

Pétrologie de roches métamorphiques

Dr. Aouissi Riadh (2020)

V. Le Métamorphisme

V.1. Le métamorphisme correspond aux changements des paramètres physico-chimiques de la roche suite à l'augmentation de pression et de température. Ce phénomène contribuant à la formation des roches métamorphiques, est endogène (l'intérieur du globe terrestre) et se produit à l'état solide.

La roche initiale peut être magmatique et dans ce cas le métamorphisme est dit **orthométamorphisme**, si elle est sédimentaire on parle de **paramétamorphisme** et si elle est métamorphique on a affaire à un **polymétamorphisme**.

Les modifications texturales et minéralogiques (souvent chimiques) sont provoquées par certains facteurs : la température, la pression de contrainte et la pression partielle des fluides circulants (H_2O et O_2) qui sont responsables de l'apport ou le départ de certains minéraux.

Ces changements en matière de température comme de pression sont liés à des phénomènes de magmatisme (montée du magma) et de phénomènes tectoniques, c'est pour cela que le métamorphisme montre une relation très étroite avec le magmatisme.

V.2. Les facteurs du métamorphisme : en plus du temps, trois facteurs principaux sont responsables de ce phénomène :

- **La température** : ce paramètre peut être généré en fonction de profondeur ou un rapprochement d'un corps magmatique. On reconnaît la relation proportionnelle de la profondeur et la température interne provoquée par le flux de chaleur dû à la désintégration des éléments radioactifs, c'est la géothermie. Dans les conditions normales, le gradient géothermique est estimé à $3^\circ C$ pour chaque 100m, il s'agit d'une moyenne qui n'est pas du tout constante, elle peut être élevée dans les zones tectoniquement actives ou de friction ($10^\circ C/100m$) ou faible dans les zones d'une activité tectonique modérée tels que les anciens boucliers ($1^\circ C/100m$). Ainsi les principales régions qui seront le siège d'importantes variations sur le plan géothermique sont :

- Zones de rifting
- Zones d'accrétion (dorsale océanique)
- Zones de subduction (arc et cordillère volcanique)
- Zones de collision (racine crustale des orogènes)
- Zones de points chauds (volcanismes intra-plaque)

Il est évident qu'une roche soit un ensemble de minéraux dont chacun constitue un assemblage bien défini de certains éléments chimiques, les atomes de ces éléments chimiques peuvent être arrangés selon un système bien régulier (dans ce cas on parle de systèmes ou formes cristallines en nombre de 7) ou répartis d'une manière irrégulière caractéristique de forme non-cristalline dite amorphe. L'augmentation de température peut varier le nombre et la disposition de ces atomes dans la maille contribuant ainsi à la création d'une nouvelle maille élémentaire (système cristallin) et par conséquent l'apparition de nouveaux minéraux dit néoformés (un nouveau assemblage minéral est dit paragénèse). On signale donc que la température a une grande influence sur la taille des cristaux (proportionnelle à température) ainsi que la nature de cette cristallisation lors d'un métamorphisme,

- **La pression** : plusieurs processus peuvent être à l'origine de l'élévation de la pression :

Origine lithostatique : elle est due au poids de la colonne des roches sus-jacentes qui s'accumulent par un phénomène de subsidence sédimentaire, par chevauchement ou par une subduction. Ce type de contrainte est responsable de l'élimination des vides et des pores existants dans la roche, c'est la compaction qui constitue l'une des deux façons de diagénèse.

Origine hydrostatique : il s'agit d'une contrainte exercée lors de libération des fluides tels que : CO₂ et H₂O.

Origine tectonique : (Pression de contrainte) ce type de contrainte est engendré par des phénomènes tectoniques. Accompagnant les phases de tectogénèse (création de structure : failles) et d'orogénèse (naissance de reliefs : montagnes), il s'agit d'une force orientée par ces mouvements tectoniques.

