

Chap. 2 LES ROCHES

Objectifs :

- Décrire les processus de formation des roches ;
- Dégager les types de roches.

(Voir aussi fichier « qlq notions de géologie roches »PDF

A- INTRODUCTION

La Terre est une planète tellurique, c'est-à-dire essentiellement rocheuse. Ainsi, à l'exception des êtres vivants et partiellement des sols, tous les matériaux qui constituent la Terre sont des roches. Une roche est un matériau formé par un agrégat naturel de minéraux. Il s'agit d'assemblages de minéraux plus ou moins complexes.

L'observation d'une roche au microscope montre qu'elle est faite d'un assemblage d'éléments de différentes tailles, les minéraux. Chaque minéral possède une composition chimique précise qui le rattache à une grande famille. Constitués principalement d'atomes d'oxygène et de silice, les minéraux de la famille des silicates sont les plus répandus sur Terre : 90 % des roches en contiennent. On appelle minéral un arrangement de molécules et d'atomes. C'est de la matière ordonnée.

Une roche est généralement constituée d'un assemblage de minéraux (quartz, feldspaths, mica, silice, graphite, etc.). Par exemple, le grès, le granite, le sable, l'argile et le calcaire sont des roches. En fonction des minéraux qui les composent, les propriétés physico-chimiques des roches peuvent être totalement différentes en termes de couleur, de dureté, de plasticité, de forme, etc. Il existe également des roches formées d'un seul minéral (le gypse, par exemple), ainsi que des roches liquides (le pétrole, par exemple).

Le tableau qui suit présente la proportion des éléments chimiques les plus abondants dans la croûte terrestre.

Oxygène (O)	46,6 %	~75 %
Silicium (Si)	27,7	
Aluminium (Al)	8,1	
Fer (Fe)	5,0	
Calcium (Ca)	3,6	
Sodium (Na)	2,8	
Potassium (K)	2,6	
Magnésium (Mg)	2,1	
... les autres	1,5	

On y voit que deux éléments seulement, Si et O, comptent pour près des trois quarts (74,3%) de l'ensemble des matériaux. Il n'est donc pas surprenant qu'un groupe de minéraux composés fondamentalement de Si et O avec un certain nombre d'autres ions et nommés silicates, compose à lui seul 95% du volume de la croûte terrestre. A noter que cette répartition n'est

applicable qu'à la croûte terrestre. On considère que le noyau est composé presque uniquement de fer et de nickel, ce qui est bien différent de ce qu'on présente ici. Lors de la formation de la terre, les éléments légers, comme l'oxygène et le silicium ont migré vers l'extérieur, alors que les éléments plus lourds, comme le fer, se sont concentrés au centre.

Le tableau qui suit présente les principales caractéristiques des silicates.

MINÉRAL		FORMULE CHIMIQUE IDÉALISÉE	CLIVAGE	RÉSEAU CRISTALLIN
Olivine		$(Mg, Fe)_2SiO_4$	Aucun	Tétraèdre isolé (B)
Groupe des pyroxènes		$(Mg, Fe)SiO_3$	2 plans à angle droit	Chaîne simple (C)
Groupe des amphiboles		$(Mg, Fe)_7Si_8O_{22}(OH)_2$	2 plans (60° et 120°)	Chaîne double (D)
Micas	Muscovite	$KAl_2(AlSi_3O_{10}(OH)_2$	1 plan	Couche planaire (E)
	Biotite	$K(Mg, Fe)_3Si_3O_{10}(OH)_2$		
Feldspath	Orthoclase	$KAlSi_3O_8$	2 plans à 90°	Réseau en 3 dimensions
	Plagioclase	$(Ca, Na)AlSi_3O_8$		
Quartz		SiO_2	Aucun	

Il y a un autre groupe de minéraux qu'on retrouve fréquemment à la surface du globe, les carbonates. Ils sont un des principaux constituants des roches sédimentaires (exemple : les calcaires, ce qu'on appelle communément la pierre à chaux). Leur structure est relativement simple comparée à celle des silicates: des complexes négatifs $(CO_3)^{2-}$, liés par des ions positifs tels Ca, Mg, Fe. Chez la calcite, $CaCO_3$, les $(CO_3)^{2-}$ sont liés par des Ca^{2+} pour former une structure rhomboédrique typique de ce minéral.

Le tableau qui suit présente les minéraux les plus communs dans les principaux groupes et leurs usages.

GRUPE	MINÉRAL	FORMULE	USAGE
ÉLÉMENTS NATIFS	Or	Au	Échange, joaillerie joaillerie, photographie conducteurs électriques gemmes, abrasifs mines à crayons, lubrifiants médicaments, produits chimiques catalyseurs, alliages
	Argent	Ag	
	Cuivre	Cu	
	Diamant	C	
	Graphite	C	
	Soufre	S	
	Platine	Pt	
OXYDES	Hématite	Fe_2O_3	minerais de fer minerais de fer gemme, abrasif
	Magnétite	Fe_3O_4	
	Corindon	Al_2O_3	
SULFURES	Galène	PbS	minerais de plomb minerais de zinc "or des fous" minerais de cuivre minerais de cuivre minerais de mercure
	Sphalérite	ZnS	
	Pyrite	FeS_2	
	Chalcopyrite	$CuFeS_2$	
	Bornite	Cu_5FeS_4	
Cinabre	HgS		
SULFATES	Gypse	$CaSO_4 \cdot H_2O$	plâtre et panneaux plâtre et panneaux boue de forage
	Anhydrite	$CaSO_4$	
	Barite	$BaSO_4$	
CARBONATES	Calcite	$CaCO_3$	ciment Portland ciment Portland minerais de cuivre, joaillerie minerais de cuivre, joaillerie joaillerie
	Dolomite	$CaMg(CO_3)_2$	
	Malachite	$Cu_2(OH)_2CO_3$	
	Azurite	$Cu_3(OH)_2(CO_3)_2$	
Rhodochrosite	$MnCO_3$		
SILICATES	quartz	SiO_2	verre, horlogerie, calculatrices poudre pour bébés isolant céramique
	talc	$Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$	
	amiante	$Mg_6Si_4O_{10}(OH)_8$	
	kaolinite	$Al_4Si_4O_{10}(OH)_8$	
HALOGÉNURES	Halite	$NaCl$	sel commun fabrication des aciers fertilisants
	Fluorite	CaF_2	
	Sylvite	KCl	
HYDROXYDES	Limonite	$FeO(OH) \cdot nH_2O$	minerais de fer, pigment minerais d'aluminium
	Bauxite	$Al(OH)_3 \cdot nH_2O$	

La **pétrologie** est la science qui étudie la formation et la transformation des roches. L'étude des mécanismes de formation des roches, de leurs propriétés physico-chimiques et de leur classification est l'objet de la pétrologie. C'est une branche de la **géologie**¹ qui recouvre plusieurs domaines, en particulier la **minéralogie** (formation et composition chimique des minéraux), la **pétrographie** (description et classification des roches) et la cristallographie (étude de la structure et des propriétés des cristaux).

