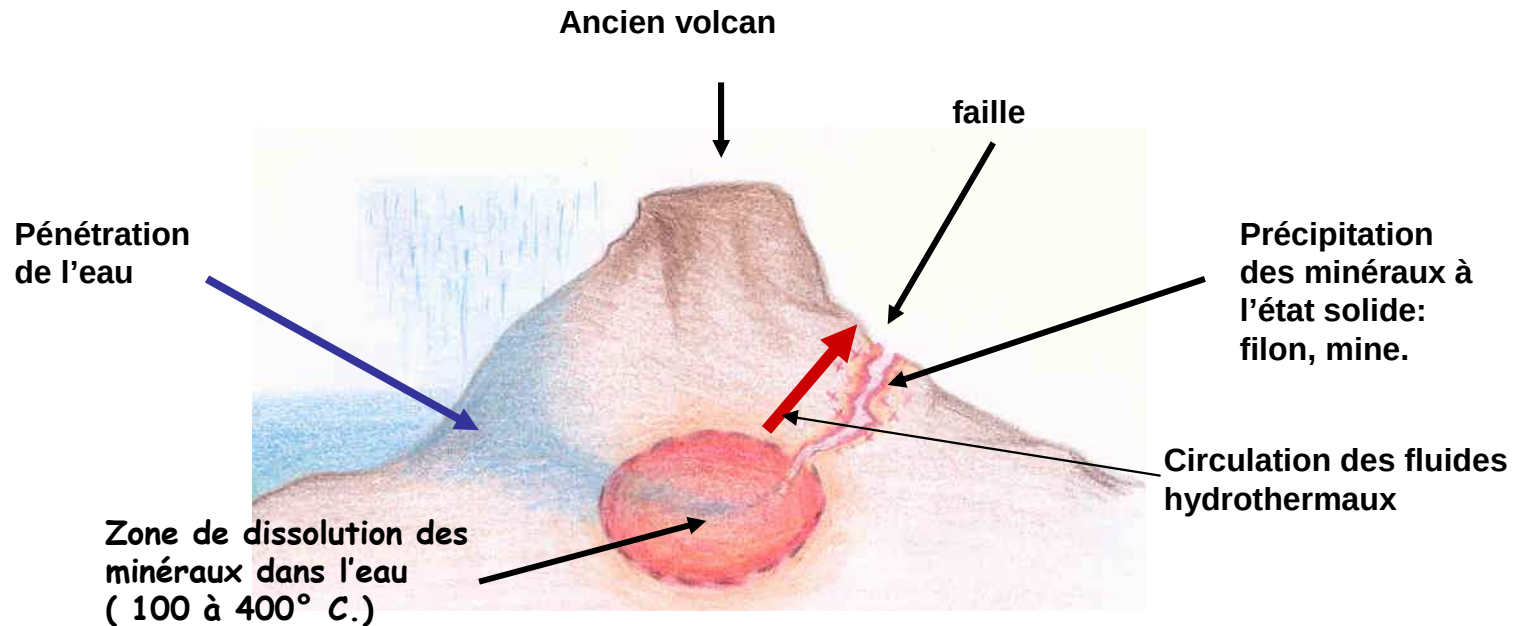
Ils sont quelques fois difficiles à différentier.

Quartz: cristal blanc- gris, aspect « gras »

Plagioclase: cristal blanc, aspect « brillant »

22. Les minéraux

Fabrication: où et comment se forment les minéraux ?



Les minéraux se trouvent toujours dans des zones géologiques particulières : failles, cheminée de volcan, zones tectonique avec discontinuité de terrains etc.

L'eau qui a pénétré dans le sol est fortement chauffée et elle dissout les minéraux des roches présentes.

Ces fluides hydrothermaux chargés en minéraux remontent à la surface par des failles.

A la surface le changement de pression et de température fait que les minéraux dissous précipitent et reviennent à l'état solide.

Cela forme un filon qui peut être exploité par une mine.

22. Les minéraux

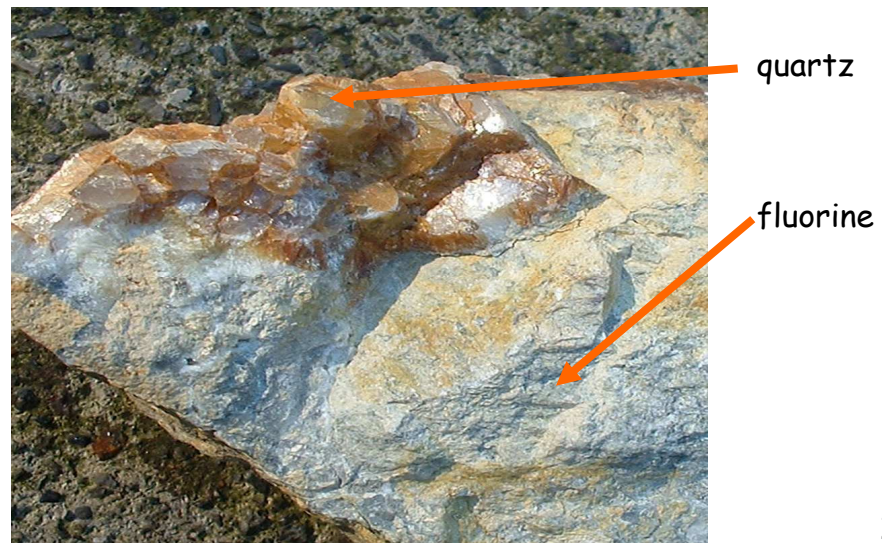
Fabrication: la mine de fluorite de l' Avellan (Esterel)



On observe sur la photo la présence d'une faille inclinée avec un pendage de 60° . La faille est bien visible de l'extérieur et se poursuit à l'intérieur très profondément. On est bien dans le cas d'une discontinuité de terrain qui a favorisé la circulation de fluides (fluides hydrothermaux) chargés de minéraux qui ont précipité quand les conditions sont devenues favorables.

On remarque que le filon est orienté dans le sens de la faille (en bas à gauche). La mine comporte 8 filons annexes. La fluorite, formule CaF_2 fluorure de calcium, est souvent associée à d'autres minéraux comme le quartz ce qui est bien visible sur la photo en bas à droite. Pendant la phase de minéralisation la silice SiO_2 , également présente dans le fluide, s'est cristallisée en quartz.

Cette mine a fournie 40 000 tonnes de minerai de CaF_2 à 60%. Fin d'exploitation en 1971. Obturation en 2005.



23. Les roches



Les roches constituent la croûte terrestre sur laquelle nous vivons. Elles sont composées d'assemblage de minéraux.

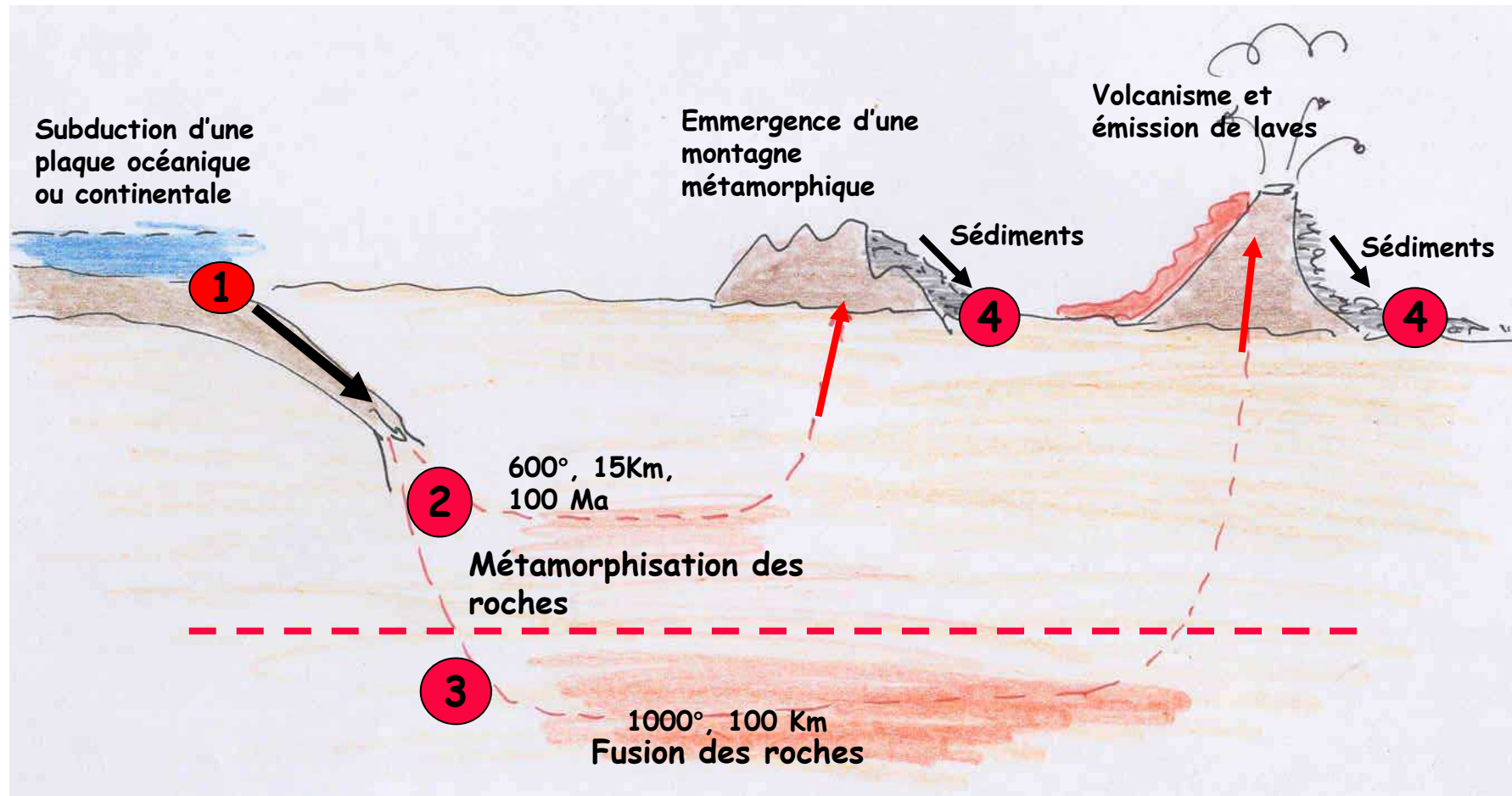
On convient de les répartir en :

- roches **magmatiques** si elles sont issues des volcans,
- roches **métamorphiques** si elles ont été transformées,
- roches **sédimentaires** si elles résultent des processus d'érosion.

Ci-dessus un anticlinal de roches sédimentaires (région de Gap, torrent de La Béoux).

23. Les roches

Cycle de transformation



- 1: les sédiments provenant de l'érosion plongent sous la croûte par subduction
- 2: si la profondeur n'est pas trop importante, les roches sont métamorphosées et remontent à la surface en phase d'extension
- 3: si la profondeur est très grande, il y a fusion et les roches remontent à la surface sous forme de lave.
- 4: l'érosion transforme les roches en sédiments et le cycle recommence.

23. Les roches.

Classification.

Définition: une roche est un assemblage de minéraux

1ère classification : par nature chimique

1) Roches siliceuses (Si O₂)

roche acide si teneur en silice > 70 % Exemple : le granite

roche basique si teneur en silice < 50 % Exemple : le basalte

Les roches siliceuses composent la majeure partie de la croûte terrestre.

