ST G Métamorphisme, marqueur de la géodynamique interne

ST G 1 Les associations minéralogiques, indicatrices de pression et de température

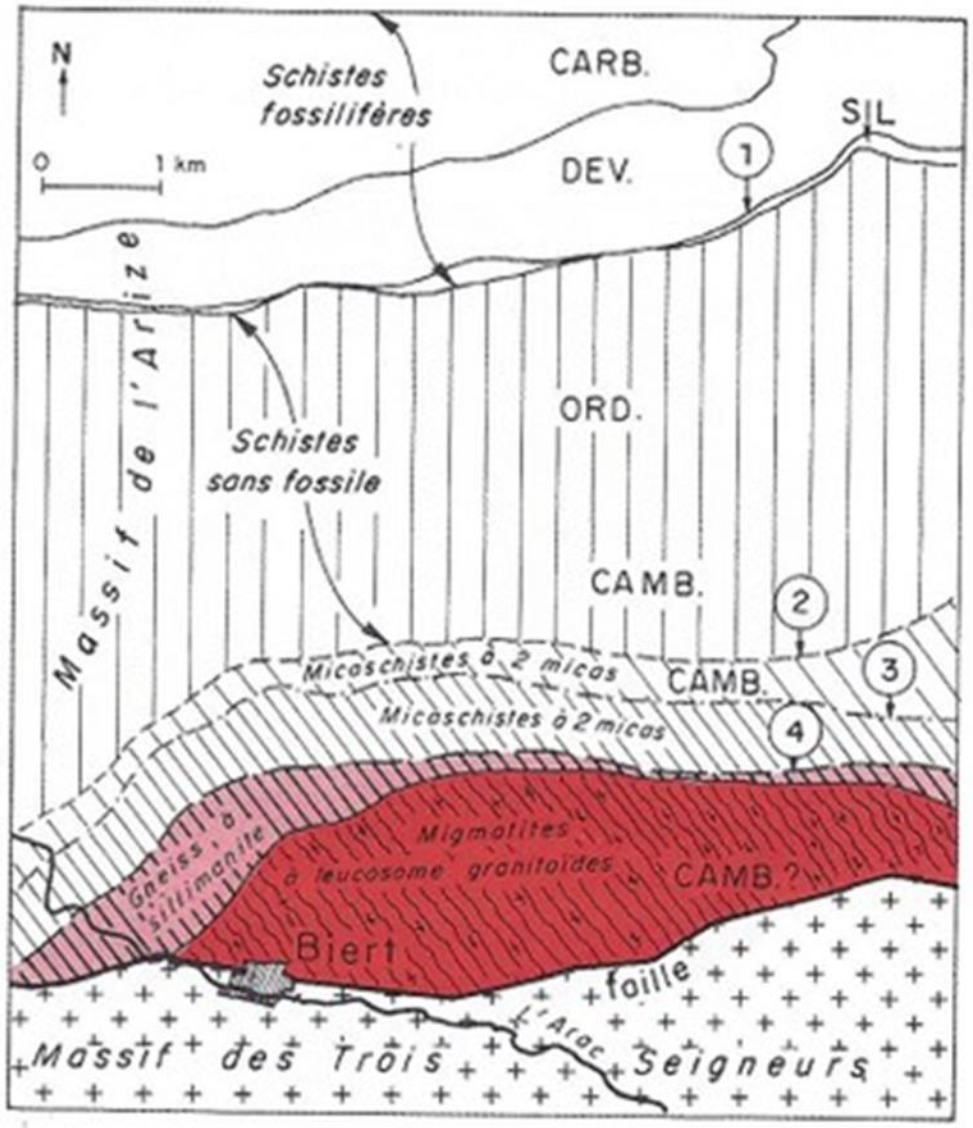
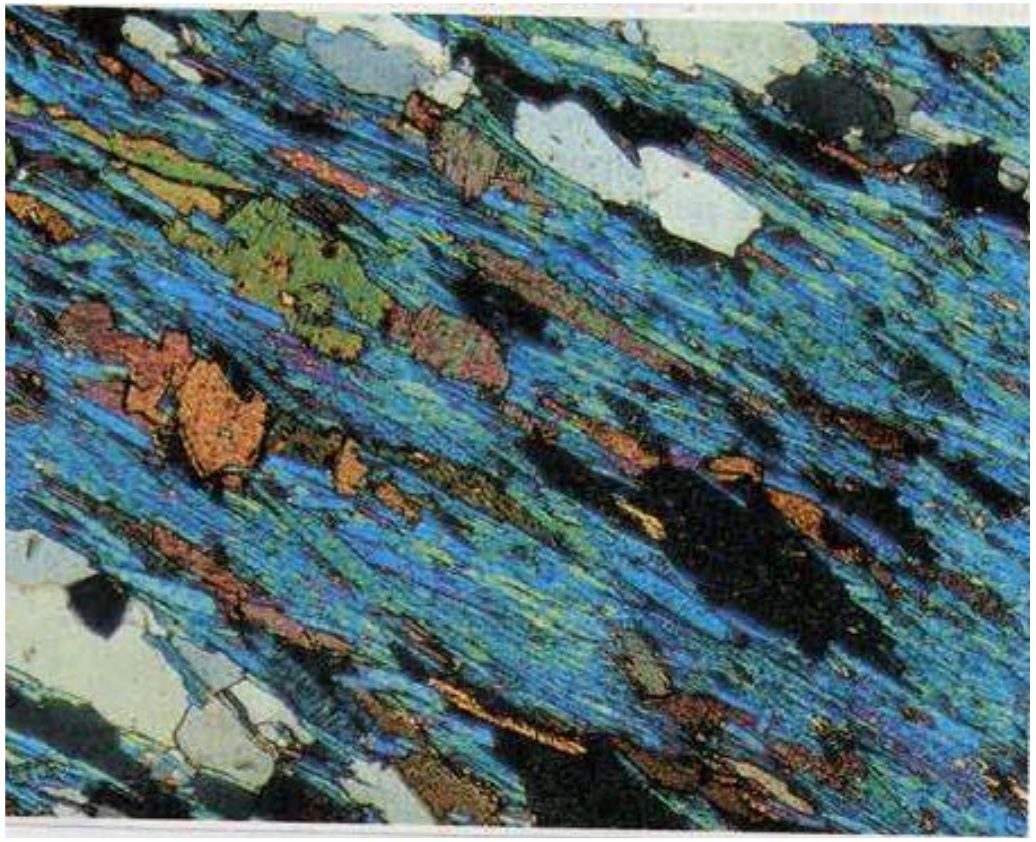