La pétrographie (du grec petra= pierre, et graphê= décrire) est la science de la description et de l'analyse des roches.

Rocheux, rocheuse (adj.) : fait de roche, (synonyme caillouteux, [[pierreux]).

Rocher (n.m.) : bloc de roche.

Roc (n.m.) : synonyme de rocher, caillou très dur...

Rocaille (n.f.) : tas ou amas de roches, rochers, pierres...

Rocailleux (adj.): qui contient des pierres, roches... (Synonyme pierreux).

A- CLASSIFICATION DES ROCHES

On distingue les roches (de manière très succincte) :

En fonction de la composition minérale :

- Roches mono-minérales, ou roches monominérales : composées d'un minéral majoritaire, ex : calcaire pur.
- Roches pluri-minérales, ou roches pluriminérales : agrégat de plusieurs minéraux, ex : granite.

En fonction de l'homogénéité :

- Roches dures et cohérentes : " pierre " ; le granite
- Roches fluides = liquide : " huiles ", pétroles ;
- Roches fluides = gazeuse : " gaz ".
- des roches plastiques, comme les argiles qui changent d'aspect et de propriétés lorsqu'on y ajoute de l'eau,
- des roches friables, comme la craie qui s'effrite sous la pression de l'ongle,
- des roches meubles, comme le sable qui coule entre les doigts lorsqu'on le manipule,

¹ **Géologie**, science traitant de l'origine de la Terre, de son histoire, de sa forme, des matériaux qui la composent et des processus qui influent ou qui ont influé sur elle.

Géomorphologie, branche de la géographie et de la géologie qui étudie les formes de la surface terrestre.

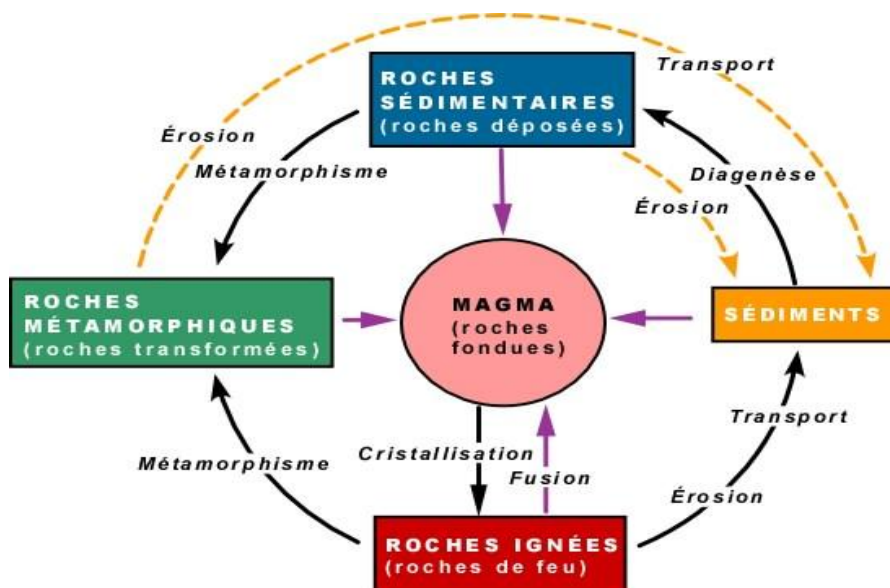
- des roches liquides, comme le pétrole qui est inflammable.

En fonction de leurs modes et milieux de formations :

- Roches exogènes (formées en surface de l'écorce terrestre) :
 - o roches sédimentaires (roches détritiques, roches biogènes, ...)
 - o roches résiduelles. Les roches résiduelles, sont des roches exogènes, formées à partir des éléments en solution que les eaux ont prélevés à des roches préexistantes (exemples de roches résiduelles : argiles résiduelles, bauxites, paléosols, etc.).
- Roches endogènes (formées, au moins en partie en profondeur, à des pressions et températures supérieures à celles de la surface de l'écorce terrestre) :
 - o roches magmatiques (solidification de magmas) :
 - roches plutoniques [intrusives] : elles ont cristallisé au sein de la lithosphère ;
 - roches volcaniques [effusives] : elles se sont épanchées en surface ;
 - roches hydrothermales : formées à partir de gaz ou de solutions à haute température, en relation avec des magmas ;
 - o roches métamorphiques (recristallisation de roches existantes, par suite d'élévations de pression et température le plus souvent liées à l'enfouissement), métamorphisme

B- LES ROCHES D'APRES LEUR ORIGINE ET MODE DE FORMATION OU LES PROCESSUS DE FORMATION DES ROCHES

Les roches sont regroupées en trois grandes catégories suivant le phénomène qui est à l'origine de leur formation.



1-Rien ne se perd, tout se transforme : le cycle des roches

Matériaux composant l'écorce terrestre, les roches se forment et se recyclent tout au long d'un processus bien défini qui établit entre elles des liens de filiation. Ainsi, sous l'effet de l'érosion, le granite se désagrège en minéraux argileux et en sable, roches sédimentaires qui peuvent ensuite retourner à l'état de magma et donner naissance à de nouvelles roches éruptives, dont le granite.

Le magma constitue le cœur de ce diagramme; il en est le point de départ et le point d'arrivée du cycle. La croûte terrestre et le manteau supérieur de la Terre sont soumis à des mouvements de convection engendrant des variations de température et de pression. Quand la chaleur et la pression augmentent à quelques dizaines de kilomètres sous la surface, les roches qui composent la lithosphère peuvent entrer en fusion partielle ou totale et se transformer en magma. . En refroidissant, le magma se solidifie pour devenir une roche magmatique ou ignée, le premier nom mettant l'accent sur une origine à partir de bains fondus, le second sur les hautes températures ayant dû conduire à la fusion. Le refroidissement peut se faire à l'intérieur et donner lieu à la cristallisation.