2) Roches carbonatées à base de carbone et de calcium: les calcaires

A base du radical CO₃-- L'acide carbonique CO₂ H₂ joue un rôle important.

calcite : CaCO₃. Stalagmite, stalactites.

calcaire si teneur en calcite > 50%

dolomite si présence de magnésium (Ca Mg (CO₃)₂).

Les roches carbonées couvrent 75% de la surface de la terre mais ne représentent qu'une très faible proportion du total. Elles ne sont qu'une fine pellicule à la surface.

2ème classification : par mode de fabrication

1) magmatiques :

roches provenant du manteau sous la croûte terrestre (roches endogènes, énergie interne de la Terre)

2) sédimentaires :

roches provenant de l'érosion (roches exogènes, énergie le Soleil)

3) métamorphiques :

roches transformées par compression et échauffement (roches « recuites »).

23. Les roches

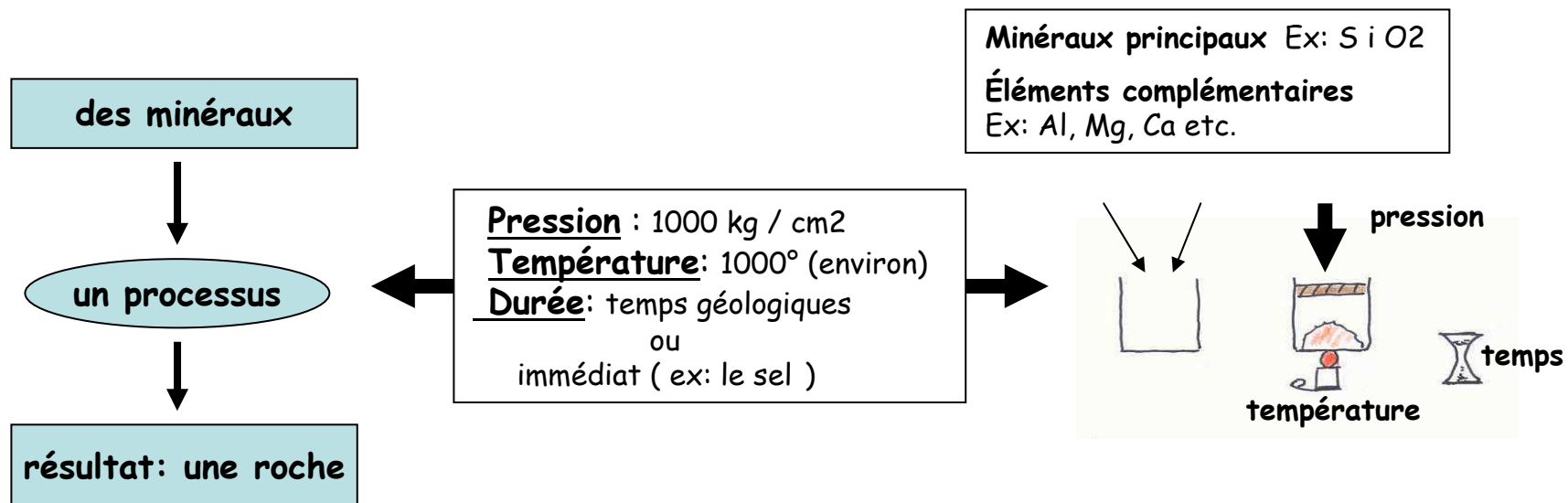
Fabrication des roches endogènes *

- 1 Une roche est une **combinaison de minéraux** résultant d'une **fabrication** utilisant un **processus** spécifique (Idem la recette de cuisine).
- 2 Il existe une **infinité de roches** suivant la nature des minéraux et les conditions de fabrication.
- 3 Une même combinaison de minéraux peut donner plusieurs roches différentes .

Exemple: composition d'un magma

Si O₂: **76 %** , Al₂ O₃: 12 % , Na₂ O: 3% = Coulée A11 du Mt Vinaigre (magma acide)

Si O₂: **53 %** , Al₂ O₃: 18 % , Na₂O: 4% , K₂O: 3% , Ca O 3% = Coulée B1 de l' Avellan (magma basique)



* Endogène: roche dont l'origine est à l'intérieur de la terre. Exogène: roche fabriquée à l'extérieur.

23. Les roches

Les roches magmatiques

Origine

Le magma est un mélange de différents composants majoritairement fondus qui se trouvent dans le manteau sous la croûte terrestre. Sa température est de l'ordre de 1000°C. Il comporte :

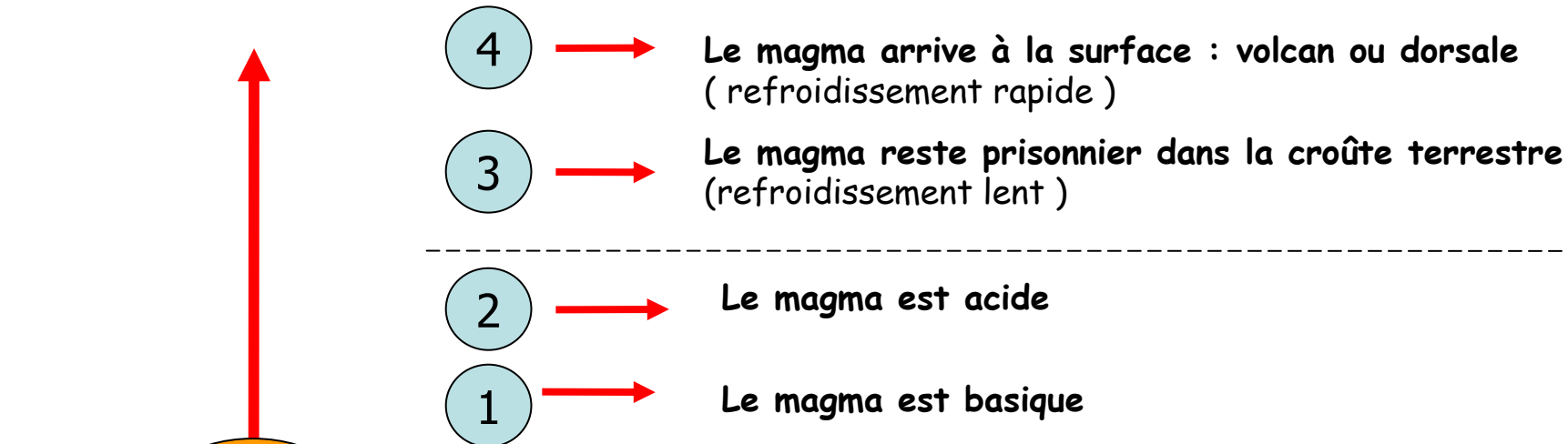
- des éléments en fusion
- des éléments solides
- des gaz dissous sous très grande pression.

Dans le cas d'un volcan, le magma est contenu dans un réservoir. Sous la contrainte de forces internes, le magma se fraye un chemin jusqu'à la surface. Le réservoir peut finir par se vider: le volcan devient inactif.

Les volcans peuvent amener des quantités considérables de magma. Ex: plateau du Decan (Inde) : 1 000 000 km³ (couverture de la France sur 2 km d'épaisseur).

Dans le cas d'une dorsale, le magma est généralement basique et arrive en surface par les discontinuités entre plaques.

On peut identifier 4 situations possibles:



On a les combinaisons suivantes:

1 + 3 = gabbro

1 + 4 = basalte

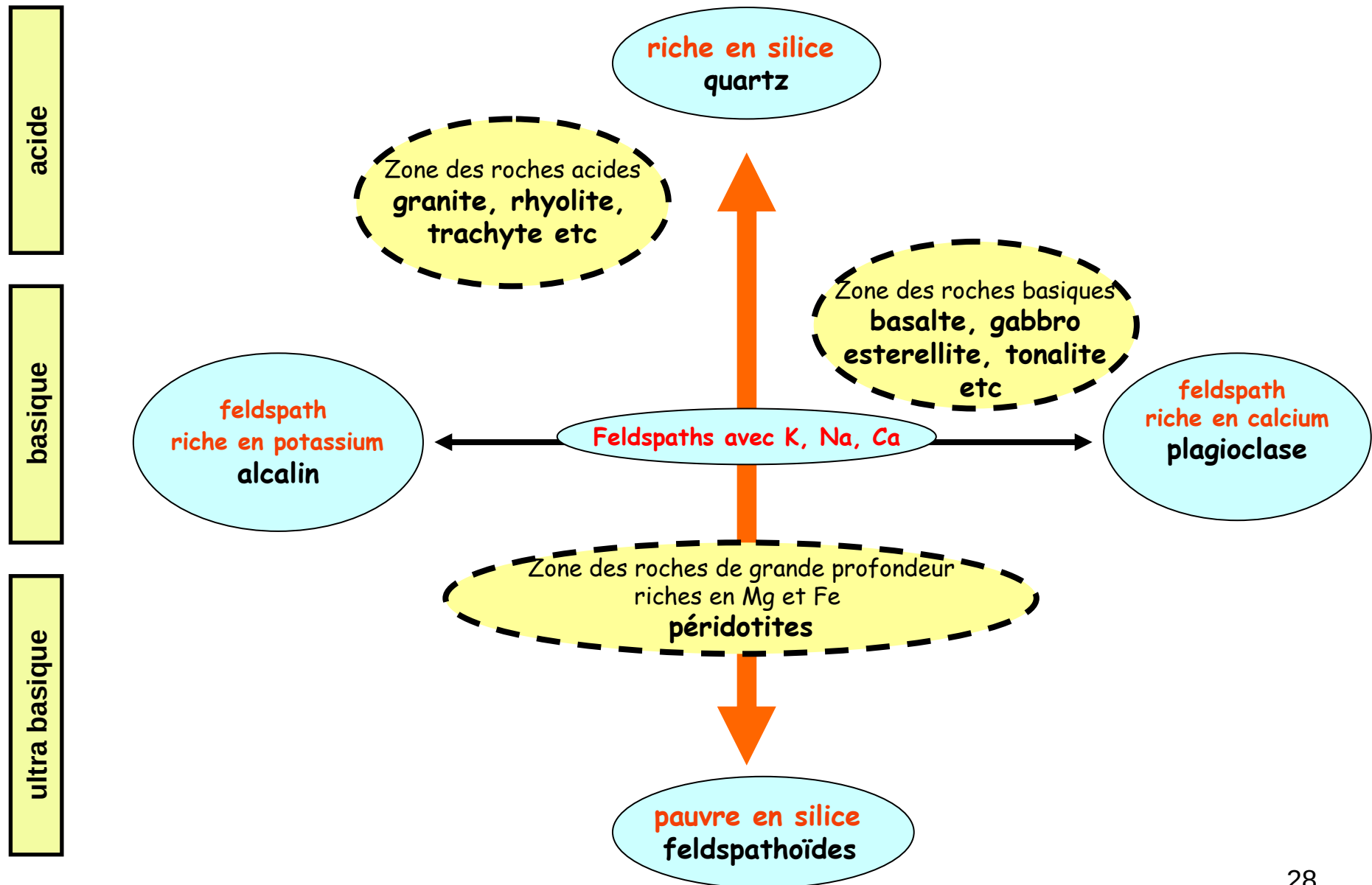
2 + 3 = granite

2 + 4 = rhyolite

Note: ces combinaisons sont très générales et les situations réelles beaucoup plus variées.