- **La composition chimique** :

La composition chimique s'avère primordiale dans l'évolution minéralogique d'un métamorphisme bien défini. Dans ce sens on parle d'un métamorphisme isochimique, si la roche métamorphique qui en résulte garde la même composition chimique que celle de la roche originelle. Dans le cas d'apport d'un ou plusieurs éléments ainsi que le départ de certains éléments on parle de métasomatose.

V.3. Les différents types de métamorphisme :

A) Métamorphisme de contact : dans ce type de métamorphisme c'est la température qui joue le rôle principal car ce type s'effectue autour d'un corps magmatique (intrusions) qui constituera la source de chaleur. Du fait de la décroissance du métamorphisme dans le sens de l'éloignement par rapport au corps magmatique, des enveloppes dont chacune correspond à un faciès métamorphique

bien définie se mettent autour de la masse intrusive, *les auréoles*. L'épaisseur de chaque auréole varie de quelques mètres jusqu'à quelques centaines de mètres. Ce type de métamorphisme qui affecte des espaces limités est aussi appelé thermo-métamorphisme.

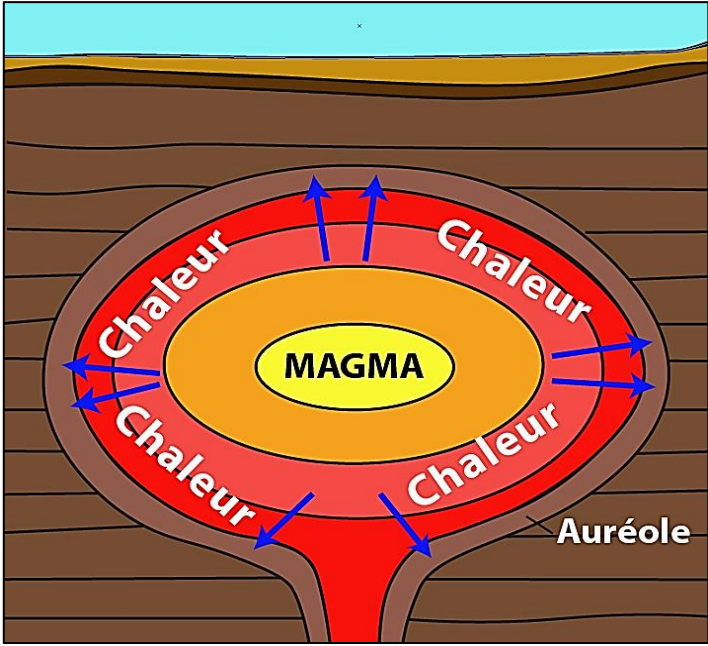


Fig. 52. Métamorphisme de contact (Modifié depuis Wikipédia)

B) Métamorphisme régional : à la différence du premier métamorphisme, l'effet de la pression dans ce cas se fera beaucoup plus sentir. Il se manifeste sur de grandes distances dans les zones d'activité tectonique ou des bassins profonds à la base de séries sédimentaires épaisses (sujet d'une érosion), ainsi ce type de métamorphisme peut être subdivisé en :

