

# MÉTAMORPHISME ET ROCHES MÉTAMORPHIQUES

## I. Définition du métamorphisme (méta = changement)

**Le métamorphisme est l'ensemble des transformations d'une roche à l'état solide (par réactions et transfert d'ions entre minéraux) lorsqu'elle est soumise à une variation de la pression et de la température.**

**Cristallisation de nouveaux minéraux dits néoformés,  
Acquisition de textures et structures particulières.**

**Une augmentation de P/T donne un métamorphisme prograde  
Une diminution de P/T donne un métamorphisme rétrograde**

# MÉTAMORPHISME ET ROCHES MÉTAMORPHIQUES

## II - Typologie du métamorphisme

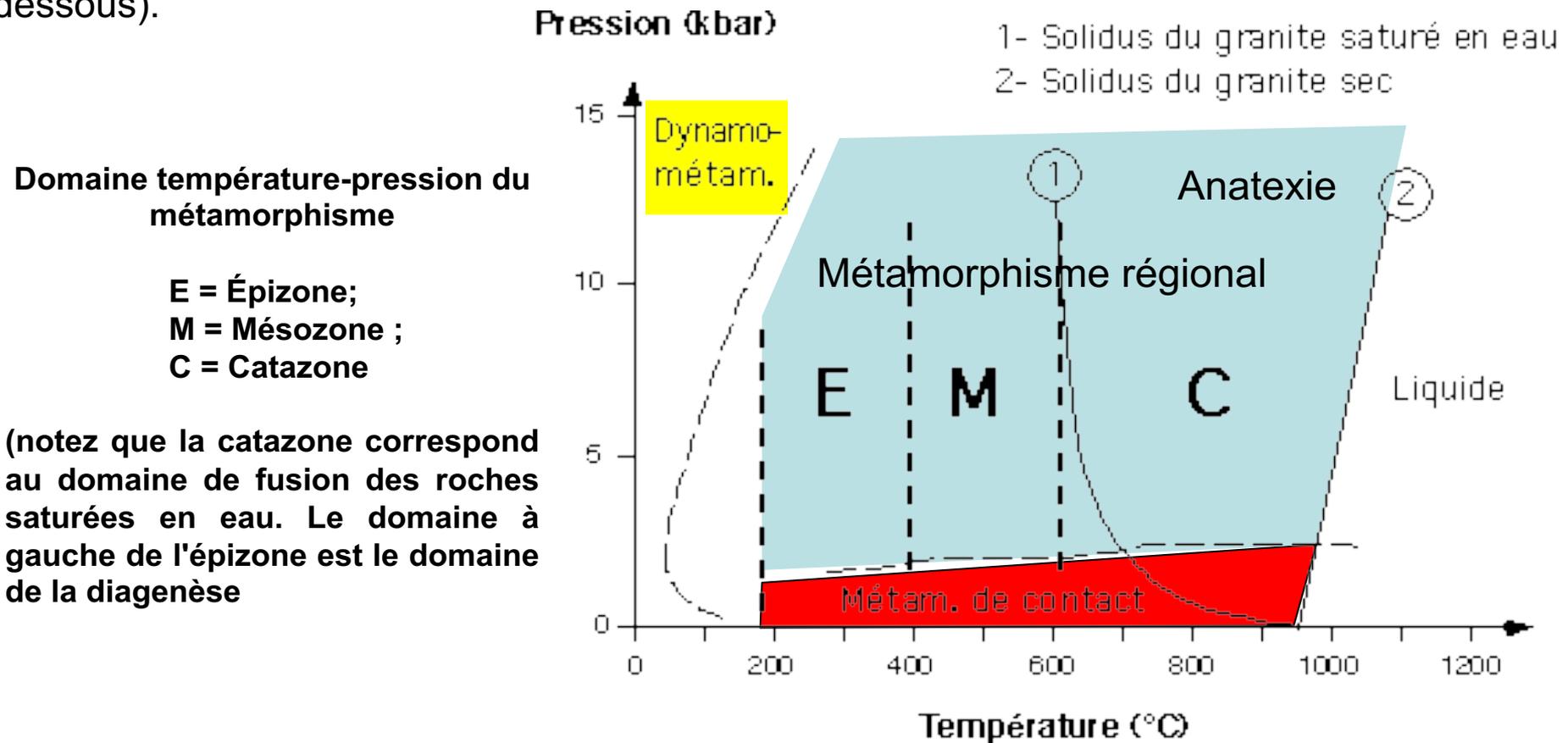
Il existe plusieurs types de métamorphisme (voir diagramme P/T):

- ❖ **Le métamorphisme d'impact** (shock metamorphism) : il est la conséquence de la chute d'une météorite à la surface de la planète,
- ❖ **Le métamorphisme hydrothermal** (seafloor metamorphism) : apport d'éléments chimiques par circulation de fluides,
- ❖ **Le métamorphisme de contact** : extension limitée (quelques centimètres à quelques kilomètres), se développant autour d'une intrusion magmatique.
- ❖ **Le métamorphisme régional** (ou général) : constitue des formations étendues sur des dizaines ou des centaines de kilomètres.