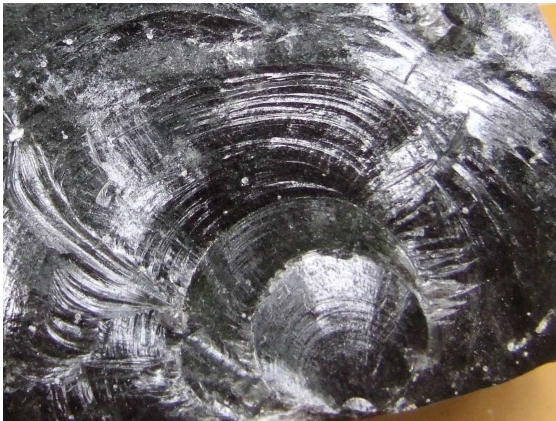
23. Les roches

Classification des roches magmatiques en fonction de la teneur en silice et de la nature des feldspaths



23. Les roches

Refroidissement des roches magmatiques



Refroidissement.

Lorsque le magma se refroidit, il devient une roche.

Le mode de refroidissement joue un rôle considérable dans la nature finale de la roche.

Le refroidissement lent (millions d'années) favorise la cristallisation.

La structure devient ordonnée: c'est un cristal.

Refroidissement rapide.

Quand le magma se refroidit rapidement, les cristaux n'ont pas le temps de se former.

Photo 1 rhyolite de l' Esterel (lave de volcan): on observe un faciès de roche fondue avec des éléments cristallisés plus ou moins visibles.

La rhyolite est une roche acide.

Photo 2 obsidienne de Lipari (refroidissement brutal dans l'eau): aucun cristaux visible, on observe un faciès de verre avec cassure conchoïdale caractéristique. On observe les traces de l'onde choc à partir du point d'impact.

Si on a un refroidissement rapide, les cristaux n'ont pas le temps de se former correctement.

La structure n'est plus ordonnée, elle est dite amorphe. C'est du verre.

Refroidissement lent.

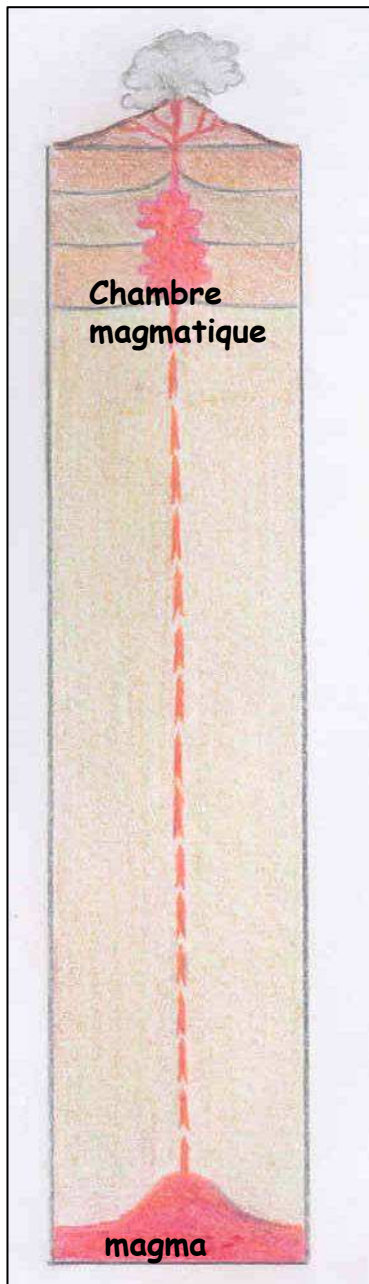
Quand le magma se refroidit lentement, les cristaux ont le temps de grossir.

Photo 3 tonalite (Tanneron): on observe des cristaux bien visibles de feldspath (blanc brillant), biotite (noir) et de quartz (blanc terne, gras).

La tonalite est une roche basique, proche du gabbro.

23. Les roches

Mise en place des roches effusives



Le magma remonte par des fissures et se bloque dans la croûte. Du fait de sa haute température, il provoque la fusion des roches locales et cela forme la chambre magmatique. Les chambres magmatiques (réservoirs de magma) sont le siège de phénomènes complexes. Dans la chambre magmatique par suite de conditions de cristallisation différentes, certains minéraux cristallisent avant d'autres avec des densités différentes : il y a décantation. On observe alors généralement un enrichissement en silice à la partie supérieure et une concentration basique au fond.

Il en résulte que pendant une longue période (millions d'années), la nature du magma éjecté par le volcan peut varier.

Note : la phase volcanique de l'Esterel a duré environ 30 millions d'années et a été majoritairement de type acide mais des émissions de basalte ont eu lieu par exemple à l'Avellan (B1: 1ère coulée de l'Esterel) à Agay, au Castel Diaou etc.

Les fonctionnements des volcans sont extrêmement variés et dépendent de leur nature. On peut identifier quelques situations générales.

fonctionnement effusif. Ecoulement libre du magma par des fissures entre plaques ou dorsales. C'est généralement des laves basaltiques très fluides se rependant sur de grandes surfaces. Ces volcans ne sont généralement pas dangereux. Exemple : les volcans hawaïens.

fonctionnement explosif. La présence de gaz sous très forte pression et en grande quantité peut provoquer des explosions énormes et destructrices (montagne Pelée). Lorsque la cheminée est « débourrée », le gaz dissous revient brutalement à l'état gazeux dans le réservoir et projette la lave à très grande vitesse (ignimbrite) et avec des nuées ardentes. C'est le phénomène dit « de la bouteille de champagne » (nuées ardentes de Maure Vieil).

émergence de dôme. Le réservoir est vide, la lave est visqueuse et sous la poussée interne émerge lentement sous la forme d'un dôme (Mont Vinaigre).

projections de débris de toutes sortes plus ou moins agglomérés : cendres, tufs, brèches. Ces tufs peuvent être verdâtres (présence de Fe^{++}) ou rouge lie de vin (Fe^{+++}).

Col du Balladou dans l'Esterel.

23. Les roches

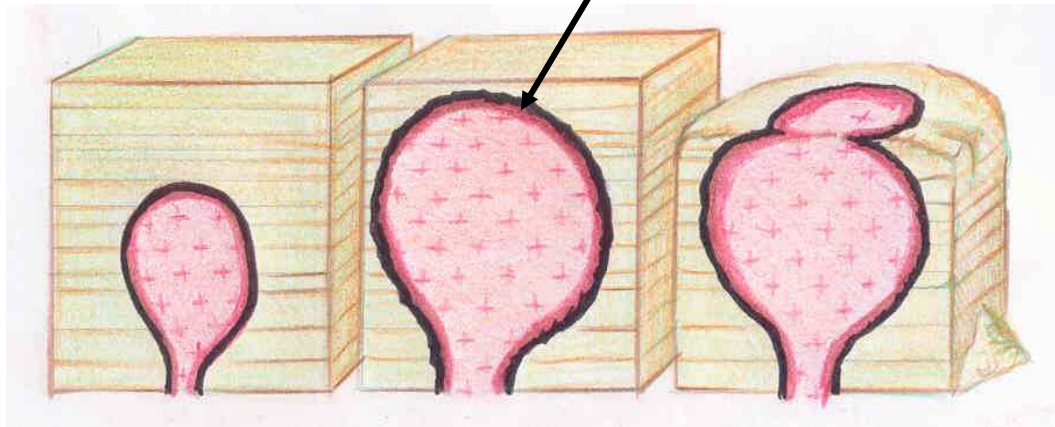
Mise en place des roches plutoniques

Il arrive que le magma ne parvienne pas à la surface et reste bloquée au sein d'autres roches à des profondeurs pouvant être importantes (kilomètre) sous la forme d'un batholite.

Le refroidissement est lent et la cristallisation peut se développer et dans certains cas donner des cristaux de taille importante.

L'érosion et les mouvements tectoniques divers peuvent mettre à jour ces massifs. Exemples: Le Rouet, Plan de la Tour pour le granite, esterellite du Dramont, tonalite du Tanneron pour les roches basiques.

Au contact de la roche en place, il se produit un métamorphisme de contact avec apparition de cornéenne.



Le magma monte jusqu'à une chambre magmatique où il reste.

Le magma refroidit et se solidifie: c'est un batholite. granite (acide), gabbro diorite etc (basique).

L'érosion dégage les terrains initiaux et fait apparaître le massif.



Carrière des Preyres: granite du Plan de la Tour, On note la présence de très gros cristaux de feldspath de plusieurs cm. On parle de granite porphyroïde



Carrière du Grand Caous: on observe en haut une zone claire: c'est le batholite d'esterellite. Au dessous une zone sombre: c'est la cornéenne avec son faciès anguleux caractéristique.

23. Les roches

Composition des roches magmatiques

<u>Magma acide</u>	Riche en silice : teneur > à 66% en poids. Généralement à forte viscosité . Exemple : la rhyolite de l' Esterel, le trachyte de la Batterie des Lions a St Raphaël. L' Esterel est une exception car composée presque exclusivement de rhyolite.
<u>Magma basique</u>	Pauvre en silice : de 45 à 55% en poids. Généralement très fluide . Exemple : le basalte (roche effusive). Le basalte représente 90 % des roches volcaniques terrestre.
<u>Magma ultra basique</u>	Très pauvre en silice mais très riche en éléments ferro- magnésien (environ 90%) Exemple: péridotite dans le manteau supérieur sous la croûte terrestre.

Éléments chimiques complémentaires

Des éléments chimiques complémentaires, même en quantités faibles, influent considérablement sur la nature des roches obtenues après refroidissement et cristallisation. Exemples:

sodium (oxyde de sodium Na_2O)
potassium (oxyde de potassium K_2O)
calcium (oxyde de calcium CaO)
aluminium (alumine Al_2O_3), fer etc

Si la teneur en sodium est importante: magma alcalin

Si la teneur en Na, K et Ca est sensiblement équivalente : magma calco - alcalin

Si la teneur en calcium est majoritaire: magma à plagioclase

Exemples.

- coulée A11 de rhyolite pyromidale du Mont Vinaigre : **SiO_2 76%**, **Al_2O_3 12%**, **Na_2O 3%**, : c'est une coulée acide.
- coulée B1 de l' Avellan: **SiO_2 53%**, **Al_2O_3 18%**, **Na_2O 4%**, **K_2O 3%**, **CaO 3%**: c'est un magma basique calco alcalin.

Remarque: classiquement la notion acide ou base est propre a la chimie et se définit par le pH ou concentration en ions H^+
Pour les roches cristallines à base de silice, la notion acide ou basique provient d'une ancienne théorie aujourd'hui abandonnée de l'existence d'un acide silicique et par extension les roches riches en silice étaient dites « acide ».

23. Les roches

Les roches sédimentaires : généralités

Origine

Roches sont **formées à la surface de la Terre** à partir **d'éléments existants**.

Recouvrent 75 % de la surface de la Terre, mais ne représentent qu' une fine pellicule (5% de la croûte terrestre)

Extrêmement importantes pour l'étude de l'histoire de la Terre (fossiles).

Ce sont des roches exogènes dont l'énergie est externe à la Terre et provient du soleil.