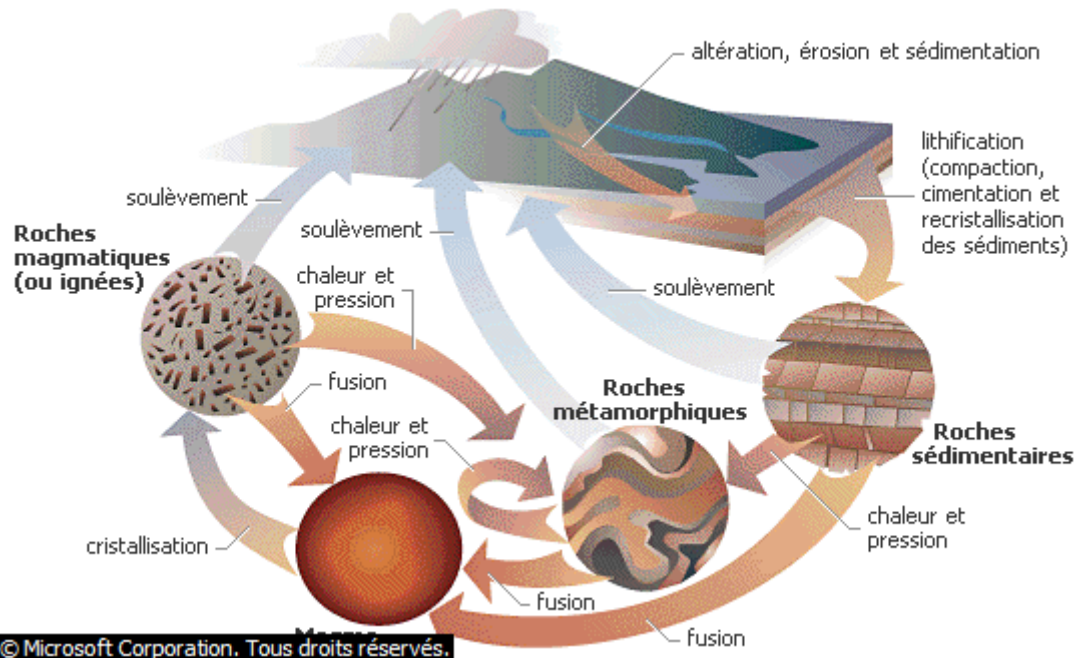
Lorsqu'elles sont amenées à la surface du globe par les processus dynamiques de la tectonique des plaques, lors de la formation de chaînes de montagnes par exemple, et qu'elles sont exposées aux intempéries de la surface, les roches ignées s'altèrent et se désagrègent en particules de tailles variées. L'érosion par l'eau, la glace et le vent transportent les particules pour former un dépôt meuble, un sédiment (gravier, sable, boue). Puis ce sédiment se transforme progressivement en roche qui évidemment s'appelle une **roche sédimentaire**, littéralement une roche déposée. Cette transformation se fait selon un ensemble de processus qu'on appelle la diagenèse, le principal processus étant la cimentation des particules entre elles.

Dans les chaînes de montagnes, une portion du matériel sédimentaire est enfouie sous des conditions de températures et de pressions très élevées; les roches sédimentaires se transforment alors en **roches métamorphiques**, littéralement des roches ayant acquis une autre forme. Ce processus de transformation sous l'effet de températures et de pressions élevées est le métamorphisme. Comme les roches sédimentaires, les roches ignées peuvent aussi être soumises aux processus du métamorphisme et produire des roches métamorphiques. Il y a des façons autres que l'enfouissement aux racines des chaînes de montagnes pour former des roches métamorphiques, comme par exemple la cuisson au contact d'une masse intrusive chaude.

Il n'y a pas que les particules provenant de l'érosion des roches ignées qui forment les sédiments; l'érosion des roches métamorphiques et des roches sédimentaires produira aussi des sédiments et éventuellement des roches sédimentaires.

Le retour au magma (flèches violettes) boucle le cycle : au niveau des zones de subduction, il y a enfoncement dans l'asthénosphère de plaque lithosphérique océanique, soit de roches ignées, avec des quantités mineures de sédiments, de roches sédimentaires et/ou de roches

métamorphiques. Une partie de ce matériel est fondu pour fournir les magmas de zones de subduction, alors qu'une autre partie est digérée et recyclée dans l'asthénosphère, et est susceptible d'être fusionnée ultérieurement en magma. Dès lors, il est possible que le processus reprenne son cours : on parle donc de cycle des roches.



Cycle de la roche

Le cycle de la roche représente l'interaction des processus internes (endogènes) et externes (exogènes) de la Terre. Il décrit notamment les processus de transformation de chacun des trois principaux types de roches (roches sédimentaires, métamorphiques et magmatiques) en roches de l'un ou l'autre des deux autres types, voire en roches d'un type spécifique différent. Les sédiments compactés, cimentés et parfois recristallisés forment des roches sédimentaires ; les roches soumises à de fortes chaleurs et pressions forment des roches métamorphiques ; les roches issues du refroidissement puis de la solidification de magma forment des roches magmatiques (ou ignées).

© Microsoft Corporation. Tous droits réservés.

Microsoft ® Encarta ® 2009. © 1993-2008 Microsoft Corporation. Tous droits réservés.

2- Trois grandes catégories de roches

Les roches sont classées selon leur composition, leur origine ou la modalité de leur formation, en trois grandes catégories :

Un peu d'ordre dans les roches !

Roches magmatiques □ proviennent du refroidissement d'un magma :

- soit à la surface : Roches volcaniques (ex : Basalte, Andésite, Rhyolite, ...)
- soit en profondeur : Roches plutoniques (ex : Granite, Diorite, Gabbro...)

Roches sédimentaires □ dépôt et consolidation d'un sédiment à la surface de la Terre (fonds des mers et des océans et surface des continents). (Ex : Sable, Grès, Argile, Calcaire, Gypse...)

Roches métamorphiques □ toute autre roche préexistante transformée en profondeur par la pression et la température (ex : Micaschiste, Gneiss, Marbre, Quartzite...)

➤ Les roches magmatiques

Les roches magmatiques (également appelées roches ignées ou roches éruptives), se forment quand un magma se refroidit et se solidifie, avec ou sans cristallisation complète des minéraux le composant. Cette solidification peut se produire :

- o en profondeur, cas des roches magmatiques plutoniques (dites aussi « intrusives ») qui se sont refroidies en profondeur, lentement et sans dégazage dans la chambre magmatique, et sont holocristallines. La plus répandue est le granite. Le granite est une roche magmatique, plutonique à structure grenue, c'est-à-dire entièrement cristallisée, formée par le refroidissement lent, en profondeur d'un magma. Elle est composée de trois minéraux, Quartz (Q), feldspath (F) et micas. Le gneiss et le micaschiste composent également la croûte continentale.

- o à la surface, cas des roches magmatiques volcaniques (dites « extrusives » ou « effusives ») qui se sont refroidies brutalement en surface après une éruption volcanique, et sont hémicristallines. La plus répandue est le basalte, une roche sombre, mate, dure, compacte et peu cristallisée. . Le basalte est une roche volcanique composée de cristaux englobés dans un verre. Les minéraux principaux sont les pyroxènes (Py) et les plagioclases (Pl).

- o les roches filoniennes (hypabyssales), sont intermédiaires entre les roches extrusives et intrusives, et ayant subi un dégazage partiel.

