

# Les phénomènes géologiques accompagnant la formation des chaînes de montagnes et sa relation avec la tectonique des plaques

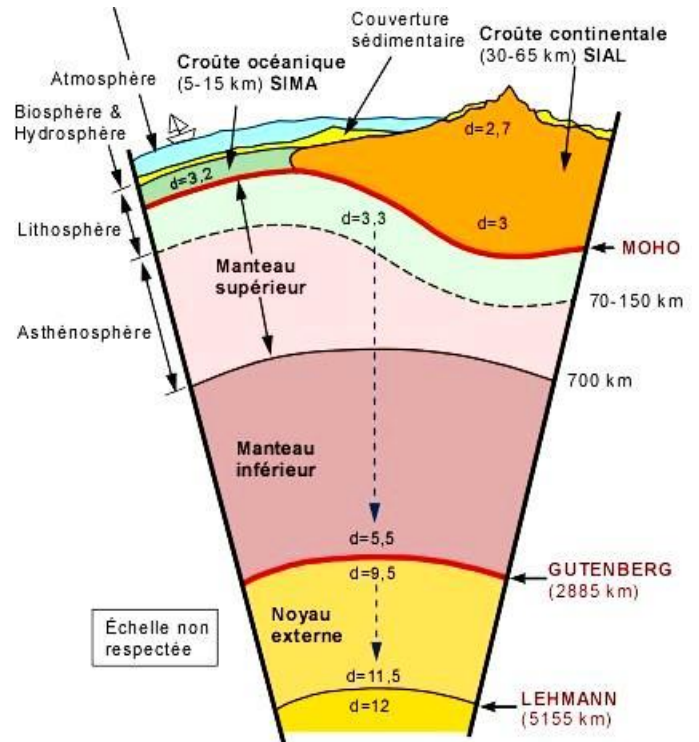
## Rappel : 1) structure interne de la terre

\* **La lithosphère** : couche superficielle rigide de la terre scindée en plaques, et composée par la croûte (continentale ou océanique) et de la partie supérieure du manteau supérieur (péridotites rigides). on distingue

- **La lithosphère continentale** est composée de roches la croûte **continentale (granite)** et du manteau lithosphérique (péridotite). son épaisseur >30km et sa densité =2,7.
- **La lithosphère océanique** est composée de roches de la croûte **océanique (sédiments, gabbro, basalte)** et du manteau lithosphérique (péridotite). son épaisseur varie entre 6 et 10km sa densité=3,2.

\* **Le manteau** : Son matériel est généralement hétérogène. La partie supérieure visqueuse forme l'asthénosphère .surmonté par une couche solide qui forme avec la croûte la lithosphère.  $d=5,5$

\* **Le noyau** : situé au centre de la terre à une profondeur de 2885km composé de deux parties: - *Noyau externe* (liquide, 2200 km d'épaisseur) - *Noyau interne* (solide, 1300 km d'épaisseur)

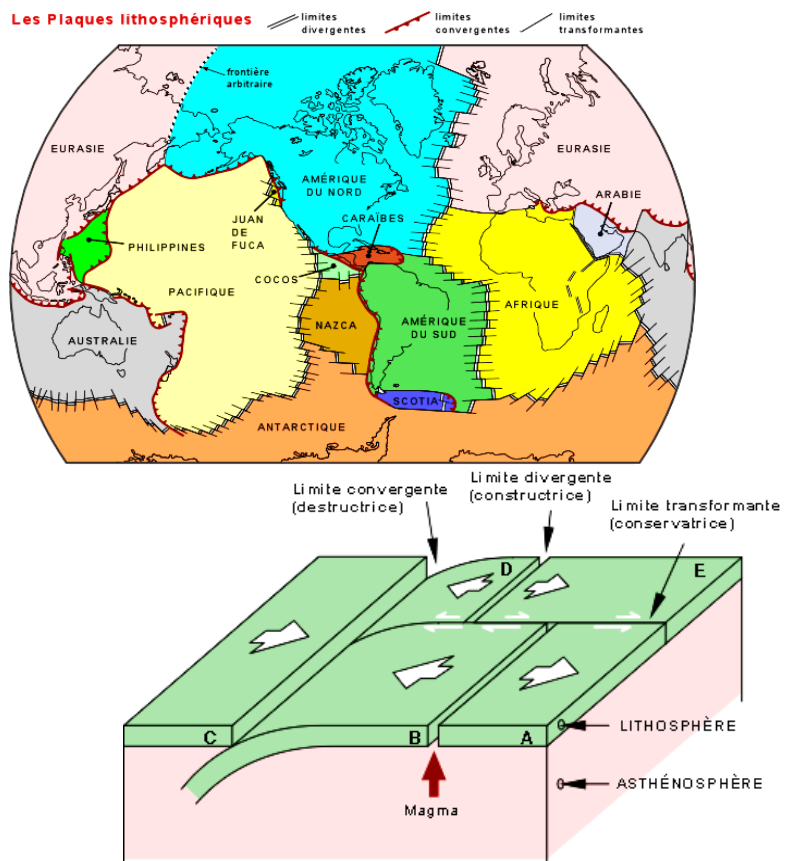


## 2) Tectonique des plaques :

La surface de la terre est constituée de plaques lithosphériques rigides, océaniques ou continentales, flottant sur l'asthénosphère, en mouvements permanents, grâce aux courants de convections (dû à la désintégration des éléments radioactifs de l'intérieur de la terre).

Suivant la nature des mouvements relatifs des plaques, on distingue trois types de frontières :

- \* **limites divergentes** : expansion océanique au niveau des dorsales médio océaniques (Rifts)
- \* **limites convergentes** : résorption de la lithosphère océanique ancienne par subduction, obduction et collision, avec formation d'une nouvelle lithosphère continentale (chaînes de montagnes)
- \* **limites transformantes** (coulissage) : déplacement latérale des plaques par de grandes cassures qui décalent des dorsales (failles transformantes)



# Les chaînes de montagnes récentes Et leur relation avec la Tectonique des plaques

## Problématique :

Les chaînes de montagnes récentes sont des reliefs proéminents à la surface de la terre, formés de roches de différents origines (sédimentaire, volcanique, métamorphique), Leur formation est due à des forces de compression associées au mouvement des plaques tectonique pendant les temps géologiques anciens.

- Quelle est la relation entre les chaînes de montagnes modernes et la tectonique des plaques?
- Quels sont les types de chaînes de montagnes modernes? Quelles sont ses caractéristiques?
- Quelles sont les conditions de formation de chaque type de chaîne de montagnes?
- Quelles sont les déformations tectoniques les plus marquantes des chaînes de montagnes modernes?
- Quels sont les phénomènes géologiques associés à l'émergence des chaînes de montagnes modernes?

## I- Les types de chaînes de montagnes et leur relation avec la tectonique des plaques.

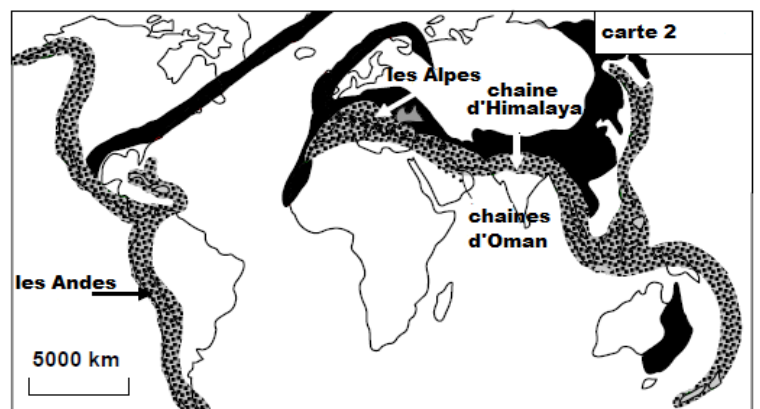
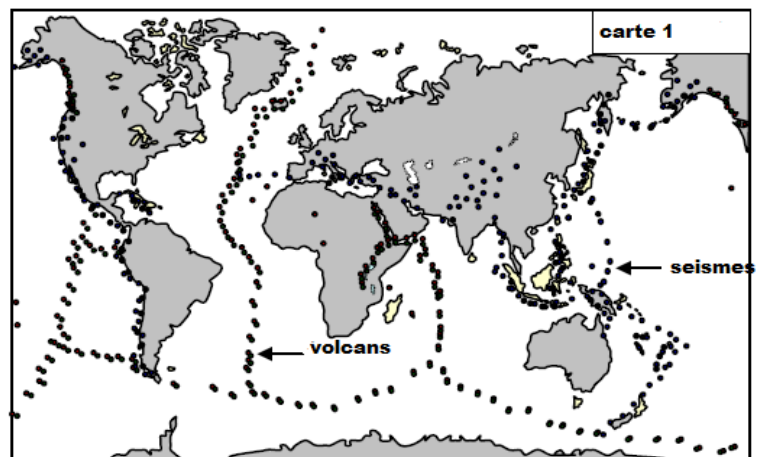
### A- Où se trouvent les chaînes de montagnes à la surface de la terre ?

Exercice :

La carte 1 représente la répartition des foyers des séismes et des volcans sur la terre.

La carte 2 représente la répartition des chaînes de montagnes à la surface du globe terrestre.

- 1) En se basant sur la carte des plaques et la carte 1 et sur vos connaissances rappelez les caractéristiques d'une plaque lithosphérique
- 2) En se basant sur la carte 2 situez géographiquement les différentes chaînes de montagnes actuelles au niveau du globe terrestre
- 3) Classifiez ces chaînes de montagnes selon un contexte géologique.



## Réponses :

1) La plaque tectonique est un fragment vaste et stable de la lithosphère , délimités par des zones étroites à activité Volcanique et sismique.

Les limites de la plaque sont caractérisées par:

- **Des Zones de distension ou de divergences:** écartement des plaques au niveau des dorsales situés au milieu des océans
- **Des zones de compression ou de convergence :** rapprochement ou affrontement des plaques au niveau des zones de
  - Subduction : enfouissement d'une plaque océanique sous autre continentale ou océanique
  - Obduction : chevauchement (recouvrement) d'une plaque océanique sur l'autre continentale
  - Collision : affrontement de deux plaques continentales
- **Des zones de coulissage (friction):** mouvements horizontales des plaques au niveau des failles transformantes.

2) Les chaînes de montagnes récentes se répartissent en deux ceintures :

- Une ceinture nord-sud qui se situe dans les zones de subduction (les Andes par exemple)
- Une ceinture est-ouest qui correspond aux zones de collision (les Alpes et les Himalaya par exemple)

→ Les chaînes de montagnes modernes sont placées au niveau des zones de convergence du plaques tectoniques ce qui indique une relation entre la tectonique des plaques et la formation des chaînes de montagnes modernes

3) Les chaînes de montagnes modernes peuvent être classées en trois types:

- **chaînes de subduction:** se forment au niveau des zones de subduction.
- **Chaînes de collision:** résultent de la collision des deux masses continentales appartenant à deux plaques différentes.
- **Chaînes d'obduction:** résultant du chevauchement ou recouvrement d'une plaque océanique sur une plaque continentale.

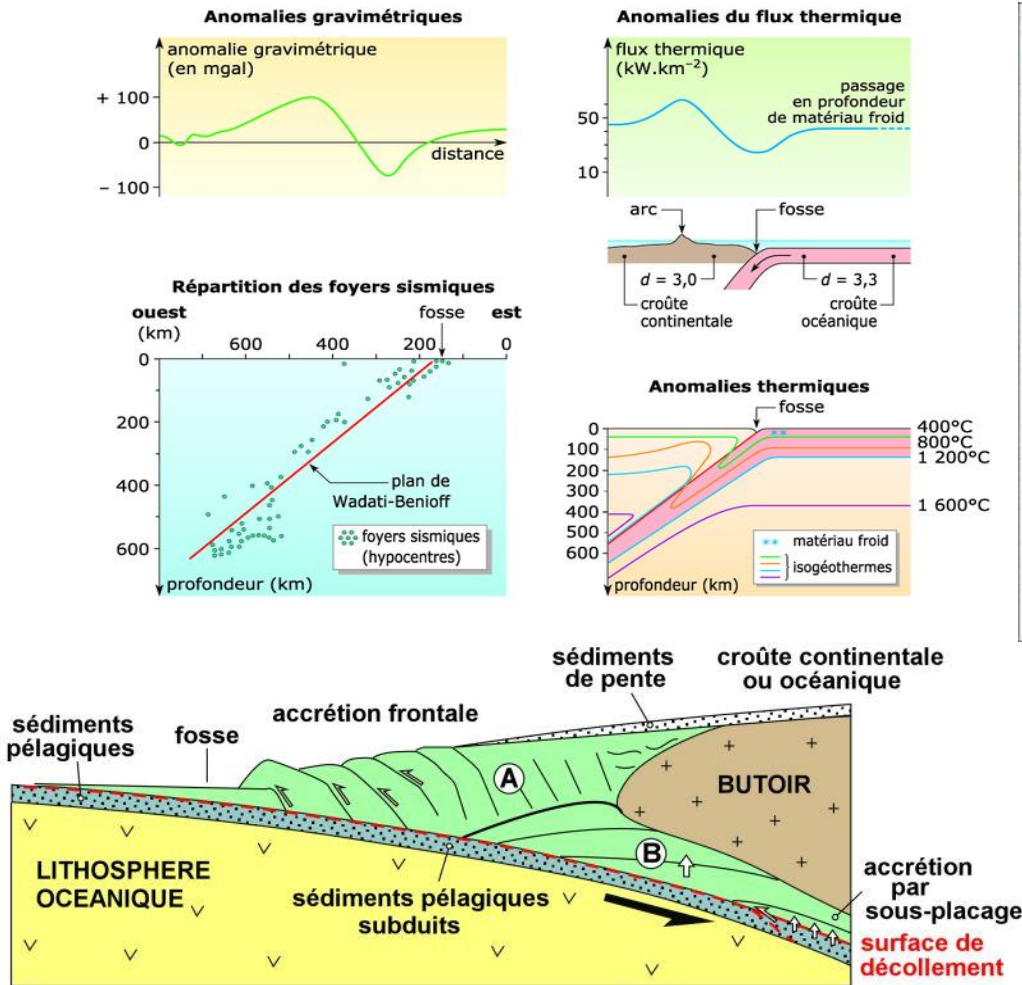
## II- Les caractéristiques des chaînes de montagnes actuelles