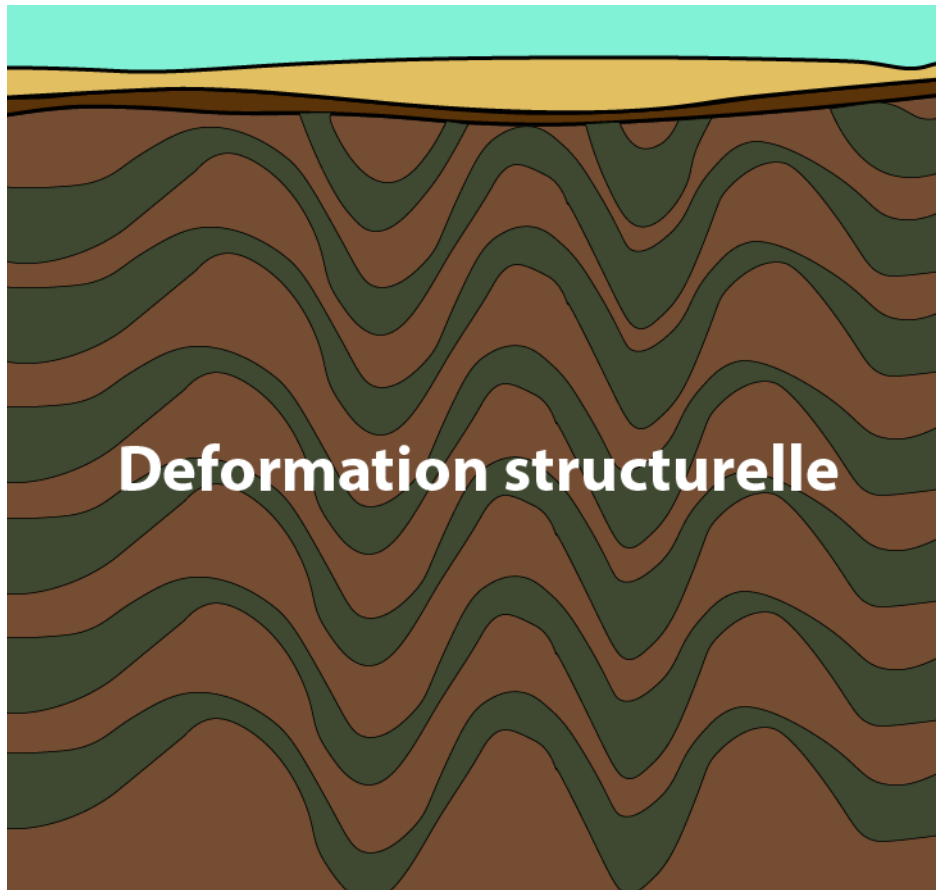


Fig. 53. Métamorphisme régional (Modifié depuis Wikipédia)

Métamorphisme d'enfouissement : il est provoqué par l'empilement des couches sédimentaires dans un bassin profond qui se trouve à la base d'une série sédimentaire bien épaisse. Chronologiquement ce type de métamorphisme se manifeste après la diagenèse mais précède le métamorphisme dynamique.