Dans tous les cas, les roches magmatiques sont qualifiées d'endogènes (tout comme les roches métamorphiques), car elles se sont formées en profondeur

type de roche	mode de formation	composition chimique		milieu de formation
roche magmatique : roche née du refroidissement du magma	par refroidissement très lent, roche intrusive plutonique grenue : minéraux cristallisés sans dégagement de gaz	acides (+ de 66% de silice)	<i>granite</i>	vers 10 à 20 km de profondeur, en chambre magmatique
		intermédiaires (65 à 51 % de silice)	<i>diorite, tonalite, monzonite</i>	
		basiques (52 à 45 % de silice)	<i>gabbro, syénite, essexite, labradorite</i>	
		ultra-basique (-de 45% de silice)	<i>pyroxénolite, hornblendite, dunite, péridotite</i>	
(classée en fonction de son % en quartz, feldspath et feldspathoïde, sa texture évolue en fonction de la pression et la température)	refroidi rapidement avec conservation des gaz : roche hypoabyssale filonienne	acides (+ de 66% de silice)	<i>apélite, lamprophyre, microgranite, pegmatite, porphyre</i>	partant de la chambre magmatique vers la surface, en remplissage de faille
		intermédiaires	<i>microdiorite</i>	
		basiques (45-52 % silice)	<i>diabase</i>	
	refroidi très rapidement avec dégazage : roche effusive volcanique : microcristaux figés dans une pâte vitreuse	acides (+ 66% de silice)	<i>rhyolite, ponce, obsidienne</i>	en surface de marge active (andésite ⇒ subduction),
		intermédiaires	<i>andésite, dacite, latite, phonolite, trachyte,</i>	
		basiques (45-52 % silice)	<i>basalte, basanite, leucite, téphrite</i>	point chaud
		ultra-basique (-de 45% de silice)	<i>carbonatite, mélanite</i>	



La composition chimique des roches magmatiques varie dans des limites assez étroites, différentes de celles des roches sédimentaires qui proviennent essentiellement de leur transformation à la surface du globe. Les données géochimiques montrent que O et Si sont largement dominants, suivis par Al, puis par Fe, Mg, Ca, Na, K, etc. La silice joue donc un rôle prédominant et l'on constate dans sa distribution deux maximums de fréquence, le principal pour 52,5 p. 100 et un autre pour 73 p. 100. Cela correspond aux deux types de roches magmatiques ayant la plus large répartition, les basaltes et les granites, qui sont respectivement les plus représentatifs des roches volcaniques et plutoniques.

Pour chaque roche plutonique, il existe une roche volcanique correspondante, ayant la même composition chimique et minérale, mais différente par la texture, cependant leur répartition géographique et quantitative n'est pas du tout la même à la surface de la Terre.

Les principales textures des roches éruptives sont :

- la texture grenue (grains visibles à l'œil nu) pour les roches plutoniques ;
- la texture microlitique (cristaux microscopiques) pour les roches volcaniques.

Les roches éruptives sont classées et dénommées en fonction de leur composition. Les principaux minéraux qui permettent cette classification par leur présence ou leur absence sont : le quartz, les feldspaths alcalins, les plagioclases et d'autres minéraux comme les micas, l'amphibole, le pyroxène ou l'olivine. L'observation microscopique des lames

minces des différentes roches permet d'identifier leurs minéraux et de les dénommées de façon précise.

Les magmas granitiques, riches en silice et très visqueux, se forment principalement dans les zones de collisions continentales et de naissance des chaînes de montagnes. Ils cristallisent le plus souvent en profondeur sous forme de masses plus ou moins circonscrites ou plutons, d'où le terme de roche plutonique.

Les magmas basaltiques proviennent de la fusion partielle du manteau. Ils sont pauvres en silice et fluides. Ils viennent s'épancher dans les zones d'ouvertures océaniques ou continentales et dans les points chauds.

Les magmas andésitiques possèdent une composition intermédiaire. Ils alimentent le volcanisme des zones de subduction comme les Andes ou le Japon.

Les roches volcaniques présentent une grande diversité de nature et d'aspect. Les plus répandues sont les basaltes et les andésites.

Le basalte est une roche noire et compacte. Les laves basaltiques sont fluides et donnent des coulées à surface cordée, scoriacée ou prismée.

Les andésites sont des roches de couleur grise parfois légèrement violacée. Les andésites peuvent être émises sous forme de coulées ou de volcanisme explosif.

Les trachytes sont généralement de couleur gris clair. De nombreuses roches d'Auvergne comme la lave de Volvic sont des trachyandésites.

Les rhyolites sont des roches acides riches en silice et souvent claires, équivalent volcanique du granit. Leur couleur dépend beaucoup du degré d'altération des minéraux qu'elles contiennent. De nombreuses pierres ponce et obsidiennes, entièrement vitreuses, sont des rhyolites. Elles se mettent en place le plus généralement lors d'épisodes volcaniques hyper violents. On parle alors d'ignimbrites. Les porphyres sont de très anciennes ignimbrites lentement soudées et en partie recristallisée par le temps.

➤ **Les roches sédimentaires une formation lente et progressive**

Les roches sédimentaires², sont des roches exogènes, c'est-à-dire qui se forment à la surface de la Terre, ce sont les roches qui résultent de l'accumulation en couches et du compactage de débris d'origine minérale (dégradation d'autres roches), organique (restes de végétaux ou d'animaux, fossiles), sous l'action l'érosion, aux effets du vent, de l'eau, des alternances climatiques (gels - dégels), etc.



Formation des roches sédimentaires

² Les roches sédimentaires sont celles qui se forment à la surface de la Terre par accumulation de sédiments, le plus généralement au fond de l'eau : en mer, dans un lac, une lagune, ou dans un delta, mais parfois aussi en milieu terrestre aérien, à la surface des continents, comme d'anciennes moraines, par exemple. De par leur origine externe, les roches sédimentaires s'opposent donc aux roches d'origine profonde, magmatiques ou métamorphiques.

Les roches sédimentaires résultent du compactage, de la cimentation et de la déshydratation des particules déposées, millénaire après millénaire, au fond des océans. Les différences de couleur et de composition témoignent de la variété des milieux de sédimentation (nature des particules et rythme de leur dépôt). Les roches sédimentaires, dont les calcaires, contiennent parfois des fossiles de taille variable. Elles se forment aussi par évaporation de l'eau et précipitation des sels contenus dans les solutions.

S. O. Lindblad/Photo Researchers, Inc.

Microsoft © Encarta © 2009. © 1993-2008 Microsoft Corporation. Tous droits réservés.