Schéma structural massif de l'Arize

1 : isograde d'apparition de la séricite (+), de la chlorite (+) et de la muscovite (+)
2 : isograde d'apparition de la biotite (+)
3 : isograde d'apparition de l'andalousite (+)
4 : isograde de disparition de la muscovite (-), de l'andalousite (-),
4 : isograde d'apparition de la sillimanite (+), des feldspaths potassiques (+) et microcline (+)

Schiste à séricite (mica qui donne une patine blanchâtre à la roche)



Micaschiste en LPA

Paragneiss

https://geologie.discip.ac-caen.fr/precamb/lahagueEcalgrain/paragneiss.html#

Migmatite

Migmatite (détail)

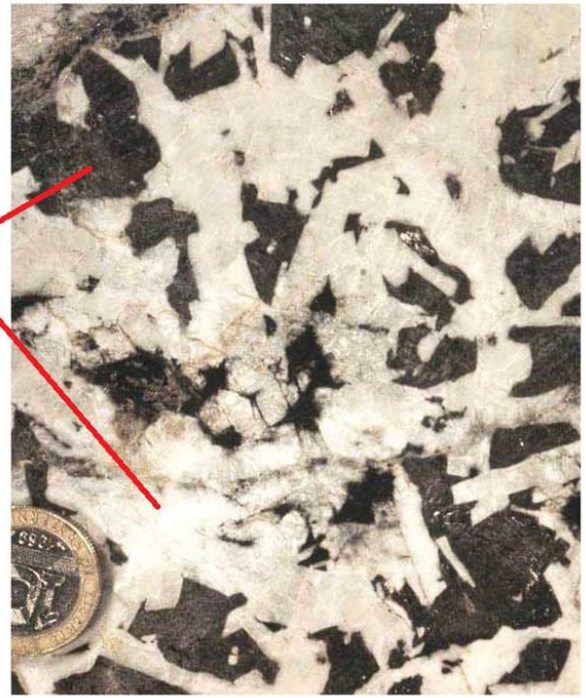
Exemple de marbre dans le massif de la Vanoise