### A-les chaînes de subduction :

1) les caractéristiques structurales et géophysiques des zones de subductions : exemple : les montagnes des Andes : document1

- les caractéristiques géophysiques : fig 2-3-4-5 page 25 fascicule de document SVT

## Caractéristiques géophysiques des zones de subduction



**\*\*A partir de l'exploitation de différentes figures de documents dégager les différentes caractéristiques de la marge active (ou zone de subduction) de la côte ouest sud-américaine :**

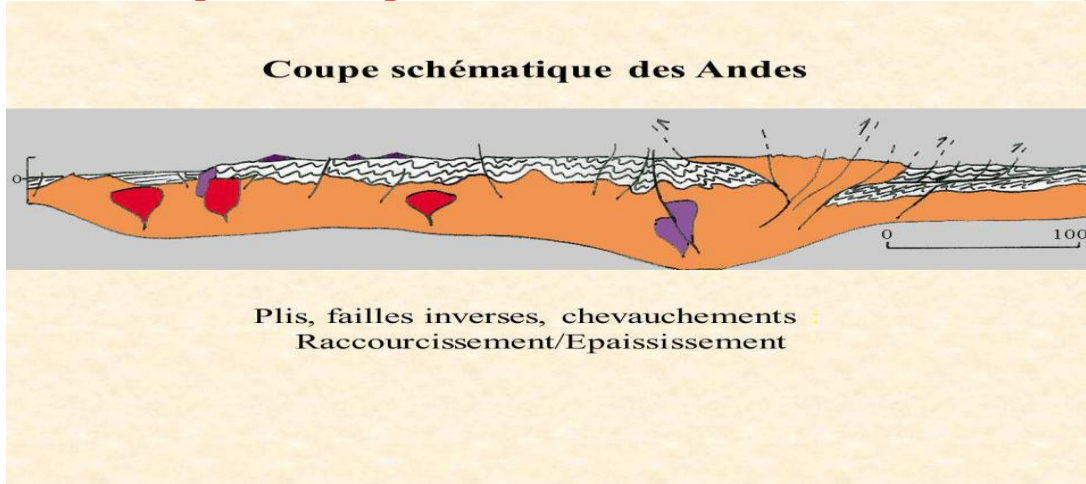
### **\*\*Réponse :**

Les Montagnes des Andes sont situés dans la zone de l'affrontement entre la plaque sud-américaine et la plaque Nazca. Cette **marge active** est caractérisée par des phénomènes géologiques particuliers, notamment:

- Présence **d'une fosse océanique** profonde.
- Un **Prisme d'accrétion** (accumulation de sédiments pélagiques qui sont raclés par l'intermédiaire d'un butoir rigide)
- Une **activité séismique** intense dont les foyers sont plongés en profondeur selon un plan incliné sous la marge continentale (ou l'arc insulaire) appelé **plan de Bénihoff**.
- **Anomalies thermiques**, où les isothermes ne sont pas parallèles à la surface de la terre mais plongent vers la profondeur selon le plan incliné de bénihoff. les géophysiques expliquent ces anomalies par l'enfouissement de la croûte océanique froide dans l'asthénosphère chaude.
- **Un volcanisme** violent menant à l'émission des cendres et d'un magma, dont le refroidissement progressif donne une roche avec une structure microlitique appelée **Andésite**.



● **Les caractéristiques tectoniques des chaînes des Andes ( subduction) : figure1 page 25**



- Ce Sont des structures tectoniques simples : elles comportent des plis en éventails, des failles inverses (et quelques failles normales), des nappes de charriage  
Tous ces structures sont dues aux forces compressives horizontales (convergence) aboutissant au raccourcissement et l'épaississement de de la croûte continentale.

● Caractéristiques pétrographiques : document 3 fig 1

\*\***La roche d'Andésite** se compose d'une matière amorphe appelée une pâte ou un verre, et de grands cristaux (Plagioclase et pyroxène), et de petits cristaux appelés microlites. Quand on parle d'une texture microlitique → roche volcanique

Ceci indique que la roche d'Andésite a été formée par des phases:

- Un refroidissement lent en profondeur qui a permis la formation de gros cristaux.
- Refroidissement rapide sur la surface entraînant la formation de verre et de microlites

\*\***les granitoides et les péridotites** totalement cristallisées, formés de gros cristaux ; on parle d'une texture grenue témoignant d'un refroidissement ou cristallisation lent à la profondeur → roche plutonique.

**2) Quel est l'origine du magmatisme des zones de la subduction ?  
(Comment se forment les roches magmatiques des zones de subduction ?)**

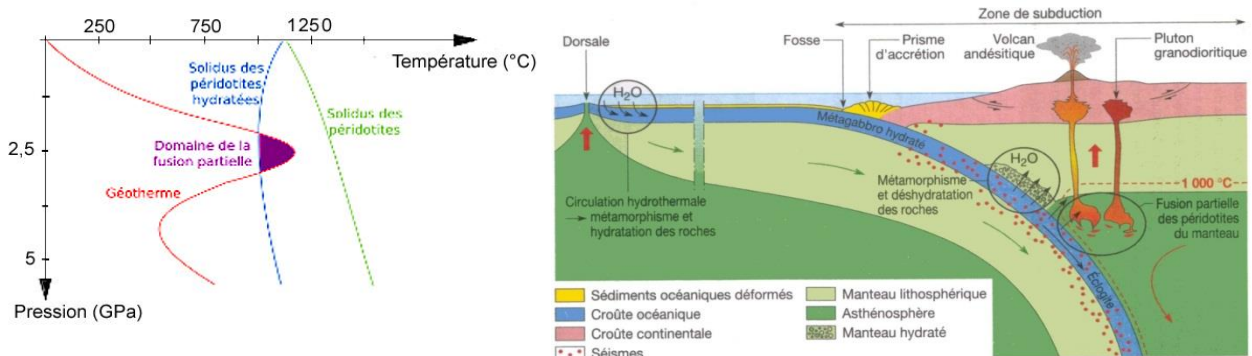
\* hypothèses :

- Peut provenir de la fusion partielle de la plaque subduite (basalte et gabbros).
- Peut Provenir de la fusion partielle la péridotite de la plaque chevauchante.

● Vérification de l'hypothèse : doc4 doc5 page79

\*\*Exercice :

La figure 4 représente les résultats de la fusion expérimentale de la péridotite lithosphérique sèche (courbe de solidus verte) et hydraté (courbe de solidus bleu).



- 1- Comparer les résultats de la fusion expérimentale de la péridotite en présence et en absence de l'eau.

2- En se basant sur ces données expérimentales et le modèle présenté dans la figure 5 , expliquer comment c'est formé le magma à l'origine des roches magmatiques dans les zones de subduction.

Réponse :

1- la figure 5 montre :

- En l'absence d'eau la courbe du gradient géothermique de la zone de subduction ne coupe pas la courbe de fusion partielle de la péridotite: **il n'y a pas de fusion de la péridotite.**
- En présence de l'eau il y'a abaissement de la courbe de début fusion de la péridotite et se croisent avec la courbe géothermique ce qui facilite **la fusion partielle de la péridotite.**

2- (Voir texte page 79)

-Au cours de la subduction, les roches de la lithosphère océanique plongeante subissent l'influence de l'augmentation de la température et surtout de la pression (→ métamorphisme des basaltes et des gabbros), ce qui entraîne la libération d'eau, qui diffuse à travers le manteau de la plaque chevauchante et hydrate la péridotite.

Par la présence d'eau La **température de fusion est abaissée**. Dans ce cas, à la même profondeur (-100→-150km) et la même température (1000- 1200°C), la péridotite au niveau de la plaque chevauchante, subit **une fusion partielle**.

Le magma ainsi formé va monter à travers la croûte continentale chevauchante :

\*\* si le magma refroidit en profondeur ; le refroidissement sera lent, il forme des plutons de granitoïdes, granite et diorite (les minéraux bien développés → texture grenue).

\*\* si le magma refroidit en surface : volcanisme andésitique explosif (riche en gaz)

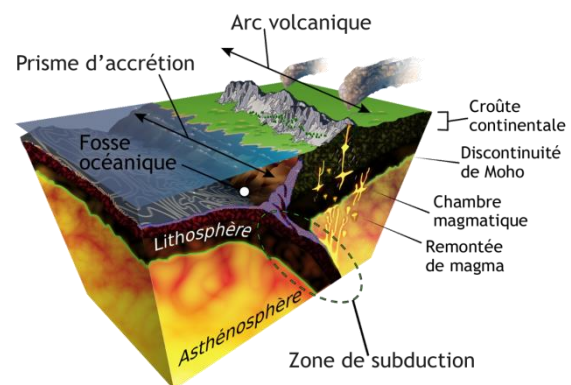
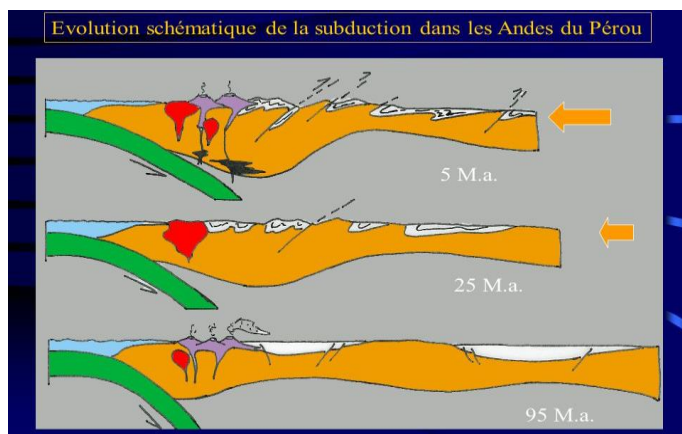
Le refroidissement est rapide à la surface → roches volcanique : andésite et rhyolite

(Phénocristaux et microlites dans une pâte vitreuse → texture microlitique)

**Conclusion :**

Le magma de la zone de subduction se formait en profondeur, et ne pouvait pas provenir de la fusion partielle de la plaque subduite (basalte et gabbros). C'est donc la péridotite de la plaque chevauchante qui subit une fusion partielle après avoir subi une hydratation.

### 3) les étapes de la formation de la chaîne de subduction « les Andes » :page 77 fig 1-2



- Ces chaînes se sont formés durant 90MA (du crétacé supérieur → Paléogène), au-dessus d'une zone de subduction où il y'a enfoncement de la plaque Nazca (75mm/an) sous la plaque sud-américaine.
- Durant la subduction de plaque plongeante est recouverte de sédiment pélagique qui sera raclé par la plaque chevauchante. Séparés de la croûte océanique environnante, ces dépôts forment le prisme d'accrétion.
- Avec les forces tectoniques compressives, les plis et failles inverses prennent d'importances, ce qui aboutit au raccourcissement et épaissement de la lithosphère, au quelles s'ajoute le magmatisme et par conséquent élévation de hautes reliefs formants les chaînes de subduction.

## Conclusion générale :

**La subduction : Enfouissement d'une plaque océanique dense, froide et rigide sous une plaque continentale moins dense sous l'effet de force de compression .ce phénomène entraine la genèse de chaines montagneuses de subduction.**

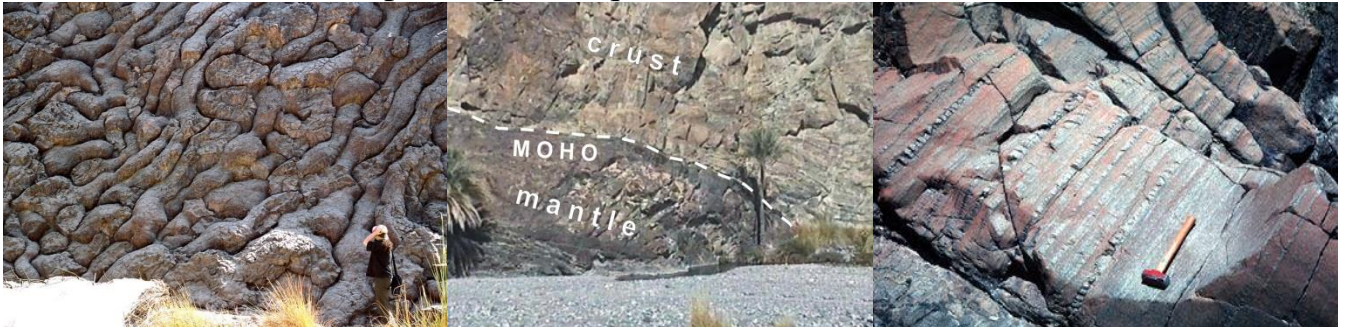
Exercice d'évaluation (à la maison) :

Faire un schéma récapitulatif montrant tous les phénomènes géologiques qui ont lieu au niveau de la zone de subduction .

## B-les chaines d'obduction : Exemple chaine d'Oman.

1) les caractéristiques géophysiques et pétrographiques des zones d'obduction :fig 1 fig 2 page 81

- La chaîne montagneuse d'obduction d'Oman et des Émirats Arabes Unis est située au Nord-Est de la péninsule arabique. Elle forme un arc orienté.
  - La chaîne d'obduction est formée de nappes océaniques allochtones, écaillées et charriées au-dessus de sédiments de plateforme autochtones datés de la fin du Précambrien au Crétacé (figure 2).  
Cet ensemble est recouvert en discordance par des sédiments déposés du Maastrichien au Cénozoïque.
  - Présence des roches du complexe ophiolitique.