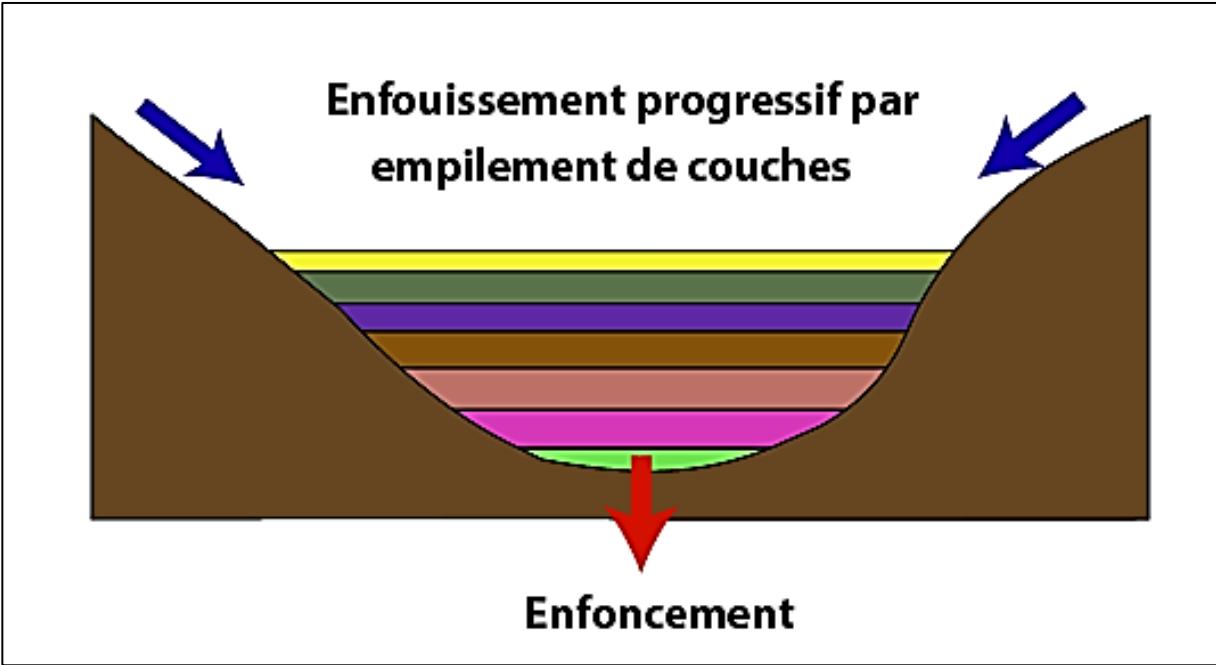


Fig. 54. Métamorphisme d'enfouissement

Métamorphisme thermodynamique : il a le même principe que le métamorphisme précédent, mais s'avère plus intense car il se déroule dans des profondeurs d'enfouissement plus importantes lors de phases tectoniques tel que la naissance de chaînes de montagnes qui exercent des contraintes orientées colossales sur la roche qui se traduit par l'apparition de structures horizontales (Schistosité et foliation).

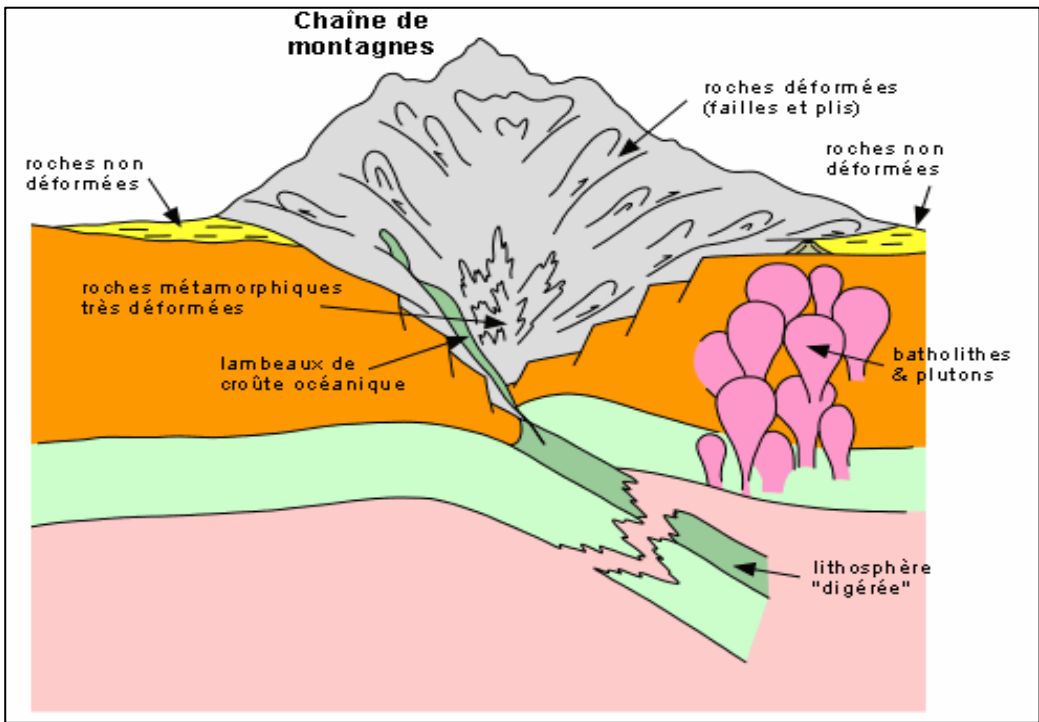


Fig. 55. Métamorphisme thermodynamique (Bourque , 2010)

Métamorphisme dynamique : très limité dans l'espace, ce type de métamorphisme se concentre exclusivement dans les zones de friction qui peut avoir lieu lors de grands accident tectoniques cassants (failles). Les contraintes sont si intenses que les roches sont carrément détruites et broyées donnant naissance aux mylonites.



