

Chapitre 2 Pétrographie

Plan

- 2.1 Rappels sur les minéraux
- 2.2 Modes de formation des roches
- 2.3 Propriétés géotechniques
- 2.4 Terrains de couverture

2.1 Rappel sur les minéraux

❁ Qu'est-ce qu'un minéral ?

- corps inorganique, solide à T° ordinaire
- composé de différents éléments chimiques
- constituant des roches de l'écorce terrestre

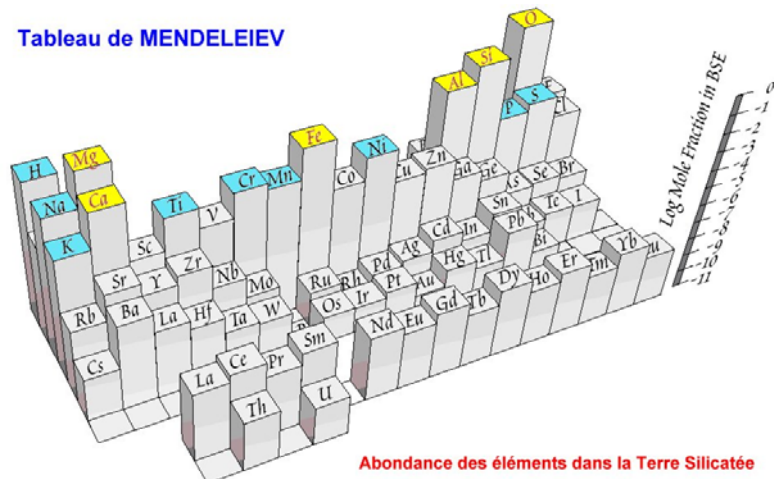
Particularités

- composition chimique
- structure atomique

proportion des éléments chimiques 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	

Tableau de MENDELEIEV



Les principaux types de minéraux

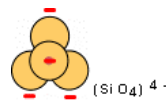
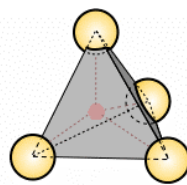
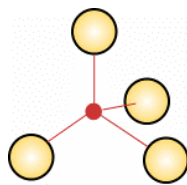


GRUPE	MINÉRAL	FORMULE	USAGE
ÉLÉMENTS NATIFS	Or	Au	échange, joaillerie joaillerie, photographie conducteurs électriques gemmes, abrasifs mines à crayons, lubrifiants médicaments, produits chimiques catalyseurs, alliages
	Argent	Ag	
	Cuivre	Cu	
	Diamant	C	
	Graphite	C	
	Soufre	S	
	Platine	Pt	
OXYDES	Hématite	Fe $2O_3$	minerais de fer minerai de fer gemme, abrasif
	Magnétite	Fe $3O_4$	
	Corindon	Al $2O_3$	
SULFURES	Galène	PbS	minerai de plomb minerai de zinc "or des fous" minerai de cuivre minerai de cuivre minerai de mercure
	Sphalérite	ZnS	
	Pyrite	FeS 2	
	Chalcopyrite	CuFeS 2	
	Bornite	Cu 5 FeS 4	
	Cinabre	HgS	
SULFATES	Gypse	CaS 0_4 .H $2O$	plâtre et panneaux plâtre et panneaux boue de forage
	Anhydrite	CaS 0_4	
	Barite	BaS 0_4	
CARBONATES	Calcite	CaC 0_3	ciment Portland ciment Portland minerai de cuivre, joaillerie minerai de cuivre, joaillerie joaillerie
	Dolomite	CaMg(CO 3) 2	
	Malachite	Cu 2 (OH) 2 CO 3	
	Azurite	Cu 3 (OH) 2 (CO 3) 2	
	Rhodochrosite	MnCO 3	
SILICATES	quartz	Si 0_2 Mg 3 Si 4 O 10 (OH) 2 Mg 6 Si 4 O 10 (OH) 8 Al 4 Si 4 O 10 (OH) 8	verre, horlogerie, calculatrices poudre pour bébés isolant céramique
	talc		
	amiante		
	kaolinite		
HALOGÉNURES	Halite	NaCl	sel commun fabrication des aciers fertilisants
	Fluorite	CaF 2	
	Sylvite	KCl	
HYDROXYDES	Limonite	FeO(OH).nH $2O$	minerai de fer, pigment minerai d'aluminium
	Bauxite	Al(OH) 3 .nH $2O$	

PO IC - Géologie de l'ingénieur

Les silicates

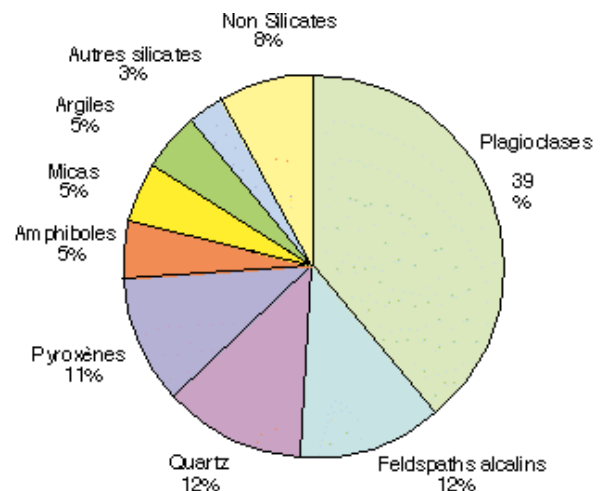
- du volume de la croûte terrestre
- structure de base composée des ions Si $_4^+$ et O $_2^-$



proportion des éléments chimiques 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	

MINÉRAL	FORMULE CHIMIQUE IDÉALISÉE	
OLIVINE	(Mg,Fe) 2 SiO 4	
Groupe des PYROXÈNES	(Mg,Fe)SiO 3	
Groupe des AMPHIBOLES	(Mg,Fe) 7 Si 8 O 22 (OH) 2	
Micas	MUSCOVITE	KAl 2 (AlSi 3 O 10 (OH) 2
	BIOTITE	K(Mg,Fe) 3 Si 3 O 10 (OH) 2
FELDSPATH	ORTHOCLASE	KAlSi 3 O 8
	PLAGIOCLASE	(Ca,Na)AlSi 3 O 8
QUARTZ	SiO 2	

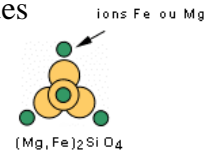


PO IC - Géologie de l'ingénieur

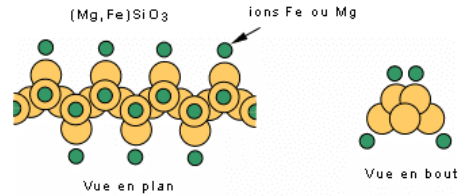
Les silicates

MINÉRAL		FORMULE CHIMIQUE IDÉALISÉE
OLIVINE		$(Mg,Fe)_2SiO_4$
Groupe des PYROXÈNES		$(Mg,Fe)SiO_3$
Groupe des AMPHIBOLES		$(Mg,Fe)_7Si_8O_{22}(OH)_2$
Micas	MUSCOVITE	$KAl_2(AlSi_3O_{10}(OH)_2)$
	BIOTITE	$K(Mg,Fe)_3Si_3O_{10}(OH)_2$
FELDSPATH	ORTHOCLASE	$KAlSi_3O_8$
	PLAGIOCLASE	$(Ca,Na)AlSi_3O_8$
QUARTZ		SiO_2

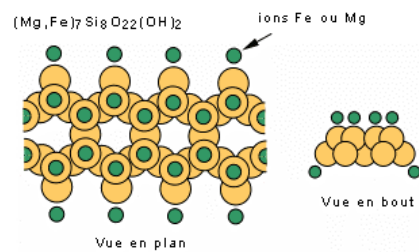
Liaisons de par des ions métalliques



Liaison de par des ions métalliques



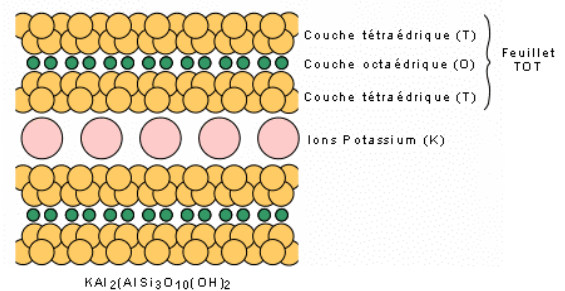
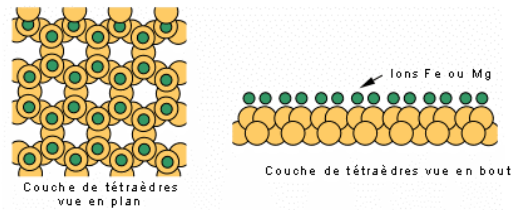
Liaison de par des ions métalliques