Eclogites du Mont Viso

Complexe leptynoamphibolitique Lamastre 07

Basaltes en coussins ophiolites de Chypre

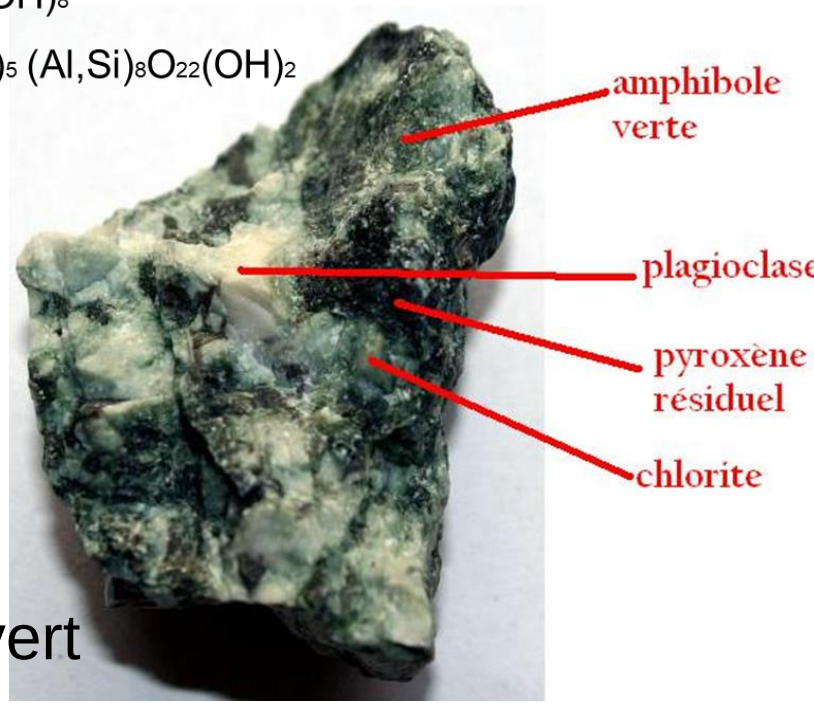
Orthopyroxène $(Mg,Fe)_2Si_2O_6$