# MÉTAMORPHISME ET ROCHES MÉTAMORPHIQUES

## II - Typologie du métamorphisme

Le métamorphisme régional s'étend d'environ 200°C/3kbar (limite entre diagenèse et métamorphisme = limite inférieure) et la limite de fusion des roches (l'anatexie, formation d'un magma de composition granitique) = limite supérieure). La limite supérieure est variable selon la teneur en eau et le type de roche (limites 1 et 2 du diagramme ci-dessous).



# MÉTAMORPHISME ET ROCHES MÉTAMORPHIQUES

## III - Transformations métamorphiques

### 1- Facteurs du métamorphisme

Les transformations métamorphiques d'une roche dépendent bien évidemment de la composition chimique de cette roche (ingrédient essentiel) qui va contrôler l'association de minéraux qui en résulte, mais également de:

- Température,
- Pression,
- abondance et composition de la phase fluide H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, ...
- le temps,
- déformations de la lithosphère (contraintes)
- déplacements de masses de magma

# MÉTAMORPHISME ET ROCHES MÉTAMORPHIQUES

## 1- Transformations minéralogiques

roche = association stable de minéraux (**A+B**)

Si changement de T et / ou P  
association instable



Les minéraux réagissent les uns avec les autres  
réactions métamorphiques

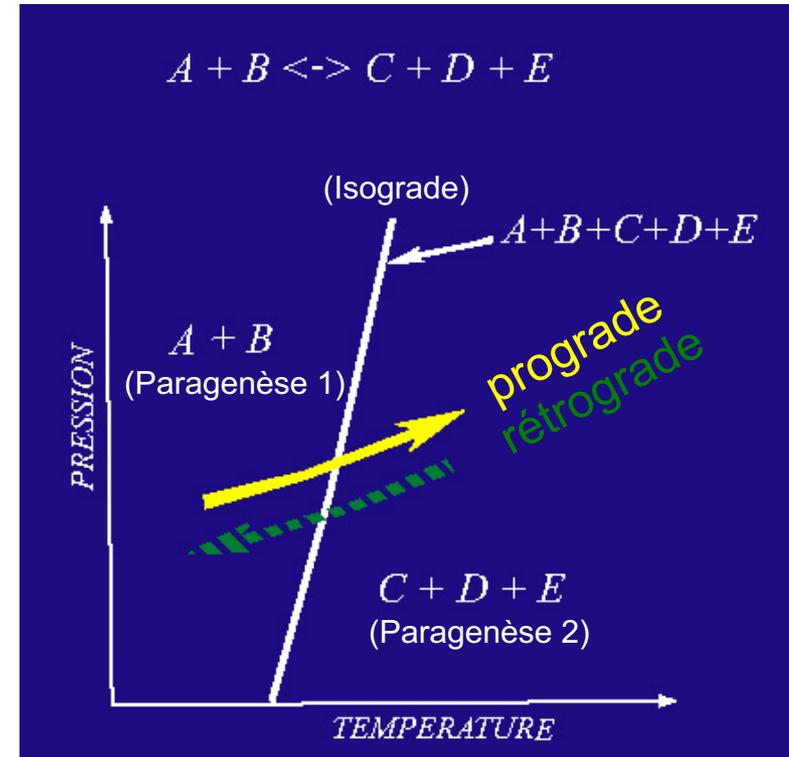
Nouvelle association de minéraux (**C+D+E**)

### Exemple



**Assemblage**) = paragenèse, + les minéraux en excès.

Exemple: feldspath potassique + andalousite + eau + quartz (en excès)



# MÉTAMORPHISME ET ROCHES MÉTAMORPHIQUES

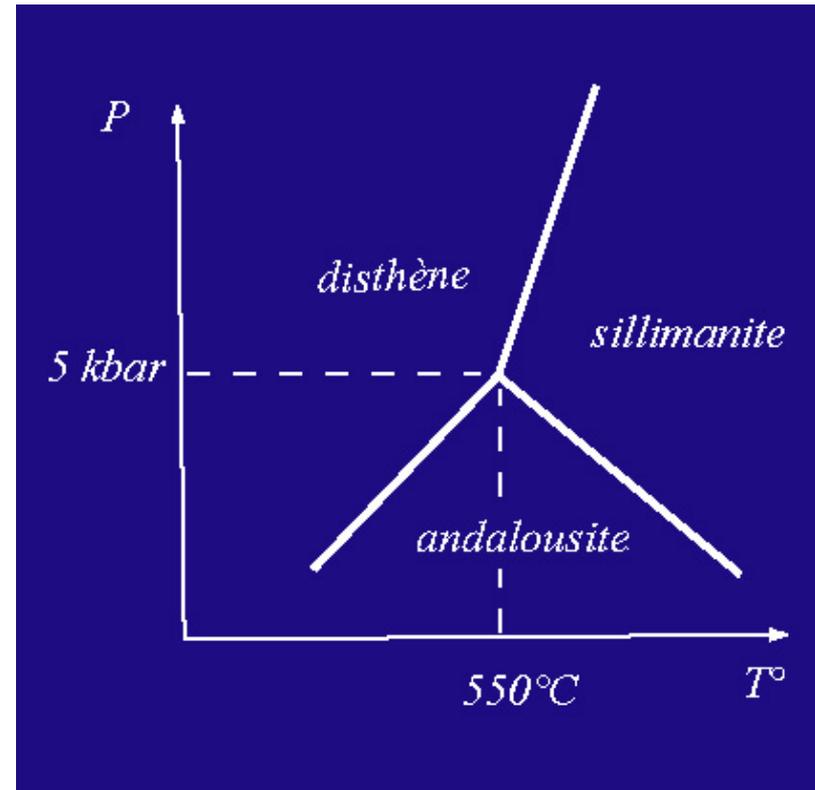
## 1- Transformations minéralogiques (suite)