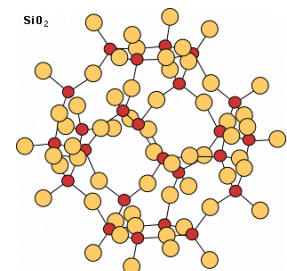
Les silicates

MINÉRAL		FORMULE CHIMIQUE IDÉALISÉE
OLIVINE		$(Mg,Fe)_2SiO_4$
Groupe des PYROXÈNES		$(Mg,Fe)SiO_3$
Groupe des AMPHIBOLES		$(Mg,Fe)_7Si_8O_{22}(OH)_2$
Micas	MUSCOVITE	$KAl_2(AlSi_3O_{10}(OH)_2)$
	BIOTITE	$K(Mg,Fe)_3Si_3O_{10}(OH)_2$
FELDSPATH	ORTHOCLASE	$KAlSi_3O_8$
	PLAGIOCLASE	$(Ca,Na)AlSi_3O_8$
QUARTZ		SiO_2

Liaison de couches de tétraèdres par des ions métalliques



Réseau tridimensionnel, sans ion métallique



Les silicates

MINÉRAL		FORMULE CHIMIQUE IDÉALISÉE
OLIVINE		(Mg,Fe) ₂ SiO ₄
Groupe des PYROXÈNES		(Mg,Fe)SiO ₃
Groupe des AMPHIBOLES		(Mg,Fe) ₇ Si ₈ O ₂₂ (OH) ₂
Micas	MUSCOVITE	KAl ₂ (AlSi ₃ O ₁₀ (OH) ₂
	BIOTITE	K(Mg,Fe) ₃ Si ₃ O ₁₀ (OH) ₂
FELDSPATH	ORTHOCLASE	KAlSi ₃ O ₈
	PLAGIOCLASE	(Ca,Na)AlSi ₃ O ₈
QUARTZ		SiO ₂

- Structure complexe
- Réseau tridimensionnel, où les coins des tétraèdres sont liés par les oxygènes, avec des ions positifs Na, K, Ca se situant dans les interstices du réseau chargé négativement

Albite	0-10 %	Anorthite
Oligoclase	10-30 %	-
Andésine	30-50 %	-
Labrador	50-70 %	-
Bytownite	70-90 %	-
Anorthite	90-100 %	-

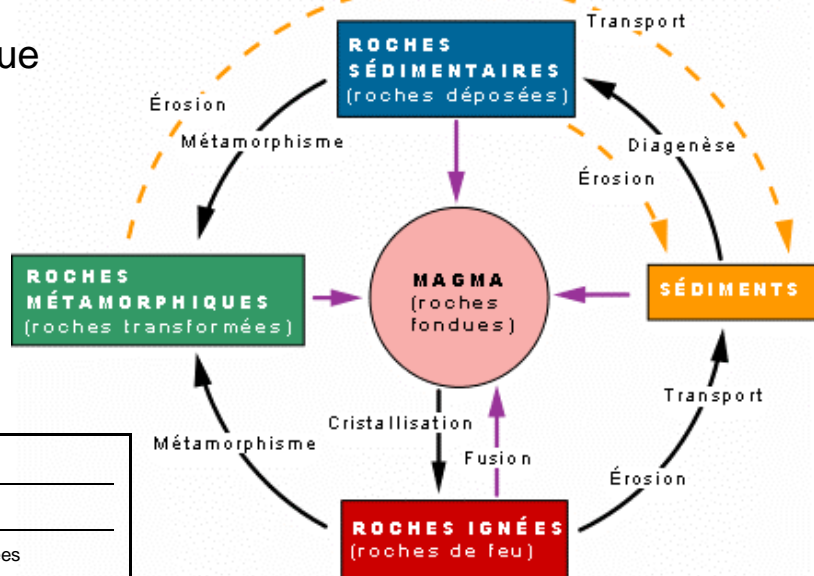
PO IC - Géologie de l'ingénieur

Tableau 2 – Quelques propriétés des minéraux courants

Minéraux		Masse volumique (t/m ³)	Dureté Vickers (HV)	Vitesse des ondes longitudinales (m/s)	Observations
Silicates	Quartz	2,65	1 250 à 1 400	6 050	inaltérable
	Feldspaths	2,55 à 2,75	650 à 800	5 800 à 6 200	
	Mica blanc	2,8 à 2,9	70 à 85	5 800	très anisotrope
	Mica noir	2,8 à 3,3	90	5 100	très anisotrope
	Amphiboles	3 à 3,4	730	7 200	anisotrope
	Olivine	3,2 à 3,6	820	8 400	
Autres	Calcite	2,71	110 à 120	6 650	un peu soluble dans l'eau
	Dolomite	2,85 à 2,9	250 à 400	7 500	
	Gypse	2,3 à 2,4	50 à 70	5 200	soluble dans l'eau

2.2 Modes de formation des roches

Cycle pétrographique



Action/État	Matériau
Fusion	Magma
Cristallisation	Roches ignées
Érosion - altération, désagrégation - transport	Sédiments
Diagenèse	Roches sédimentaires
Métamorphisme - température élevée - forte pression	Roches métamorphiques

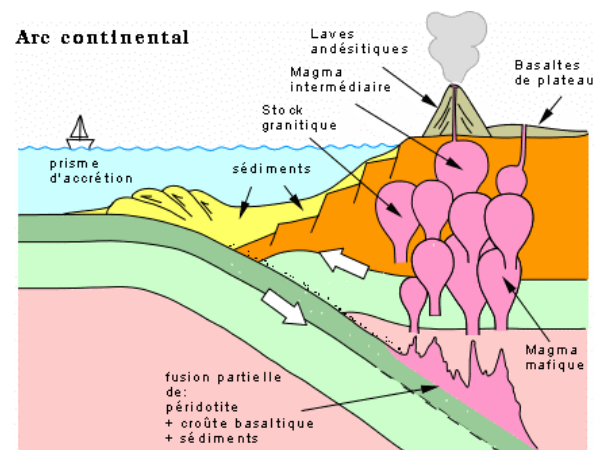
PO IC - Géologie de l'ingénieur

- Classification des roches en trois catégories selon leur mode de formation

Catégorie 1

Les roches

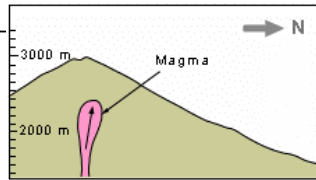
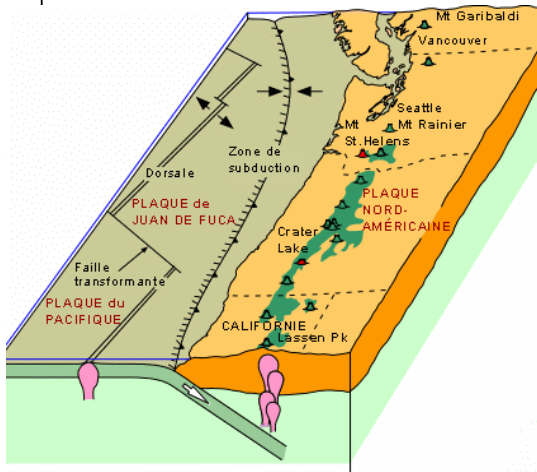
- consolidation d'un liquide contenant des % variables de cristaux : le magma
- refroidissement
 - brutal (trempe) → *verre*
 - lent → *cristaux*
- 2 types de roches
 - *(laves, projections)*
 - *(refroidies en-dessous de la surface du sol)*
- généralement *solidification ± lente d'un liquide dont les gaz dissous ont pu s'échapper*



• Roches volcaniques

- liées à l'activité volcanique
 - remontée de magma vers la surface (fissures et cheminées)
 - chargé de gaz dissous
 - pression élevée → fracture terrain → cheminement vers la surface
- après refroidissement : roches sous forme de dépôts tabulaires
 - exemple :
- Qu'est-ce qui fait monter les magmas vers la surface ?
 - - fraction liquide des zones supérieures*
 - fraction partiellement fondue du manteau supérieur*

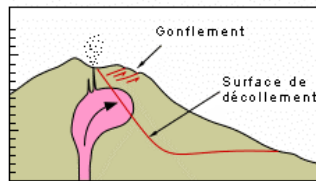
Volcanisme éruption du Mont St-Helens



A. 20 mars 1980

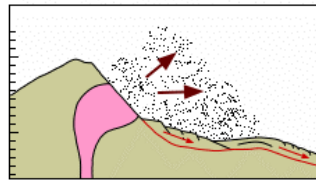
Le Mont St. Helens est un bon exemple de stratovolcan aux effets destructeurs. Ce volcan est demeuré calme durant 123 ans avant son éruption, le 18 mai 1980.