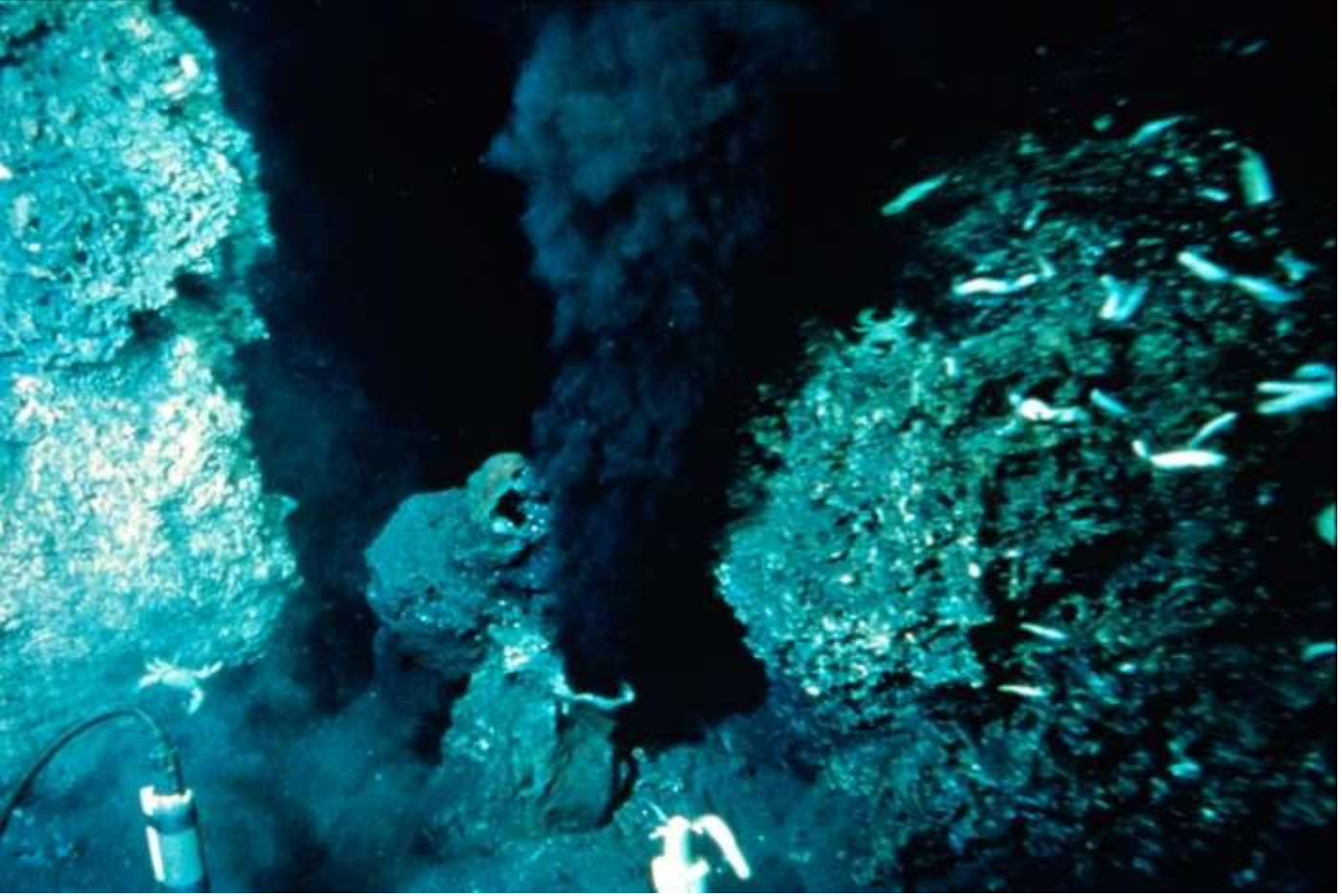
Gabbro

Chlorite $(Fe,Mg,Al)_6(Si,Al)_4O_{10}(OH)_8$

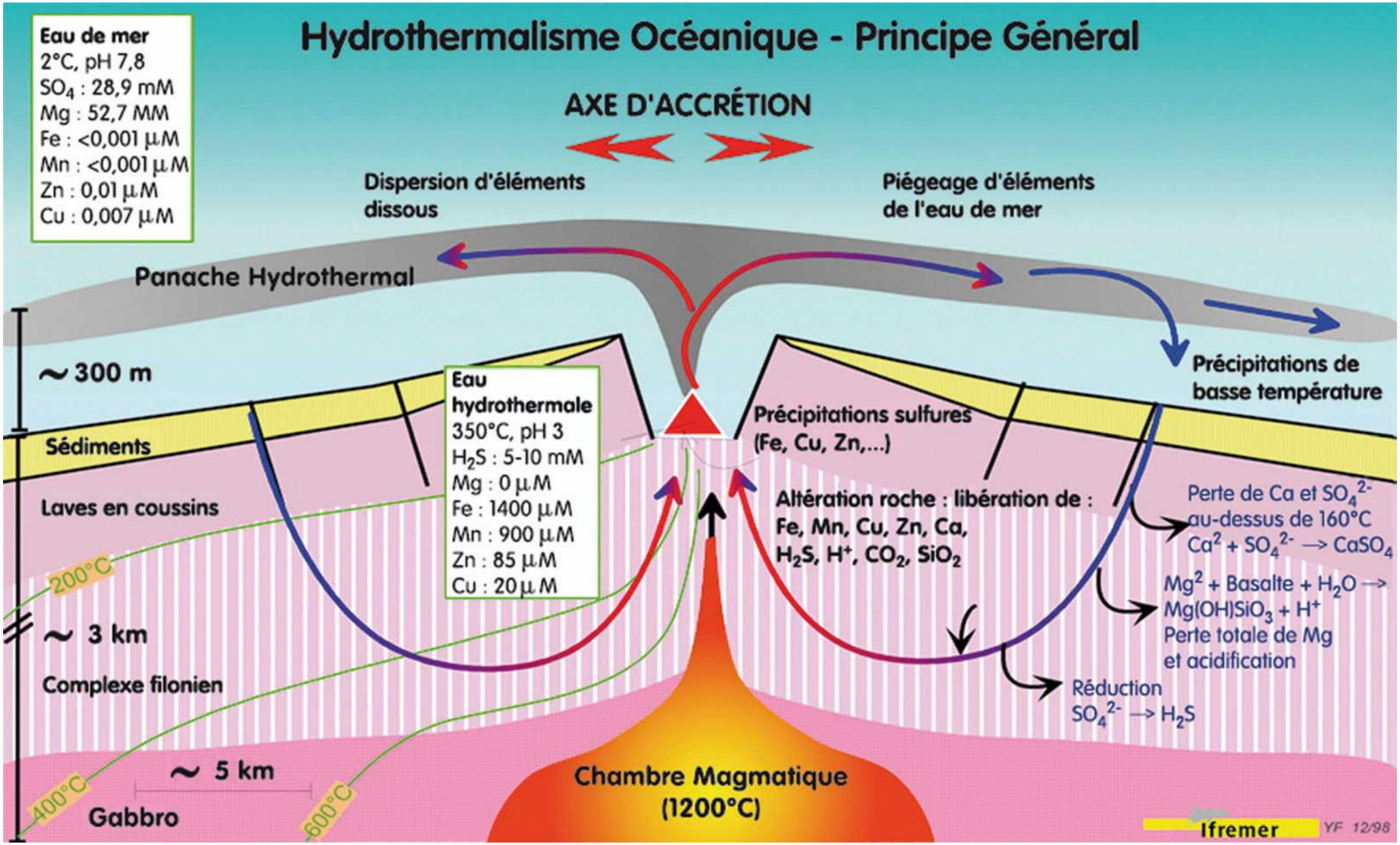
Amphibole $Ca_2(Mg,Fe,Al)_5(Al,Si)_8O_{22}(OH)_2$
(Hornblende)