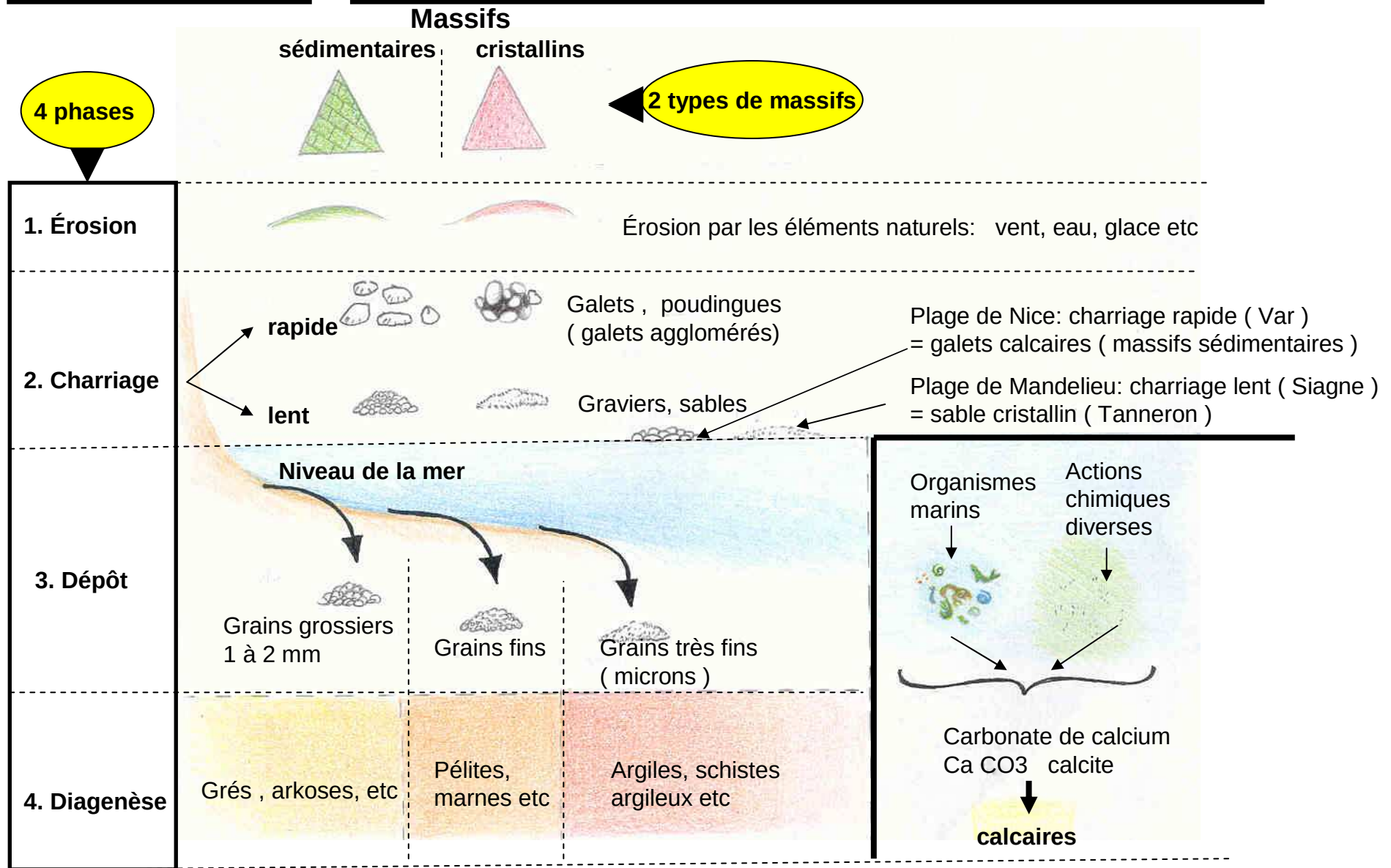
Mode de fabrication

Elles résultent de 3 phénomènes principaux:

- érosion mécanique : **roches sédimentaires détritiques**
- dépôts d'organismes vivants : **roches sédimentaires organiques**
- action chimique de l'acide carbonique : **roches sédimentaires carbonatées**

23. Les roches

Genèse des roches exogènes (sédimentaires)



23. Les roches

Roches sédimentaires détritiques

Origine

Erosion mécanique et transport par les fleuves. Dépend de la nature de la roche et du mode d'érosion.

- **gel** éclatement des roches, ex : Tête de la Ruine
- **eau** usure mécanique, dissolution par action chimique
- **vent** usure mécanique
- **glaciers** usure des vallées, moraines,
- etc

Structure

Roche d'origine: toute roche érodée

Ciments naturels : calcite (basique), silice (acide), oxydes métalliques etc. Le liant le plus courant est la calcite.

Très important : 3 questions doivent impérativement être posées :

- 1 : **nature de la roche d'origine**. Calcaire ? magmatique ? gneiss ? etc
- 2 : **nature et origine du liant**. Calcite ? Argile (silice) ? boue marine ? quelle époque géologique ?
- 3 : **y a t-il eu métamorphisme ?** schiste, marbre ?

Différentes formes

Gros éléments : conglomérat

poudingue : gros galets ronds , généralement des galets de rivière qui ont été charriés

brèche : fragments anguleux irréguliers, n'ont pas été transporté. Peuvent se former dans des éboulis.

Éléments moyens

grés : généralement composé de grains de sable (1 à 2 mm) avec un liant siliceux ou de calcite.

grés d'Annot : sable lié par de la vase.

arkose : grés à forte proportion de feldspath, de quartz, formée à partir du granite, grains gros et anguleux.

Éléments fins et très fins

marnes : dépôts d'argile, de calcaire plus ou moins agglomérés par du liant et la compression des terrain

pélites : dépôts marins de grains très fins, déposé en fines couches, liant généralement acide (gorges du Cians)

schistes : dépôts marins de boues très fines compactés susceptibles de se débiter en feuillets

argiles: dépôts de particules très fines, composition complexe (silicates, feldspaths etc).

Contiennent souvent des fossiles.

23. Les roches

Roches sédimentaires : exemples

①



③



②



1. Poudingue: gros blocs arrondis et agglomérés.
On observe des couches verticales ce qui implique un mouvement tectonique de basculement.
(Environ de Barème , 04, N 202).
2. Grés: grains moyen agglomérés (Rocher de Roquebrune sur Argens).
3. Pélite: grains fins agglomérés (Gorges du Cians)

23. Les roches

Roches sédimentaires organiques et chimiques

Roches sédimentaires organiques

Essentiellement constituées de dépôts d'organismes vivants tels que des squelettes d'animaux, coraux, coquillages.

Les fossiles se trouvent dans les roches sédimentaires organiques.

Les fossiles ont un rôle fondamental pour la datation des roches sédimentaires.

Notion de temps : durée de l'ère secondaire : 150Ma.

Si dépôt de 1 mm / 100 an → 150 000 ans pour la hauteur d'un homme.

Épaisseur courante: 1 à 2 km

Les dépôts végétaux ont formés le charbon (fin de l'ère primaire , carbonifère)

Le calcaire est une roche sédimentaire organique et qui comporte > 50% de calcite. Texture généralement très fine.

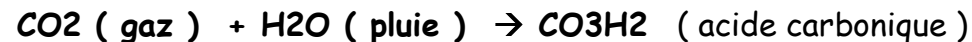
Très grande variété de calcaires suivant les périodes, les températures, la profondeurs des eaux etc

Exemple : la craie est une forme très pure du calcaire composée de restes provenant du plancton (coccolites).

Roches sédimentaires chimiques

Evaporation de l'eau salée dans lagunes en eau peu profonde: sel gemme (Na Cl), gypse (sulfate de calcium hydraté $\text{Ca SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)

L'eau de pluie se charge en acide carbonique par absorption dans l'air de gaz carbonique :



Action de l'eau et de l'acide carbonique.



Le bicarbonate de calcium est soluble dans l'eau.

Le calcaire est donc dissous par l'eau de pluie contenant de l'acide carbonique → grottes dans les massifs karstiques (plateau de Caussols). Avens, dolines, stalagmites, stalactites, sources pétifiantes etc.

3. Le métamorphisme

31. Résultats du métamorphisme

Généralités p. 40

Séquences et faciès p. 41

32. Le métamorphisme: comment ça marche ?

Action thermo- dynamique p. 43

Action chimique p. 44

Anatexie p. 45

33. Différentes formes de métamorphismes

Différentes formes p. 46

Métamorphisme de contact p. 47

Métamorphisme thermo - dynamique p. 48

34. Métamorphisme régional

Formation de la Chaîne Hercynienne p. 49

Le métamorphisme est un phénomène très complexe.

- il s'agit de la **transformation** des roches à l'état **solide** par l'action de la pression et de la température
- il met en œuvre de multiples paramètres et la présence d'eau joue un rôle majeur.

Le métamorphisme est un phénomène général.

Toutes les roches peuvent être transformées par métamorphisme.

Exemple : la boue d'un torrent (argile) pourra devenir du gneiss.

Mécanismes de transformation

Les changements des **conditions de pression et de température** transforment la structure.

Action mécanique: apparitions de plis, de couches, de failles etc.

Action chimique: modification de la cristallisation.

L'analyse permet de reconstituer l'histoire des roches :

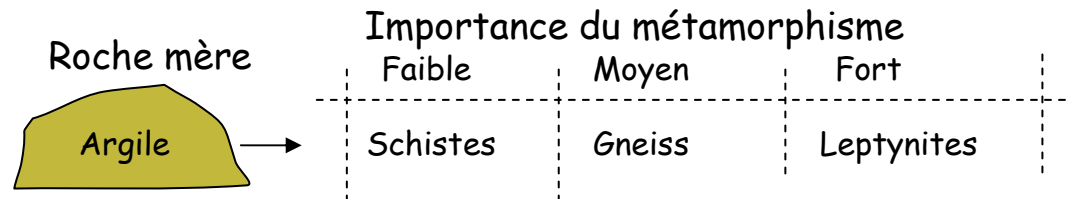
thermomètre, baromètre, calendrier.

31. Les résultats du métamorphisme: séquences et faciès

La transformation des roches s'appelle le métamorphisme. Les résultats sont d'une infinie variété.

On peut les classer de multiples façons, par exemple en fonction de la roche de départ **avant** transformation ou en fonction des minéraux présents **après** transformation.

Classement suivant la nature de la roche de départ (roche mère). Notion de séquence.



Une séquence est composée de toutes les roches obtenues à partir d'une roche mère et en fonction du degré de métamorphisme.

Exemples:
séquence pélitique à partir de l'argile,
séquence carbonatée à partir du calcaire,
etc

Classement suivant la nature des minéraux présents dans la roche finale. Notion de faciès

Chaque minéral a une zone de { P , T } où il est stable.

On définit ainsi différentes zones caractéristiques de certains minéraux: les faciès.

Les principaux faciès sont représentés sur le schéma ci contre.