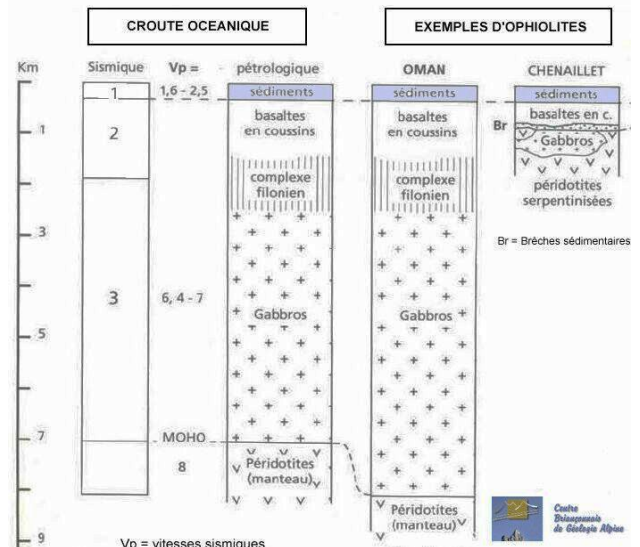


**Remarque :** les nappes de charriage : sont des formations rocheuses allochtones qui se sont déplacées sur des grandes distances (des centaines de kilomètres) à partir du lieu de sa formation pour s'installer ailleurs et couvrir d'autres roches appelées roches chevauchées.

- Comparaison entre la composition des ophiolites et la lithosphère océanique doc 2 page 83

De bas en haut, la nappe ophiolitique présente une succession caractéristique d'une dorsale médio océanique

- 8 à 12 km de péridotite du manteau supérieur
- 0,5 à 6,5 km de gabbros,
- 1 à 2 km de diabases du complexe filonien,
- 0,5 à 2 km de laves basaltiques en coulées et en pillow-lavas.
- Sédiments à la surface.



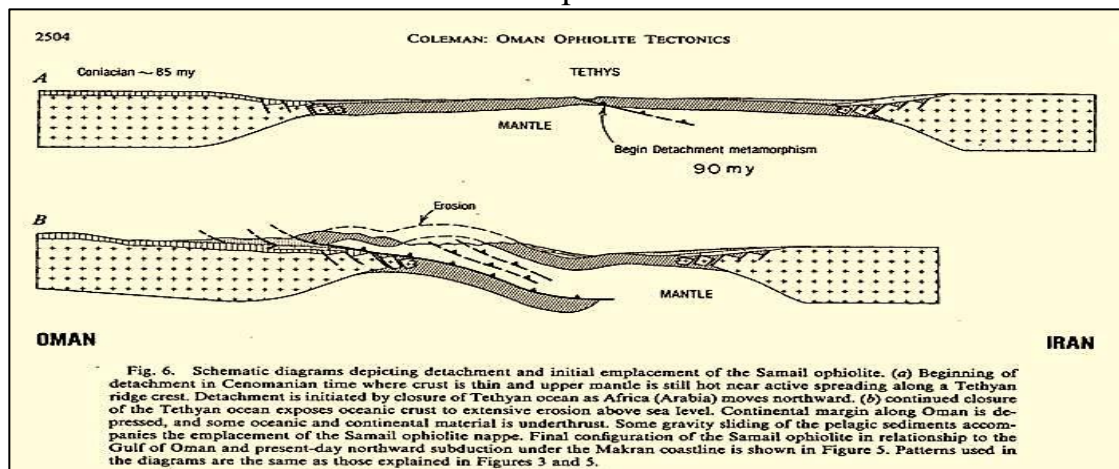
- Déduction :
  - les ophiolites sont les vestiges d'un ancien plancher de l'océan ( lithosphère océanique) dont les lambeaux ont été portés en altitude sur le continent lors d'une obduction .



- la présence des ophiolites sur le continent témoigne donc de **la fermeture d'un ancien océan.**

## 2) les étapes de formation de la chaîne d'obduction d'Oman : fig 3 page 81

En considération des caractéristiques précédentes on peut retracer l'histoire géologique compressive aboutissant à l'obduction et aux ophiolites d'Oman comme suit :



- → Entre la plaque africaine et la plaque eurasiatique, il y'avait un ancien océan qui s'appelé **Téthys** (La seule mer qui était entourait les continents selon la théorie de la dérive des continents) Sous l'action des forces compressives la croûte océanique subit une grande cassure générant une faille inverse, dans laquelle il y a eu apparition d'une zone de subduction intra-océanique où la plaque africaine plongeait (s'enfonçait) sous la plaque eurasiatique. (**fermeture de l'océan**) La fermeture du domaine marin continue et rapproche la croûte continentale de la plaque plongeante de la zone de subduction.
- → Lorsque le continent (péninsule arabique) a atteint la zone de subduction et du faite de sa faible densité la croûte continentale ne peut plus plonger sous la croûte océanique plus dense, cela entraine **le blocage** de la subduction.
- → À mesure que les forces de compression continuent, la lithosphère et les sédiments océanique chevauchent et passent au-dessus de la croûte continentale
- → Ces recouvrements rocheux amplifient la croûte rocheuse et élévation des reliefs, entraînant la formation de chaînes de montagnes Appelées **chaînes d'obduction.**

### Conclusion générale :

**L'obduction : chevauchement (recouvrement) d'une plaque continentale moins dense, par une plaque océanique plus dense lors leur affrontement, ce phénomène entraine la formation des chaînes d'obduction.**

## C) les Chaînes de collision : exemple chaîne d'Himalaya

### 1- caractéristiques structurales (tectoniques) et pétrographiques :

#### Activité :

Le document donne une image satellite des montagnes d'Himalaya (figure 1) et une carte géologique simplifiée de l'Himalaya (fig.2) C,) et un Schéma d'une coupe géologique réalisée au niveau de l'Himalaya (fig 3) .

- 1) En se basant sur la figure 1 du document, décrire la position et l'emplacement de l'Himalaya.
- 2) D'après la figure 2 et 3 du document, dégager les caractéristiques tectoniques et pétrographiques des montagnes d'Himalaya Et la signification de chaque élément.





figure 1

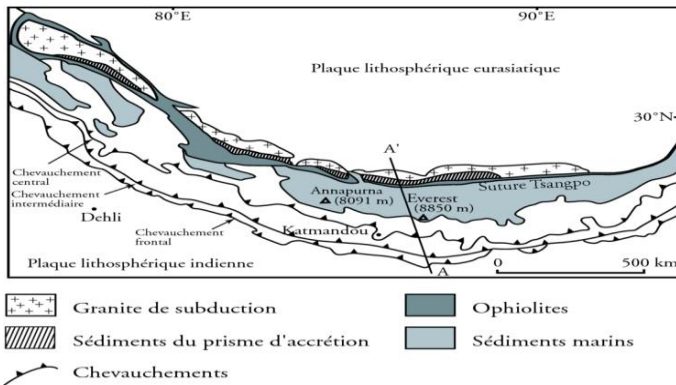


Figure 2 : carte géologique au niveau des chaînes d'Himalaya

Document 2 : Coupe synthétique simplifiée de l'Himalaya sur la transversale AA' Un trait de coupe noté AA' sur la carte du document 1 fournit la position du relevé.

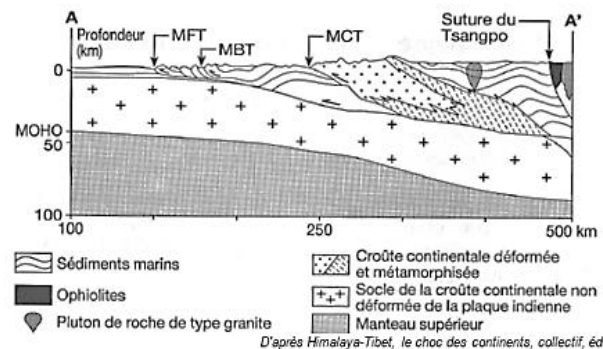


figure 3 : coupe géologique au niveau d'Himalaya

## Réponse :

1) chaîne de l'Himalaya est considérée comme la plus grande chaîne de montagne au monde (hautes reliefs Mont Everest => Alt=8848 m), elle se situe entre l'Inde et l'Eurasie, et s'étale sur des milliers de kilomètres. Elle est classée parmi les chaînes de collision (collision entre deux masses continentales).

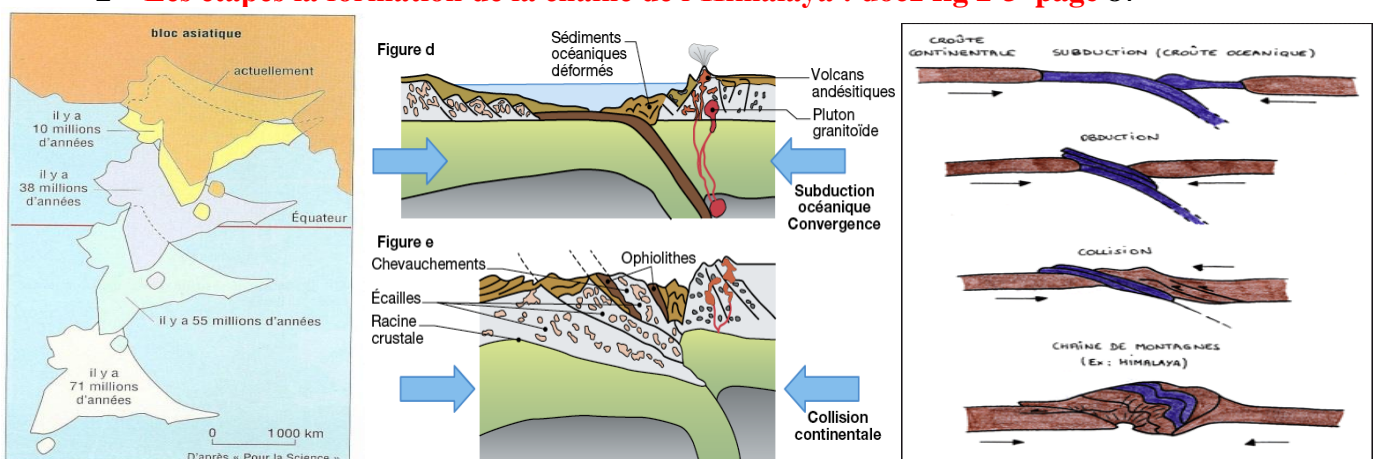
2) les caractéristiques morphologiques, tectoniques et pétrographiques de la chaîne d'Himalaya :

- **Marqueurs morphologiques** → Des reliefs très élevés et croûte continentale très épaisse et métamorphosée
- **Marqueurs tectoniques** → **Plis, failles inverses, des chevauchements et des nappes de charriage** qui s'étalent vers le sud West
- **Marqueurs pétrographiques**
  - \* Affleurement du **socle** (racine crustale)
  - \* Roches sédimentaires (du prisme et marins) très déformés .
  - \* Existence d'un pluton **granitique** qui traverse des sédiments marins
  - \* Existence d'**ophiolite** au Nord (portion de la lithosphère océanique)

## Déduction :

- **Plis, failles inverses et nappes de charriage** sont les indices *tectoniques* d'un raccourcissement associé à un épaissement de la croûte continentale résultats des forces de compression dans des zones de convergence.
- **Plutonisme granitoïde** témoigne d'une subduction précédant la collision.
- **l'ophiolite emprisonnée** entre des couches continentales témoigne de la fermeture d'un ancien océan  
→ **La chaîne d'Himalaya est le résultat d'une collision entre deux lithosphères continentales.**

## 2- Les étapes la formation de la chaîne de l'Himalaya : doc1 fig 2-3 page 87



Les chaînes de montagne d'Himalaya ont été formées à la suite de **la dérive du continent indien vers la plaque eurasienne** à travers les phases suivantes:

- Il y a 75 millions d'années, il y'avait **une zone de subduction** intra-océanique entre la plaque portant le continent indien et la plaque eurasiatique.
- **subduction** de la lithosphère océanique sous la plaque eurasiatique a conduit à l'émergence du magmatisme andésitique et le plutonisme.
- Après épuisement de la croûte océanique → blocage de subduction → **fermeture de l'océan**.
- Avec la poursuite des forces compressives, Une partie la lithosphère océanique passe au-dessus de la croûte continentale de l'Inde- → (**obduction**) → Composé d'**Ophiolite**
- Avec l'augmentation des pressions tectoniques, les deux marges continentales de l'Inde et de l'Asie entre en **collision** → formation d'un **prisme d'accrétion** entre eux et **chevauchement** vers le sud.
- **Déformations tectoniques intenses et charriage des formations vers l'Asie**  
→ **Augmentation de l'épaisseur** de la croûte continentale (épaisseur > 60km) et **Formation de très hauts reliefs** (Mont Everest: La plus haute montagne sur Terre).

Conclusion :

**La collision continentale est un phénomène géodynamique se produisant à la limite convergente de deux plaques tectoniques où deux lithosphères continentales se rencontrent. Elle est marquée par un raccourcissement /épaississement de la LC, du aux forces de compression → reliefs très importants.**

Remarque :

La collision entre deux continents est souvent précédée soit par **une subduction**, soit par **une obduction**.

\* Dans le premier cas, un des continents chevauche l'autre mais il est tout à fait possible qu'aucune roche océanique, trace de l'océan disparu, ne jalonne ce contact mécanique. La frontière entre les deux continents, (suture) est alors très discrète.

\*\*Dans le second cas, un continent chevauche également l'autre mais il existe alors, coincés entre eux, des restes de croûte océanique, mis en place lors de l'obduction. **La suture** (ophiolitique) est alors très nette et permet de localiser facilement la limite entre les deux continents initiaux.