Les transformations polymorphiques sont des modifications de la structure d'un minéral sans changement de sa composition minéralogique :

c'est le cas des silicates d'alumine (aluminosilicates) de formule générale



(andalousite, disthène, sillimanite).

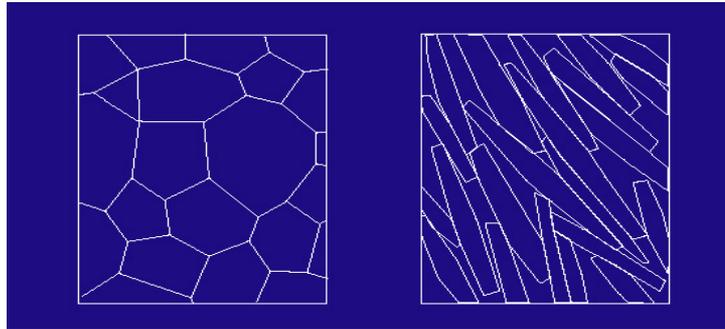


lignes d'apparition ou disparition des espèces minérales sont appelées **isogrades** (isograde plus (+) signifie l'apparition et isograde moins (-) la disparition).

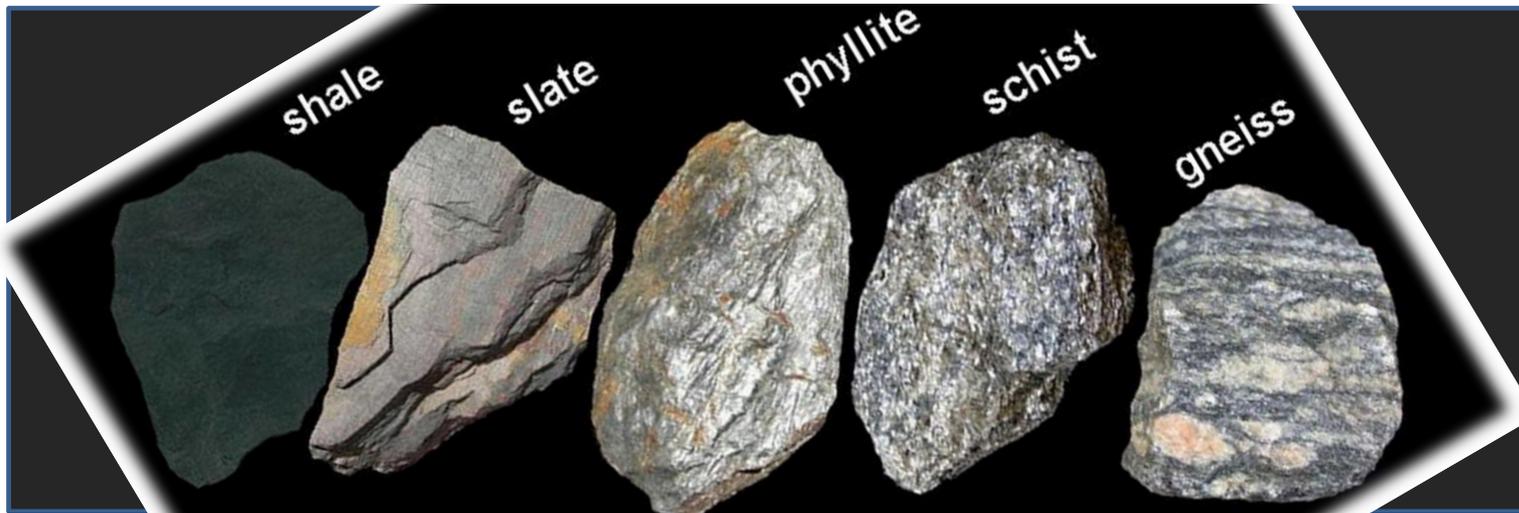
# MÉTAMORPHISME ET ROCHES MÉTAMORPHIQUES