Si présence de minéraux ferromagnésiens, grenats etc

→ **Éclogites**

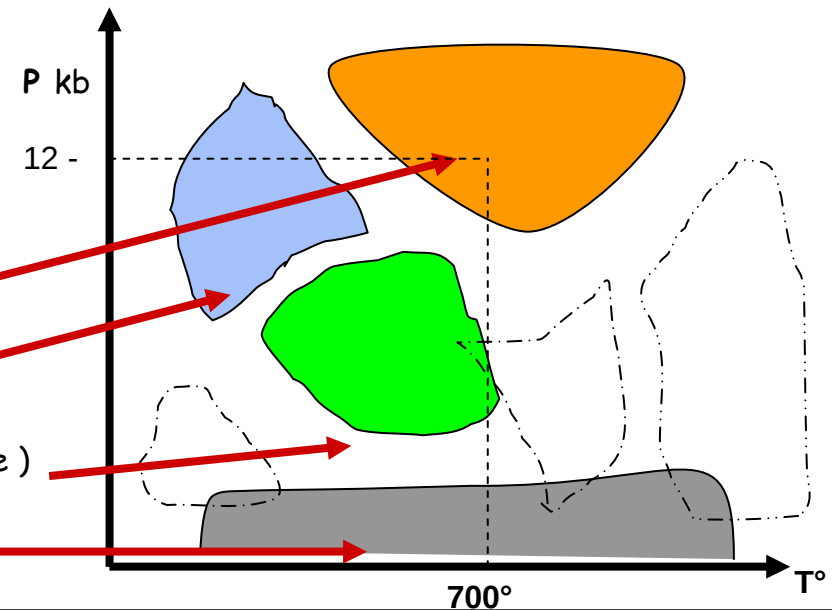
Si présence de glaucophane (silicate de couleur bleue)

→ **Schistes bleus** (exemple: ND des Anges)

Si présence de chlorite (silicate ferromagnésien de couleur verte)

→ **Schistes verts**

Si métamorphisme de contact → **Cornéennes**
(exemple: carrière du Gd Caous)



Intérêt des faciès et séquences: ces données permettent de reconstituer l'histoire des roches en sachant de quoi elles sont parties, par où elles sont passées et pendant combien de temps. C'est un des éléments de l'histoire de notre planète (chaîne hercynienne par exemple).

31. Résultats du métamorphisme

Quelques roches type



Schiste vert à chlorite et grenats



Éclogite à grenats



Micaschiste à staurotides



Schiste bleue à glaucophane



Migmatite



Leptynite

32. Le métamorphisme: comment ça marche

Actions thermo - mécanique

Niveau structural.

Le comportement des roches varie en fonction du niveau d'enfouissement du fait de l'augmentation de P et de T.

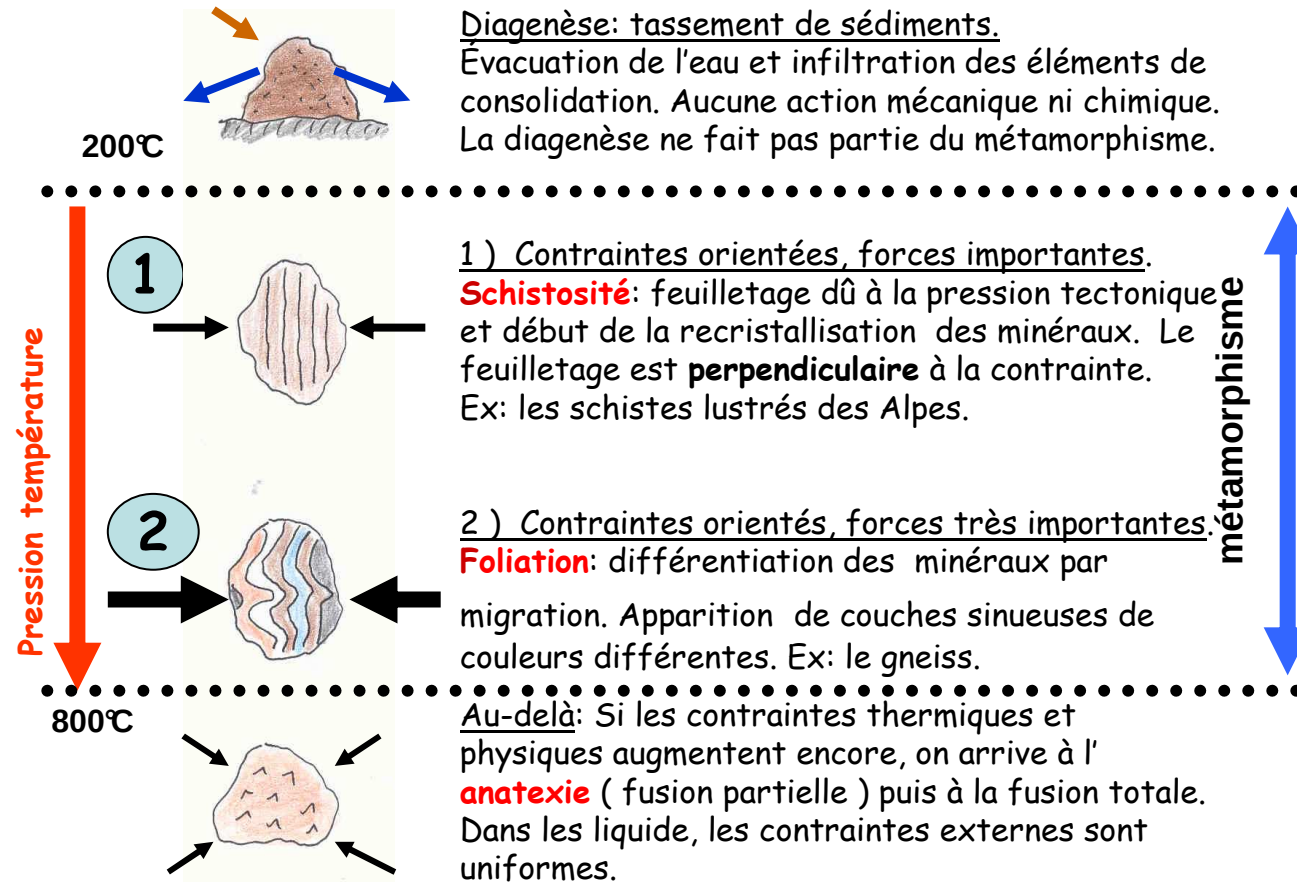
Ordre de grandeur des contraintes: 5km de profondeur: 1kbar. 600 km de profondeur: 200 kbar, 2000°C

Supérieur : roches cassantes par cisaillement -> failles à la surface de l'écorce terrestre.

Moyen (vers 4 km) : plasticité -> flexion des roches, mise en plis parallèles

Inférieur (vers 10 km) -> ondulation des couches, déformation des plis , foliation

Vers 15 km de profondeur: anatexie, fusion



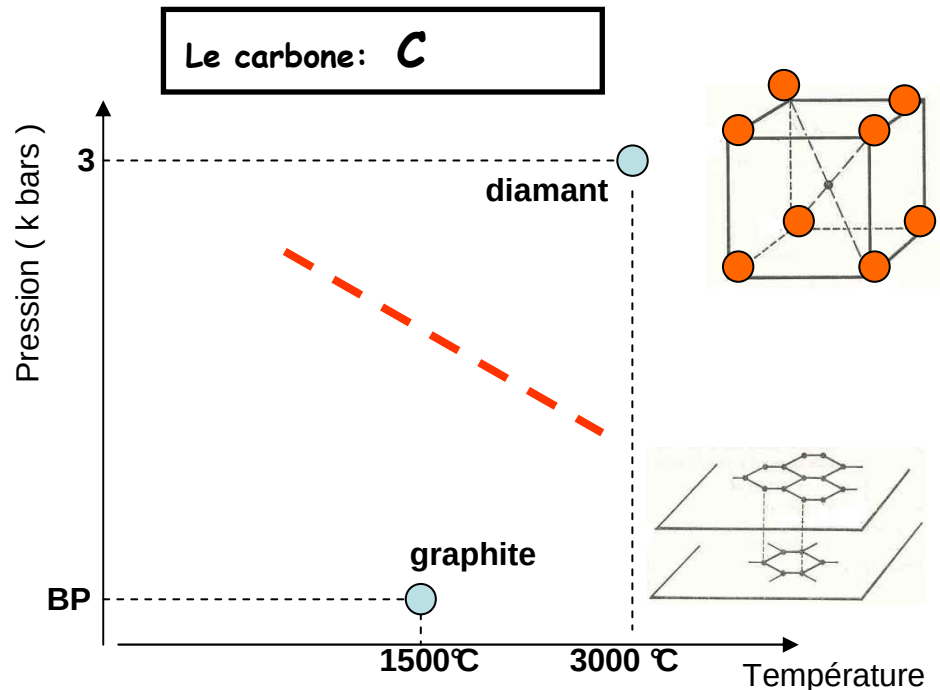
Stratification: couches régulières et parallèles dues par exemple à un dépôt sédimentaire. La stratification est fondamentalement différente de la schistosité. Une même roche peut présenter simultanément des strates et un feuilletage de schistosité.

Photos: schiste du Cap Sicié et 43 gneiss de la Madone de Fenestre.

32. Le métamorphisme: comment ça marche

Actions chimiques

Diagramme pression / température



Plus on chauffe, plus la matière se dilate. Les atomes peuvent alors changer de place et donc la structure cristalline peut se modifier pour des raisons géométriques (places possibles différentes).

La réorganisation des atomes en fonction de la température et de la pression est un phénomène fondamental.

Transformation des minéraux:

Exemple : le carbone.

P et T élevée → diamant

P basse, T moyenne → graphite

C'est la structure cristalline qui est modifiée:

→ diamant: cubique

→ graphite: hexagonale en plans parallèles avec liaisons faibles entre les plans (exemple de la mine de crayon).

La formule chimique reste la même: **C**

La nature des minéraux et la structure des roches permet de reconstituer l'histoire des roches et des terrains. C'est une évolution majeure actuelle de la géologie.

Décodage d'une roche métamorphique complexe:

Micaschiste à minéraux (Col du Canadel).

mica: des silicates sont transformés en mica blanc cf photo (structure cristalline en feuillets, température < à 500°).

schiste: la roche est parvenue à l'état de schiste (niveau structural moyen). On observe des feuillets, couches etc.

minéraux: d'autres silicates complexes avec du Fe etc se sont transformés en staurotide (structure cristalline monoclinique), en grenats (structure cristalline cubique), en disthène etc



32. Mécanismes du métamorphisme et de l'anatexie

Généralités.

L'anatexie est la fusion différentielle des minéraux dans les roches. Des transformations minéralogiques complexes se déroulent dans le **prolongement des mécanismes du métamorphisme**. Les variations de P,T apportent de l'énergie au système cristallin ce qui permet des évolutions minéralogiques accentuées par la présence d'eau. Le temps joue un rôle très important. Ces transformations par apport d'énergie donnent de nouveaux minéraux plus stables, ce qui généralement bloque le retrométamorphisme. Dans la région elle affecte la partie Est des Maures et le Mercantour.

Quelques phénomènes physico chimiques agissant pendant l'anatexie.

1). Formes multiples d'un même minéral (polymorphisme).

Lorsque les conditions P,T augmentent, un même minéral peut cristalliser sous une forme différente alors que la formule chimique reste la même.

Exemple du carbone C: graphite (BP, 1500°C) ou du diamant (3kb, 3000°C).

2). Apparition et disparition de minéraux (paragenèse).

Chaque minéral est stable dans une zone donnée: c'est le faciès.