A. Le 20 mars 1980 (2 mois avant l'éruption) un premier séisme annonça le réveil possible du volcan.



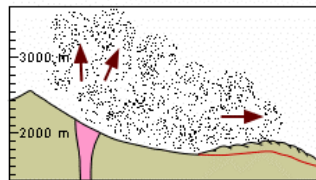
B. 23 avril 1980

B. À partir du 23 avril, on nota un gonflement progressif du côté nord du volcan, suggérant une augmentation de la pression magmatique dans le ventre du volcan.



C. 18 mai 1980

C. Le 18 mai, une secousse sismique déclencha un glissement de terrain géant (surface du décollement tracé en B) qui libéra subitement la pression dans le corps magmatique et causa une déflagration latérale formée de gaz incandescents et de matériel pyroclastique (nuée ardente).



D. 18 mai 1980

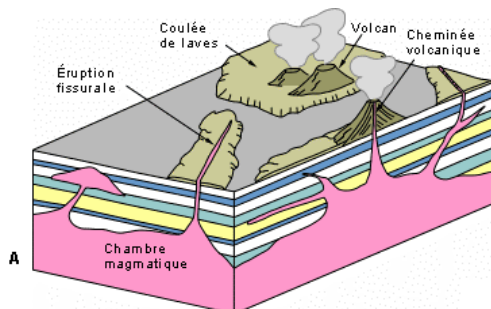
D. Il s'ensuivit une éruption verticale qui propulsa une colonne de cendres volcaniques jusqu'à une altitude de 19 kilomètres. Cette phase de l'éruption dura 9 heures.

L'éruption du Mont St. Helens a pulvérisé une grande partie du sommet, laissant une immense échancrure. D'une altitude de 2900 mètres avant l'éruption, le sommet a été abaissé à 2490 mètres par l'éruption. La nuée ardente a atteint des températures de 800°C, brûlant tout sur son passage. Le souffle de la déflagration a couché les arbres sur une superficie de 35 x 23 kilomètres au nord du cratère. Des coulées de boue d'une température de 90°C ont envahi les vallées de la rivière Toutle sur quelques dizaines de kilomètres, arrachant tout sur leur passage.

• Roches plutoniques

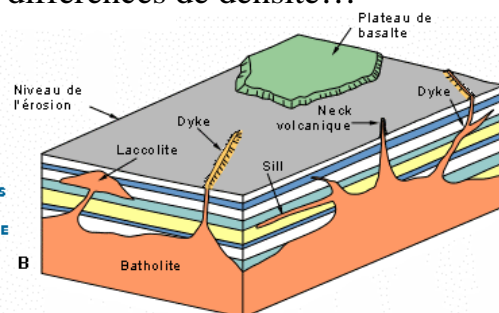
- les filons → remplissage de fractures ouvertes par du magma
- les massifs (faible allongement par rapport aux filons)
 - les plus grands : batholites jusqu'à plusieurs km d'épaisseur
 - mise en place : intrusion en force, différences de densité...

(pas de réponse claire, irréfutable)



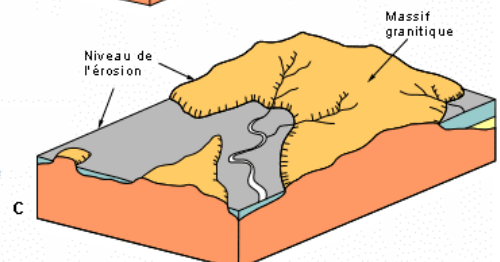
A

STRUCTURES ISSUES DU MAGMATISME



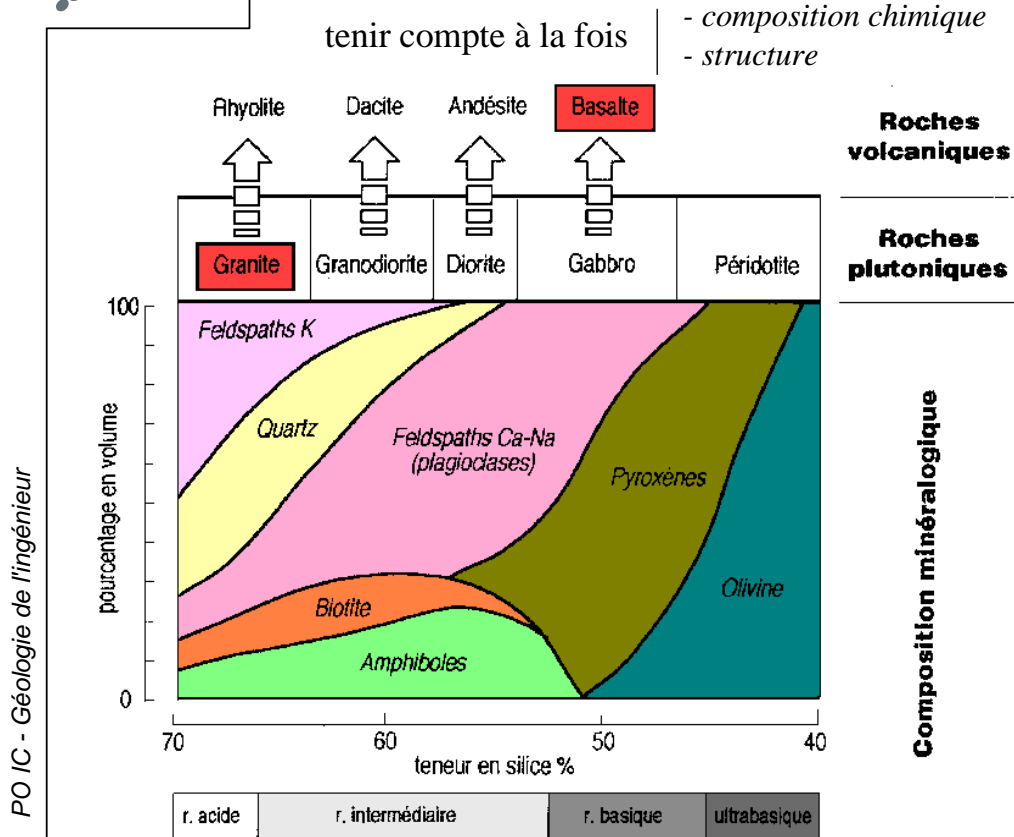
B

STADE ÉROSIF AVANCÉ



C

• Classification des roches magmatiques



• Classification des roches magmatiques → *granulats*

- roches magmatiques à structure grenue

- granites 50% feldspaths
30-40% quartz
3-10% micas
- diorites feldspaths + minéraux ferromagnésiens
- semblables aux diorites mais moins de feldspaths

- roches magmatiques à structure microgrenue

- microgranites et microdiorites
- porphyres
- excellent granulats



• Exemples de roches magmatiques



PO IC - Géologie de l'ingénieur



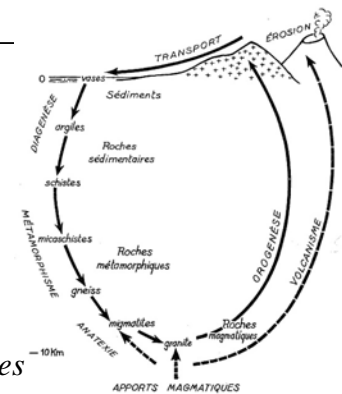
La côte de granite rose - Ploumanac'h (22) (Bretagne - Côtes-d'Armor)

Détail du **granite rose**.
De gros cristaux jointifs de quartz, de feldspaths et de mica (structure grenue).
Des lichens (de couleur verte) se développent sur le granite.