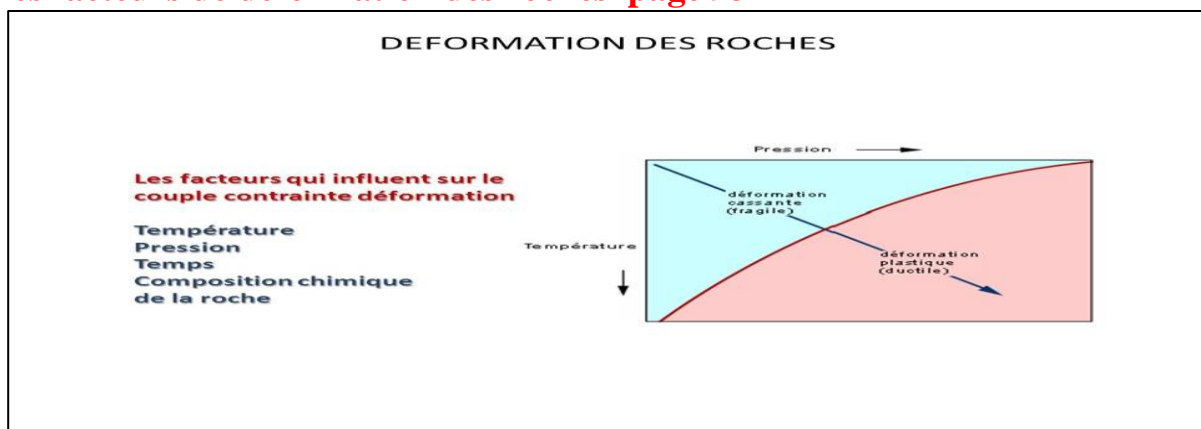
Dans les deux cas, il se forme des **charriages** importants, dont les sens de déversement sont toujours les mêmes.

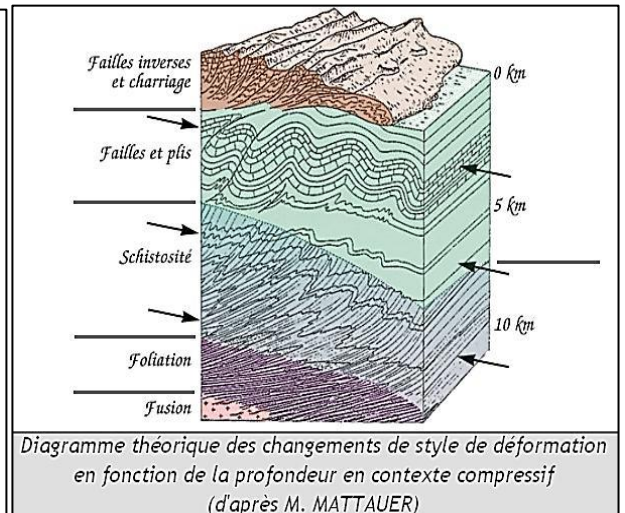
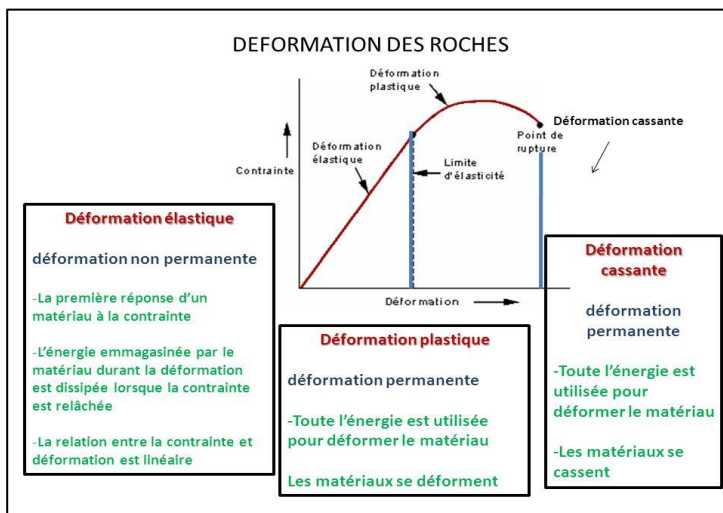
Evaluation : Exercice (à la maison) fig 4 page 85 fascicule de document

### III- Les déformations tectoniques caractérisant les chaînes de subduction et des chaînes de collision :

Les déformations tectoniques sont changements de forme, de position ou d'orientation des roches soumises à des contraintes, dues à des mouvements tectoniques horizontaux (compression, distention et coulissage) et à des mouvements verticaux.

#### 1) Les facteurs de déformation des roches page 93



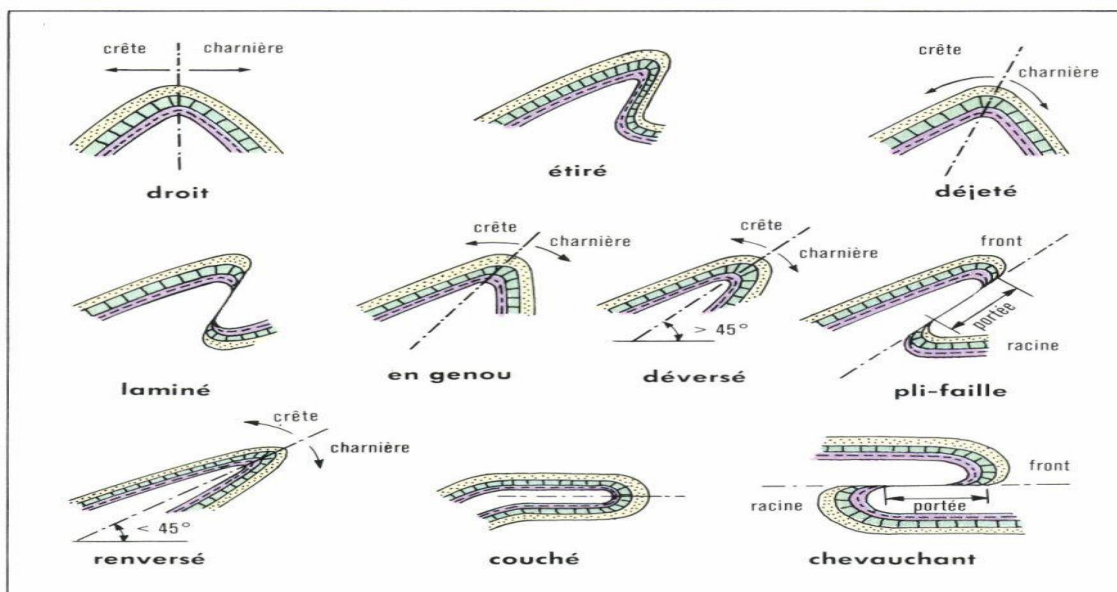


## 2) Les types des déformations tectoniques :

### a- Les plis :

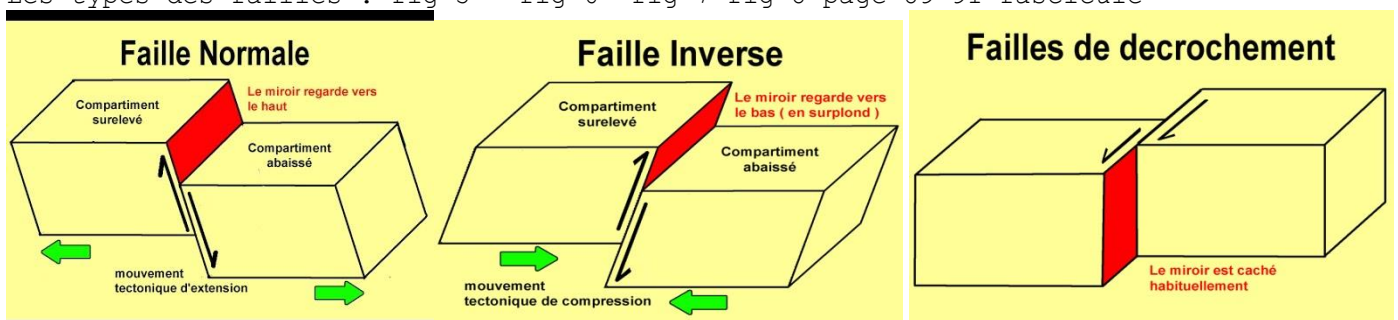
- Les plis sont des déformations tectoniques continues (les couches de roches restent reliées le long de la zone de plissement) Il résulte de forces de compression, ce qui entraîne un raccourcissement des couches de roche.
- Pli synclinal et pli anticlinal : fig 1-fig2-fig3- page 89
- Eléments constitutif d'un pli : fig4 page 89
- Les types des plis :

Les différents types de plis.



### b- Les failles

- Une *faille* est une cassure de la croûte terrestre qui s'accompagne d'un déplacement des deux compartiments ainsi créés.
- Les types des failles : fig 5 - fig 6 -fig 7-fig 8 page 89-91 fascicule



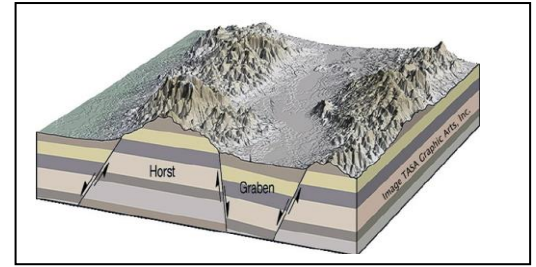


- faille normale → écartement des deux blocs du à des forces de distention
- faille inverse → rapprochement des deux blocs du à des forces de compression
- faille transformante ou décrochement → coulissage des deux blocs du à des forces latérales  
(Dextre → déplacement vers la droite ; Senestre → déplacement vers la gauche)

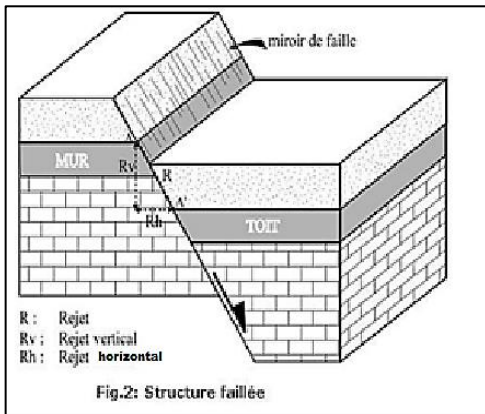
**Remarque :** fig 13 page 93

**Horst**(fossé d'effondrement) → combinaison de plusieurs failles inverses

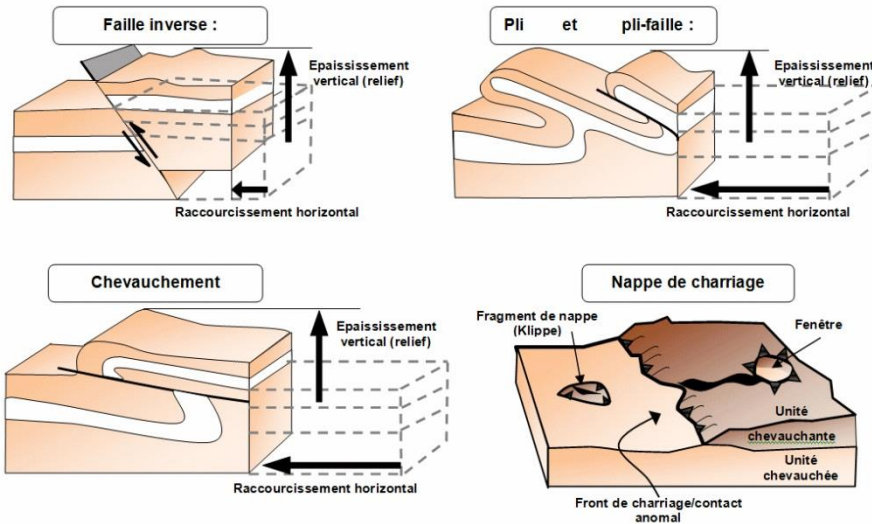
**Graben**(soulèvement) → combinaison de plusieurs failles normales.



• **Les éléments constitutifs d'une faille : polycopie**

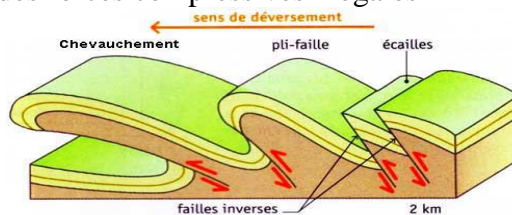


**c- Structures intermédiaires**

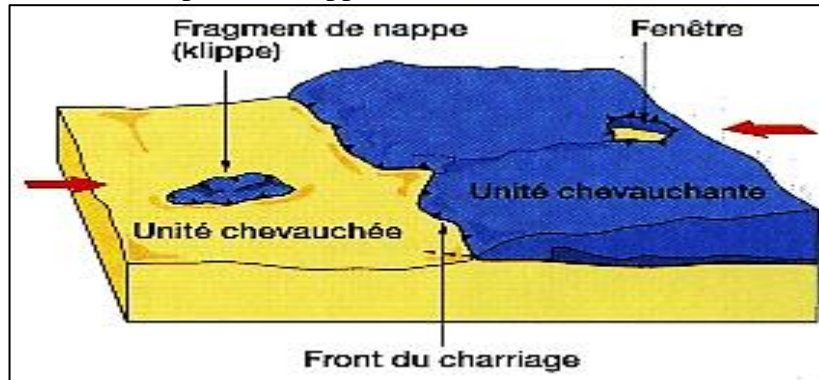


**Pli-faille :** figure 9 page 91 : En raison de l'augmentation de la pression sur l'un des coté du pli ,le côté opposé dilate et s'amincit ,Cela provoque une cassure et le pli se développe en pli-faille.

**Chevauchement figure 11 page 91 :** déplacement horizontale de faible distance (quelques mètres ou km) d'une unité géologique au-dessus de l'autre par des forces compressives inégales



**Nappe de charriage fig 12 page 93 :** ensemble de terrain rocheux déplacé sur plusieurs dizaines de kilomètre et chevauchant d'autre formations rocheuses. Lorsqu'une partie de cette nappe reste sous forme d'un ilot isolé par érosion on parle de klippe.

