

LES ROCHES METAMORPHIQUES (4)

V. CLASSIFICATION

La classification des roches métamorphiques est très complexe car leur aspect et leur constitution sont étroitement tributaires de deux facteurs très importants :

- la nature de la roche transformée dont il faut tenir compte des caractéristiques ;
- la situation de la roche dans une série métamorphisée qui présente différents degrés définis par les conditions de température et de pression.

A. Classification selon les faciès minéraux

Un faciès minéral est défini par l'association de certains minéraux (la paragenèse) caractérisant le chimisme d'une roche et le degré de métamorphisme qu'elle a subi. Les mêmes associations minérales correspondant aux mêmes états d'équilibre se retrouveront dans des conditions analogues. C'est en partant de ces données physico-chimiques que le pétrographe finlandais P. ESKOLA a défini la notion de faciès minéral (1921).

La classification actuellement en vigueur, basée sur les travaux de P. ESKOLA, est la classification en faciès métamorphiques. L'étude expérimentale a permis de délimiter plus ou moins bien les champs de T et P où un minéral est stable, et de déterminer, lorsque T et/ou P varie, les réactions chimiques, avec apparition de nouveaux minéraux. La figure ci-dessous (fig. 11) reprend ces différents champs.

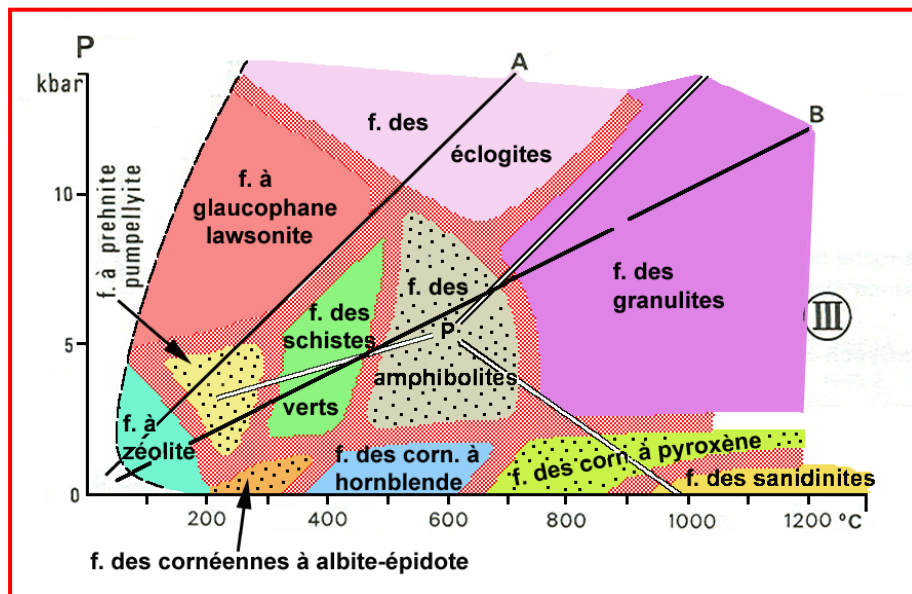


Fig. 11 – Champs des principaux faciès minéraux du métamorphisme

On fait une distinction entre les faciès rencontrés dans les roches du **métamorphisme de contact** et les roches du **métamorphisme régional**.

1. **Faciès des roches du métamorphisme de contact**

Les roches du **métamorphisme de contact** ont une **structure granoblastique** et sont privées de schistosité. Elles sont généralement très dures et à grain fin. Les espèces minéralogiques stables sont absentes ou très rares. En effet, le facteur principal de ce type de métamorphisme est l'augmentation de température qui provoque un déséquilibre des minéraux.

Pour ces roches, on distingue **4 faciès** métamorphiques correspondant à la température de leur formation.