Fig. 56. Mylonites (Image prise depuis le site de Facstaff)

C) **Métamorphisme hydrothermal** : ce type de métamorphisme est aperçu dans les régions volcaniques où la circulation des fluides de forte température est à l'origine des modifications d'ordre physico-chimique de la roche en apportant de nouveaux éléments.

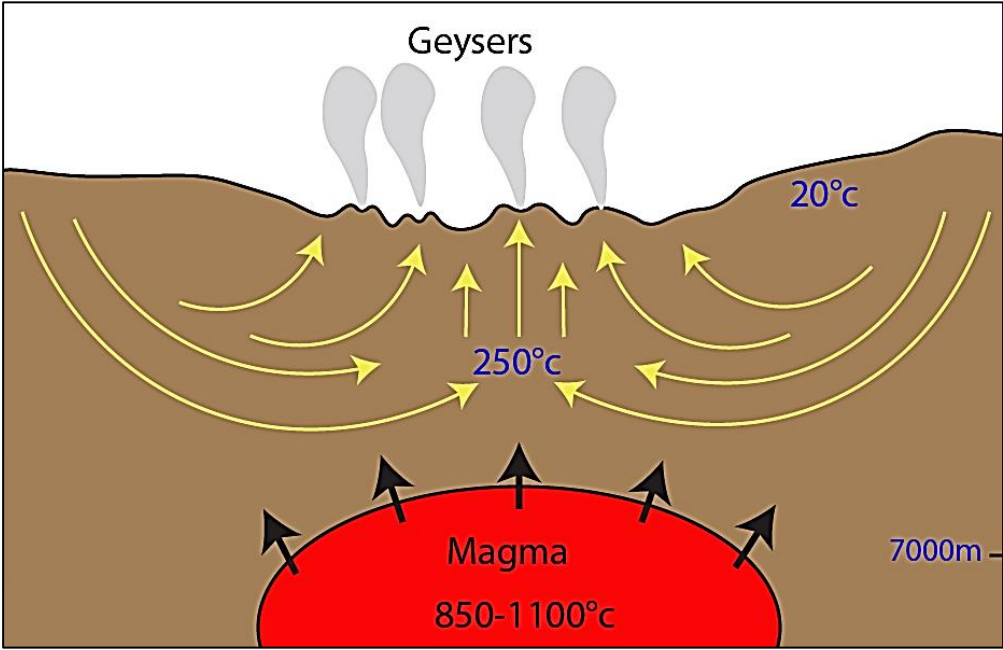


Fig. 57. Hydrothermalisme (Modifié depuis Violay, 2010)

D) Métamorphisme de choc (d'impact) : très rare, il se caractérise par l'apparition des impactâtes qui constituent des roches formées dans des conditions de très haute pression dans la zone d'impact du météorite sur la surface terrestre. Le diamant, la stishovite et la coésite sont des minéraux typiques de ce métamorphisme. Des structures particulières peuvent être causées également par ce phénomène comme c'est le cas du quartz déchiqueté.