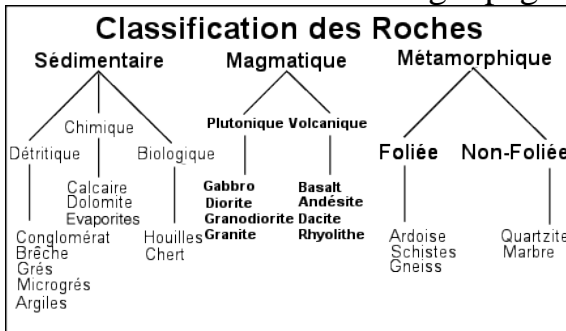


## Chapitre 2

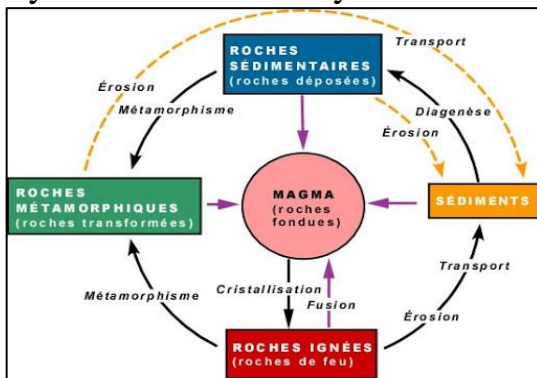
# Métamorphisme et sa relation avec la tectonique des plaques

### Rappel et problématique

- Classification des roches : fig 2 page 97 fascicule de document



- Cycles des roches et cycle des matériaux de la croûte continentale fig 1 fig 4 page 97



➔ Dans les zones de subduction et de collision les roches, enfouies à des profondeurs importantes, sont soumises à des températures et des pressions élevées et subissent des transformations dues au phénomène de métamorphisme.

- 1- Quelles sont les caractéristiques structurales et minéralogiques des roches métamorphiques marquant les zones de subduction et des zones de collision ?
- 2- Quelles sont les conditions de métamorphismes et leur relation avec la tectonique des plaques ?
- 3- Comment l'étude de ces caractéristiques permet-elle de reconstituer les conditions physiques (P, T en profondeur) qui ont accompagnées les mouvements de ces roches et faire le lien avec le contexte géodynamique?

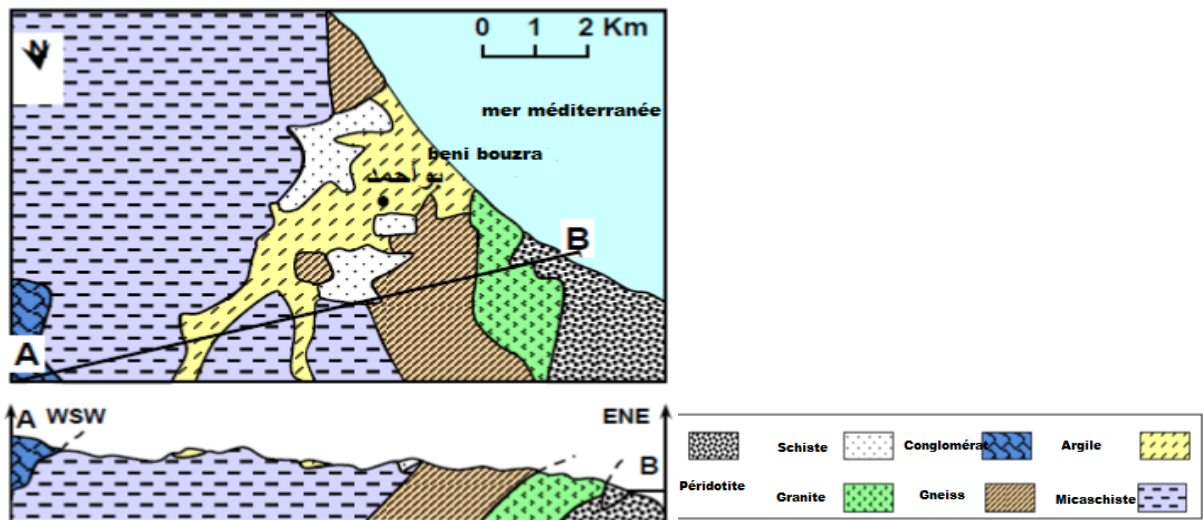
### I- les roches métamorphiques affleurant dans les zones de collision

#### A- Affleurement des roches métamorphiques témoignant d'une collision.

##### Exemple 1 :

**Région de Beni Bouzra dans le Rif interne** doc a-b svt+ page 171





- **Les caractéristiques pétrographiques de la région :**
    - Présence des roches sédimentaires : sédiments d'argile et limon..
    - Présence des roches métamorphiques : schistes micaschiste et gneiss
    - Présence des roches magmatique plutonique : périodite et granite
  - **Les caractéristiques structurales :**
    - Failles inverses et plis (et schistosité) → la région a subie des contraintes tectoniques compressives.
  - **La relation entre la distribution des roches métamorphique et les structures tectoniques dans la région :**
    - les zones internes des montagnes du Rif présentes dans la région de Beni Bouzra des affleurements des roches métamorphiques bien concentriques du SW vers NE ; on y trouve successivement du schiste, micaschiste et du gneiss.
- Ces roches se caractérisent par d'importantes déformations sous formes de plis et de schistosité.

Exemple 2 : Région **Bas Limousin** dans les alpes doc 1 fascicule page 103




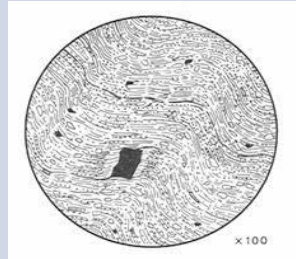

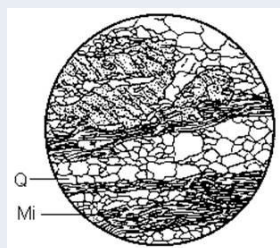
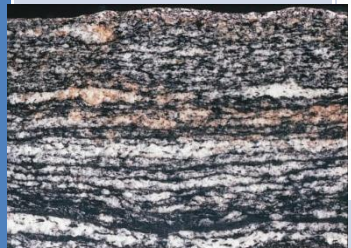
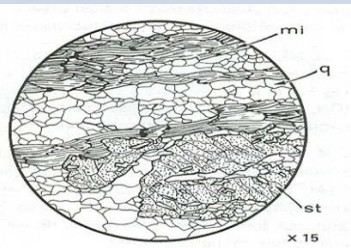
Aux alpes on distingue deux phases de métamorphisme :

- Métamorphisme du crétacé (-130 → -65MA) coïncide avec la subduction.
- Métamorphisme du de l'éocène (-50 → -30MA) coïncide avec la collision et la formation du relief.

### **B- Les caractéristiques structurales, minéralogiques et chimiques des roches métamorphiques.**

#### **Activité :**

Le tableau du document 2 page 103 montre l'observation à l'œil nu et au microscope polarisant de 3 types de roches métamorphiques et leur composition minéralogique. Le tableau de la figure 3 donne la composition chimique des roches métamorphiques.

critères/échantillon	Aspect de l'échantillon à l'œil nu	Caractéristiques observées en lame mince	Minéraux présents
<b>R1 = schiste à séricite et chlorite</b> Roche métamorphique	Roche grise satinée, feuilletée Les différents feuillets peuvent se détacher les uns des autres. 	Minéraux allongés, orientés dans le même sens 	Séricite, chlorite, pas de biotite
<b>R2=Micaschiste à grenat</b> Roche métamorphique	Roche de couleur argentée (due aux micas) 	Minéraux alignés les uns aux autres 	Biotite=mica noir, quartz, Grenat
<b>R3=Gneiss gris</b> Roche métamorphique	Roche avec une alternance de lits blancs et noirs 	Minéraux disposés en lits de nature minéralogique Différente 	Lit blanc=quartz, feldspath lit noir=biotite, grenat, stauro

Composition chimique de quelques roches métamorphiques et formules chimiques de quelques minéraux qui les composent.

Éléments chimiques	Roches métamorphiques		
	Schiste	Micaschiste	Gneiss
SiO <sub>2</sub>	60,2	60,9	68,7
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20,9	19,1	16,2
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,8	1,2	0,7
FeO	3,7	4,1	4,1
MgO	0,85	1,4	1,3
CaO	0,55	1,7	1,8
Na <sub>2</sub> O	2,45	2,1	3,8
K <sub>2</sub> O	4,1	3,7	3

Minéraux	Formule chimique
Plagioclase	(Na,Ca)(Si,Al <sub>3</sub> )O <sub>8</sub>
Augite	(Ca,Mg,Fe) <sub>2</sub> (Si,Al) <sub>2</sub> O <sub>6</sub>
Epidote	Ca <sub>2</sub> FeAl <sub>2</sub> (Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub> )(SiO <sub>4</sub> )(O,OH)
Glaucophane	Na <sub>2</sub> (Mg,Fe <sup>2+</sup> ) <sub>3</sub> Al <sub>2</sub> Si <sub>8</sub> O <sub>22</sub> (OH) <sub>2</sub>
Jadéite	Na <sub>2</sub> Al(Si <sub>2</sub> O <sub>6</sub> )
Grenat	(Fe, Mg,Ca) Si <sub>3</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>12</sub>

Composition chimique de roches métamorphiques (en %)

Roche métamorphique : roche qui a subi une transformation minéralogique et structurale à l'état solide suite à l'élévation des conditions de la température et de la pression en profondeur.

Quelques minéraux de silicates d'alumine<sup>2</sup> des roches métamorphiques et leurs formules chimiques : ces minéraux sont caractérisés par leur composition chimique générale Al<sub>2</sub>SiO<sub>5</sub> d'où leur nomination de silicates d'alumine

- Décrire la structure macroscopique et microscopique pour chaque échantillon de roche métamorphique.
- Extraire la composition minéralogique de chaque roche. Que déduisez-vous ?
- Qu'est-ce que vous déduisez à partir de l'analyse la composition chimique des différentes roches ?  
Proposez une hypothèse expliquant la relation entre toutes les roches se trouvant dans cette région

**Réponses :**

1)

- **A l'œil nu** : Ces roches ont une particularité d'avoir un aspect feuilleté, et de se débiter en plaques fines ou feuillets; ils sont formés par des cristaux → roches cristallines feuilletées

**Remarque :**

\*\* **Litage** : stratification ou disposition de roches sédimentaires en lits (couches) successifs distincts, centimétrique à décimétriques. il est due seulement au phénomène de sédimentation.

\*\* **Schistosité** : Réarrangement des minéraux de roches en feuillets et aptitude au débitage facile.

\*\* **foliation** : Accentuation de réarrangement des minéraux de la roche en bandes alternantes (claires et sombres) parallèles, distantes de quelques millimètres.

- **Structure microscopique des roches métamorphiques :**

- **Schiste** : roche à texture **schisteuse** présentant un débit en feuillets plus ou moins minces, ondulés ou irréguliers, suivant des plans de schistosité suivant lesquels les minéraux constitutifs de la roche sont orientés parallèlement les uns par rapport aux autres sous l'influence de contraintes tectoniques.
- **Micaschiste** : roche à texture **schisteuse et foliée** présentant une alternance de feuillets de composition différente dont les délimitations sont visibles entre les lits. (lits sombres à biotites et lits clairs à quartz et feldspath)
- **Gneiss** : roche à **texture foliée**, difficile à débiter, caractérisé par une alternance de lits sombres constitués de minéraux de micas et de lits clairs constitués par des minéraux de quartz et feldspath.

2)- La composition minéralogique de ces roches :

**Schiste** : séricite, chlorite ; autres minéraux...

**Micaschiste** : quartz, biotite (mica noir), muscovite (mica blanc)

**Gneiss** : quartz et feldspath (lits clairs) biotite et muscovite (lits sombres)

**On remarque que lorsqu'on passe du schiste vers micaschiste puis vers le gneiss la taille des minéraux augmentent et la texture devient de plus en plus complexe.**

**On constate aussi qu'il y a disparition de certains minéraux et apparition d'autres.**

### 3) Composition chimique : figure 3 page 103

Toutes ces roches ont la même composition chimique, composées en majorité par les éléments ( $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$ ), c'est pourquoi les minéraux qui contiennent ces éléments sont désignés par les **silicates d'alumines**.

4) Ces roches métamorphiques ont la même composition chimique mais ont **des structures et compositions minéralogiques différentes**, ce qui indique que ces roches ont la même origine, mais ont subi des conditions différentes de formation.

Sachant que les roches argileuses voisines sont principalement constituées de silicates d'alumines, nous pouvons supposer que les échantillons étudiés sont le résultat du métamorphisme (transformations structurales et minéralogiques) des roches argileuses.

## **II- les roches métamorphiques affleurant dans les zones de subduction**

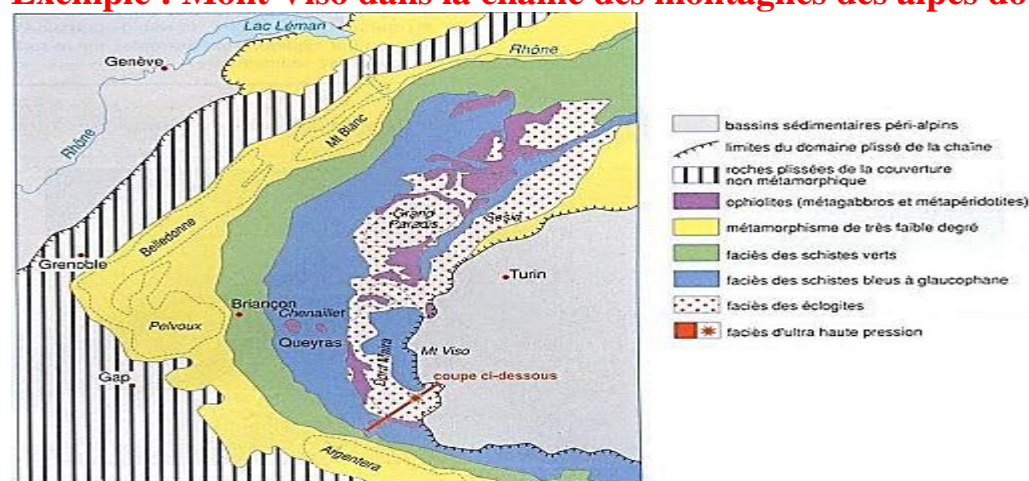
### **A- Affleurement des roches métamorphiques témoignant d'une subduction.**

« Les zones de subductions actuelles sont caractérisées par des conditions favorables à la formation de roches métamorphiques, mais sont difficiles à observer et à étudier



puisqu'elles sont situées dans les profondeurs, donc on se réfère à l'étude des roches métamorphiques qui affleurent dans les anciennes zones de subductions. »

### Exemple : Mont Viso dans la chaîne des montagnes des Alpes doc1 page99



- **Caractéristiques pétrographique de la région:**

La carte montre une zonation dans la distribution des roches métamorphiques : on passe progressivement du domaine du schiste vert (riche en Chlorite), vers le domaine de schiste bleu (riche en glaucophane), puis vers le domaine de l'éclogite (riche en jadéite et grenat) intercalé avec l'ophiolite.