## 2- Transformations structurelles

**Texture isotrope**  
(sans orientation préférentielle)  
Cristallisation **sans pression**  
=> **contact**



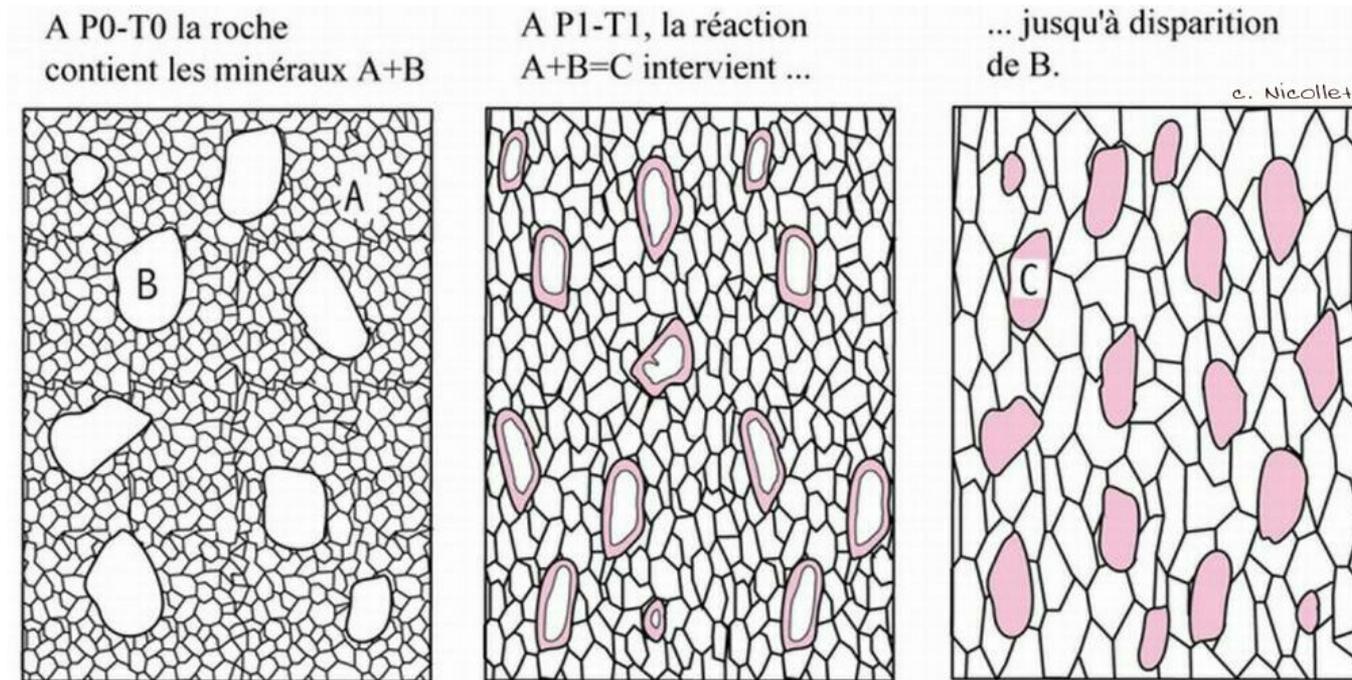
**Texture anisotrope**  
(orientation préférentielle)  
Cristallisation **sous pression**  
=> **orogénique**



Degré de métamorphisme croissant

# MÉTAMORPHISME ET ROCHES MÉTAMORPHIQUES

## Conséquences du métamorphisme



- Changement de la **taille** et de la **formation** des grains
- Changement de **l'arrangement** et de **l'orientation** des grains
- Changement de la **minéralogie** qui s'accompagne d'une ségrégation chimique

# MÉTAMORPHISME ET ROCHES MÉTAMORPHIQUES

## IV. Les systèmes de classification et de nomenclature

La classification des roches métamorphiques est complexe car il n'existe pas, comme pour les roches magmatiques, de classification génétique qui rendrait compte du mode de genèse. Les termes **micaschiste** ou **gneiss** ne sont que descriptifs.

selon la roche d'origine

Roche sédimentaire	→ para - gneiss
Roche magmatique	→ ortho - gneiss
Roche métamorphique	→ polymorphisme

La nomenclature utilisée consiste à désigner la roche métamorphique par son nom d'origine précédé du préfixe méta-. On parle ainsi de

méta-grès,  
méta-basalte  
méta-granite ....

Malheureusement, peu de roche présente encore, après le métamorphisme, des critères surs pour identifier la roche mère.

Cette classification a été établie à partir de la série basique où la variété minérale est plus grande. On regroupe ainsi, dans un même faciès des roches qui ont subi un métamorphisme dans des conditions physiques voisines, quelle que soit leur composition. Cependant, l'appartenance d'une roche à un faciès donné n'implique pas nécessairement qu'elle ait la composition de la référence basique.

Ex : un basalte porté à 20 km de profondeur à 550°C devient une amphibolite, ce qui donne le nom au faciès, mais un gneiss à deux micas appartient aussi faciès amphibolites bien qu'il ne contienne pas d'amphiboles.

Chaque faciès métamorphique est donc défini par une gamme de P et de T° et par la présence de minéraux index (minéraux ayant un champ de stabilité (P,T) restreint).