- **Faciès des cornéennes à albite et épidote (300-500° C)** : ce faciès est typique des zones extérieures des auréoles de contact. Par suite des faibles températures auxquelles elles sont soumises, les roches ne recristallisent pas complètement et conservent des minéraux reliques, instables, présents dans la roche avant métamorphisme.
- **Faciès des cornéennes à hornblende (500-670° C)** : se formant à des températures plus élevées, ce faciès se rencontre plus près du contact avec la roche intrusive.
- **Faciès des cornéennes à pyroxène (670-775° C)** : on le rencontre dans les zones les plus proches du contact. Les roches sont complètement recristallisées.
- **Faciès des sanidites (775-900° C)**, avec feldspaths sanidine et albite : les roches appartenant à ce faciès se rencontrent très rarement, au contact avec des roches intrusives basiques de très haute température ou dans des xénolites contenus dans les laves.

2. **Faciès des roches du métamorphisme régional**

Les roches du **métamorphisme régional** sont caractérisées par leur **texture schisteuse**, anisotrope, due à l'influence des pressions orientées. Présentant une grande variété, leur classement est malaisé. Basée sur les faciès métamorphiques d'Eskola, elle groupe les roches, quelle que soient leur origine et leur composition chimique, en différents faciès caractérisés par des associations minérales reconnaissables au microscope et formées dans des conditions particulières de T et P. On distingue :

- **Faciès à zéolites** : les roches présentant ce faciès sont le produit de réactions métamorphiques ayant lieu à des températures d'environ **300° C** et à des pressions voisines de **3.000 bars** avec formation de différents minéraux où prédominent les zéolites. Ce faciès représente une transition entre la diagenèse des sédiments et le métamorphisme.
- **Faciès à pehnite et à pumpelyite** : se formant à des températures légèrement supérieures à celles du faciès précédents, les zéolites ne sont

plus stables et se recombinent pour former un minéral hydraté (pumpellyite), accompagné de quartz, d'albite et parfois d'épidote.

- **Faciès des schistes verts** : à des températures supérieures à 400° C, les minéraux des roches des faciès précédents ne sont plus stables et se décomposent en prenant part à des réactions métamorphiques. Les schistes verts sont caractérisés par la présence de minéraux de couleur verte tels que l'épidote, l'actinote, le chlorite.
- **Faciès des schistes à glaucophane – lawsonite** : les températures régnant durant la formation des schistes à glaucophane sont inférieures ou semblables à celles donnant naissance aux schistes verts (300-500° C). Lorsque les pressions s'élèvent (10.000 bars), apparaît la jadéite associée au quartz.
- **Faciès des amphibolites** : les conditions de formation correspondent à des températures de 500-750° C et des pressions de 4.000-7.000 bars. Ce faciès est caractérisé par la présence d'hornblende verte, avec épidote et albite dans le bas de la zone ou avec plagioclase plus basique dans la zone supérieure. Les micas sont stables et c'est la zone de P-T où se situe le point triple des silicates d'alumine (andalousite, sillimanite, disthène) (voir fig. 11). Les roches caractéristiques sont les amphibolites, les gneiss, les micaschistes, certains marbres.
- **Faciès des granulites** : les granulites se forment à des températures et pressions très élevées (750-1.000° C et 4.000-12.000 bars), atteignant le domaine de l'anatexie. Ce faciès se caractérise par la disparition des micas (biotite et muscovite) en présence de quartz, avec orthopyroxène, plagioclase basique et grenat.
- **Faciès des éclogites** : les éclogites se forment à des températures élevées (700-900° C) et des pressions très fortes (13.000-15.000 bars), par conséquent à de grandes profondeurs (40 à 60 Km). Les gabbros et basaltes se transforment en une roche à clinopyroxène sodique (omphacite) et grenat almandin (pyrope).