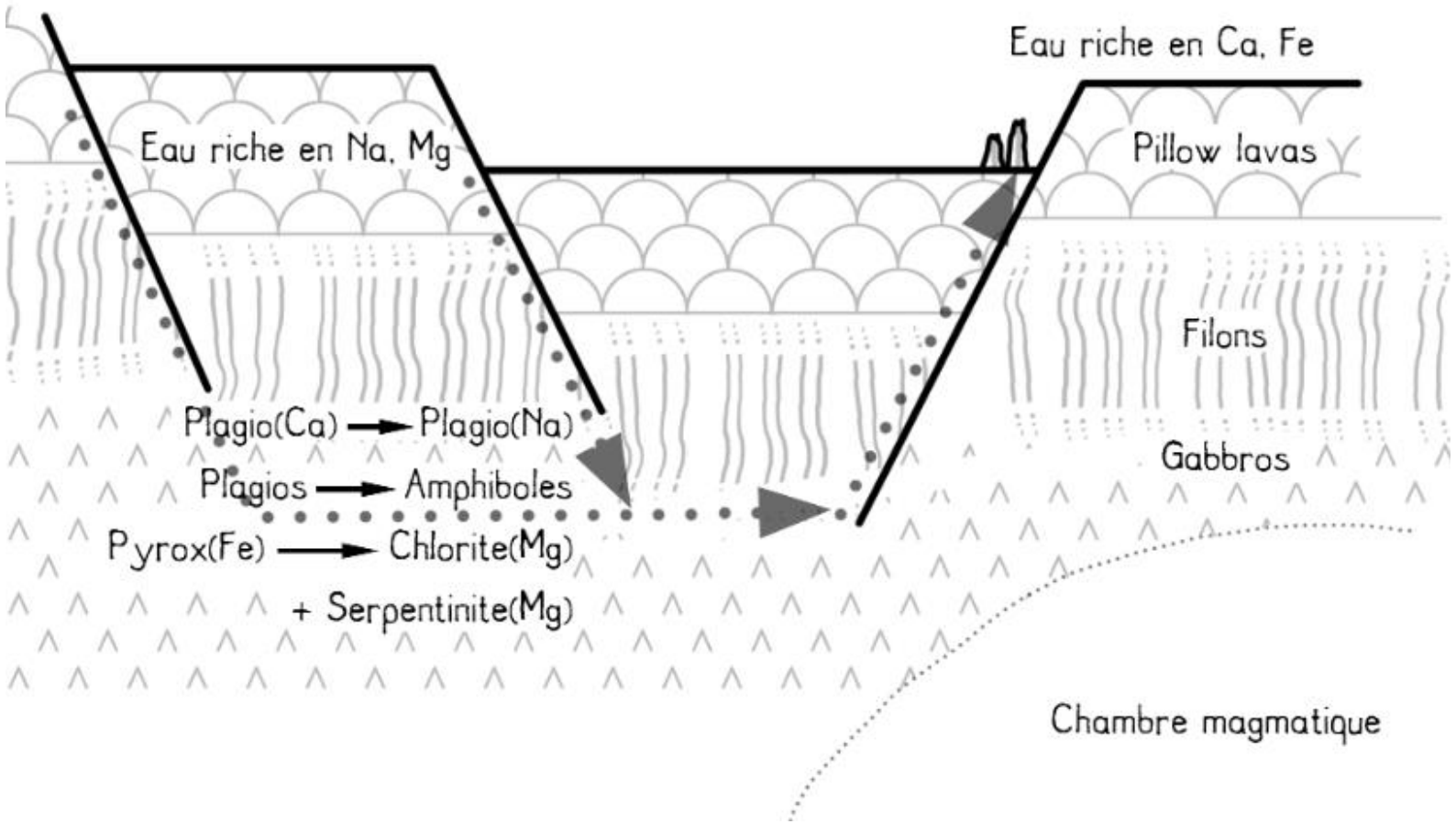
Gabbro
facies schiste vert

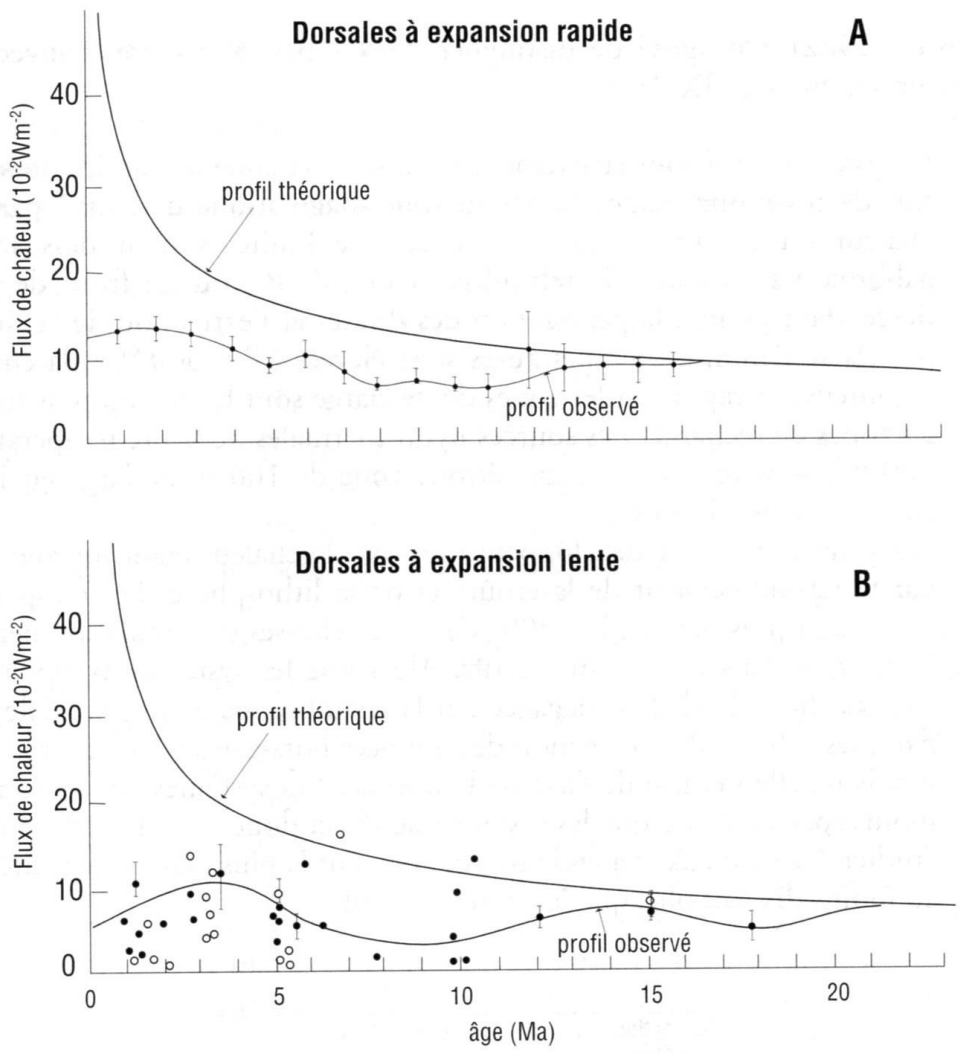


Photographie d’un fumeur noir
De l’eau fortement réductrice sort du fumeur à des températures avoisinant 350°C , c’est l’hydrothermalisme .