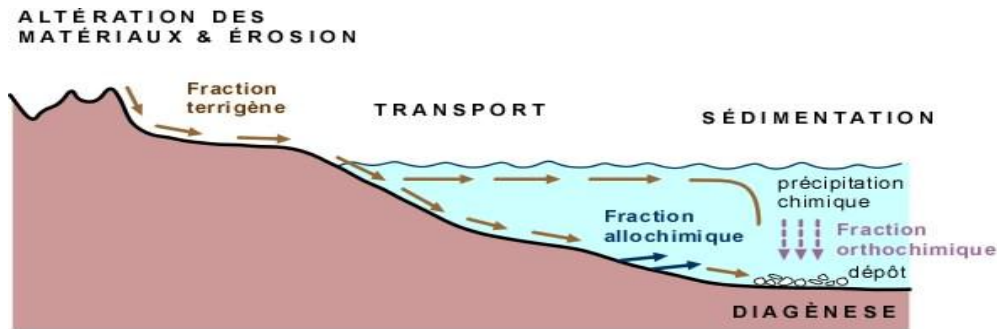
type de roche	mode de formation	composition chimique	milieu de formation
roche sédimentaire : accumulation de sédiments + cimentés par diagenèse, formant petit à petit des strates, peut être classée en fonction des pourcentages de sédiments constitutifs	par précipitation chimique : r.s.chimique	r.s.saline ou évaporites : sulfate de calcium (gypse), puis du chlorure de sodium (halite ou sel gemme), les sels de magnésium et le chlorure de potassium (sel de potasse).	en lagune, précipitation au fur et à mesure de l'évaporation
		r.s.carbonatée à base de carbonate de calcium CaCO_3 : calcaire oolithique ou pisolitique, calcite, travertin ou tuf calcaire ; ou de carbonate de magnésium : dolomite	en eau profonde, précipitation par changement de concentration (émission de gaz volcanique, dissolution...)
		r.s.siliceuse à base de silice : calcédoine, jaspe, meulière, quartz, silex.	
		r.s.métasomatique par échange entre l'eau de mer et les minéraux déjà précipités : calcaire donne dolomie	
		r.s.argileuse résiduelle après lessivage de roche magmatique : à base d'argile : argilite, bauxite, kaolin, loess, marne	sur les continents
par accumulation de substances d'origine organique (test, coquille, squelette, végétaux) : r.s.biochimique organogène	r.s.carbonatée à base de carbonate de calcium CaCO_3 : aragonite, calcaire coquillier, calcaire compact, tuffeau ; ou de carbonate de magnésium : cergneule, dolomite		en eau profonde
		r.s.siliceuse à base de test siliceux : diatomite, radiolarite.	
		r.s.carbonée à base de carbone, en proportions variées : anthracite, houille, hydrocarbure, lignite, tourbe et le minéral graphite.	raz de marée, éboulement : végétaux enfouis à l'abri de l'oxydation
par rejet volcanique explosif : r.s.pyroclastique		roche de composition chimique volcanique, se déposant en strates comme les roches sédimentaires : tuf, tuffite, cendres	
par érosion de roches pré-existantes : r.s.détritique		r.s.siliceuse à base de silice : arkose, brèche, conglomérat, grès, moraine, pouding siliceux, sable.	sur les continents, par dessiccation, humidification, oxydation

Si les roches ignées forment le gros du volume de la croûte terrestre, les roches sédimentaires forment le gros de la surface de la croûte³. Quatre processus conduisent à la formation⁴ des roches sédimentaires: l'altération superficielle des matériaux qui produit des particules, le transport de ces particules par les cours d'eau, le vent ou la glace qui amène ces particules dans le milieu de dépôt, la sédimentation qui fait que ces particules se déposent dans un milieu donné pour former un sédiment et, finalement, la diagenèse qui transforme le sédiment en roche sédimentaire.

³ Les roches sédimentaires ne représentent que environ 5 % du volume de la croûte terrestre, cependant elles en recouvrent 75 % de la surface, et sont donc très présentes dans les paysages.

⁴ Leur formation peut résulter de différents types d'activités géologiques : origine détritique : érosion, transport et dépôt des graviers, des grains et des particules, sables et argiles, origine physico-chimique : précipitation de sels, évaporation comme pour la formation du gypse ou du sel gemme, origine biochimique : dépôts liés à l'activité des êtres vivants. C'est le cas de la plupart des couches de calcaire.

Pétrole et charbon ont une origine biologique directe par l'accumulation puis la transformation de la matière organique d'origine animale ou végétale.



Le matériel sédimentaire peut provenir de trois sources : une source terrigène, lorsque les particules proviennent de l'érosion du continent; une source allochimique, lorsque les particules proviennent du bassin de sédimentation, principalement des coquilles ou fragments de coquilles des organismes; une source orthochimique qui correspond aux précipités chimiques dans le bassin de sédimentation ou à l'intérieur du sédiment durant la diagenèse.

À la surface de la Terre, toutes les roches sont exposées à l'érosion : le vent et les écoulements d'eau les usent et en détachent de minuscules fragments et des substances chimiques.

Au fil du temps, ces éléments se déposent et s'accumulent à la surface des continents, dans le lit des cours d'eau, au fond des océans. C'est ainsi que naissent les roches sédimentaires. Celles-ci proviennent de différents types de sédiments. Ainsi :

- les galets donnent des conglomérats,
- les gros grains donnent des sables,
- les petits grains donnent des silts,
- les particules fines forment des argiles,
- les substances dissoutes précipitent au fond et peuvent donner, selon leur nature chimique, des calcaires, des sels gemmes...

Dans la nature, les roches sédimentaires sont soumises à des phénomènes physico-chimiques qui les durcissent peu à peu. Le processus de consolidation d'une roche sédimentaire, nommé "diagenèse", comporte plusieurs phénomènes.

- La compaction : les êtres vivants présents dans les sols, la pression due au poids de nouveaux sédiments qui se déposent, la déshydratation naturelle, font perdre principalement de l'eau
- La cimentation : la déshydratation de la roche entraîne une forte concentration en éléments chimiques qui se cristallisent alors et cimentent les pores de la roche.

- L'épigénisation et la recristallisation : lorsque les roches sont enfouies sous d'autres sédiments, elles subissent une augmentation de pression et de température. Certains minéraux voient leur structure modifiée. Quand les conditions physiques et chimiques évoluent, ces minéraux se réorganisent entre eux pour former d'autres roches.

Ainsi, par exemple, au cours de la diagenèse, les sables peuvent devenir des grès et les argiles peuvent se changer en marnes lorsqu'elles sont mélangées à du calcaire.

L'altération superficielle.

Les processus de l'altération superficielle sont de trois types: mécaniques, chimiques et biologiques. Les processus mécaniques (ou physiques) sont ceux qui désagrègent mécaniquement la roche, comme l'action du gel et du dégel qui à cause de l'expansion de l'eau qui gèle dans les fractures ouvre progressivement ces dernières. L'action mécanique des racines des arbres ouvre aussi les fractures. L'altération chimique est très importante : plusieurs silicates, comme les feldspaths, souvent abondants dans les roches ignées, sont facilement attaqués par les eaux de pluies et transformés en minéraux des argiles (phyllosilicates) pour former des boues. Certains organismes ont la possibilité d'attaquer biochimiquement les minéraux. Certains lichens vont chercher dans les minéraux les éléments chimiques dont ils ont besoin. L'action combinée de ces trois mécanismes produit des particules de toutes tailles. C'est là le point de départ du processus général de la sédimentation.