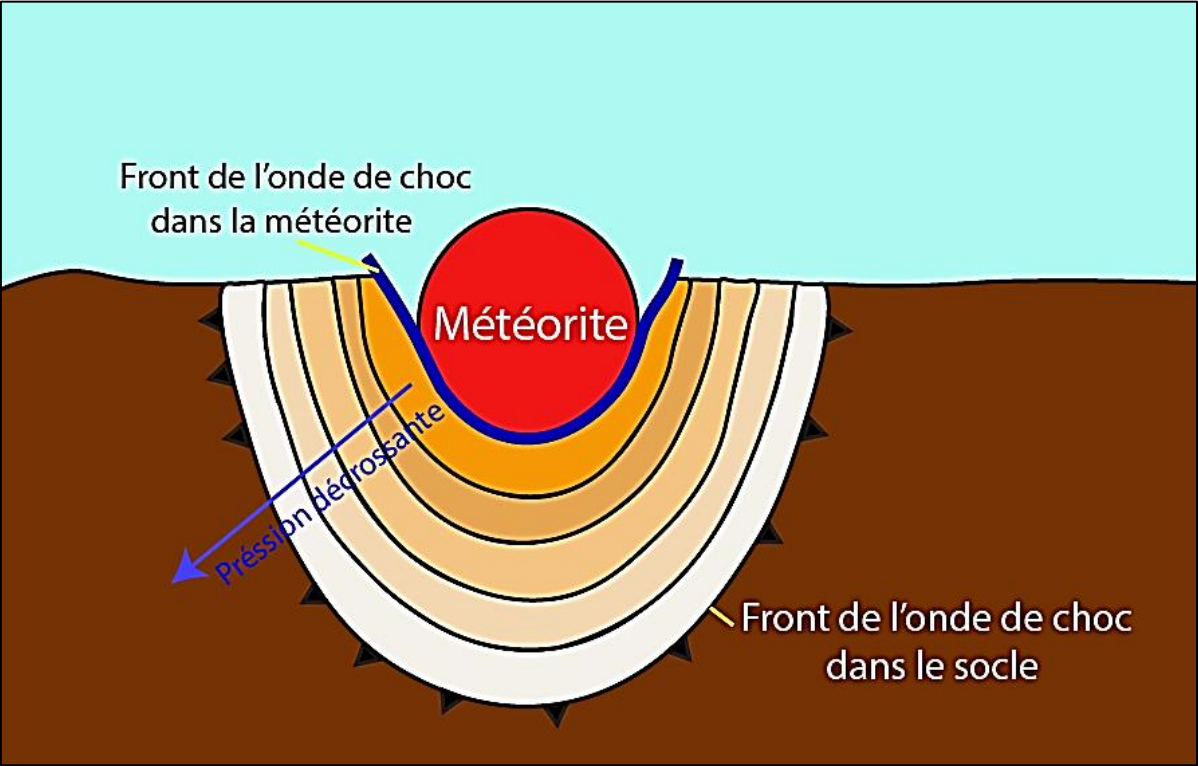


Fig. 58. Métamorphisme de choc (Modifié depuis une image prise depuis le site du collège de Sainte Sophie)

V.4. Les modifications dues au métamorphisme :

Le métamorphisme est un phénomène qui n'est pas directement observable, mais qui peut être mis en évidence par les traces qui laissent derrière lui. Ces traces (modifications) peuvent être des moyens de reconstitution de ce phénomène dont les modifications que les roches ont subies peuvent être d'ordre :

a. Textural : Le métamorphisme entraîne une réorganisation particulière des minéraux et une nouvelle structuration de la roche. En effet, les contraintes orientées contribuent à l'apparition de structures horizontales qui seraient logiquement liées au métamorphisme régional, il s'agit de la *schistosité* et la *foliation* :

La schistosité : elle peut être définie étant un ensemble de plans parallèles équidistants, selon lesquels la roche se débite assez facilement en plusieurs feuillets plus ou moins épais. Ce type de structure caractérise surtout les roches à grains fins tel que les argiles qui auront tendance à s'aplatir sous une contrainte (eg, Schistes).



Fig. 59. Schistosité (Image empruntée depuis Wikipédia)

La foliation : il s'agit d'une structuration en plan mis en œuvre par la réorganisation des minéraux selon une direction bien préférentielle. En comparaison avec la schistosité, les plans de foliation s'avèrent plus homogènes d'où l'alternance de feuillets minéralogiquement différents visibles à l'œil nu, au sein de la roche. Cette alternance dans la minéralogie est traduite par une alternance optique en matière de couleur, d'où l'apparition de niveaux sombre et d'autres plus clairs qui se succèdent (eg, Gneiss).



Fig. 60. Foliation (Image prise depuis le site Mindat.org)

b. Minéralogique :

L'une des caractérisations les plus directes du métamorphisme est la transformation minéralogique de la roche. Cette modification peut être entraînée par la disparition de certains minéraux et la réorganisation de leurs éléments qui les formaient selon de nouveaux systèmes cristallin aboutissant à l'apparition de nouveaux minéraux néoformés qui constitueront la roche, on parle de paragenèse, elle peut être également engendrée par le changement de la composition chimique par apport ou départ de fluides notamment.