<b>Faciès métamorphiques</b>	<b>T°C</b>	<b>Pression (Kbar)</b>	<b>Minéraux index</b>
Zéolite	50 - 200	< 4	Zéolite
Préhnite - Pumpellyite	100 - 300	< 5	Préhnite + Pumpellyite
Cornéenne	200 - 1000	< 2	-
Schistes verts	300 - 500	2 - 8	Chlorite + Epidote + Actinote
Schistes bleus	100 - 500	2 - 14	Glaucophane + Epidote
Amphibolites	500 - 750	2 - 10	Hornblende + Anorthite
Eclogite	300 - 1000	< 8	Pyrope (grenat) + Omphacite
Granulite	< 650	2 - 14	Hypersthène + Cordiérite
Sanidinites	>900	< 1	Sanidine

# MÉTAMORPHISME ET ROCHES MÉTAMORPHIQUES

Afin de pouvoir malgré tout donner un nom à une roche métamorphique, la classification est basée sur la prise en compte concomitante du faciès pétrographique, du faciès métamorphique et de la séquence métamorphique.

**1) En fonction du faciès métamorphique:** (voir faciès métamorphiques ci-dessous)

**2) En fonction du faciès pétrographique:**

On tient alors compte de l'agencement et de la nature des minéraux constituant la roche :

	Gneiss	Granulite	Amphibolite	Eclogite	Schiste	Quartzite	Marbre	Migmatite	Cornéenne
Minéraux dominants	Feldspaths, Quartz	Quartz, Grenats, Feldspaths	Hornblende verte, Feldspaths Ca	Grenat, Omphacite	Mica, minéraux argileux	Quartz	Calcite, Dolomite	Quartz, Feldspaths	Variée
Grain	Moyen à grossier	Fin	Moyen à grossier		Fin à moyen	Moyen à grossier		Grossier	Fin
Couleur	Claire	Claire	vert sombre	Sombre	Sombre	Claire	Variée	Hétérogène	Foncée
Structure	Foliation	Foliation (rare)	Schistosité, foliation	Massive	Schistosité	Massive		Foliation	Massive
Type de métamorphisme	Régional					Régional ou de contact			De contact

# MÉTAMORPHISME ET ROCHES MÉTAMORPHIQUES

## 3) En fonction des séquences métamorphiques

Une séquence métamorphique rassemble l'ensemble des roches métamorphiques, de degré variable, issu d'un même type de roche originale, caractérisée par une composition chimique donnée.

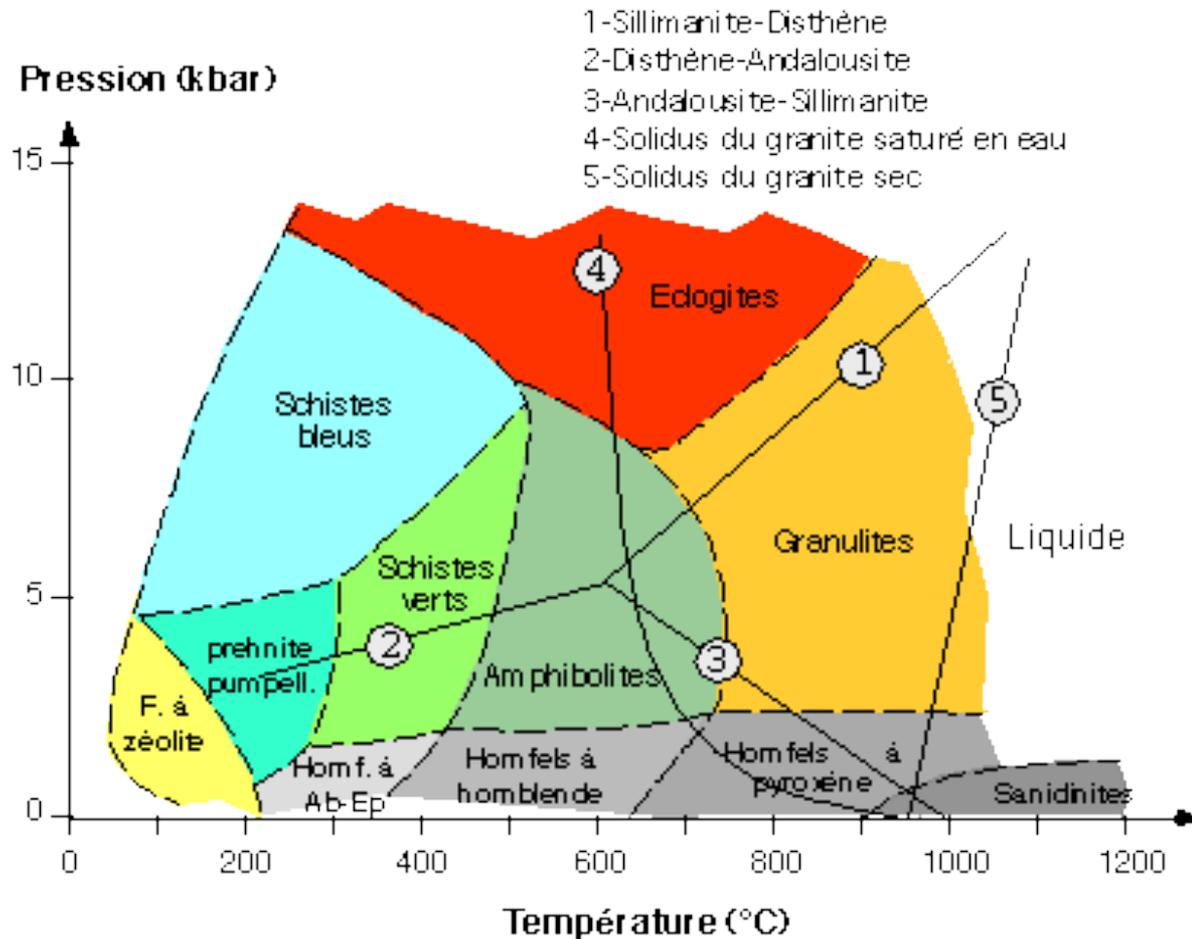
Séquences	Roches originelles		Chimie	Minéraux index	Métamorphisme	
	Sédimentaires	Magmatiques			De contact	Régional
<b>Argilo-pelitique</b>	Argile		$\text{Al}_2\text{O}_3$	Min. argileux Micas Silicates d'alumine Cordiérite - Grenats	Schiste, Cornéenne	Micaschiste Gneiss Granulite
<b>Quartzo-feldspathique</b>	Grès Grauwacke	Granite Rhyolite	$\text{SiO}_2$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ $\text{Na}_2\text{O}$ - $\text{K}_2\text{O}$	Phyllithes Grenats Quartz - Feldspaths	Quartzite	Quartzite Gneiss
<b>Carbonatée</b>	Calcaire Dolomie		$\text{CaO}$ - $\text{MgO}$	Calcite - Dolomite Epidote - Grenats Ca Diopside - Feldspaths Ca	Marbre Cipolin	Calcschiste Marbre Cipolin
<b>Basique</b>	Marne Grauwacke	Basalte - Gabbro Andésite - Diorite	$\text{CaO}$ - $\text{MgO}$ - $\text{FeO}$	Epidote - Amphiboles Pyroxènes - Olivine	Cornéenne	Schiste Amphibolite Pyroxénite Eclogite

