

Le métamorphisme: différents types et facteurs

La Terre est une planète géologiquement active. Très peu de terrains sont restés intacts depuis leur formation. Ils subissent l'influence des phénomènes géologiques ultérieurs à leur mise en place. Lors de cette remobilisation, les roches vont être déformées, enfouies, transformées. C'est le métamorphisme.

Il a lieu en profondeur, dans les entrailles de la Terre. N'importe quelle roche peut être métamorphosée. Ce peut être une roche sédimentaire, magmatique ou même une roche métamorphique déjà existante. Selon la nature de la roche de départ on distingue :

le para-métamorphisme : c'est une roche sédimentaire qui est métamorphosée

l'ortho-métamorphisme : c'est une roche magmatique qui est métamorphosée

le poly-métamorphisme : c'est une roche métamorphique qui est métamorphosée

1. Principe général

Plus on s'enfonce sous terre, plus la température ambiante augmente. En moyenne l'augmentation est de 3°C tous les 100 mètres, c'est le gradient géothermique moyen. De même la pression augmente avec la profondeur. Si à la surface une température de 1000°C suffit à la fusion de la plupart des roches, en profondeur, cette valeur sera bien plus importante. En effet la pression va s'opposer à la fusion. Quand une roche s'enfonce, elle subit d'abord les phénomènes de la diagenèse, puis au fur et à mesure que la température et la pression augmente, des réarrangements ioniques viennent perturber la structure de certains minéraux. Il y a alors **métamorphisme**.

Le métamorphisme correspond à l'intervalle existant entre la diagenèse des **sédiments** (faible température et faible pression) et la fusion des roches (par anatexie). La transition entre diagenèse et métamorphisme est appelée **Anchimétamorphisme**.

Ainsi le métamorphisme ne concerne que des roches solides. Malgré les transformations minéralogiques et structurales que subit la roche, celle-ci reste toujours à l'état solide.

Des apports de liquide extérieur peuvent toutefois avoir lieu, entraînant la modification de la composition chimique de la roche par **métasomatose**.

2. Les différents types de métamorphismes

On peut distinguer 3 types de métamorphismes :

2.1 Le métamorphisme d'impact :

Il se forme lors de l'impact d'une météorite.

On y retrouve une forme de silice de très haute pression, la coésite, ainsi que des phases vitreuses montrant une fusion.

2.2 Le métamorphisme de contact :

Les roches sont métamorphosées au contact d'un granite intrusif (ou discordant). C'est principalement la température qui intervient ici, il y a peu de déformations liées à la pression. L'intrusion du magma, en poussant les terrains déjà en place, peut toutefois induire une schistosité. Il n'y a souvent qu'un réarrangement minéralogique sans échange avec d'autres corps que la roche originelle (métamorphisme isochimique).

C'est la chaleur du magma qui est responsable de la transformation des roches qui l'entourent. La zone métamorphosée est réduite et dessine une auréole de métamorphisme autour du magma refroidi.

Exemple : Le granite de Flamanville : on y observe des schistes sédimentaires, puis des schistes tachetés (apparition de cordièrite), des schistes noduleux et micacés (il y a perte de la structure orientée de la roche et apparition d'andalousite), et puis des cornéennes (pas d'orientation préférentielle des micas et de l'andalousite) au contact du granite.

2.3 Le métamorphisme régional :

Il correspond à des zones métamorphisées de plus de 10 km. On peut y observer une succession de terrains de plus en plus métamorphisés de même qu'une schistosité de plus en plus poussée. Cela peut aboutir à un début de fusion (**Migmatite**) voire même à une fusion complète de la roche (**Anatectite**). Le granite obtenu est alors concordant (il n'y a pas de limite franche avec l'encaissant).

La principale cause de ce type de métamorphisme est d'origine tectonique. C'est pourquoi les minéraux de ces roches métamorphiques sont souvent aplatis et orientés le long des plans de foliation.

3. Les facteurs du métamorphisme

Les principaux sont la température et la pression, mais il en existe d'autres qu'il ne faut pas négliger.

3.1 Température

Une augmentation de température se traduit par une perte d'eau. Cette augmentation a plusieurs origines, elle peut avoir lieu :

- **par enfouissement** : l'augmentation se fait selon le gradient géothermique ($3^{\circ}\text{C} / 100\text{m}$), mais il existe des variations selon les zones : les cratons, régions peu actives du globe, appelées aussi boucliers, ont un gradient faible ($1^{\circ}\text{C} / 100\text{m}$), les zones actives ont au contraire un gradient élevé ($10^{\circ}\text{C} / 100\text{m}$), de même que les zones montagneuses fraîchement érodées où, par équilibre isostatique, le gradient géothermique s'est élevé.
- **par friction** : dans les zones de subduction, l'enfoncement d'une plaque froide entraîne une chute des isothermes au niveau de la fosse océanique puis leurs remontées rapide. L'échauffement provoque la libération d'eau par la croûte subductée. Pour les autres phénomènes tectoniques (chevauchement, nappe, décrochement), c'est uniquement les zones en contact qui sont affectées. En ce qui concerne les obduction où c'est une croûte jeune et chaude qui recouvre une croûte froide, le métamorphisme est rétrograde (l'intensité décroît avec la profondeur).
- **par intrusion magmatique** : c'est le cas des métamorphismes de contact.

3.2 Pression

L'augmentation de pression peut avoir différentes origines :

- **lithostatique** : elle est due au poids des roches accumulées par subsidence sédimentaire, par subduction ou par chevauchement et charriage. Elle entraîne une compaction et la diagenèse. La **pression lithostatique des sédiments** (2,5 kilos pour une colonne de 10 m sur 1cm^2) ainsi que des **phénomènes tectoniques** permet l'**enfouissement des roches** dans la croûte.
- **hydrostatique** : C'est la **pression des fluides** (CO_2 , H_2O). Elle intervient surtout lors de leur libération.
- **pression de contrainte** : Ce sont les **pressions orientées** par des phénomènes tectoniques.

3.3 Facteurs chimiques

Généralement le métamorphisme est isochimique : les minéraux qui apparaissent se forment à partir de la même composition de ceux de la roche d'origine (on ne tient pas compte des pertes de fluides). Les roches formées de cette façon sont appelées **ectinites**.

En cas de métasomatose (remplacement d'éléments par d'autres), c'est le plus souvent l'eau et le CO_2 qui interviennent.

3.4 Facteurs déclenchant

Le métamorphisme n'est pas uniforme dans une roche, certaines zones peuvent ne pas le subir (elles permettent d'ailleurs de servir de témoins). En effet les minéraux restent en équilibre métastable tout au long du métamorphisme et seules les zones où il y a eu déstabilisation se sont transformées. Pour des métamorphismes faibles, de basse température, une déformation suffit à la déstabilisation, pour un métamorphisme de haute température les roches ne sont conservées dans leur état d'origine que si il n'y a pas de fluides.