Le transport.

Outre le vent et la glace, c'est surtout l'eau qui assure le transport des particules. Selon le mode et l'énergie du transport, le sédiment résultant comportera des structures sédimentaires variées: stratification en lamelles planaires, obliques ou entrecroisées, granoclasement, marques diverses au sommet des couches, etc. Les roches sédimentaires hériteront de ces structures. Le transport des particules peut être très long. En fait, ultimement toutes les particules devront se retrouver dans le bassin océanique.

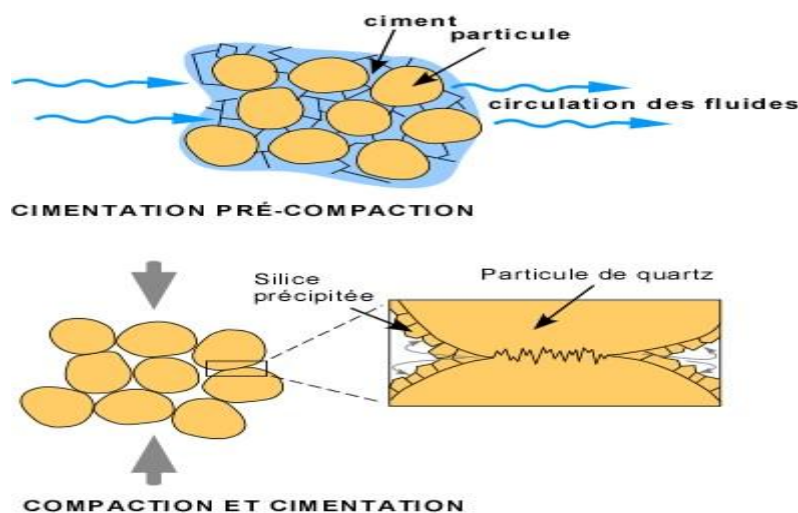
La sédimentation.

Tout le matériel transporté s'accumule dans un bassin de sédimentation, ultimement le bassin marin, pour former un dépôt. Les sédiments se déposent en couches successives dont la composition, la taille des particules, la couleur, etc., varient dans le temps selon la nature des sédiments apportés. C'est ce qui fait que les dépôts sédimentaires sont stratifiés et que les roches sédimentaires issues de ces dépôts composent les paysages stratifiés comme ceux du Grand Canyon du Colorado par exemple.

La diagenèse⁵.

L'obtention d'une roche sédimentaire se fait par la transformation d'un sédiment en roche sous l'effet des processus de la diagenèse. La diagenèse englobe tous les processus chimiques et mécaniques qui affectent un dépôt sédimentaire après sa formation. La diagenèse commence sur le fond marin, dans le cas d'un sédiment marin, et se poursuit tout au long de son enfouissement, c'est-à-dire, à mesure que d'autres sédiments viennent recouvrir le dépôt et l'amener progressivement sous plusieurs dizaines, centaines ou même milliers de mètres de matériel. Les processus de diagenèse sont variés et complexes : ils vont de la compaction du sédiment à sa cimentation, en passant par des phases de dissolution, de recristallisation ou de remplacement de certains minéraux. Le processus diagénétique qui est principalement responsable du passage de sédiment à roche est la cimentation. Il s'agit d'un processus relativement simple : si l'eau qui circule dans un sédiment, par exemple un sable, est sursaturée par rapport à certains minéraux, elle précipite ces minéraux dans les pores du sable, lesquels minéraux viennent souder ensemble les particules du sable; on obtient alors une roche sédimentaire qu'on appelle un grès. Le degré de cimentation peut être faible, et on a alors une roche friable, ou il peut être très poussé, et on a une roche très solide. La cimentation peut très bien se faire sur le fond marin (diagenèse précoce), mais il est aussi possible qu'il faille attendre que le sédiment soit enfoui sous plusieurs centaines ou même quelques milliers de mètres de matériel (diagenèse tardive).

L'induration (cimentation) d'un sédiment peut se faire tôt dans son histoire diagénétique, avant l'empilement de plusieurs mètres de sédiments (pré-compaction), ou plus tardivement, lorsque la pression sur les particules est grande due à l'empilement des sédiments

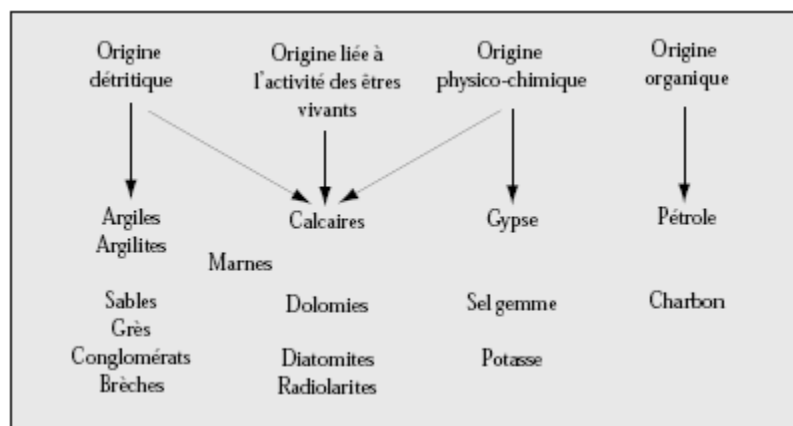


Dans le cas de la cimentation pré-compaction (schéma du haut), les fluides qui circulent dans le sédiment précipitent des produits chimiques qui viennent souder ensemble les particules. Exemple : la calcite qui précipite sur les particules d'un sable et qui finit par souder ces

⁵ Le passage d'un sédiment meuble à une roche cohérente correspond à des processus de transformations plus ou moins longs appelés diagenèse. La diagenèse s'effectue principalement par le tassement des sédiments, l'élimination de l'eau qu'ils contiennent et la consolidation des matériaux par cristallisation ou par cimentation.

dernières ensemble. La compaction d'un sédiment (schéma du bas) peut conduire à sa cimentation. Ainsi, la pression élevée exercée aux points de contact entre les particules de quartz d'un sable amène une dissolution locale du quartz, un sursaturation des fluides ambiants par rapport à la silice et une précipitation de silice sur les parois des particules cimentant ces dernières ensemble.

Classification simplifiée des roches sédimentaires



Le nom des sédiments et roches sédimentaires.

La dénomination des sédiments et roches sédimentaires se fait en deux temps.