Catégorie 2

Les roches

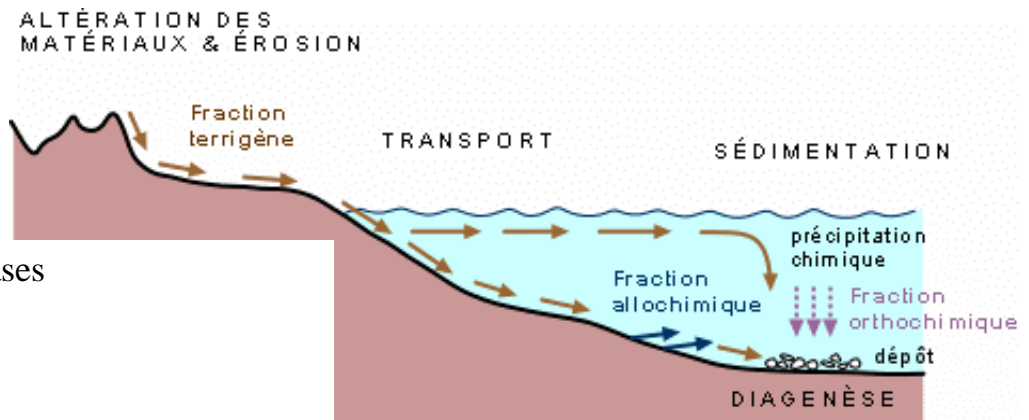
- résultent des transformations subies par les roches en surface \rightarrow *action des agents météoriques*
- résultat : roches néoformées sous des conditions de température et de pression normales (ou presque) *...donc très différentes des conditions magmatiques*



PO IC - Géologie de l'ingénieur

• Trois phases

- 1-
- 2-
- 3-



1- destruction de la roche mère

→ *désagrégation des roches selon 2 processus*

(a) processus physique :

vent, eau, gel/dégel, chocs thermiques, écroulements

→ *tendance à fracturer les roches cohérentes en développant le réseau de discontinuités existantes (depuis la formation)*

(b) processus chimique :

effet de l'eau → dissolution et hydrolyse

- chlorures, sulfates, carbonates : très solubles

- silice : légèrement solubilisable

- feldspaths : hydrolisables plus facilement lorsque riches en Ca

2- transport puis dépôt

→ *concerne des quantités de matière très importantes*

- Exemples :
- avec une minéralisation de 0,1 g/l (moyenne des eaux douces), une petite rivière au débit de 1 m³/s transporte plus de 3000 tonnes/an
 - les cours d'eau entraînent 13 km³ par an de sédiments dans les océans
→ *on peut couvrir avec 2m de sédiments une superficie équivalente à 650 000 terrains de football*

- éléments essentiels de transport
 - eau
 - vent

- modifications des sédiments détritiques durant leur transport

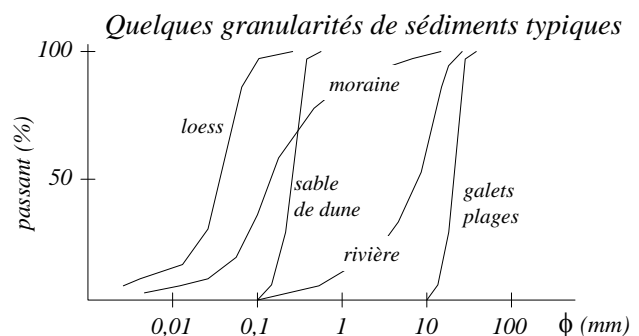
- diminution des dimensions

- adoucissement des arrêtes

→ *particules sphériques ou ellipsoïdales*

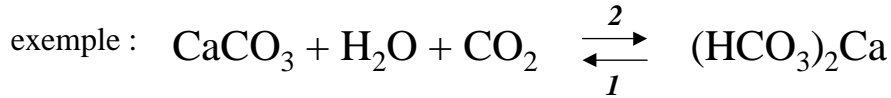
- disparition des minéraux les plus tendres et/ou les plus solubles

→ *changement de composition pétrographique*



• dépôt des matières

pour les solutions : *dépend des conditions de milieu chimique*



dépôt lorsque l'équilibre est déplacé dans le sens 2

pour les sédiments détritiques : *lorsque la vitesse du courant chute progressivement*

- classement des dépôts
- grains grossiers puis grains de plus en plus fins

PO IC - Géologie de l'ingénieur

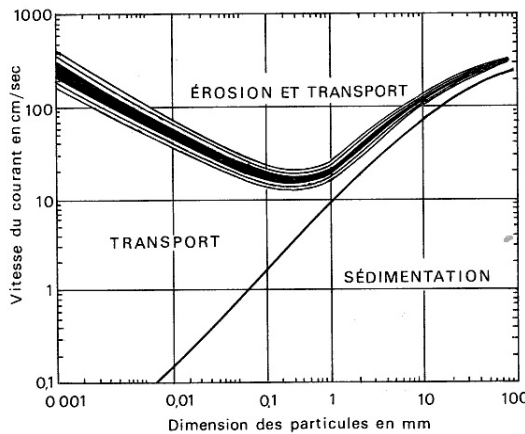


FIGURE 11.15. – **Diagramme érosion - transport - sédimentation** (d'après HJULSTROM). Par exemple, un grain de sable de 0,1 mm est érodé et transporté par un courant de vitesse supérieure à 20 cm/s; il est encore transporté tant que la vitesse se maintient au-dessus de 2 cm/s puis se dépose lorsque la vitesse devient plus faible. Un courant de 100 cm/s transporte les particules inférieures à 0,005 mm déjà en suspension, érode et transporte celles comprises entre 0,005 et 10 mm et laisse déposer celles supérieures à 10 mm. On remarque que les très fines particules (inférieures à 0,1 mm) nécessitent des vitesses croissantes pour être érodées, à cause de leur plus forte cohésion (les lèss, poussières de 0,02 mm, peuvent former des falaises verticales très élevées).

COMPARAISON DES DIFFERENTS MOYENS DE TRANSPORT DES ELEMENTS EN SEDIMENTOLOGIE
COMPARISON OF DIFFERENT MEANS OF TRANSPORTATION IN SEDIMENTOLOGY

AGENT	TYPE D'ÉCOULEMENT	VITESSE MOYENNE	DIMENSION MAXIMUM DES ÉLÉMENTS ENLEVÉS*	SURFACE AFFECTÉE	CHARGE MAXIMUM SUR LE TERRAIN	TYPE DE TRANSPORT
Torrents et cours d'eau	Turbulent et à la limite, proche de laminaire	De quelques mm/s à 5 m/s	Galets, Gravier et sables	Bassins versants entiers	Jusqu'à plusieurs kg.m^{-3}	Roulement, Glissement sur le lit alluvial, en suspension, en solution
Vagues sur rivages	Uniquement turbulent	Quelques mètres par seconde	Gravier et sables. Exceptionnellement, blocs	Rivages	Plusieurs kg.m^{-3}	Roulement et chocs
Vent	Turbulent	Très variable jusqu'à 120 km.h^{-1} ou $33,3 \text{ m.s}^{-1}$	Sables. Dimension la plus courante : 0,2 mm	Zones arides et semi-arides, plages, terrains à nu	Plusieurs kg.m^{-3}	Roulement, saltation, suspension
Glaciers	Laminaire plastique	Quelques mètres par an	Gros blocs à éléments argileux	Zones montagneuses	Jusqu'à des centaines de kg.m^{-3}	Base, centre et surface du glacier
Eaux souterraines	Laminaire	Quelques mètres par an	Colloïdes et solutions	Roches et terrains baignés et traversés	Quelques kg.m^{-3}	Solution
Gravité	Mouvements irréguliers ou lents : glissements	De quelques cm.an^{-1} à plusieurs m.s^{-1}	Blocs à colloïdes	Falaises, talus d'éboulis, pentes argileuses ou sableuses	Jusqu'à la densité des roches 2700 kg.m^{-3}	Chutes, saltation, plasticité

* Cette dimension dépend, dans le cas des cours d'eau, de la turbidité des eaux. (Cf chap. 3).