# MÉTAMORPHISME ET ROCHES MÉTAMORPHIQUES

## Faciès métamorphiques

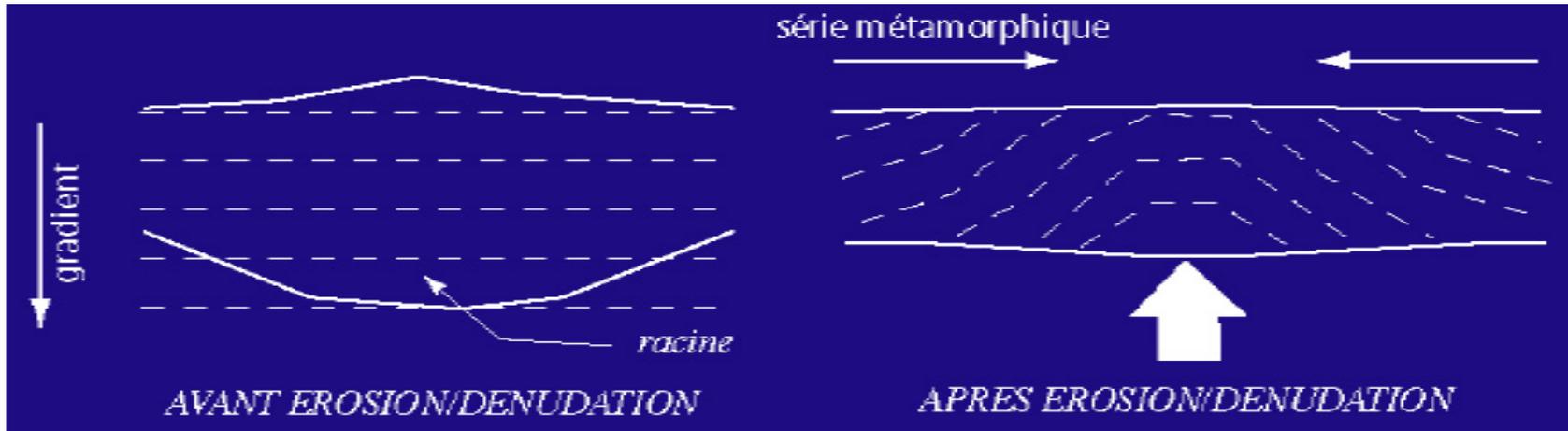
Une classification universelle a été proposée par Eskola en fonction du couple P/T, ce sont les **faciès métamorphiques**.

Un **faciès métamorphique** regroupe les paragenèses minérales caractéristiques d'un domaine pression-température déterminé.