- **Indications de la présence d'ophiolites dans la région:**

L'ophiolite indique que la collision qui a entraîné la formation **des Alpes** a été précédée par **une subduction** puis **obduction**.

- **La relation entre la distribution des roches métamorphiques et les conditions du métamorphisme:**

- Il y a **une augmentation de l'intensité du métamorphisme** lorsqu'on passe du schiste vert vers le schiste bleu puis à l'éclogite.
- La présence de la roche « **éclogite** » riche en minéraux grenat et jadéite (clinopyroxène sodique) qui se forme dans des conditions de **haute pression**, témoigne d'une subduction précédant la collision.

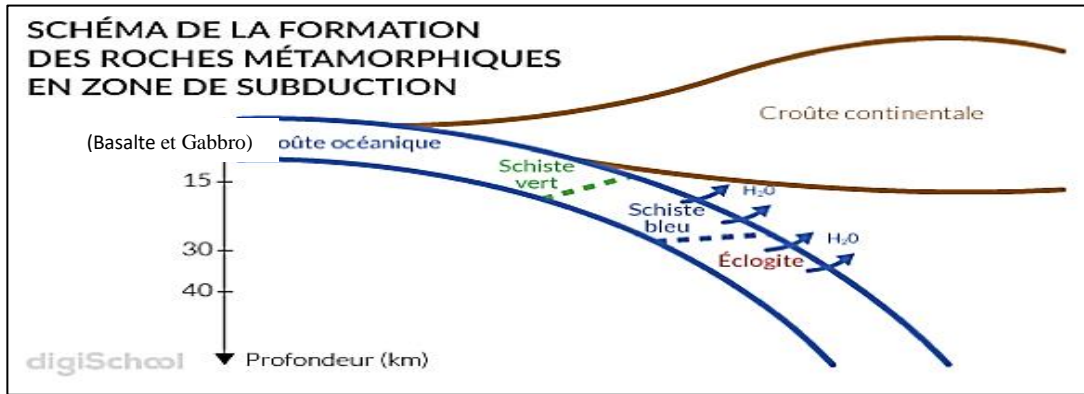
### B- **Caractéristiques des roches métamorphiques qui affleurent dans les zones de subduction**

#### 1- **Caractéristiques minéralogiques figure1 tableau 3 page 101**

#### 2- **Composition chimique et minéralogique des roches métamorphiques Et comparaison avec basalte/gabbro. Figure2 page 101**

#### 3- **Déduction :**

- Malgré des différences dans la structure et composition minéralogique, ces roches ont la **même composition chimique générale** (silicates d'alumines). Et qui est proche de la composition de la roche magmatique (gabbro/basalte).  
Donc ces roches ont subi des transformations structurales et minéralogiques au cours d'un métamorphisme produit dans La région des Alpes franco-italiennes dont le degré varie selon les zones.
- Ces données montrent que ces roches ont **une origine commune**, toutes issues de la transformation de la roche du **gabbro** un niveau de la zone de subduction (haute pression). Et par conséquent la formation de la chaîne alpine a été précédée par la disparition d'un ancien océan (alpin) à la suite de l'enfouissement d'une plaque sous l'autre qui s'est terminé par la collision des deux continents portés par ces deux plaques, conditions favorables à la formation de roches métamorphiques.



Bilan :

Les roches métamorphiques proviennent de la transformation structurale et minéralogique à l'état solide des roches préexistantes sous l'effet de la variation des facteurs physique (P,T)

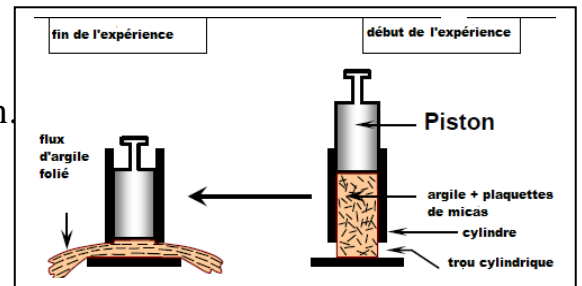
### III- Les facteurs du métamorphisme

#### A) Influence de la pression

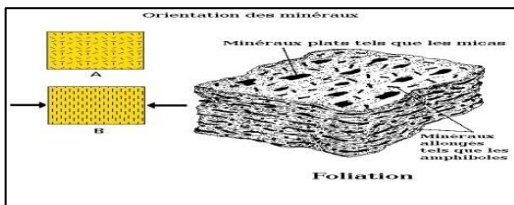
##### ● Expérience de Daubrée

On soumet un mélange d'argile et de plaquettes de micas à une haute pression dans un cylindre à piston.

- On constate l'apparition d'une schistosité au niveau de l'argile diffusé à travers les trous du cylindre et qui est perpendiculaire à la direction de la force de pression aussi les minéraux de micas sont alignés selon les plans de cette schistosité. (fig1 doc2 p 107)



Donc la pression est responsable de la transformation structurale des roches .



#### B) Influence de la température

##### ● Expérience de Winkler :

On soumet des roches argileux à une pression constante (2kbar) mais avec l'augmentation progressive de la température. Les résultats :

T=570°C  
P=2Kbar

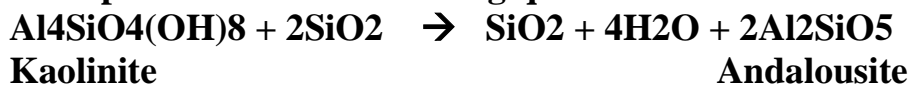
T=700°C  
P=2Kbar

Roches argileux -----> apparition de nouveaux minéraux -----> début de fusion : \* Partie liquide

(Chlorite, Séricite, Muscovite) (Plagioclase, biotite, andalousite) \* Partie solide : (Plagioclase, biotite, sillimanite)

- Cette expérience montre que lorsque la température augmente, la roche solide est soumise à des transformations minéralogiques : Il y a des minéraux qui apparaissent et d'autres qui disparaissent. Donc la température est responsable de ces transformations à l'état solide.

Exemple de réaction minéralogique à 570°C :

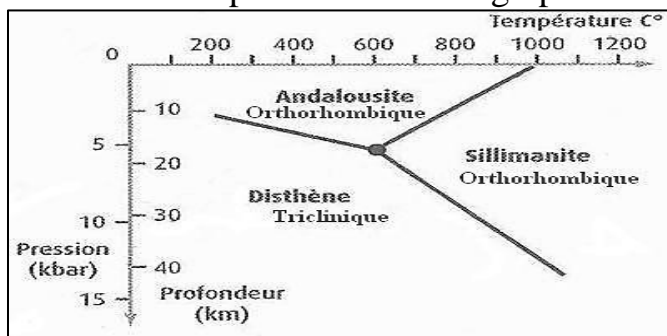


### C) Influence de la température et de la pression

#### • Expérience de Richardson et ses collaborateurs :

On a soumis un mélange de silicates d'alumine à des conditions de température et de pression variables et croissantes, et on a pu déterminer les conditions de l'apparition et les domaines de stabilités des 3 minéraux : Andalousite, Disthène et Sillimanite.

Les résultats sont représentés dans le graphe suivant : figure 1 page 107



- On constate que pour chaque minéral a des conditions de température et de pression bien déterminé pour qu'il soit en état stable et que lorsque ces conditions changent il se transforme en autre minéral

Les conditions de stabilité pour chaque minéral constituent donc son domaine de stabilité.

- Les lignes qui bordent les champs de stabilités représentent les conditions nécessaires pour la réaction minéralogique de la transformation d'un Minéral à un autre.
- Lorsqu'on passe de la roche A à B il y'a apparition du Disthène puis, avec l'élévation de la température, il y'aura disparition du disthène et apparition de la Sillimanite dans la roche.
- L'existence de l'un de ces minéraux dans une roche témoigne des conditions précises de pression et de température durant sa formation. ces minéraux représentent donc **des minéraux indicateurs (index)** (caractérisés par un domaine de stabilité réduit)

\*\* Exemple : And → HT-BP    Dist → HP-BT    Sill → HT-MP

### 2-Les conditions de métamorphisme dans la nature : doc 1 page 105

A- **La haute température** : les roches peuvent être soumis à des gradients géothermiques lors d'un enfouissement d'une partie de la croûte terrestre

B-**La pression** : L'augmentation de la pression peut avoir différentes origines :

\*\* **lithostatique** : due au poids accumulés par subsidence sédimentaire, par subduction par chevauchement ou charriage

\*\* **hydrostatique** : pression des fluides( H<sub>2</sub>O :CO<sub>2</sub>....)

\*\***Pression de contrainte** : les pressions orientées par des phénomènes tectoniques.

C- **Présence minéralisateurs** : vapeurs renfermant des substances minérales (eau, phosphate, soude.)





-les roches subissent un métamorphisme durant le quelle on passe d'une association déterminée des minéraux à une autre c.à.d qu'il y'a eu disparition de certains minéraux et apparition d'autres plus stables.

3-\*\* **Minéral indicateur** : minéral qui ne peut être stable que dans des conditions précises de pression et de température, son domaine de stabilité est réduit.

La présence de minéral indicateur dans une roche métamorphique témoigne des conditions de sa formation.

\*\***Séquence métamorphique** : Est un ensemble de roches métamorphiques, métamorphisées, à des degrés différents, et reconnues comme issues d'un même type de roche(d'une composition quasi identique).

Exemple : doc 6 page 109

-----Métamorphisme croissant----->		
Séquences	Roches initiale	Roches métamorphiques
Péilitique	pérites, argiles	schistes ->micaschistes->gneiss ->leptynites
arénacée	grès, arkoses	quartzites ->gneiss->leptynites
calcaropéilitique	marnes	micaschistes à mx->amphibolites ->pyroxénites
carbonatée	calcaires et dolomites	calcshistes->marbres->cipolins
granitique	granitoïdes et laves analogues	(protogine) -> gneiss -> leptynites (=granite chloritisé à texture schisteuse)
basique	diorite, gabbros, basaltes	schistes->prasinites->amphibolites->pyroxénites

\*\* **Métamorphisme** : c'est l'ensemble des transformations structurales et minéralogiques, à l'état solide, d'une roche préexistante (sédimentaire, magmatique ou métamorphique), sous l'effet de la variations des facteurs de Pression et Température.

## 2) Facies métamorphique et série métamorphique

### a- Facies métamorphique.

**Exercice** : La figure suivante donne les différents facies métamorphique Pour la roche d'origine basalte ou gabbro.

\* Analysez la figure sachant que le schiste Vert, schiste bleu et amphibolite et l'éclogite ont une composition chimique similaire.

\* Donnez une définition précise facies métamorphique et de la séquence métamorphique

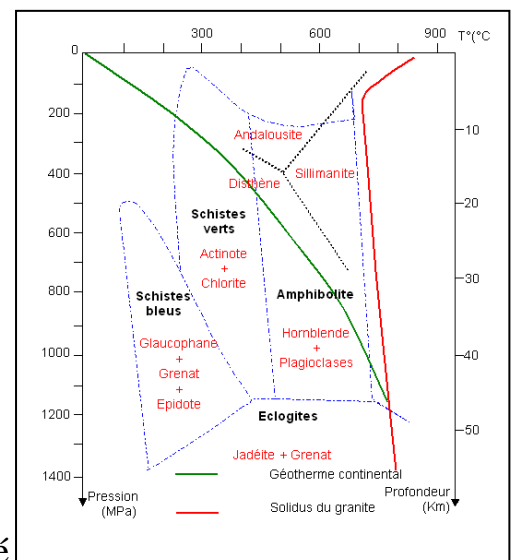
Réponse :

- à partir du document on constate qu'il y'a une Variation dans la composition du schiste vert, bleu, amphibolite et éclogite càd que chaque faciès est caractérisé par une association déterminé de minéraux .cette variation dépend des conditions de Pression et de Température de la formation de la roche .

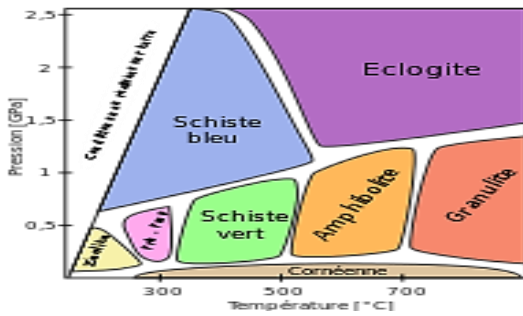
- faciès métamorphique** : Association déterminée de minéraux caractéristiques qui permet de définir les conditions de pression et de température qui régnait lors de la formation de la roche métamorphique indépendamment de sa composition chimique.

(Basalte ou argile aura un faciès d'amphibolite à une pression et température élevée).

- Les différents types de faciès et les minéraux caractéristiques : tableau page 101



Remarque : faciès métamorphique d'Eskola fig 3 page 111.



- **Série de faciès métamorphiques** : succession de faciès métamorphiques qui traduisent l'évolution de la roche lors d'un métamorphisme.