3- diagénèse

- Ensemble des modifications de structure et de composition des sédiments
- Modifications réalisées dans les conditions de stabilité des minéraux formés en surface

↳ différent du métamorphisme

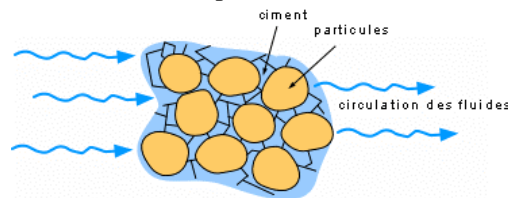
Principe

- tassement des sédiments sous l'effet du poids des couches supérieures
→ expulsion de l'eau et réduction de la porosité

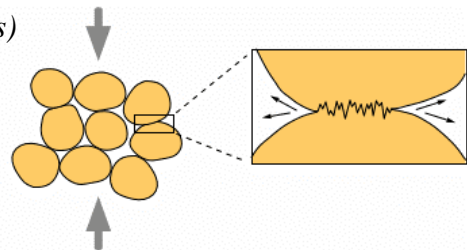
exemple : une boue ayant 80% de porosité

- moins 50% de porosité sous 10 MPa (1kg/cm²) de pression
- moins 90% de porosité sous 50 MPa (5kg/cm²) de pression

- achèvement de la consolidation des sédiments par des phénomènes de cimentation
→ précipitation puis cristallisation de minéraux cimentaires à partir de solutions interstitielles contemporaines du dépôt ou l'ayant traversé ultérieurement
→ réduction de la porosité (vers 0 dans certains cas)



CIMENTATION PRÉ-COMPACTION



COMPACTION ET CIMENTATION

PO IC - Géologie de l'ingénieur

• Classification des roches sédimentaires

- nombreux systèmes proposés
- difficultés de compréhension entre Géologues et Ingénieurs Civil

Paramètres de classification les plus communs

- composition chimique
- mode de formation
- structure

D'une manière générale, on admet que

- 70% ...des roches sédimentaires sont...
- 20%
- 8%
- 2%

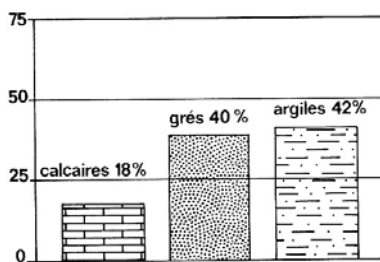
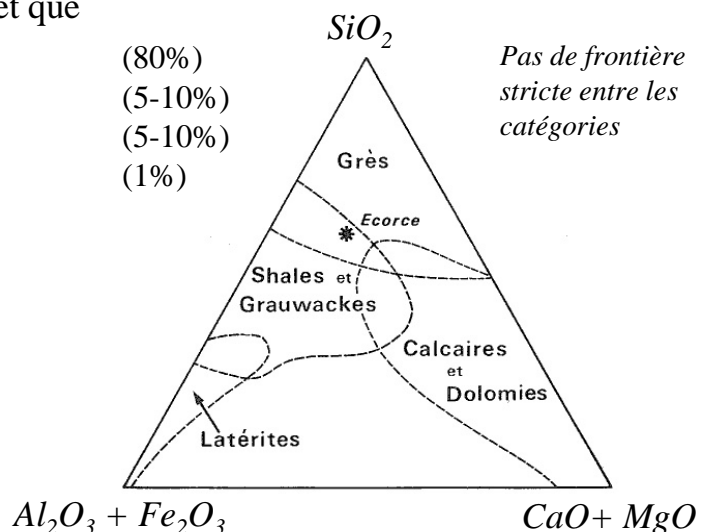


Fig. 123 1. Répartition générale des principales catégories de roches sédimentaires à la surface des continents (KRYNINE, 1948).



PO IC - Géologie de l'ingénieur



Silex (granulats médiocres) 21 10

*Conglomérat
de type poudingue*



Craie 21 10-33



*Grès rouge des Vosges
(granulats de qualité moyenne,
utilisables s'ils sont denses et poreux)*



*Meulière
(roches silicocalcaires en cours de décomposition)*



Catégorie 3

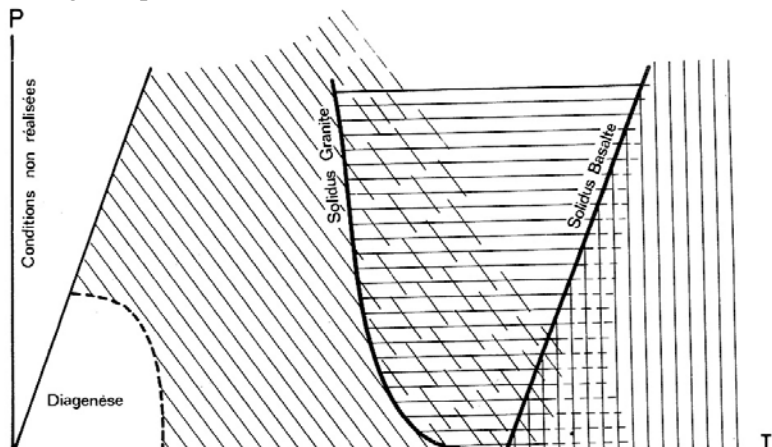
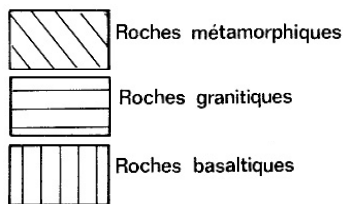
Les roches

Métamorphisme

Ensemble des changements produits à l'état solide dans la composition minéralogique d'une roche lorsqu'elle est soumise à des conditions différentes de celles où elle s'est formée → *disparition et/ou apparition de nouveaux minéraux*

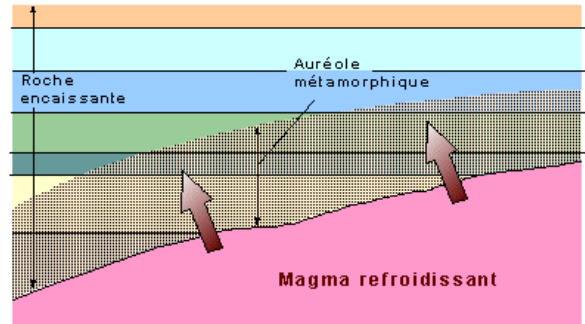
Frontières floues avec :

- les transformations de surface (altération, diagénèse) → *roches sédimentaires*
- la fusion partielle → *roches magmatiques*



• Le métamorphisme

- au voisinage d'une intrusion qui a réchauffé
- auréole métamorphique de dimension assez réduite
- formation de roches massives dures à grains très fins (roches cornéennes)



• Le métamorphisme

- affecte de grandes étendues
- thermodynamométamorphisme
augmentations importantes de pression et de température
- métamorphisme des racines de chaînes de montagnes
- roches à structure orientées (roches cristallophyliennes)

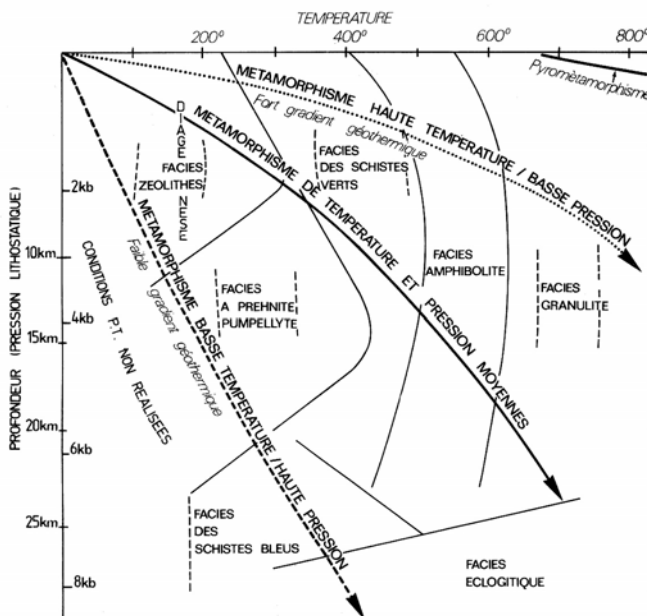
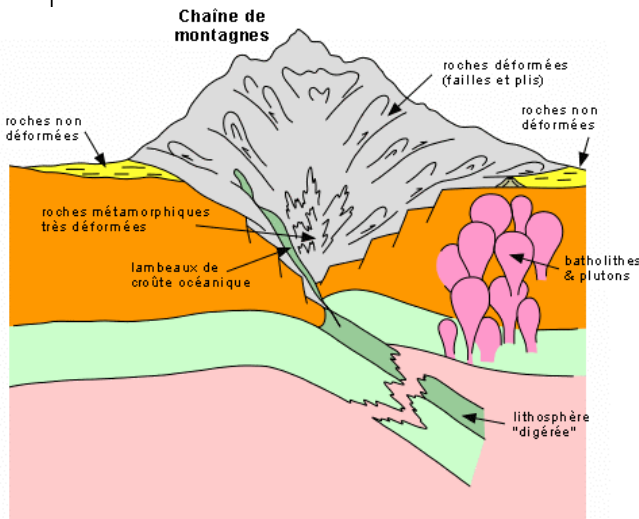


Fig. 125 59. Le métamorphisme des matériaux de la lithosphère est fonction, essentiellement, de la pression P et de la température T. Les trois principaux cheminement de la transformation des matériaux sont : le métamorphisme BT-HP, de température et pression moyenne et de HT-BP. Les assemblages minéralogiques sont fonction des zones à température et pression définies, ainsi que de la composition chimique et minéralogique initiale.