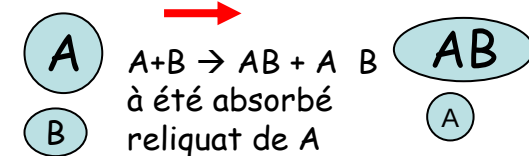
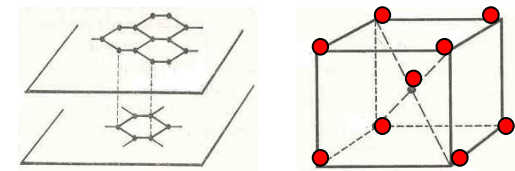
Si P,T augmentent de nouveaux minéraux vont apparaître ou disparaître dans un nouveau faciès par association et / ou substitution d'atomes.

Il y a recristallisation avec une formule chimique nouvelle.

3). Processus de fluage.

Lorsque la roche commence à devenir « plastique », des transferts physiques de minéraux et d'atomes deviennent possibles à l'intérieur de la structure.

Remarque: l'apparition de zones de couleurs différentes (claires si minéraux acides, foncées si minéraux basiques) est la foliation: c'est un état de la roche.



Différentes étapes autour de l'anatexie.

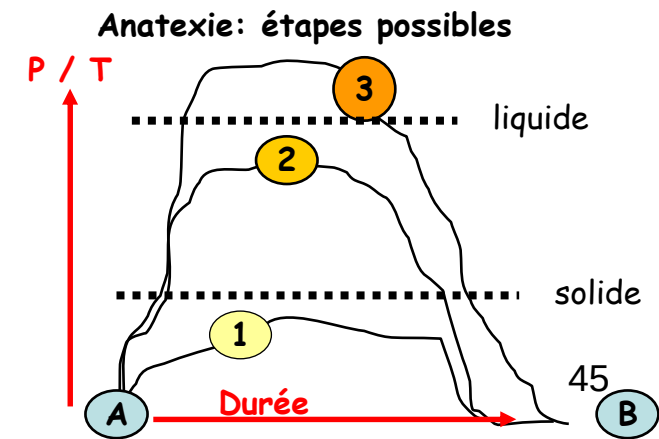
Aux points A et B la roche est solide. Suivant les variations de P,T plusieurs trajets sont possibles:

Trajet 1: métamorphisme. Échauffement modéré, la roche reste solide, il y a peu de transformations minéralogiques. Ex: schistes verts.

Trajet 2: anatexie. Échauffement important et fusion partielle des roches, avec des transformations minéralogiques et structurales importantes.

Trajet 3: fusion complète: forme magmatique de la roche.

Au refroidissement la recristallisation est différentielle et produit de nouveaux minéraux.



33. Différentes formes de métamorphisme

1: Métamorphisme dynamique:

forte pression, température faible

Produit des mylonites: roches broyées, sans structure apparente .

Ex: dans les failles, zones de charriage, au cours des séismes. Exemple: faille de la Baisse de l' Autier .



2: Métamorphisme de contact:

pression faible, forte température

A la surface, au contact de la lave ou du magma. Produit des roches « recuites », sans schistosité. Action localisée.

Exemple: filon de cornéenne dans une carrière (Petit Caous). L'intrusion du batholithe de magma (esterellite) a transformé des sédiments en cornéenne.

Batholite
d'esterellite

Zone de
contact

Cornéenne avec son
débit caractéristique



3: Métamorphisme thermo dynamique:

forte pression, forte température

Au cours des enfouissements de plaques par mouvements tectoniques.

Produit des roches avec schistosité ou avec différenciation des minéraux en couches ondulées (foliation) de couleur différente suivant l'intensité des conditions P et T°.

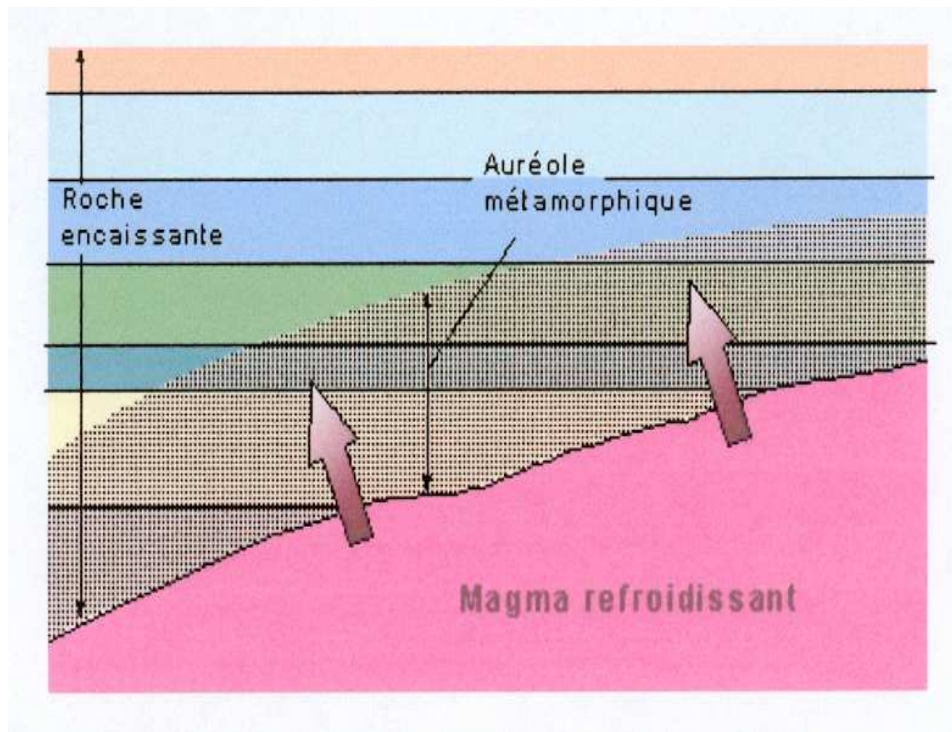
Exemple: gneiss de la Madonne de Fenestre.



33. Métamorphisme de contact

Coulée de lave sur des cendres d'une éruption antérieure

Les roches de la base sont « recuites ».
Notez la variation de la coloration au contact de la coulée (cornéenne).
Lanzarote, îles Canaries.



Transfert de chaleur (flèches), d'où cuisson de la roche encaissante aux bordures.
On obtient un faciès de cornéennes.



Photo TdG

33. Métamorphisme thermo - dynamique



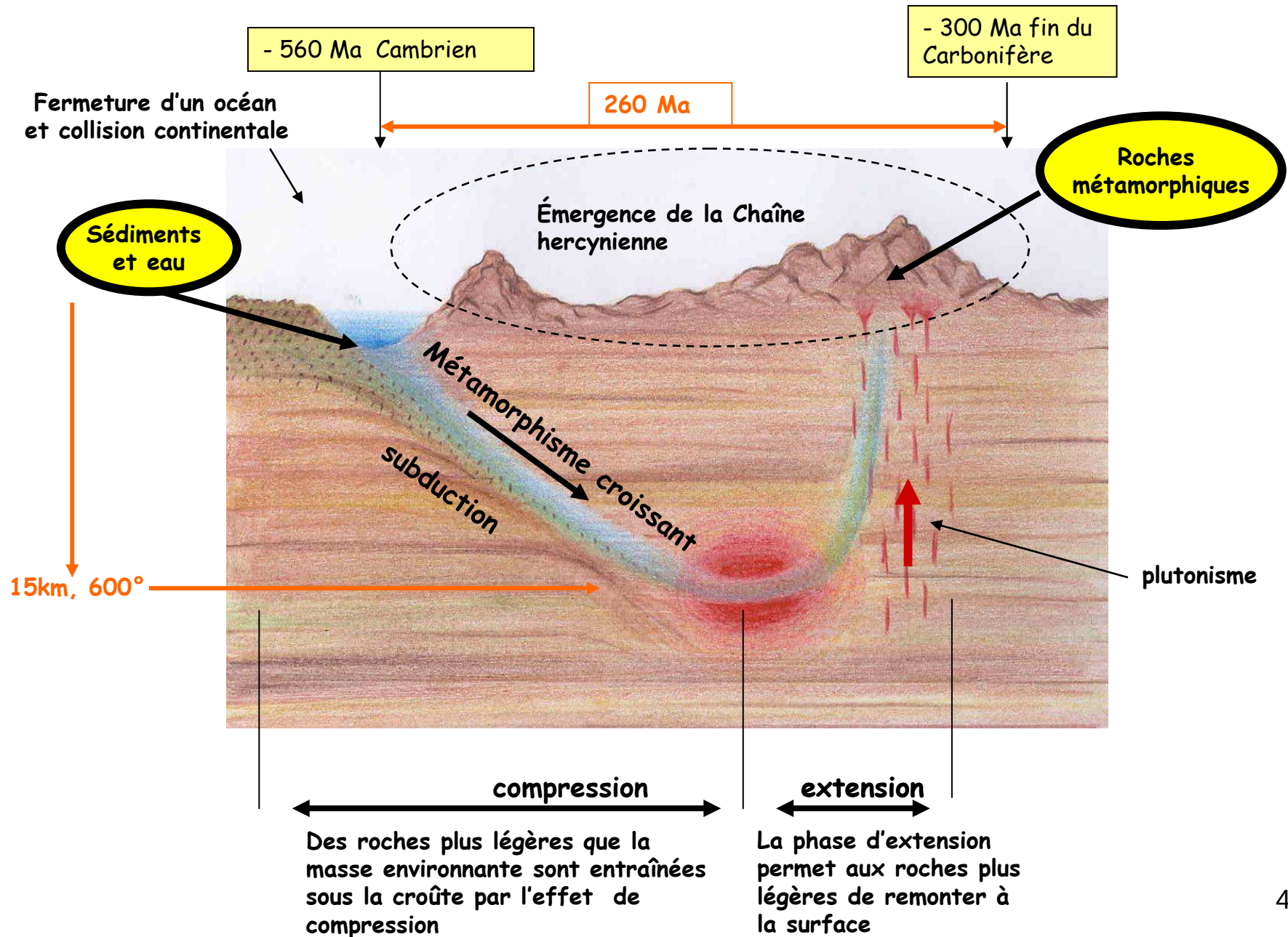
Le métamorphisme thermodynamique intervient par l'effet simultané d'une forte pression et d'une haute température.

Ses effets portent sur la structure de la roche qui va être plissée en couches généralement ondulées quelques fois de couleur différente suivant la migration des minéraux (photo droite: Cap Sicié).