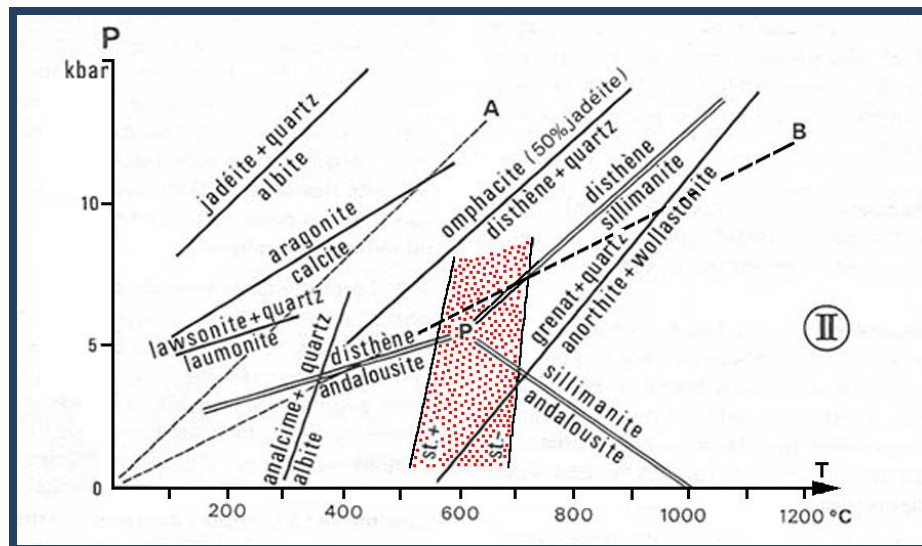


Fig. 12 – Droite d'équilibre de réactions expérimentales entre quelques minéraux du métamorphisme.

Par exemple : la transformation albite → jadeite + quartz se produit vers 200° C lorsque P passe de 9 à 10 kbars – Le point P est le point triple, situé très approximativement, des silicates d'alumine (andalousite, disthène, sillimanite) – st : staurotide, avec son champ de stabilité (en pointillés) limité par les courbes d'apparition st+ et de disparition st- lorsque T augmente

B. Classification selon les zones et les isogrades du métamorphisme

C'est en 1833, en Ecosse, que G. BARROW mit en évidence, pour la première fois, différentes **zones de métamorphisme** correspondant à des intensités différentes de métamorphisme. Il définit chacune de ces zones par un minéral caractéristique ou **minéral-index** qui donne le degré de métamorphisme des roches qui le contiennent. C'est ainsi, que BARROW établit une première **échelle relative des degrés de métamorphose**, en distinguant six zones. En 1904, GRÜBENMANN ramena le nombre de zones à trois et J. JUNG en ajouta une dans les années 30.

Donc, en liaison avec les faciès minéraux, une zone correspond à un volume de terrain présentant un certain degré de métamorphisme. Les limites de celle-ci représentées sur la carte géologique sont des **isogrades** (courbes de même degré).

Actuellement, on distingue, lors de la **zonéographie** (reconnaissance et représentation des zones) :

- **L'anchizone** forme la transition entre la diagenèse et le métamorphisme net, pour $T = 100 \text{ à } 200^\circ \text{ C}$ et $P = 1 \text{ kbar}$. Présence constante de chlorite, d'illite bien cristallisée et parfois de pyrophyllite.
- **L'épizone**, ou zone supérieure, caractérisée par des températures et des pressions lithostatiques basses et des pressions orientées fortes. Correspond à un métamorphisme faible. Roches riches en minéraux hydroxydés (mica blanc, talc, chlorite, épidote, actinote). Limite supérieure vers $T = 500^\circ \text{ C}$ définie par l'isograde « biotite ». Se rattache au **faciès à zéolithes**.