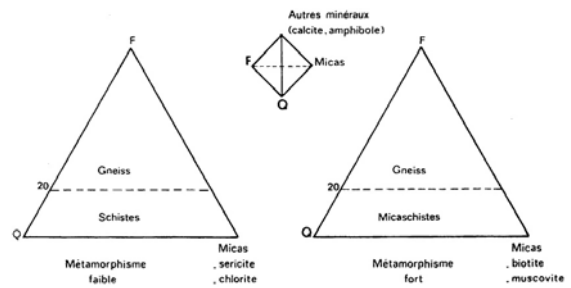
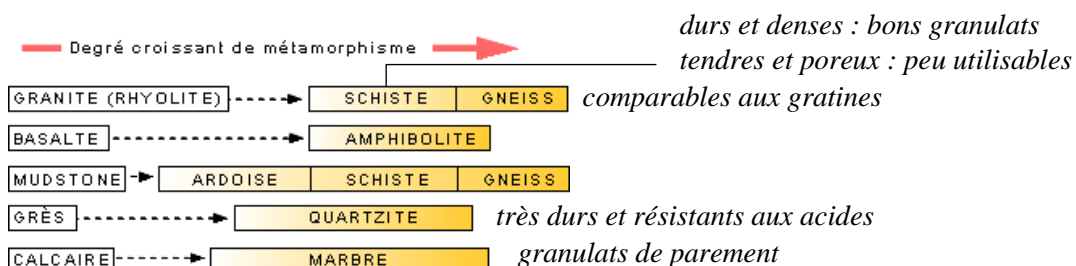
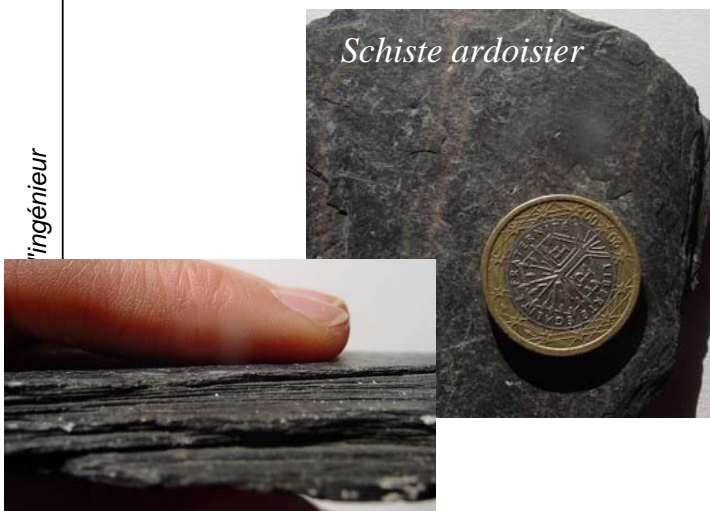


Fig. 122 17. Classification minéralogique des roches métamorphiques.

PO IC - Géologie de l'ingér.





Bilan Cycle pétrographique

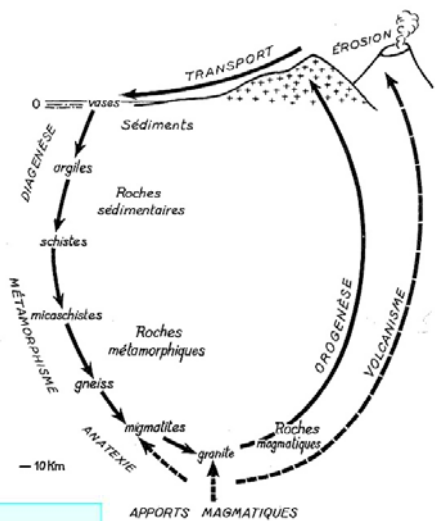


Tableau 1 – Classification pétrographique simplifiée

Famille	Teinte	Minéraux constitutifs	Principaux termes	Autres termes
Roches magmatiques	clair	quartz feldspaths amphiboles pyroxène olivine	trachyte, rhyolite andésite	dolérite
	sombre		basalte	
	clair	quartz feldspaths amphiboles pyroxène	granite diorite	microgranite microdiorite monzonite péridotite
	sombre		gabbro	
Roches métamorphiques	clair	quartz micas amphibole	gneiss, micaschiste	leptynite
	sombre		amphibolite	
Roches sédimentaires	sombre	argilles calcite quartz	pélites marnes grès	argillites
	clair		calcaires, craie, dolomies, gypse	meulière, charbon

2.3 Propriétés géotechniques des roches

Propriétés d'usage des roches

favorisent ou interdisent leur emploi en géotechnique

Applications possibles

PO IC - Géologie de l'ingénieur

Roche	ρ_r (t/m ³)	n (%)	v_ℓ (m/s)	R_c (MPa)	L_A	M_{DE}	A_{BR}
Granites	2,6 à 2,7	≤ 1	4 500 à 6 000	170 à 260	15 à 25	6 à 13	900 à 1 500
Microgranites..	2,6	< 1	4 500 à 6 000	200 à 350	10 à 18	5 à 10	1 500 à 2 000
Basaltes	2,8 à 3,0	0 à 2	5 500 à 7 000	200 à 400	11 à 17	5 à 10	500 à 2 000
Calcaires.....	2,6 à 2,7	0 à 5	5 600 à 6 500	80 à 260	18 à 40	14 à 40	10 à 50
	2,3 à 2,6	5 à 15	4 000 à 5 800	35 à 150	25 à 65	25 à 60	0 à 20
	1,8 à 2,3	15 à 35	2 000 à 4 300	8 à 80	30 à 100	40 à 100	0
Grès	2,5 à 2,6	0 à 5	3 000 à 5 500	40 à 250	12 à 25	3 à 30	600 à 2 200
	2,2 à 2,5	5 à 20	2 500 à 5 000	20 à 200	25 à 80	20 à 100	100 à 600
Cornéennes.....	2,6 à 2,7	≤ 1	5 000 à 6 500	160 à 200	10 à 16	5 à 15	800 à 900
Gneiss.....	2,6 à 2,7	≤ 2	4 000 à 5 500	140 à 250	12 à 28	5 à 14	1 000 à 1 800
Amphibolites ..	2,8 à 3,0	≤ 1	5 500 à 6 000	160 à 250	8 à 20	5 à 22	900 à 1 500

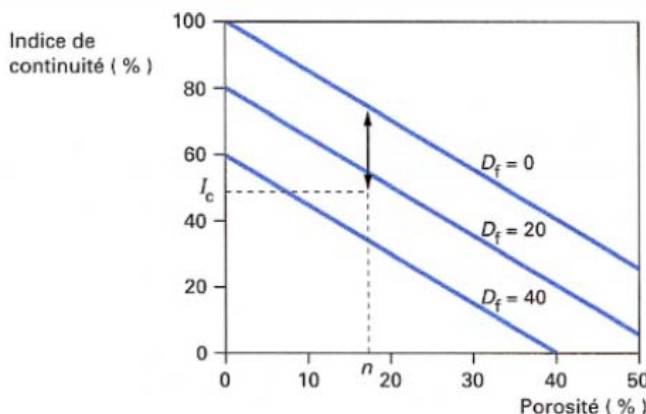
C352

2.2.4 Vitesse du son v_ℓ et indice de continuité I_C

La vitesse de propagation des ondes longitudinales v_ℓ est calculée à partir de la mesure du temps de propagation des ondes à travers une éprouvette. Cette quantité est sensible à la porosité et surtout à la microfissuration de la roche : la vitesse du son d'un granite sain (6 000 m/s environ) chute à moins de 3 000 m/s dans un granite très altéré. Le calcul de l'indice de continuité I_C , rapport de la vitesse mesurée à la vitesse théorique (moyenne pondérée des vitesses des minéraux constitutifs), permet ainsi d'appréhender la « qualité » de la roche [2]. À l'aide de la porosité n , on peut aussi quantifier le degré de fissuration en calculant l'indice D_f (figure 3) :

$$D_f = 100 - 1,5 n - I_C$$

n et I_C étant exprimés en pour-cent.