Exemple de série métamorphique:

- gabbro → faciès de schiste bleu → faciès d'éclogite
- argile → schiste vert → amphibolite.

Remarque : fig 3 page 105

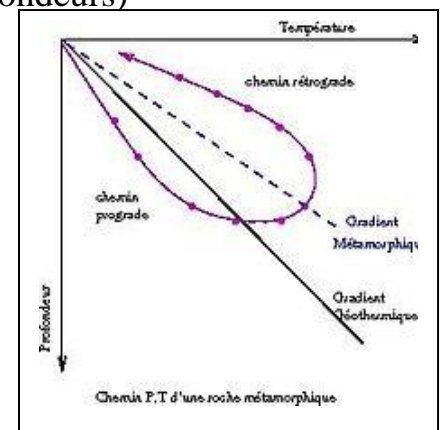
Lors des mouvements descendants (de la surface vers les profondeurs)

on assiste à métamorphisme prograde (à intensité croissante).

Lors des mouvements ascendants on assiste à

un métamorphisme rétrograde (à intensité décroissante).

Malgré le retour des roches en surface, les minéraux ne réapparaissent pas, à cause de la fuite vers la surface des fluides produits au cours de la phase du métamorphisme prograde.



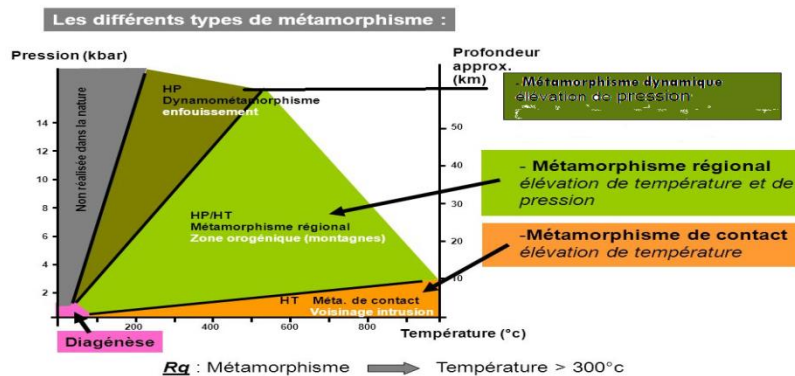
## V- Les différents types du métamorphisme dans les zones de subduction et dans les zones de collision.

### 1) Domaines de métamorphismes dans la nature.

Le type de métamorphisme est basé à la fois sur la présence de l'un ou l'autre agent du métamorphisme et sur la nature du processus géologique responsable du métamorphisme observé. Ce sont essentiellement la température et la pression, qui peuvent agir simultanément, ou l'un



d'eux prévaloir sur l'autre. Généralement on peut distinguer entre 3 types fig3 doc 2 page 113:



- **Métamorphisme de contact (ou thermique) :**

intervient par l'effet d'une haute température (HT-BP)

Le métamorphisme de contact est localisé au contact des roches magmatiques et il affecte des enclaves et les terrains qu'il traverse. Ce métamorphisme est surtout lié à l'élévation de la température, c'est pourquoi il est aussi appelé thermométamorphisme. Son affleurement dessine sur une carte une auréole de métamorphisme de contact, avec la roche magmatique au cœur (auréole de contact autour du granite).

- **Métamorphisme dynamique(de subduction) :** document 1 page 111

Intervient par l'effet d'une forte pression (HP-BT)

lié aux contraintes se développant dans les grands accidents cassants, ce *métamorphisme apparaît dans les zones d'enfouissement où se produit une élévation de pression alors que la température reste faible.*

- **Métamorphisme thermodynamique ou général (régional) :** document 2 page 113

Intervient par l'effet simultané d'une forte pression et d'une haute température (MP -HT)

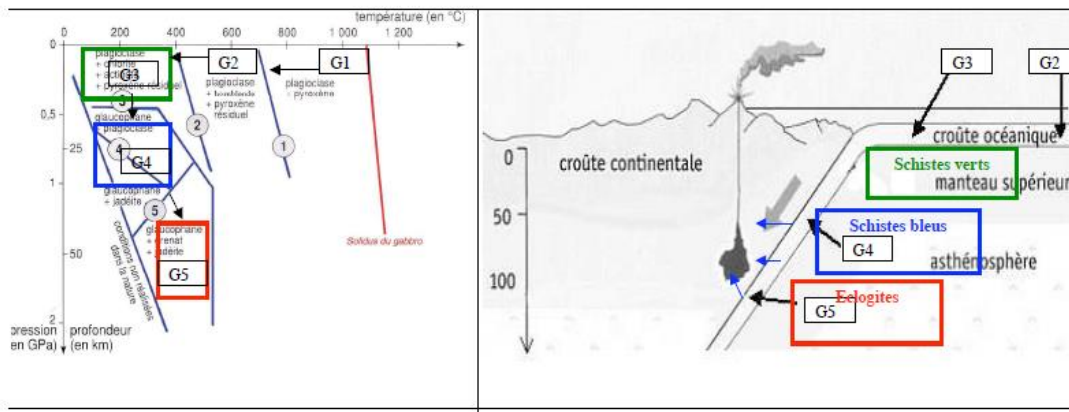
Le métamorphisme régional forme de grandes régions métamorphiques, caractéristiques de nombreuses chaînes de montagnes et de boucliers anciens. Typiquement, le métamorphisme régional suppose une élévation de la température et de pression, c'est-à-dire un enfouissement produisant des températures élevées contrôlées par la profondeur atteinte dans la croûte ou le manteau, et une déformation pour enregistrer les structures tectoniques.

**Remarque :** Il existe également un *métamorphisme d'impact* ou Métamorphisme de choc il n'a pas de relation génétique avec les autres types de métamorphisme, il est provoqué par de grosses [météorites](#), percutant à grande vitesse les surfaces terrestres .

- **Remarque : Notion de zone métamorphique : document 3 page 115**

## 2) Les conditions du métamorphisme dans les zones de subduction :

**Exercice :** Des géologues ont pu étudier le trajet de l'évolution la roche du Gabbro (G1) en fonction des conditions de pression et de température dans des zone de subduction; après une comparaison avec des roches métamorphiques observées en affleurement dans ces régions telles que le Métagabbro G2,G3 ,G4 et l'éclogiteG5 ils ont proposé le modèle explicatif suivant :



- En comparant la composition minéralogique des différents échantillons déterminez les conditions de pression et de température dans lesquelles se sont formés le gabbro(G1) et les échantillons des roches :G2,G3, G4,G5, puis déduire le type de métamorphisme qu'a subi la roche du gabbro dans cette zone.

Réponse :

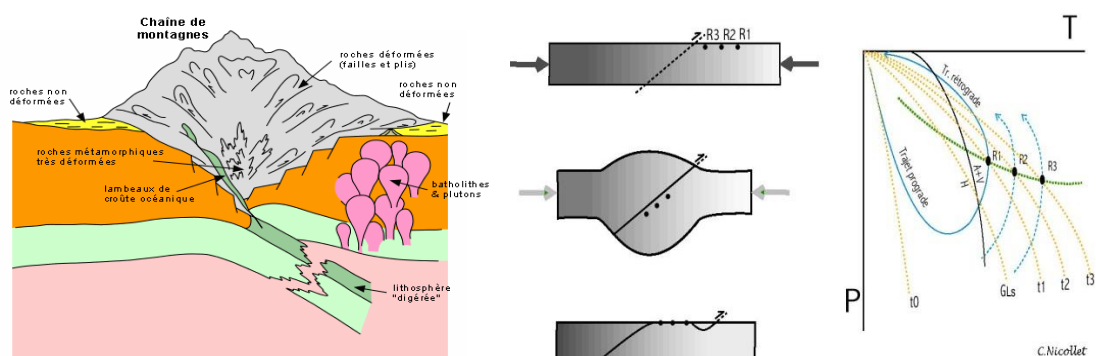
- lorsqu'on passe de G1 à G5 on constate qu'il y a variation dans la composition minéralogique des roches :

- \*\*en G1 (gabbro) on trouve plagioclase +pyroxène
- \*\* en G2(métagabbro) Apparition amphibole verte (hornblende) ;
- \*\* en G3(métagabbro) Apparition actinote et chlorite et disparition de l'amphibole;
- \*\* en G4 (métagabbro) Apparition Glaucophane (+/- jadéite) et disparition de l'actinote ;
- \*\*en G5 (éclogite) Apparition Grenat (+/- jadéite) et disparition du glaucophane ;

\* Le gabbro (ou basalte) se forme au niveau de la dorsale océanique où régnait une température très élevée et basse pression dans des faibles profondeurs. Avec l'expansion océanique le gabbro s'éloigne de la dorsale et se dirige vers les zones de convergences d'où diminution progressive de la température. Arrivé au contact du continent il s'enfonce progressivement sous la plaque chevauchante d'où augmentation progressive de la pression, on assiste donc à une recristallisation des minéraux avec disparition et apparition de nouveaux minéraux. On passe donc du faciès du schiste vert au début de la subduction au faciès schiste bleu et avec l'augmentation la pression on passe au faciès d'éclogite (avec déshydratation des minéraux).

\* **Déduction : au niveau des zones de subduction se produit un métamorphisme dynamique HP-BT.** Par exemple On y trouve une série métamorphique comme suit : gabbro→schiste vert→schiste bleu→éclogite.

### 3) Les conditions de métamorphisme dans les zones de collision :



Lors de la collision il y'a confrontation des deux plaques continentales sous l'effet des forces de pression→raccourcissement de la lithosphère et augmentation de son épaisseur → enfouissement des roches de la lithosphère vers la profondeur→élévation de la pression et de la température : les roches subissent un dynamo-thermo métamorphisme (régional).

Par exemple On y trouve une série métamorphique comme suit : argile→schiste vert→amphibolite

Ces roches vont remonter à la surface lors des déformations tectoniques (failles inverses et plissement..) accompagnant la formation des chaines de collision, et peuvent être observées à l'affleurement après l'érosion.

### Chapitre 3 :

## Granitisation et sa relation avec le métamorphisme

### Introduction et problématique :

Les roches granitiques représentent la majorité des roches qui constituent la croûte continentale .ils sont des roches magmatique plutoniques.

Les observations de terrains montrent qu'il existe une interpénétration entre certains massifs granitiques et les roches métamorphiques avoisinantes.

- Quelle est donc la relation géographique entre les roches granitiques et les roches métamorphique ?
- Où et comment se forment les roches granitiques ?

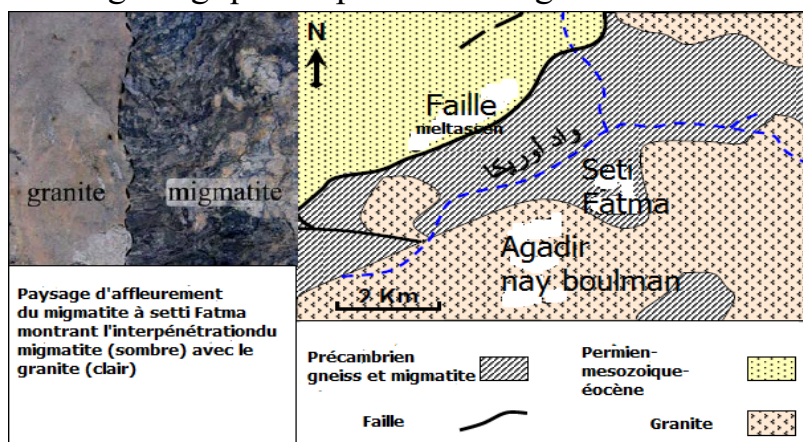
### I- Le granite d'anatexie

#### A- Relation entre l'affleurement du granite anatectique et les roches avoisinantes :

A1 : observation sur le terrain : exemple granite de Ourika haut atlas (siti Fatma)

- Carte géologique simple dans la région d'Ourika

\* la vallée d'Ourika (marrakech)



Le granite de « seti Fatima » est associé à des roches très métamorphosé telles que les gneiss et plusieurs déformations sous forme de failles.




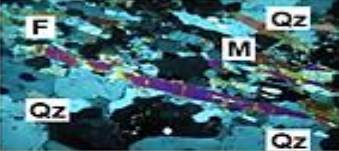


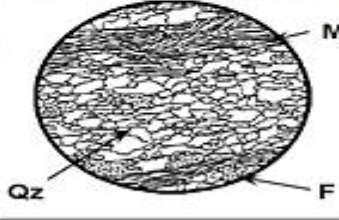


Il n'y a pas de limite nette entre l'affleurement du granite et les roches métamorphiques avoisinantes, où la zone de passage est formée par des formations intermédiaires sous forme d'une combinaison de granite et



de gneiss appelé **migmatite** (migma= mélange → roche métamorphique ayant subi une fusion partielle par enfouissement plus poussé).

Elle indique la fin de la séquence métamorphique, traversant les conditions du métamorphisme, et passage vers les conditions de la fusion partielle ou anatexie.

A2- Etude comparative de la structure et de la composition minéralogique du granite et des roches avoisinantes : doc 2 page 121

Roche	Gneiss	Migmatite	Granite
Observation à l'œil nu			
Lame mince en lumière polarisante			
Schéma explicatif de la lame mince			
Composition minéralogique	Qz = Quartz Pl = plagioclase M = mica noir	Qz = Quartz F = feldspath potassik Pl = plagioclase M = mica noir	Qz = Quartz F = feldspath potassik Pl = plagioclase M = mica noir
Texture	Foliée	foliée - grenue	Grenue

- La roche du migmatite est caractérisé par des lits claires de composition minéralogique granitique (quartz et feldspath) et à texture grenue alternées par des lits sombres de composition minéralogique proche du gneiss (micas sillimanite ,grenat...) à texture foliée
- L'observation microscopique montre que plus on s'approche du granite, plus nous passons d'une structure foliée caractéristique du gneiss vers la structure grenue caractéristique du granite (gros cristaux de même taille → cristallisation lente d'un magma en profondeur)
- Le granite et le gneiss ont la même composition minéralogique, mais avec des structures et des cristaux différents. Donc on peut dire que Ces roches ont la même origine.