# MÉTAMORPHISME ET ROCHES MÉTAMORPHIQUES

## Séries et gradients métamorphiques

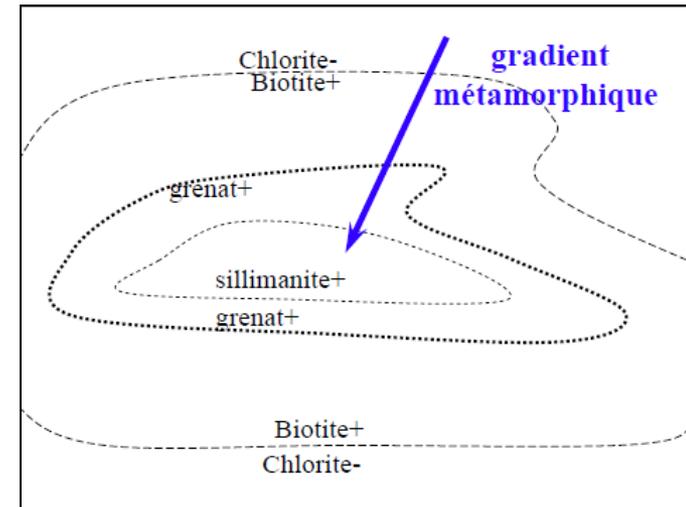


### Gradients ou climats

des conditions de P/T particulières associées à un contexte géodynamique déterminé.

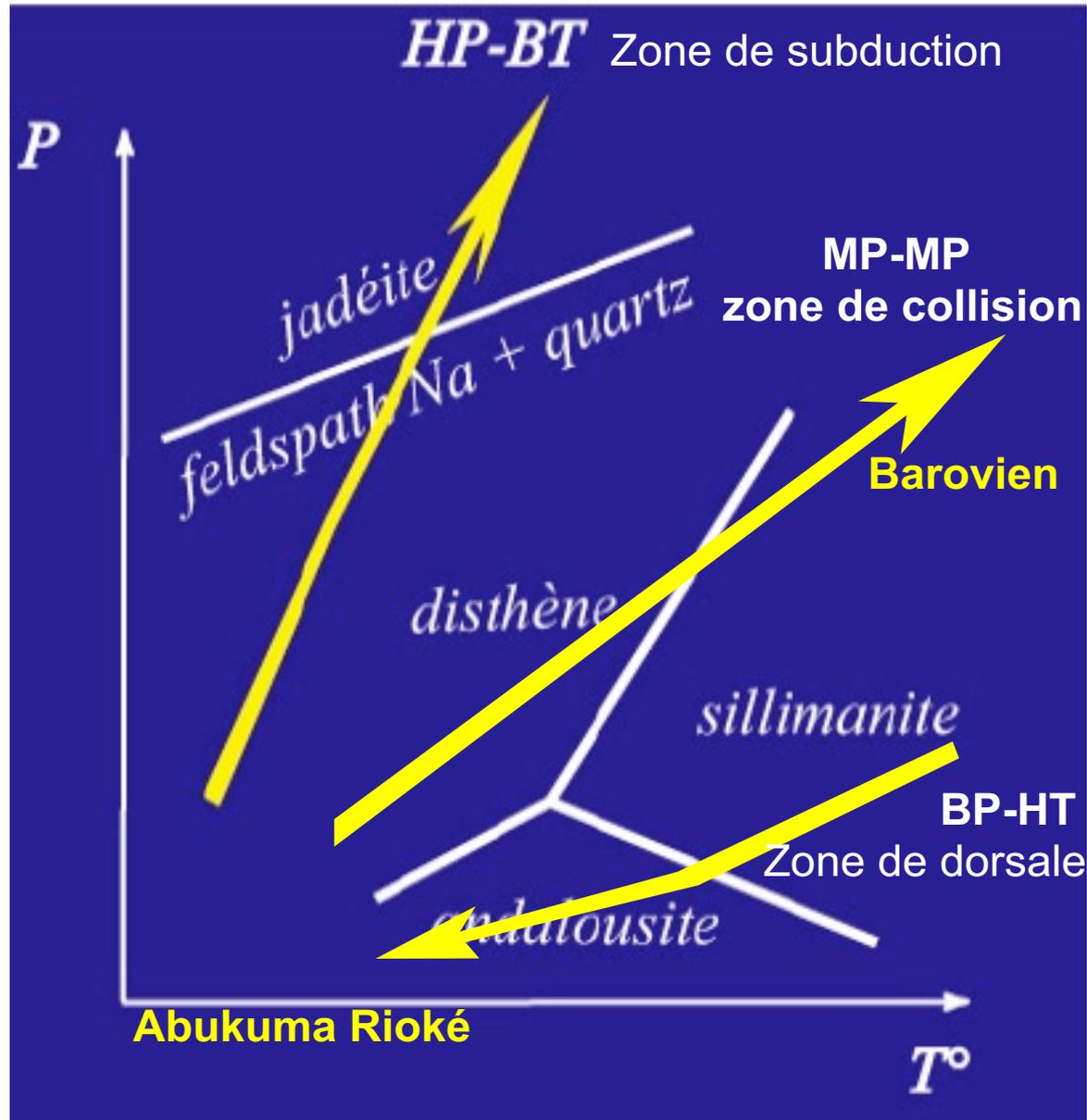
### Série ou séquence

Ensemble de roches de même composition chimique se trouvant le long d'un gradient métamorphique