Si le métamorphisme est suffisamment intense, les minéraux les cristallisations se modifient et l'on voit en apparaître de nouveaux (grenats, Vaucade)

34. Métamorphisme régional

La formation de la chaîne Hercynienne



4. Vie de la planète

41. Vie des structures géologiques

Cycles de vie des chaînes géologiques p.52

42. Les événements

Tectonique et Volcanisme: effets sur la planète p. 53

Mouvements tectoniques p. 54

Glaciations p. 56

43. Transformations du paysage

Chevauchements et nappes de charriage p. 58

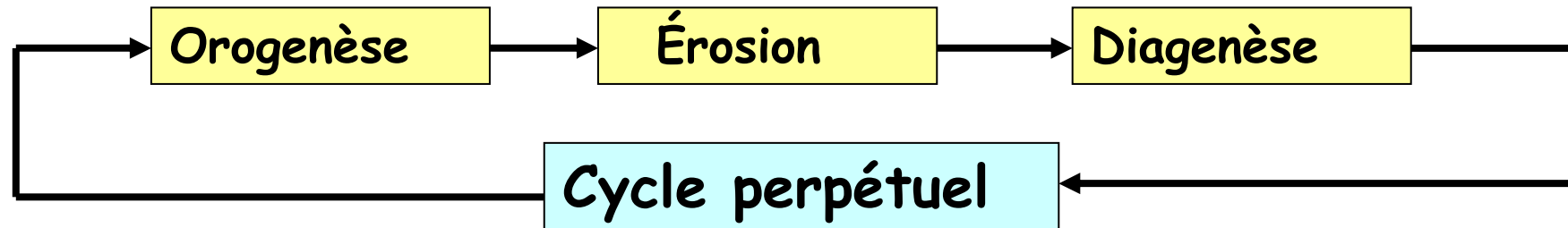
Érosion p. 59

Mouvements de terrain p. 60

44. Reconstituer l'histoire

Régressions et transgressions marines dans le sud des Alpes p. 61

41. Cycle de vie des chaînes géologiques

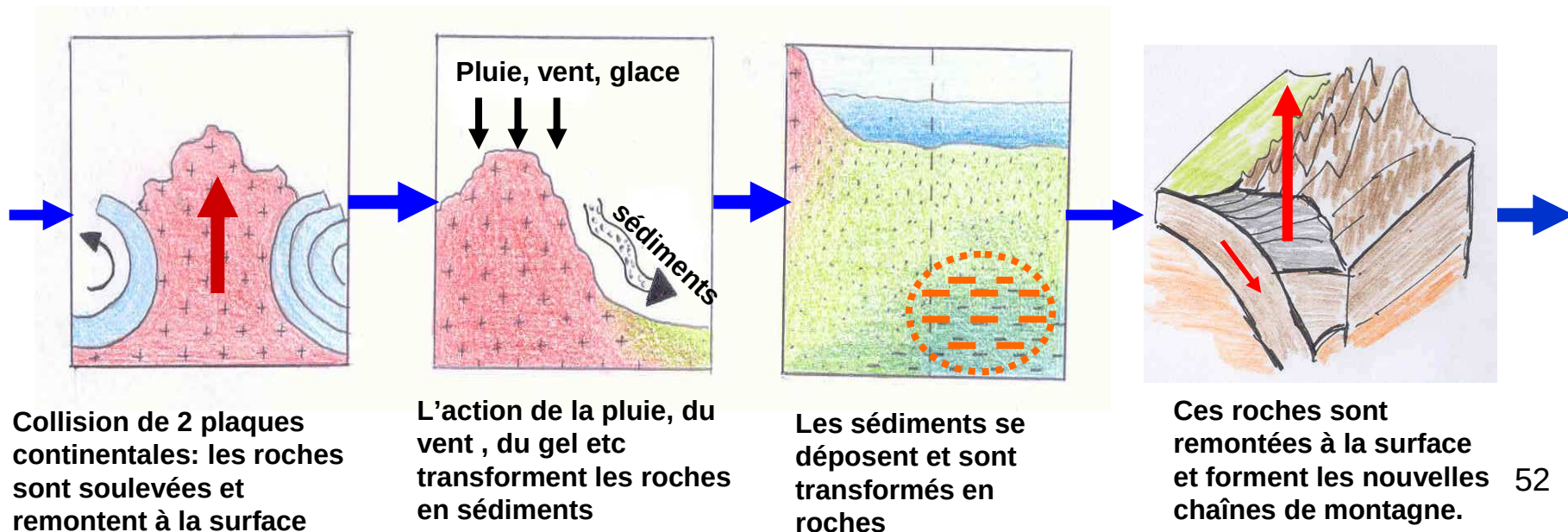


Chaîne Cadomienne
Avant l'ère primaire
1 milliard d'années

Chaîne Calédonienne
Début de l'ère primaire
500 millions d'années

Chaîne Hercynienne
Fin de l'ère primaire
300 millions d'années

Chaîne Alpine
Ère tertiaire
50 millions d'années



42. Les événements

Tectonique et volcanisme: effets sur la planète



Photo 1: le tsunami.

Pendant la subduction des mouvements sismiques violents se produisent au contact des plaques. Il arrive qu'une se soulève ou s'effondre brusquement provoquant des vagues énormes qui peuvent parcourir des milliers de km à très grande vitesse et en submergeant les cotes.

Photo 2: les coulées de lave.

La lave se répand sur les flancs du volcan et recouvre terrains et habitations. Les explosions peuvent projeter des cendres à grandes distances et détruire toute vie (Pompéi , Montagne Pelée)

Photo 3: vivre au pied du volcan.

Les cendres sont extrêmement riches en sels minéraux et rendent les terrains d'une fertilité incomparable. Quelques soient les dangers, les hommes s'installent.

42. Les événements

Les mouvements tectoniques

Le Grand Capelet (2935 m).



La collision de la plaque Afrique avec la plaque Europe a provoqué la surrection des Alpes et en particulier du Mercantour.

Les formes sont déchiquetées (Grand Capelet)

Les terrains sont broyés et très mélangés.
Sur le Grand Capelet on trouve: du gneiss au Pont du Countet, des schistes au Pas de l'Arpette et sur le Capelet, des gneiss, des arkoses et du granite au nord du Capelet, du gneiss et du granite au Lac Autier, etc.

Le Viso (3841 m).



Le Viso est fait de roches volcaniques qui formaient le fond de l'océan alpin au Jurassique supérieur. C'est une écaille qui a été remonté a la surface par le plissement alpin.

Les sédiments ont été plissés et métamorphisés lors du plissement et forment actuellement les « schistes lustrés » du 1^{er} plan et du cairn.

42. Les événements

Mouvements tectoniques



Les mouvements tectoniques sont si puissants qu'ils peuvent basculer les montagnes (à gauche: flysch gréseux du Champsaur (05))

A droite flysch gréseux vers Estenc (04)



Les mouvements tectoniques peuvent joindre des terrains très différents.

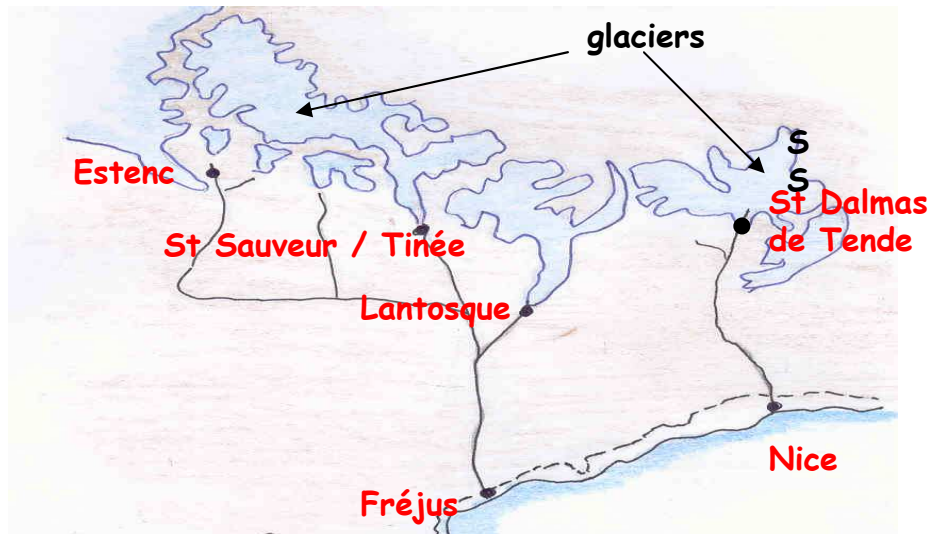
Dans le Mercantour on trouve des terrains calcaires du secondaire juxtaposés à des terrains cristallins à la suite de la poussée alpine.

Photo: on remarque des roches sombres à gauche: ce sont des gneiss du socle cristallin et des roches claires à droite: ce sont des calcaires du secondaire.

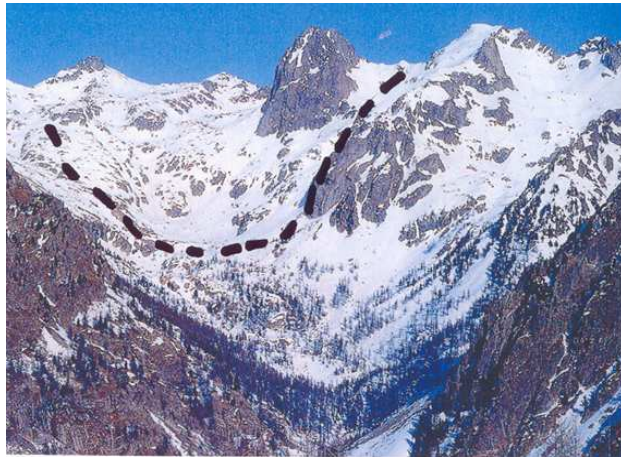
La zone de liaison présente une fragilité dans laquelle vient tout naturellement s'installer le sentier. (Collet de Tortisse , Lacs de Vens).

42. Les événements

Les glaciations



La dernière glaciation date de 20 000 ans (Würm). Les glaciers arrivaient à St Dalmas de Tende, Lantosque, St Sauveur sur Tinée. Le niveau de la mer était plus bas d'environ 100 mètres. Le recul des glaciers a commencé vers - 15000 ans. La disparition des glaciers a permis à l'homme moderne de conquérir la nature. Ex: la Vallée des Merveilles.



Vallée en «U». Le glacier fonctionne comme un rabot grâce à son poids. Les roches qu'il entraîne usent le fond de la vallée.

Le fond de vallée est plat.

Ce type d'usure correspond à des roches dures.

(Photo : Gordolasque, vallon de la Cougourde).



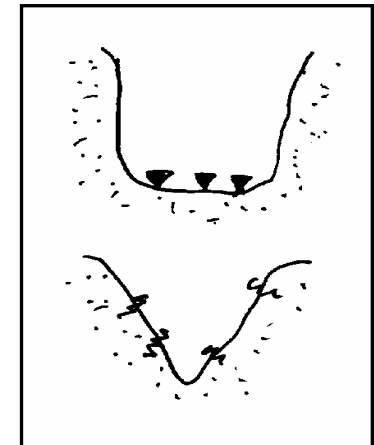
Vallée en «V». La glace se soude aux roches.

L'adhérence est suffisamment forte pour arracher la roche tendre sur les cotés de la montagne.

Le fond de vallée est étroit.

Ce type d'usure correspond à des roches tendres.

(Photo : Vallon de la Pilatte avec Les Bans , H Alpes).



42. Les événements

Les glaciers

Les glaciers naissent dans des zones à forte accumulation de neige, dans un « **cirque glaciaire** » au pied d'une montagne. La neige s'accumule, devient un névé et ensuite se transforme en glace.

Quand le poids de la glace est trop important, le glacier commence à glisser vers le bas.

Sur la photo : dernier glacier des Alpes maritimes le cirque ouest du Grand Capelet .

On peut **repérer un ancien glacier par ses traces** : roches polies et striées, verrou rocheux avec un lac , tourbière, vallée en U ou en V, moraines latérales ou de front, blocs erratiques, cirques glaciaires.



Le glacier use le fond et les flancs de la vallée.

Les matériaux sont transportés et progressivement repoussés sur les bords : ils forment une **moraine** qui ressemble à un gros talus.