**Conclusion :**

Le passage progressif des roches métamorphiques au granite et la présence d'une roche intermédiaire « migmatite » nous fait supposer que le granite forme l'étape ultime des étapes du métamorphisme.

Puisque l'orientation des minéraux est perdue dans la roche du granite, on peut supposer que le passage du gneiss au granite se produit par l'apparition d'un état liquide : c'est la roche d'origine, sous l'effet de haute pression et haute température en profondeur (catazone), entre en fusion partielle (anatexie) pour générer un magma qui après son refroidissement et sa cristallisation donne le granite. Ce type de granite est désigné par **granite d'anatexie**.

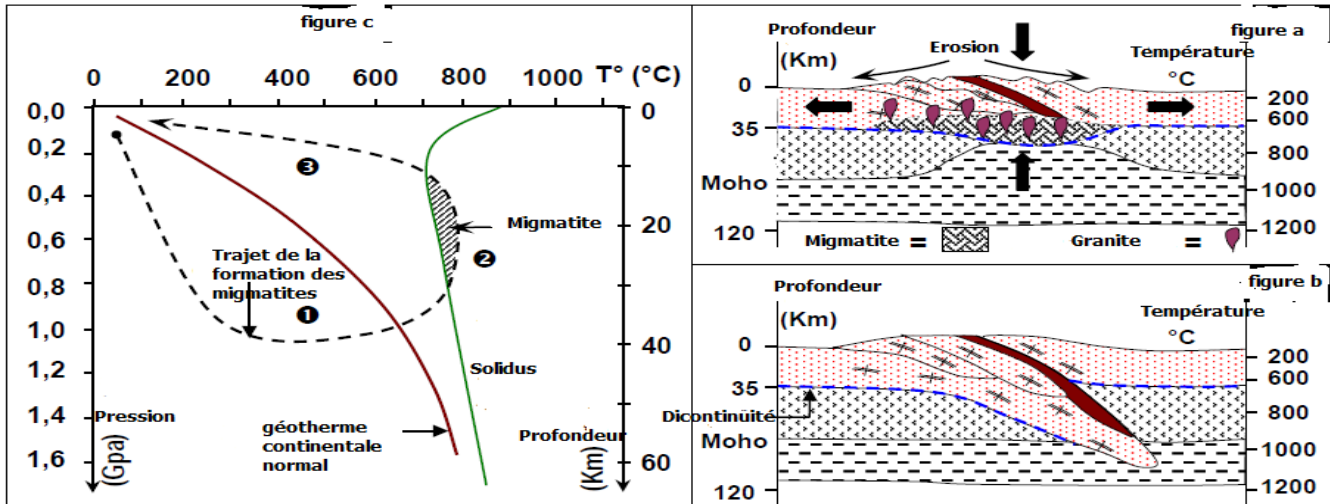
**B- Relation entre granitisation et formation des chaînes de montagne :**

**\*Activité : exercice :**

La figure A et la figure B donnent des dessins schématiques pour illustrer l'origine des granites anatectiques pendant la formation des chaînes de collision.

La figure C donne le trajet de la formation du migmatite en fonction de la variation de pression et de température pendant la formation des chaînes de collision.

- consignes :** - Exploiter Les données de la figure C pour expliquer la formation du granite d'anatexie dans les régions de formation des chaînes de montagnes.  
 - Et montrer le rôle des facteurs tectoniques dans la formation du granite anatectiques accompagnants ces chaînes de montagnes .



**Réponse :**

- Dans les zones de collision, les forces **compressives** conduit à l'enfouissement des unités de roches de la croûte pour subir des hautes pressions et de hautes températures (partie 1 de le courbe c).
- Durant la fin de **convergences**, et dans le cadre de l'amincissement crustal qui accompagne l'effacement de la chaine de montagne, ces parties profondes montent vers la surface , les forces compressives cèdent la place aux forces distensives
- À mesure que ces unités augmentent, en raison des mouvements tectoniques, la pression diminue, tandis que la température reste plus élevée. Cela conduit à **la fusion partielle** des roches et forme **un magma anatectique** qui se refroidit à sa place et se minéralise tout près des roches à partir desquelles il a pris naissance (entre 5-15 km); il donne enfin les migmatites et le granite d'anatexie.(partie 2 courbe c)
- Ces roches n'apparaissent en affleurement qu'après l'érosion des roches qui les surmontent et cela après des millions d'années de leur formation. (fig a )

**II- Granite intrusif et sa relation avec les roches avoisinantes**

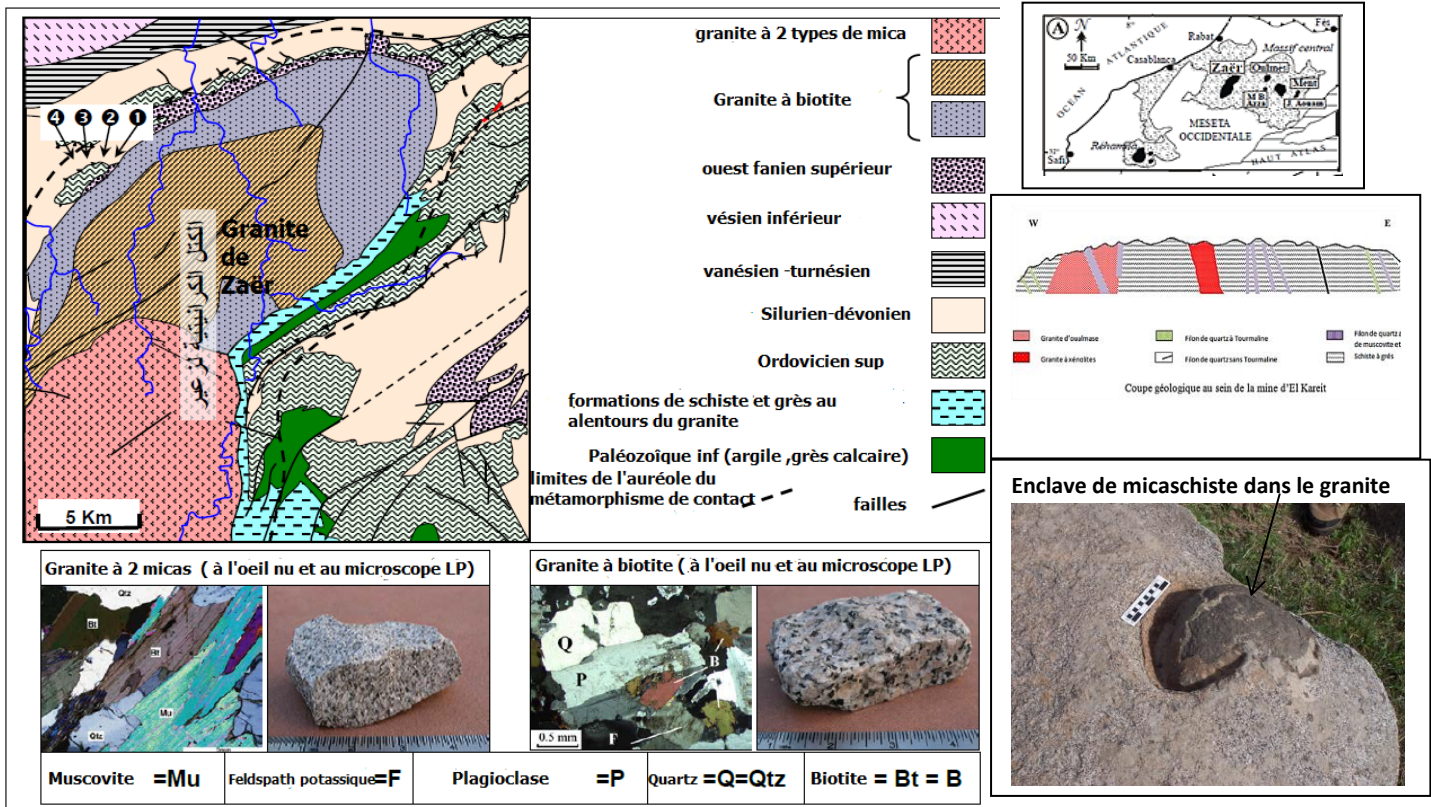
Exemple : le granite de Zair (dans la région de oulmes)

Activée (exercice):

Le document ci-dessous présente une carte et une coupe géologique simplifiée montrant le massif granitique de Zair et le positionnement des roches métamorphique qui l'entourent, avec la composition minéralogique de ces roches et leurs sites de récolte.

Roche	1	2	3	4
Caractéristiques minéralogique	Feldspath potassique	Cordiérite+ andalousite	Andalousite + biotite	Biotite chlorite+ séricite

Nous donnons également quelques échantillons du granite avec des lames minces observées en lumière polarisée.



- 1) A partir de l'analyse de la carte géologique, déterminez les caractéristiques du granite du Zaïr et sa relation avec les roches métamorphiques.
- 2) Comparez les différents échantillons de roches proposés .puis expliquer la disparition de la schistosité lorsqu'on s'approche du granite et aussi la disparaissant L'apparition de nouveaux minéraux tels que l'andalousite (une caractéristique de basse pression et de haute température).
- 3) à partir de ces différents données, déterminez le type de métamorphisme qu'ils ont subi les roches avoisinantes à ce granite Dans les limites du massif granitique de Zair , il existe des enclaves qui se différencient du granite par la structure et la composition minéralogique. L'étude minéralogique de ces enclaves révèle une double origine :
  - \*Des enclaves profond enclaves à corandones et spinelles → formé sous conditions de 5KB->16km)
  - \*Des enclaves d'origine des roches qui avoisinantes au granite (enclaves à andalousite, sillimanite, biotite→ formé sous conditions de 2,5Kb=8km)
- 4) Expliquer la présence des enclaves sur les côtés des massifs granitiques et leur importance pour la détermination de l'origine du granite.

\* Réponses :

A partir de la carte géologique et de la coupe on constate que le granite Zaïr se caractérise par :

- Des Limites claires où la zone de contact avec les roches avoisinantes est bien nette.
  - homogène (la zone de passage du granite aux roches avoisinantes n'inclut pas la migmatite)
  - En discordance avec les roches avoisinante où il les coupe en se plaçant au milieu comme s'il les a remplacés après leur enlèvement.
  - Il est entouré d'une ceinture de roches métamorphique appelée **auréole métamorphique ou de contact**,
  - Extension géographique étroite (n'excédant pas 2Km)
- Nous concluons à partir de ces caractéristiques que le magma granitique qui a donné ce granite ne se forme pas dans cet endroit, mais il est monté des profondeurs et s'est introduit entre les roches préexistantes à faible profondeurs: on l'appelle **granite intrusif**.



2) Plus nous approchons du massif granitique :

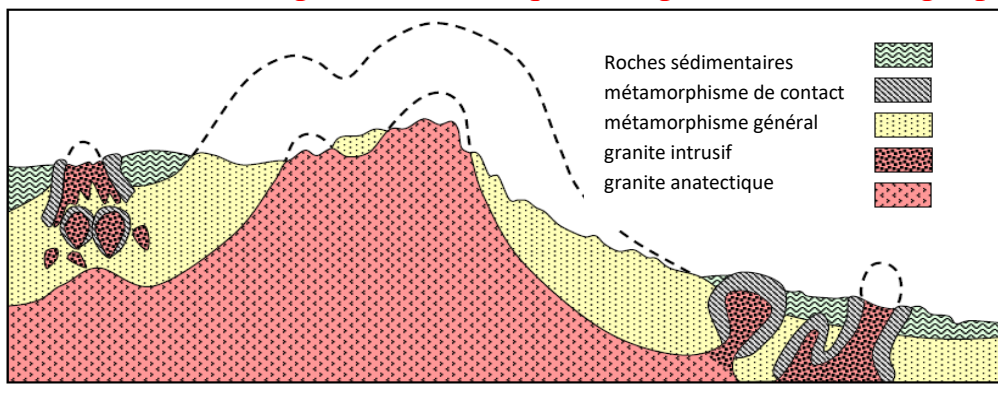
- l'orientation des minéraux disparaît.
- La taille des cristaux augmente.
- Certains minéraux disparaissent comme la séricite (indicateur d'un métamorphisme de faible intensité) alors que d'autres minéraux apparaissent comme l'andalousite (indicateurs d'un métamorphisme de HT)
- L'intensité de métamorphisme augmente à mesure que nous nous rapprochons du granite.

3) Les caractéristiques étudiées précédemment indiquent que le métamorphisme a été effectué par la haute température libérée pendant le refroidissement du magma ascendant et en absence des pressions orientées, il s'agit donc d'un **métamorphisme thermique ou de contact**

4) Nous pouvons rencontrer quelques **enclaves** dans le granite intrusif, ce sont les restes de la roche d'origine qui n'ont pas été digérés par le magma granitique lors de sa mise en place

### III- Comparaison entre granite anatectique et granite intrusif :

#### 1) Relation entre le granite anatectique et le granite intrusif fig 3 page 123



Dans certains cas, le magma anatectique chaud peut remonter et atteindre le sommet, traversant les roches préexistantes, et se refroidit et se cristallise au milieu.

En raison des températures élevées, les roches avoisinantes subissent des changements structuraux et minéralogiques, générant ainsi **un métamorphisme thermique ou de contact** car le facteur de température est le facteur principal dans ce cas.

#### 2) Tableau comparatif des granites anatexies et intrusif :

Granite d'anatexie	Granite intrusif
-Etendue géographique important	-Etendue géographique important
- Contact diffus et progressif avec les roches métamorphique	- contact net bien limité avec les roches - avoisinantes
- Délimité par les migmatites (métamorphisme régional)	- Entouré d'une auréole de contact ( métamorphisme de contact)
- Cristallisation du magma sur place en profondeur	-Cristallisation du magma dans les fissures - au cours de sa montée (faible profondeur)
-structure Grenue (cristaux de grandes tailles)	-structure microgrenue (cristaux de petites tailles)