Un matériau est représenté par sa porosité en abscisse et son indice de continuité en ordonnée. Le graphique permet d'évaluer le degré de fissuration

En mesurant la vitesse v_ℓ dans différentes directions, on peut aussi apprécier l'anisotropie d'une roche. On définit l'indice d'anisotropie par :

$$I_A = \frac{v_{\ell \max}}{v_{\ell \min}}$$

qui vaut 1 pour une roche isotrope et atteint environ 2 dans certaines ardoises.

Figure 3 – Indice de continuité et degré de fissuration

Essai Los Angeles

Cet essai a pour but d'évaluer la résistance à la fragmentation par chocs. Les gravillons testés sont en général de granularité 6-10, 10-14 ou 25-50 mm. Un broyeur cylindrique à boulets fragmente les gravillons, pendant 500 ou 1 000 révolutions suivant la granularité, puis on tamise à 1,6 mm. Le coefficient Los Angeles est défini par :

$$L_A = 100 \frac{m}{M}$$

m (g) : masse du passant au tamis de 1,6 mm
 M (g) : masse initiale de granulats



Essai Deval et micro-Deval

La production de fines par frottement des granulats entre eux ou au contact d'outils métalliques est liée aux propriétés d'usure ou d'attrition de la roche. On distingue en général l'essai à sec et l'essai en présence d'eau, ce qui permet de mettre en évidence les roches sensibles à l'eau.

L'essai Deval porte sur 7 kg de granulats 25-50 mm. Il est aujourd'hui souvent remplacé par l'essai micro-Deval.

↳ Le principe est analogue à celui de l'essai Los Angeles, avec une charge plus légère (billes) et une durée de rotation plus longue : il n'y a pas de fragmentation, mais seulement une usure. Le coefficient M_{DE} (essai micro-Deval effectué en présence d'eau) est défini par :

$$M_{DE} = 100 \frac{m}{M}$$

m (g) : masse du passant au tamis de 1,6 mm
 M (g) : masse initiale de granulats

Familles		Roches	M.V.R. (kg/dm ³)	Porosité (%)	Rc (MPa)	E (GPa)	MDE	LA
Roches magmatiques	Granites	Granites	2.65	0.5	150	80	10	20
		Microgranites						
		Rhyolites	2.65	0.5	250	80	8	10 à 15
		Porphyres						
		Syérites	2.7	0.5	150			
	Diorites	Diorites	3	0.5	180	90	12	16
		Microdiorites	2.9	0.5	200	90		8 à 13
	Gabbros	Gabbros	3	0.5	200	100		
Ophites		3	0.5	250	100	13	14	
Basaltes		2.9	0.5	300	100	10	12 à 16	
Roches sédimentaires	Silicatées	Grès	1.8	30	3			
			2.2	16	20			
		Grès quartzites	2.4	8	60			
			2.5	5	120			
		Quartzites	2.55	3	170			
	2.60		1	240				
		2.65	0.5	260				
	Carbonatées	Calcaires	1.5	40	5	6	100	100
			2	25	20	20	40	70
			2.2	18	40	30	27	60
2.4			10	80	40	20	40	
2.6			5	150	60	16	23	
	2.7	0.5	200	80	12	15		
Roches métamorphiques	Massives	Quartzites (à grain fin)	2.65	0.5	350	90	5	15
			2.6	0.2	220		10	14
		Gneiss	2.6	1	200	80	10	20
	Schisteuses	Schistes	2.6	3	100	70	12	20
		Micaschistes						

Commentaires sur les roches les plus courantes (propriétés les plus remarquables ou risques particuliers)

- **Granites**
 - qualité souvent excellente mais pas systématique
- **Calcaires**
 - résistance mécanique et au gel très variable en fonction de la porosité (ouverte)
 - minéral pour chaux, ciments (calcaires impurs, marneux)
 - dureté trop faible (LA et MDE) pour un emploi en revêtement de chaussée
 - utilisations : pierre à bâtir, granulats à béton
- **Grès**
 - idem pour le rôle de la porosité
- **Silex**
 - pierre à bâtir (jadis)
 - granulats à béton : problèmes de maniabilité, risques d'alcali-réaction
- **Meulières**
 - roche sédimentaire à structure caverneuse
 - légère, non gélive, bonne isolation
 - mais faible résistance à l'écrasement
 - utilisation : pierre de construction (ex : Paris), pas en granulats

• Gypse et anhydrite

- matière première fabrication du plâtre
- cause de dégradation chimique des fondations en béton

• Alluvions

- granulats à béton

• Schistes et micaschistes

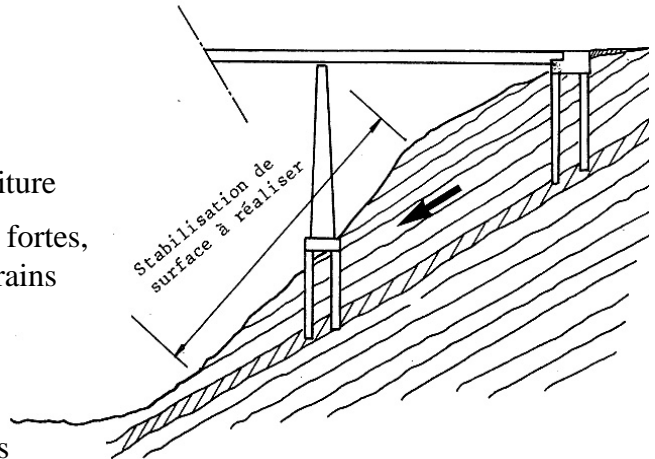
se débitent en plaquettes

- inaptitude à faire des granulats
- aptitude à faire des éléments de toiture

massifs instables : attention aux pentes fortes, aux travaux souterrains

• Gneiss

- commentaires semblables aux granites
- structure litée



2.4 Terrains de couverture

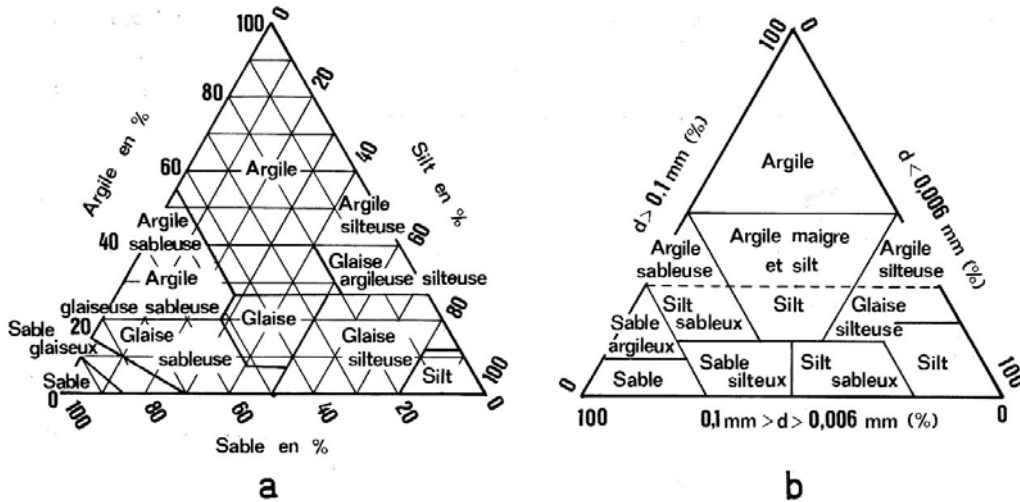


Fig. 120 13a, b. Diagramme triangulaire des sols.

a) D'après Pietrowski

b) D'après l'Administration des Routes Américaines.