Hydrothermalisme Océanique - Principe Général
Eau de mer
2°C, pH 7,8
SO_4 : 28,9 mM
Mg : 52,7 MM
Fe : <0,001 µM
Mn : <0,001 µM
Zn : 0,01 µM
Cu : 0,007 µM
AXE D'ACCRÉTION
Dispersion d'éléments dissous
Piégeage d'éléments de l'eau de mer
Panache Hydrothermal
~ 300 m
Précipitations de basse température
Eau hydrothermale
350°C, pH 3
H_2S : 5-10 mM
Mg : 0 µM
Fe : 1400 µM
Mn : 900 µM
Zn : 85 µM
Cu : 20 µM
Précipitations sulfures (Fe, Cu, Zn,...)
Sédiments
Laves en coussins
Altération roche : libération de : Fe, Mn, Cu, Zn, Ca, H_2S, H^+, CO_2, SiO_2
Perte de Ca et SO_4^{2-} au-dessus de 160°C
$Ca^2 + SO_4^{2-} \rightarrow CaSO_4$
Mg^2 + Basalte + $H_2O \rightarrow Mg(OH)SiO_3 + H^+$
Perte totale de Mg et acidification
200°C
~ 3 km
Complexe filonien
Réduction
$SO_4^{2-} \rightarrow H_2S$
~ 5 km
400°C
600°C
Gabbro
Chambre Magmatique (1200°C)
Ifremer
YF 12/98

Au tableau schéma récap!





Comparaison du profil de flux de chaleur théorique
(calculé en supposant un refroidissement par conduction)
et le flux de chaleur observé (Juteau, Maury géologie de la croûte océanique)