D'abord selon la **taille des particules** (la granulométrie) chez les terrigènes et les allochimiques. Deux tailles sont importantes à retenir : 0,062 et 2 mm. La granulométrie n'intervient pas dans le cas des orthochimiques puisqu'il s'agit de précipités chimiques et non de particules transportées

Les Terrigènes		
Sédiment	Roche	
2 mm	Gravier	CONGLOMÉRAT
0,062 mm	Sable	GRÈS grès à quartz = orthoquartzite grès à feldspath = arkose
	Boue	MUDSTONE (Shale)

Les Allochimiques (calcaires)		
Sédiment	Roche	
2 mm	Gravier	CALCIRUDITE
0,062 mm	Sable	CALCARÉNITE
	Boue	CALCILUTITE

Les Orthochimiques	
DOLOMIE:	CaMg (CO ₃) ₂
SEL:	NaCl
GYPSE:	CaSO ₄ . H ₂ O
CHERT:	SiO ₂

Ensuite, on complète la classification par la composition minéralogique. La composition des particules des terrigènes se résume au quartz, feldspath, fragments de roches (morceaux d'anciennes roches qui ont été dégagés par l'érosion) et minéraux des argiles (par exemple, les

sables des plages de la Nouvelle-Angleterre sont surtout des sables à particules de quartz avec un peu de feldspaths). Quant aux allochimiques, ce sont principalement des calcaires, ce qui est reflété par le suffixe CAL dans le nom. Les particules des allochimiques sont formées en grande partie par les coquilles ou morceaux de coquilles des organismes (calcite ou aragonite). Les sédiments des zones tropicales sont surtout formés de ces coquilles, comme par exemple les sables blancs des plages du Sud! Chez les orthochimiques, le nom est essentiellement déterminé selon la composition chimique

Sachant que la plupart des roches sédimentaires se forment sur les fonds marins, leur présence dans les paysages continentaux nécessite la mise en œuvre de phénomènes de soulèvements liés aux mouvements tectoniques de chaque région concernée.

➤ La genèse mouvementée des roches métamorphiques

Le **métamorphisme**, ou « métamorphose » des roches, est l'ensemble des modifications qui transforment les roches à l'état solide, quand celles-ci sont soumises à des conditions de pression et de température différentes de celles d'origine.

Les **roches métamorphiques** (ou cristallophylliennes) sont formées par la recristallisation (et généralement la déformation) de roches sédimentaires ou de roches magmatiques sous l'action de la température et de la pression qui croissent avec la profondeur dans la croûte terrestre ou au contact d'autres roches, ce qui entraîne une réorganisation chimique, et donc minéralogique, de la roche. **Ces transformations se font à l'état solide, c'est-à-dire sans fusion de la roche (magmatisme).**

D'une façon générale, les roches métamorphiques se forment en profondeur, dans le contexte de la collision des plaques tectoniques et de la naissance des chaînes de montagnes.

Les roches métamorphiques ont des caractéristiques très différentes selon leur composition, la température atteinte, la vitesse et la manière avec lesquelles elles refroidissent. Ce qui donne plus de 700 variétés différentes de roches métamorphiques.



Roches métamorphiques

Les roches métamorphiques que l'on voit ici sont des micaschistes, des quartzites et du marbre. Les roches métamorphiques doivent leur origine à la transformation des aspects structurels ou minéralogiques de la roche sous l'action des températures et des pressions extrêmes régnant dans les couches profondes de la Terre. Le processus de transformation d'un type de roche à un autre est appelé métamorphisme.

Paul Silverman/Fund. Photos/Photo Researchers, Inc.

Microsoft © Encarta © 2009. © 1993-2008 Microsoft Corporation. Tous droits réservés.

type de roche	mode de formation	composition chimique		milieu de formation
roche métamorphique (classification en fonction des conditions de pression et température ayant existées au moment de leur transformation)	par compression (métamorphisme régional de marge convergente)	à base de granite et rhyolite, donne selon le degré de métamorphisme :	faible : micaschiste	en marge active entre 2 plaques convergentes créant un métamorphisme régional : plaque subduite = forte pression, faible chaleur, plaque chevauchante = faible pression et forte chaleur
			moyen : orthogneiss	
			fort : granulite, leptynite, (embreçhite, magnatite si saturé en eau)	
	ou réchauffement + compression (m. de contact de pluton ou filon)	à base de gabbro, diorite et basalte, donne selon le degré de métamorphisme :	faible : amphibolite, pyroxénite :	
			moyen : amphibolite, élogite (sous haute pression)	
			fort : anatexite	
	de roche magmatique	à base de péridotite, donne selon le degré de métamorphisme :	faible : schiste vert, talcschiste, serpentinite	
			moyen et fort : serpentinite	
			faible : schiste argileux, phyllade, schistes sériciteux et chloriteux,	
	par compression (métamorphisme régional de marge convergente)	à base d'argile et marne, donne selon le degré de métamorphisme :	moyen : micaschiste	
			fort : paragneiss (déshydratation à haute température)	
			faible : marbre, cipolin	
ou réchauffement + compression (m. de contact de pluton ou filon)	à base de calcaire, donne selon le degré de métamorphisme :	moyen et fort : marbre		
		faible et moyen : quartzite		
		fort : anatexite, nébulite		
de roche sédimentaire	à base de sable et grès, donne selon le degré de métamorphisme :			

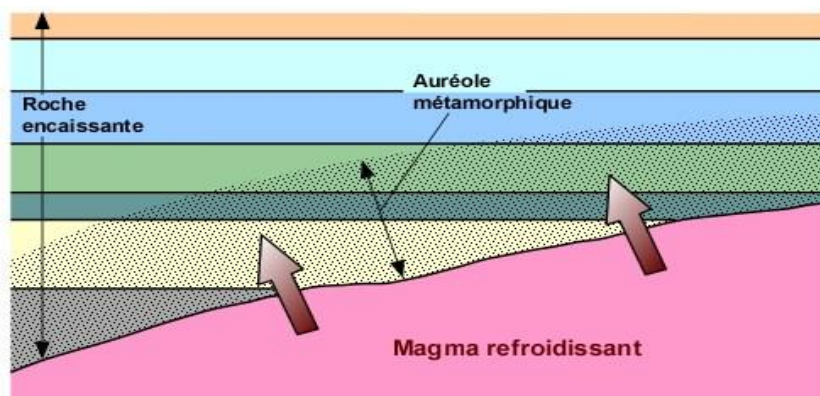
L'écorce terrestre est agitée de mouvements qui débouchent localement sur la formation de montagnes. Ces mouvements affectent des couches rocheuses profondes en les soumettant à des contraintes de température et de pression. **Chauffées et compressées**, les roches **changent de structure** : leurs minéraux s'orientent différemment et l'on assiste à l'apparition d'autres types de minéraux. C'est ainsi que naissent de nouvelles roches, dites **métamorphiques**.