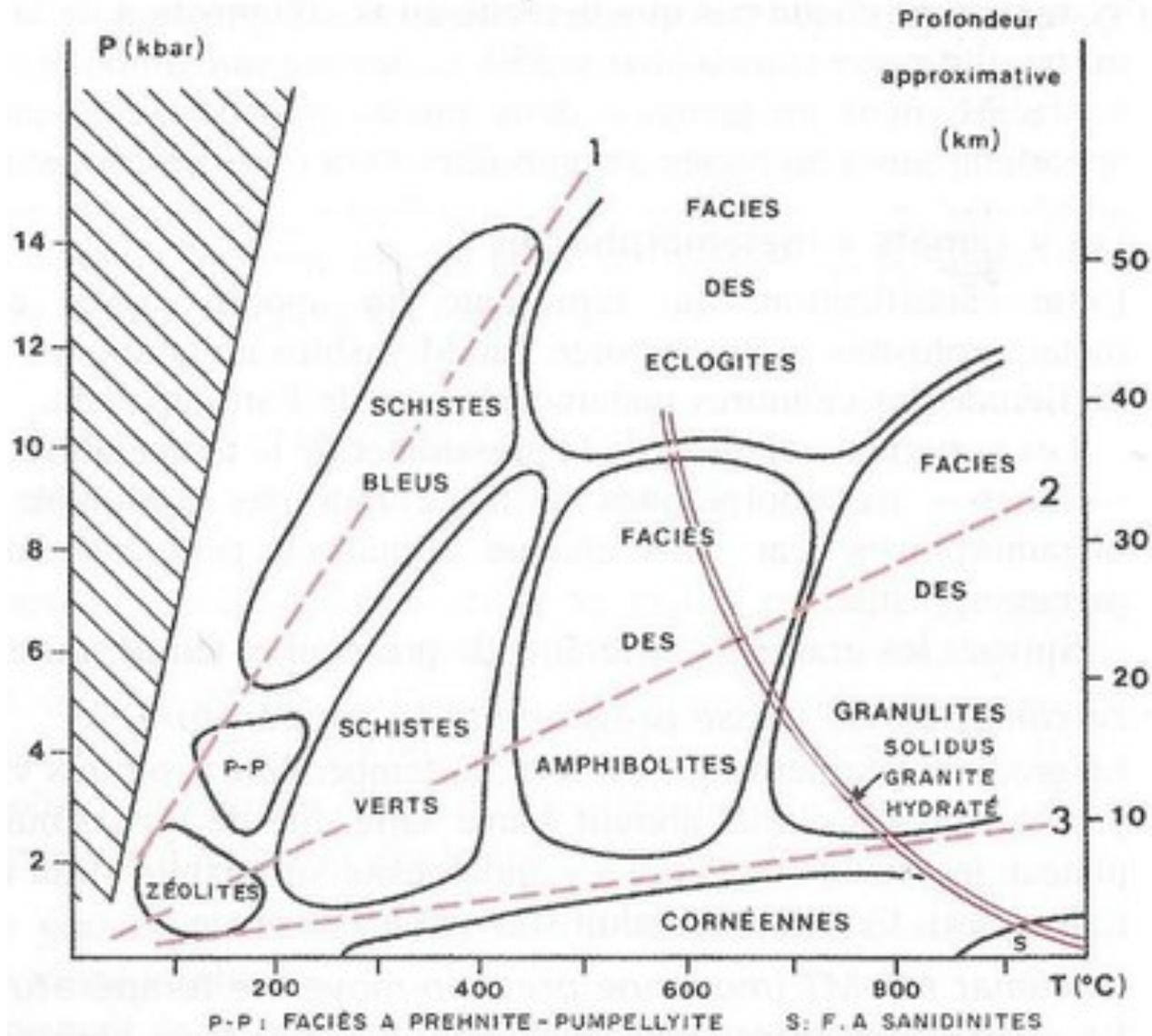
# MÉTAMORPHISME ET ROCHES MÉTAMORPHIQUES

Climats métamorphiques



# MÉTAMORPHISME ET ROCHES MÉTAMORPHIQUES

- 1 : HP- BT
- 2 : MP- HT
- 3 : BP- HT



Evolution des faciès métamorphiques en fonction de Climats métamorphiques

# MÉTAMORPHISME ET ROCHES MÉTAMORPHIQUES

Lorsque les roches enregistrent une augmentation de la pression et de la température, on parle d'un **métamorphisme prograde**.

Lorsque les roches enregistrent une diminution de la pression et de la température, on parle d'un **métamorphisme rétrograde** ou (rétrométamorphisme).

Lors du métamorphisme prograde on a des réactions minéralogiques :

$A, B, C \longrightarrow A', B', C'$  (c'est une paragenèse métamorphique)

Le cas de métamorphisme rétrograde va être :

$A', B', C' \longrightarrow A'', B'', C''$

Tout ne se transforme pas, il reste des « minéraux reliques ». qui permettent de reconstituer le parcours de la roche,

Le parcours rétrograde est toujours différent du parcours prograde (départ de l'eau)