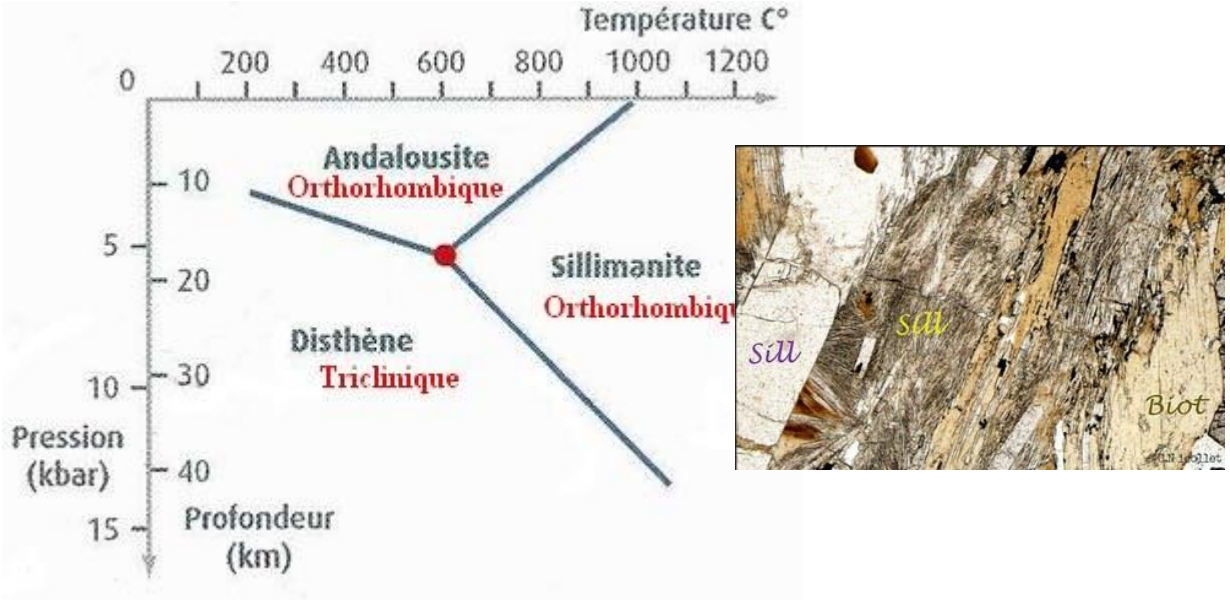
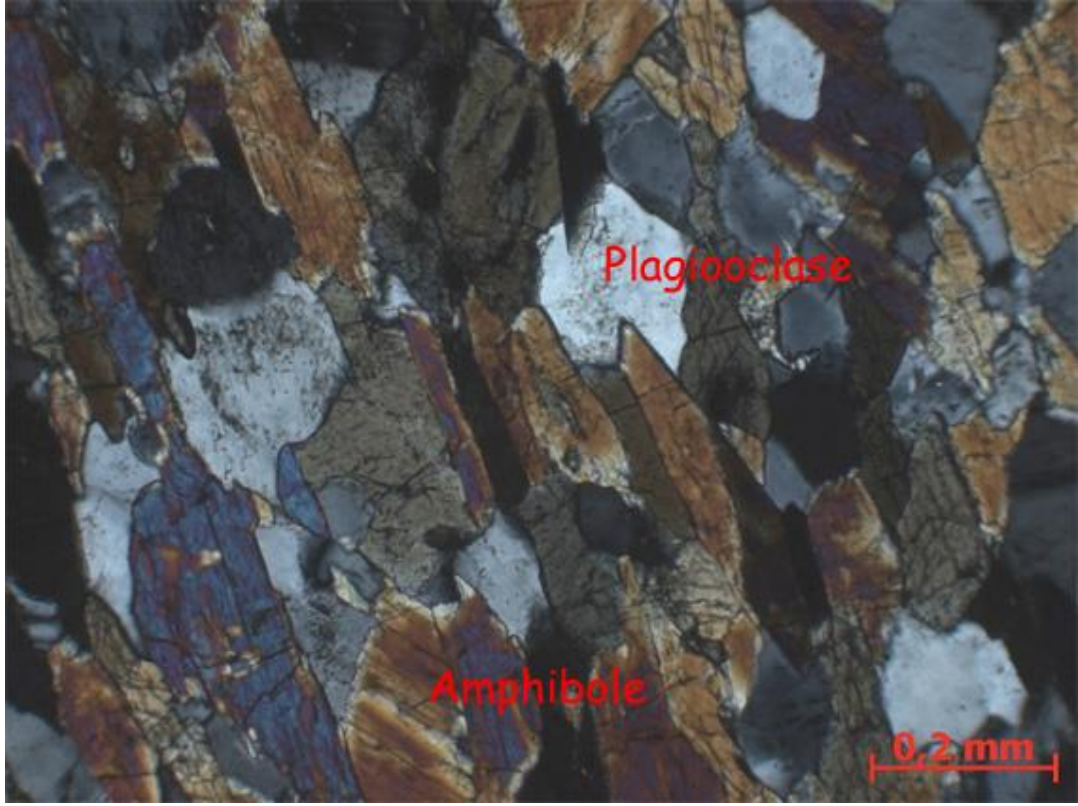