Les **roches métamorphiques** visibles dans nos paysages ont été soulevées jusqu'à la surface de la Terre par des mouvements internes. Peu à peu, l'érosion a dénudé les terrains qui les recouvraient, ce qui provoque leur **affleurement**. Certaines de ces roches, comme l'**ardoise**, le **schiste** ou le **gneiss**, sont exploitées dans des **carrières** et employées comme matériaux de construction.

Les roches métamorphiques sont issues de la transformation de roches ignées ou sédimentaires sous l'effet de température et/ou de pressions élevées. Deux grands types de métamorphisme produisent la majorité des roches métamorphiques : le métamorphisme de contact et le métamorphisme régional. Un troisième type est plus restreint : le métamorphisme de choc.

Le métamorphisme de contact.

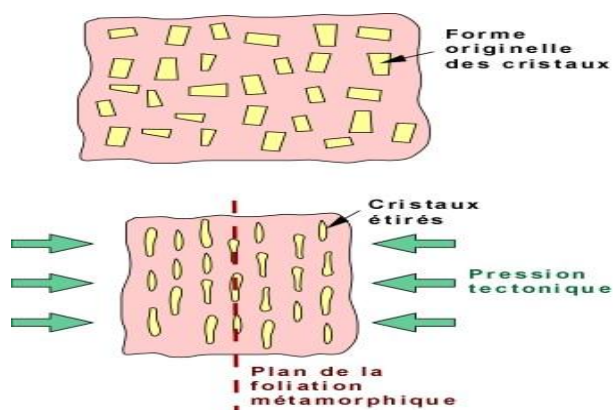
Le métamorphisme de contact est celui qui se produit dans la roche encaissante au contact d'intrusifs. Lorsque le magma encore très chaud est introduit dans une séquence de roches froides, il y a transfert de chaleur (les flèches) et cuisson de la roche encaissante aux bordures



Les minéraux de cette roche sont transformés par la chaleur et on obtient une roche métamorphique. Ainsi, les calcaires argileux dans lesquels s'est introduit le magma qui forme aujourd'hui le Mont-Royal, ont été transformés, tout autour de la masse intrusive, en une roche dure et cassante qu'on nomme une cornéenne. On appelle cette bordure transformée, une auréole métamorphique. Sa largeur sera fonction de la dimension de la masse intrusive, de quelques millimètres à plusieurs centaines de mètres, allant même à quelques kilomètres dans le cas des très grands intrusifs.

Le métamorphisme régional et la foliation métamorphique.

Le métamorphisme régional est celui qui affecte de grandes régions. Il est à la fois contrôlé par des augmentations importantes de pression et de température. C'est le métamorphisme des [racines de chaînes de montagnes](#). Le métamorphisme régional produit trois grandes transformations: une déformation souvent très poussée de la roche, le développement de minéraux dits métamorphiques et le développement de la foliation métamorphique. Dans ce dernier cas, les cristaux ou les particules d'une roche ignée ou sédimentaire seront aplatis, étirés par la pression sous des températures élevées et viendront s'aligner dans des plans de foliations; c'est la foliation métamorphique caractéristique de ce type de métamorphisme



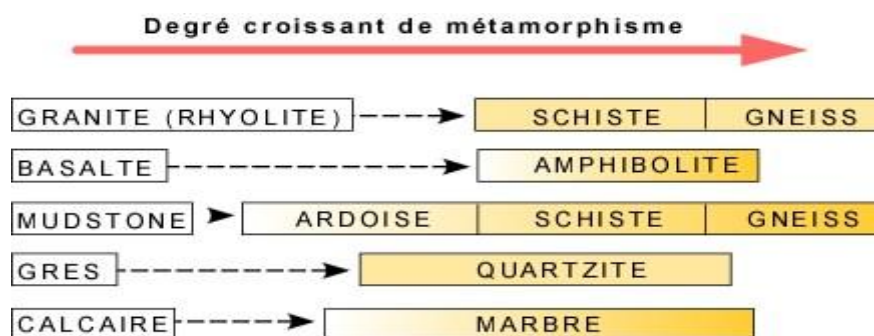
Le métamorphisme de choc.

Le métamorphisme de choc est celui produit par la chute d'une météorite à la surface de la planète. Le choc engendre des températures et des pressions énormément élevées qui transforment les minéraux de la roche choquées, des températures et des pressions qui sont bien au-delà de celles atteintes dans le métamorphisme régional.

Le nom des roches métamorphiques.

Le gros des roches métamorphiques (en volume) provient du métamorphisme régional. Selon le degré de métamorphisme régional, il se développe une suite bien spécifique de minéraux. Ces minéraux deviennent donc, pour une roche métamorphique donnée, des indicateurs du degré de métamorphisme qu'a subit la roche. A partir des assemblages minéralogiques, on peut établir le niveau des pressions et des températures à laquelle a été soumise la roche, et ainsi évaluer sa profondeur d'enfouissement dans les racines d'une chaîne de montagne. Comme pour les roches ignées et sédimentaires, on applique un certain nombre de noms aux roches métamorphiques. Le tableau qui suit présente les plus courants en fonction du degré de métamorphisme

Le métamorphisme est un phénomène qui peut affecter toutes les roches préexistantes, quelles que soit leurs natures et leurs origines. Il existe donc une grande variété de roches métamorphiques, dont les principales correspondent aux grandes familles de roches sédimentaires et éruptives.



Classification simplifiée des roches métamorphiques

Origine des roches	Roches métamorphiques correspondantes
Granites Rhyolites	→ Gneiss (ortho)
Argiles → Ardoises → Mica-schistes	→ Gneiss
Sables Grès	→ Quartzites
Calcaires	→ Marbres Gipolins
Marnes	→ Amphi-bolites
Basaltes Gabbro	→ Amphi-bolites

CONCLUSION

Un peu d'ordre dans les roches !

Roches magmatiques □ proviennent du refroidissement d'un magma :

- soit à la surface : Roches volcaniques (ex : Basalte, Andésite, Rhyolite, ...)

- soit en profondeur : Roches plutoniques (ex : Granite, Diorite, Gabbro...)

Roches sédimentaires □ dépôt et consolidation d'un sédiment à la surface de la Terre (fonds des mers et des océans et surface des continents). (Ex : Sable, Grès, Argile, Calcaire, Gypse...)

Roches métamorphiques □ toute autre roche préexistante transformée en profondeur par la pression et la température (ex : Micaschiste, Gneiss, Marbre, Quartzite...)

Composantes essentielles de la croûte terrestre, les roches présentent des aspects et des caractéristiques étonnamment variés. Formées de minéraux unis en structures parfois complexes, elles naissent et renaissent tout au long d'un cycle immuable. Ce sont elles qui entrent également en jeu lors des mouvements de l'écorce terrestre.