- **La mésozone**, ou zone intermédiaire caractérisée par des températures plus élevées que dans la zone précédente. Correspond à un métamorphisme moyen. Minéraux-index : biotite et muscovite, hornblende, staurotide, oligoclase, disthène, grenat almandin... C'est la zone des micaschistes et des gneiss à deux micas. Limite supérieure vers $T = 650^{\circ} C$, définie par l'isograde « sillimanite + feldspath potassique ». Se rattache au **faciès à amphibolites**.
- **La catazone**, ou zone inférieure, la température est encore plus élevée, la pression lithostatique forte et les pressions orientées négligeables. Correspond à un métamorphisme élevé. Minéraux-index : feldspath potassique, sillimanite, plagioclase basique, pyroxène, grenat. C'est la zone des gneiss à sillimanite et biotite. Se rattache au **faciès des granulites et des éclogites**. Limite supérieure **au-delà de $700^{\circ} C$** avec le début de la fusion (anatexie).
- **L'ultrazone**, peu usité avec les leptynites à cordéites et/ou grenat.

C. Classification selon les séquences métamorphiques

On appelle **séquence**, la **suite des roches métamorphisées** de degrés variables, issus d'un même type de roche originelle caractérisée par une certaine composition chimique moyenne. Ainsi, dans le métamorphisme général on reconnaît :

- **Séquence argileuse ou pélitique**

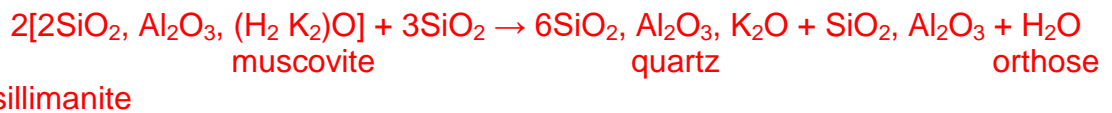
Nous développons cette séquence plus en détail afin de faire comprendre le processus général inhérent à toutes les séquences.

La séquence débute par l'**argile** que l'on suppose formée essentiellement de kaolinite, silicate hydraté d'alumine ($Al_2O_3, 2SiO_2, 2H_2O$). Le **premier faciès** pétrographique obtenu est celui de l'**argilite**, ou **schiste argileux**, dû à la formation d'illite. Par déshydratation et cristallisation progressive, on passe ensuite aux **phyllades**, ou aux **schistes sériciteux** et aux **séricitoschistes**. La séricite diffère de la kaolinite par une teneur plus faible en OH et la présence de potassium. La potasse est contenue dans les impuretés de l'argile avec d'autres alcalis, du fer et du magnésium qui interviennent dans les cristallisations ultérieures pour former du chlorite et des grenats.

La séricite peut se transformer en muscovite (micaschistes à mica blanc), puis le chlorite en biotite (micaschistes à deux micas) :

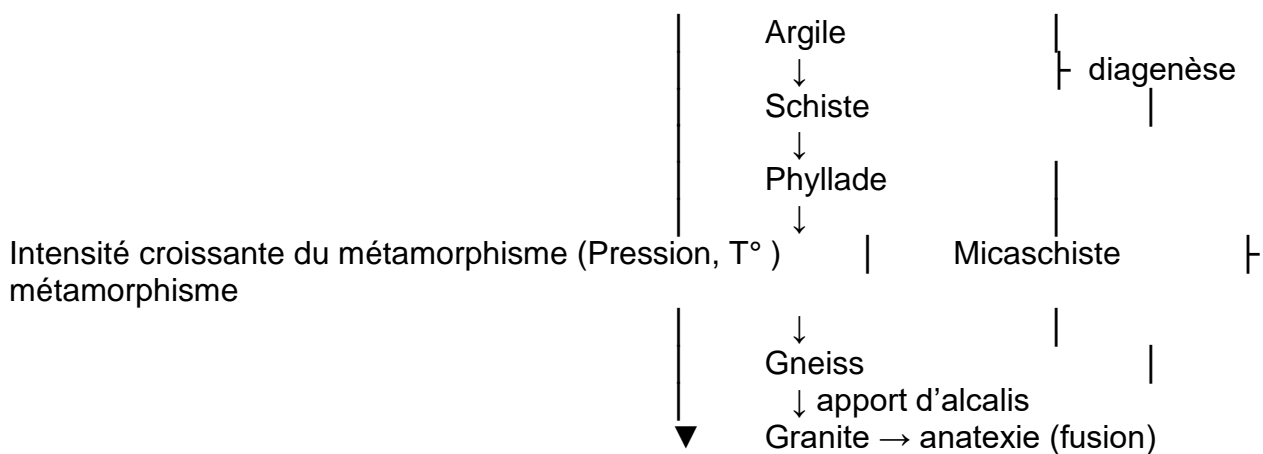
Chlorite + alcali (muscovite) → biotite + grenat (almandin)