Quelquefois le glacier transporte de gros blocs. Mais lors de la diminution d'épaisseur du glacier, le bloc se pose sur le sol et y reste. C'est un **bloc erratique**. Il est souvent de nature géologique différente. C'est un indice de la présence d'un glacier

Usure : les blocs transportés par le glacier rayent profondément les roches.

43. Transformation du paysage

Chevauchements et nappes de charriage



L'orogénèse alpine provoque le soulèvement de terrains qui basculent et se déplacent sous l'effet des forces tectoniques en recouvrant les terrains existants. Les zones concernées peuvent être considérables et se déplacent à des vitesses de l'ordre du millimètre / an sur des distances importantes (100 km , région de Gap). Ce phénomène est présent sur toute la bordure des massifs centraux Écrins, Argentera - Mercantour et dans les zones calcaires.

Dans les chaînes sub - alpines, le soulèvement alpin met en déséquilibre les terrains en place qui glissent par effet de pente. Le glissement est favorisé par la présence d'argile et de gypse qui servent de lubrifiant. Suivant l'importance du phénomène, on parlera de chevauchements ou de nappes de charriage.

Photo: le Baous de St Jeannet est formé de calcaire du jurassique (secondaire) qui est venu coiffer des terrains du miocène (tertiaire) plus récents. Sur la photo on voit bien la séparation marquée par une différence de couleur.

43. Transformation du paysage

L' érosion

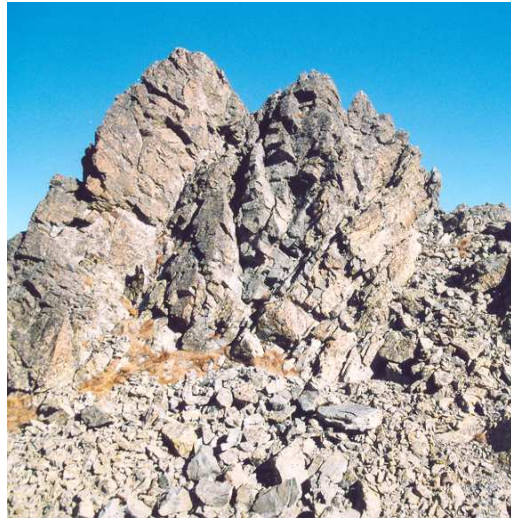
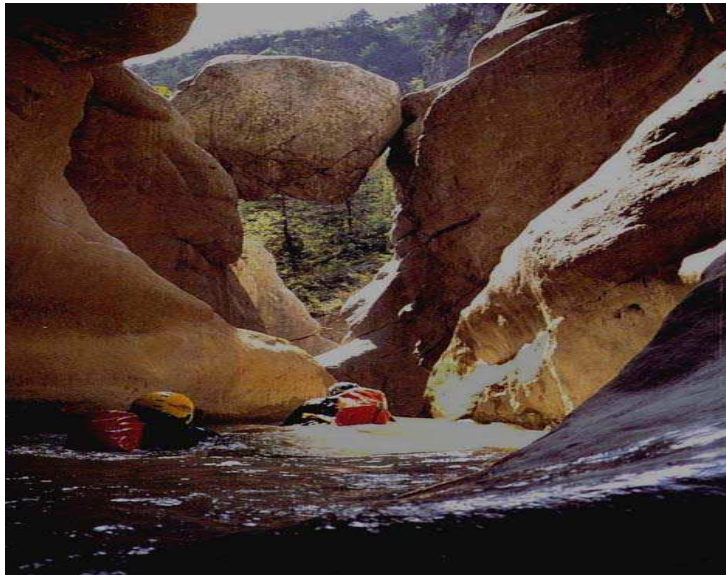


Photo de gauche : un éboulis au sommet d'une montagne.

Ici la montagne a tout simplement disparue (Pas de Morgon, 2714 m). Le gel est responsable de cette érosion. L'eau pénètre dans les fissures et par effet de vérin écarte les parties qui se cassent.

Ce phénomène est capable de détruire les montagnes les plus hautes et les plus solides.

L'érosion fait aussi son travail en creusant les clues pour le plus grand bonheur des amateurs de canyoning



Érosion des pélites dans la clue du CIANS.



43. Transformation du paysage

Mouvements de terrains



Lorsque le terrain est soumis à des contraintes, il finit par se casser. On a alors :

- une diaclase si les morceaux sont restés à leur place
- une faille si les 2 morceaux se sont déplacés l'un par rapport à l'autre

En haut à gauche : 2 failles bien visibles avec le décrochement de végétation.

En haut à droite : miroir de faille du côté de Castérino : la cassure est bien visible avec le mouvement du terrain.

En bas : un anticlinal dans du calcaire jurassique. On mesure les forces considérables qui agissent et aussi la plasticité de la roche dans la déformation des terrains.

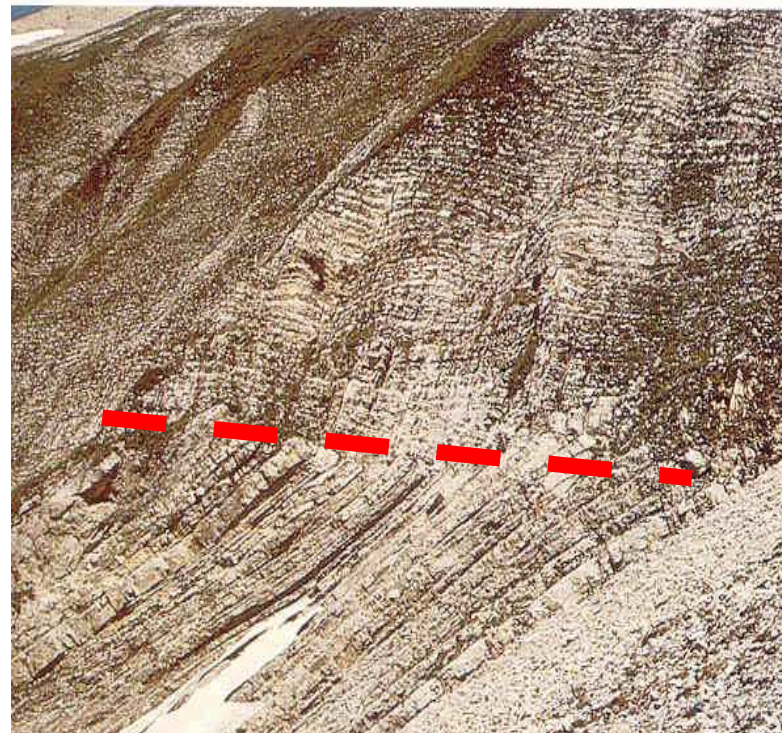
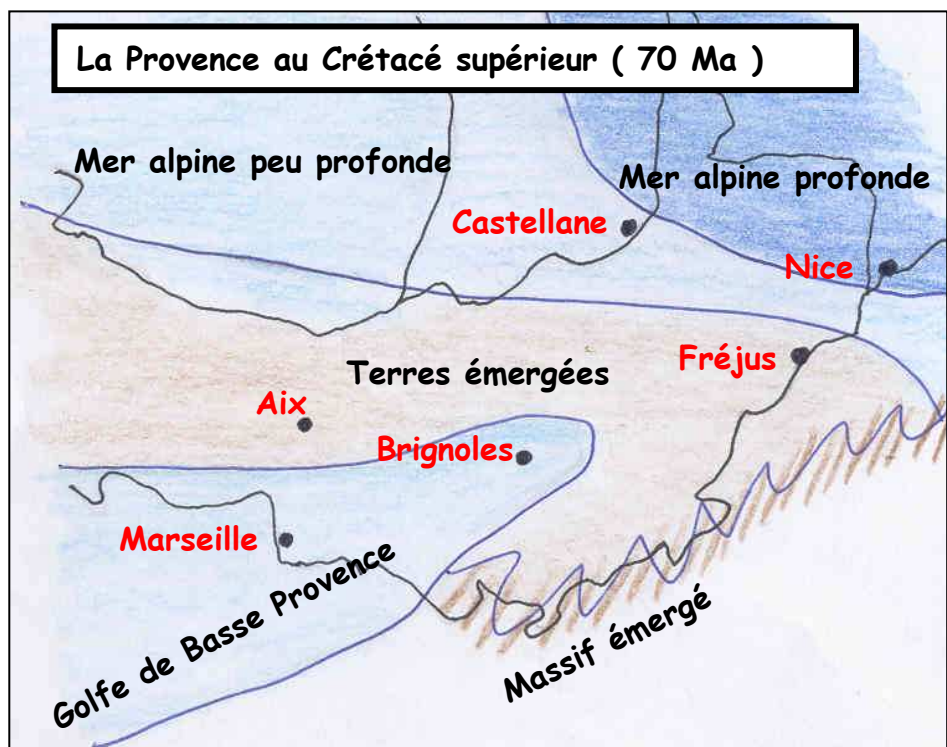
44. Reconstituer l'histoire

Transgressions et régressions marines

Suite à différents mouvements tectoniques, notre région a été plusieurs fois immergée et émergée dans des paysages complètement différents de l'actuel.

Comment savoir ? Comment reconstituer l'histoire ?

On peut reconstituer l'histoire principalement par l'étude des terrains et des fossiles. Les fossiles sont des marqueurs de faciès et stratigraphique très précis et les événements géologiques laissent des traces visibles sur les terrains.



Sur la photo de droite (Dévoluy, Obiou) on voit à la partie inférieure des couches redressées coiffées par des couches horizontales. Que c'est il passé ?

Les couches de la partie inférieure proviennent de dépôts alors que la mer recouvrait la région (jurassique supérieur, - 140 Ma).

Elles ont été ensuite émergées, basculées et érodées jusqu'au niveau visible marqué par les pointillés rouge sur la photo.

Ensuite elles ont été immergées pour permettre les dépôts de la partie supérieure (Sénonien, Crétacé supérieur, - 80 Ma).

Elles ont été ensuite ré - émergées au tertiaire et de nouveau subissent l'érosion.

Bibliographie.

Etude volcanique et géologique de l'Esterel. Boucarut (thèse CNRS)

Dictionnaire de géologie (Dunod).

Promenades à thème géologique dans les Maures et l'Esterel. Jacqueline Romain (Serre).

Le massif du Mercantour : guide géologique. Jacqueline Romain (Serre).

Minéraux et Roches. Nicola Cipriani (Gründ)

Minéraux et roches. Keith Lye (France Loisirs)

Roches et minéraux, Chris Pellant (Larousse)

Découverte géologique des Alpes du Sud. Jacques Debelmas, (BRGM / OPHRYS)

Géologie des Alpes Maritimes. Serge Borchellini, (Serre)

Guides Géologique Régionaux, Alpes Maritimes, Maures, Esterel (Masson et Cie)

Le Massif du Chenaillet (Centre Briançonnais de Géologie)

De l'océan à la chaîne de montagne (SGF Collection Géosciences GIB)

La Mémoire des Paysages. Nadia Loury – Guigan, (Parc du Mercantour, Glénat)

Les lithophytes du massif de l'Esterel. Gilbert Mari.

L'Esterel. Docteur Robert de Madron, (Les Editions du Cabri)

Géologie pour le promeneur du Parc National de Port Cros (Editions du BRGM)

Ce que disent les pierres. Maurice Mattauer, Belin, (Pour la science)

La géologie. René Dars. (Que sais – je)

Chimie générale. Walden, (Librairie Belin)

Les cartes géologiques du BRGM.