Triangular soil classification charts.

a) Proposal of Pietrowski

b) Public Road Administration (U.S.A.).

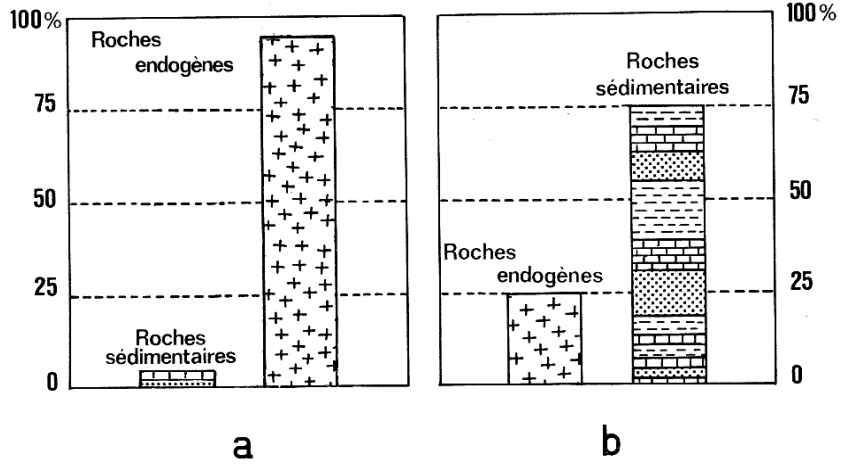


Fig. 120 1. Pourcentages relatifs des roches endogènes et sédimentaires — grès, calcaires et argiles — sur l'ensemble de la croûte (a) et sur la totalité des séries émergées (b).

Le tableau 120 1 donne la répartition des roches de la croûte.

TABLEAU 120 1

REPARTITION DES ROCHES DE LA CROÛTE
MAIN DISTRIBUTION OF ROCKS IN THE CRUST

- **Roches endogènes : 64,7 %**
 - Granites..... 10,4 %
 - Granodiorites..... 11,2 %
 - Syénites..... 0,4 %
 - Basaltes, gabbros..... 42,5 %
 - Péridotites..... 0,2 %

- **Roches métamorphiques : 27,4 %**

- Gneiss..... 21,4 %
- Schistes..... 5,1 %
- Cipolins..... 0,9 %

- **Roches sédimentaires : 7,9 %**

- Sables et grès..... 1,7 %
- Argiles..... 4,2 %
- Carbonates..... 2,0 %

(D'après RONOY et YAROSHEVSKY (1969).

TABLEAU 123 2

CLASSIFICATION TEXTURALE DES PRINCIPALES ROCHES SÉDIMENTAIRES
D'APRÈS KRYNINE ET JUDD (1957) ADAPTÉE DE CELLE DE MIELENS (1948)
CLASSIFICATION BY TEXTURE OF THE MAIN SEDIMENTARY ROCKS
AFTER KRYNINE AND JUDD (1957), ADAPTED FROM MIELENS (1948)

TEXTURE	ROCHE	COMPOSANT IDENTIFIANT	CARACTÉRISTIQUES
CLASTIQUE	Tillites Argiles à blocs	Fragments de roche et argile	Très large intervalle de taille et de granulométrie
	Conglomérats Graviers Blocs	Éléments de roches usés et arrondis	Plus de 50 % des éléments < 2 mm. Moins de 25 % d'argile
	Brèches	Éléments de roches anguleux et fragments de minéraux	Plus de 50 % des éléments < 2 mm. Moins de 25 % d'argile
	Sables Grès	Sables et éléments de cette taille	Plus de 50 % des éléments < 2 mm et > 0,06 mm. Moins de 25 % d'argile
	Microgrès Arkoses Grauwakes	Sables et éléments de cette taille	Plus de 50 % des éléments < 2 mm et > 0,06 mm. Moins de 25 % d'argile
	Silt Siltstone (1)	Silt et éléments de cette taille	Plus de 50 % des éléments < 0,06 mm. Plus de 25 % d'argile
	Argile Shale (2)	Minéraux argileux	Plus de 25 % d'argile
	Mudstone (3) Argillite	Minéraux argileux et calcite	De 25 à 75 % de calcite finement cristallisée dans une matrice argileuse
	Calcaires	Cristaux de calcite	Plus de 50 % de calcite cristallisée. Moins de 25 % d'argile
	Tuff	Matériau volcanique	Grains fins, < 2 mm
CRISTALLISÉE	Calcaire Craie	Calcite Microorganismes et calcite	Plus de 50 % de carbonate Plus de 50 % de calcite (4)
	Dolomie	Dolomite	Environ quantités égales de CO ₃ Ca et de CO ₃ Mg
	FRAGMENTÉES, BIOGÉNIQUES	Calcaires	Structures de fossiles
Tourbe Lignite Charbon		Vestiges de plantes plus ou moins carbonifiées	Matériau fibreux ou compact, carbonifié
Diatomite		Principalement formées Diatomées	Plus de 50 % de Diatomées

(1) Siltstone : terme intraduisible.
(2) Shale : terme intraduisible, de plus en plus admis tel quel en français.
(3) Terme intraduisible : mud = vase.
(4) Nous avons ajouté l'existence des "microorganismes" qui ne sont pas signalés dans la classification originale.

TABLEAU 123 3

CLASSIFICATION DES PRINCIPAUX SÉDIMENTS ET DES PRINCIPALES ROCHES D'ORIGINE SÉDIMENTAIRE. (P.Ch. LEVEQUE, 1981)
CLASSIFICATION OF PRINCIPAL SEDIMENTS AND PRINCIPAL ROCKS OF A SEDIMENTARY ORIGIN

METHODES D'ETUDE	TEXTURE	MATÉRIAU OU ROCHE	COMPOSANTS	CARACTÉRISTIQUES		
MECANIQUE DES SOLS	NON COHERENTES	Eboulis	Éléments anguleux	Peu de distance de transport		
		Conglomérats	Blocs arrondis et fragmentés. Éléments rocheux usés	Transport sur de grandes distances		
		Blocs	Degrés divers d'usure	Transport par voies hydraulique et éolienne		
		Graviers	Grains fins	Matrice variable		
		Sables	Grains très fins	Mise en place par voie éolienne		
	COHERENTES	Silts	Sept à huit principaux composants minéraux	Plastiques à des degrés variables. Dégradées ou agradées		
		Loess				
		MECANIQUE DES ROCHES	NON CIMENTÉES	Brèches	Éléments anguleux de roches variables	Ciment argilo-calcaire et gréseux
				Grès	Grains de quartz ciments variables	Typiquement détritiques
				Quartzite	Grains de quartz ciment SiO ₂	Cas particulier des grès
Arkoses	Reconstitution par voie sédimentaire d'éléments composant le granite			Parfois cristaux de feldspaths peu usés mais souvent altérés		
Grauwakes	Minéraux argileux et quartz			Minéraux argileux variables mais illite et chlorite souvent prépondérantes		
CIMENTÉES	Argillites		Minéraux argileux et quartz	Minéraux argileux variables mais illite et chlorite souvent prépondérantes		
	Shales		Minéraux argileux et quartz	Minéraux argileux variables mais illite et chlorite souvent prépondérantes		
	Siltstones		Minéraux argileux et quartz	Minéraux argileux variables mais illite et chlorite souvent prépondérantes		
	Marnes		Calcite et éléments argileux	Cimentation variable argileux		
	Calcaires		Calcite et éléments détritiques éventuels	Aspects et origines variables		
MECANIQUE DES ROCHES	NON CIMENTÉES	Craie	Calcite et microorganismes. Cimentation très variable	Origine biogénique		
		Dolomies	Dolomite	Proportions égales de calcite et de dolomite		
		Tuffs	Grain fin. Fragments de basaltes et de volcanites	Origine volcanique		
		Diatomite	Plus de 50 % de diatomées	Vestiges fossiles		
		EVAPORITIQUES	Gypse	Sulfate de calcium	Roches solubles, nécessitant des précautions d'utilisation	
	Anhydrite					
	ORIGINE ORGANIQUE		Tourbe	Carbone dominant	Cimentation variable. La tourbe est l'un des terrains les plus redoutés en Génie civil routier, notamment.	
			Lignite			
			Charbon			