Des plagioclases commencent à se former en cristaux microscopiques. L'excès d'alumine donne des silicates d'aluminium : andalousite, staurotide, disthène, grenats (schistes à minéraux). Dès que les feldspaths deviennent macroscopiques, on passe au **faciès gneiss** maintenant bien caractérisé par l'alternance de lits micacés et de lits quartzo-feldspathiques. Le métamorphisme s'accroissant, la muscovite disparaît, remplacée par une variété d'orthose, le microcline :



Le silicate d'aluminium est représenté désormais par la sillimanite dont la proportion augmente au fur et à mesure que disthène et staurotide se font plus rares. Lorsque la muscovite a complètement disparu, nous arrivons au stade des **gneiss à biotite**, et sillimanite abondante. Puis tandis que la biotite disparaît, la cordiérite fait son apparition.
(d'après Ch. POMEROL et R. FOUET)

Représentons maintenant cette séquence sous forme d'un petit diagramme simplifié :



- Séquence arénacée**
 Des grès et arkoses donnent successivement des quartzites, gneiss et leptynites.
- Séquence calcaro-pélitique**
 Des marnes on passe aux schistes calcarifères (schistes lustrés dans les Alpes). Un métamorphisme un peu plus intense provoque la formation d'amphibolites et de pyroxénites.
- Séquence carbonatée**
 Un calcaire chimiquement pur recristallise en marbre blanc entièrement cristallin. La présence d'impuretés dans la roche lui confère un aspect particulier. Ainsi, l'argile donne naissance à des lits micacés (cipolins). La magnésie (calcaires dolomitiques) se transforme en serpentine.
- Séquence granitique**
 A partir de granitoïde et de laves équivalentes, on obtient dans un premier temps des granites faiblement métamorphisés (protogine des massifs

centraux alpins). Un métamorphisme plus intense conduit à la recristallisation de la biotite et des feldspaths qui donnent des **orthogneiss**¹ et des **leptynites**.

- **Séquence basique**

Les **laves basiques** (basaltes) deviennent schisteuses et granulaires par apparition d'amphibole, albite, épidote. On obtient une **prasinite** puis, dans les zones profondes, des **ortho-amphibolites** et des **orthopyroxénites**. Les **éclogites** proviennent aussi de la transformation du basalte.

Le tableau suivant reprend ces différentes séquences.

Séquence	Roches initiales	Roches métamorphiques
Argileuse, pélitique	Pélites, argiles	Schistes → micaschistes → gneiss → leptynites
Arinacée	Grès, arkoses	Quartzites → gneiss → leptynites
Calcaropélitique	Marnes	Micaschistes → amphibolites → pyroxénites
Carbonatée	Calcaires, dolomites	Calcschistes → marbres, cipolins, serpentines
Granitique	Granitoïdes, laves analogues	(protogine) → gneiss → leptynites (= granite chlorotisé à texture schisteuse)
Basique	Diorites, gabbros, basaltes	Schistes → prasinites → amphibolites → pyroxénites

Fig. 13 – Tableau des différentes séquences métamorphiques

Suite : « Nomenclature des roches métamorphiques », voir DOSSIER GEOLOGIE - XX

¹ On ajoute le préfixe para ou ortho pour indiquer l'origine sédimentaire ou magmatique de la roche d'origine lorsqu'on la connaît