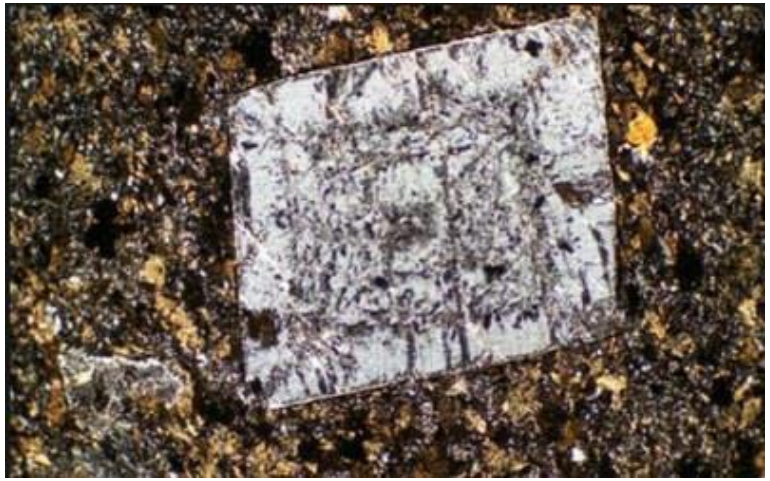
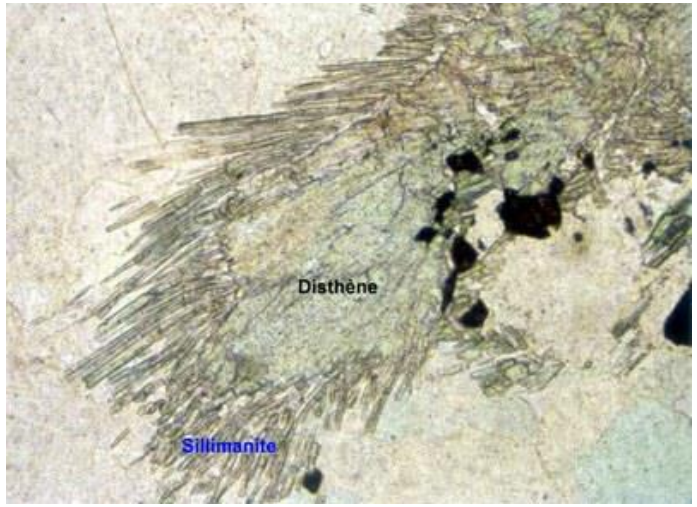


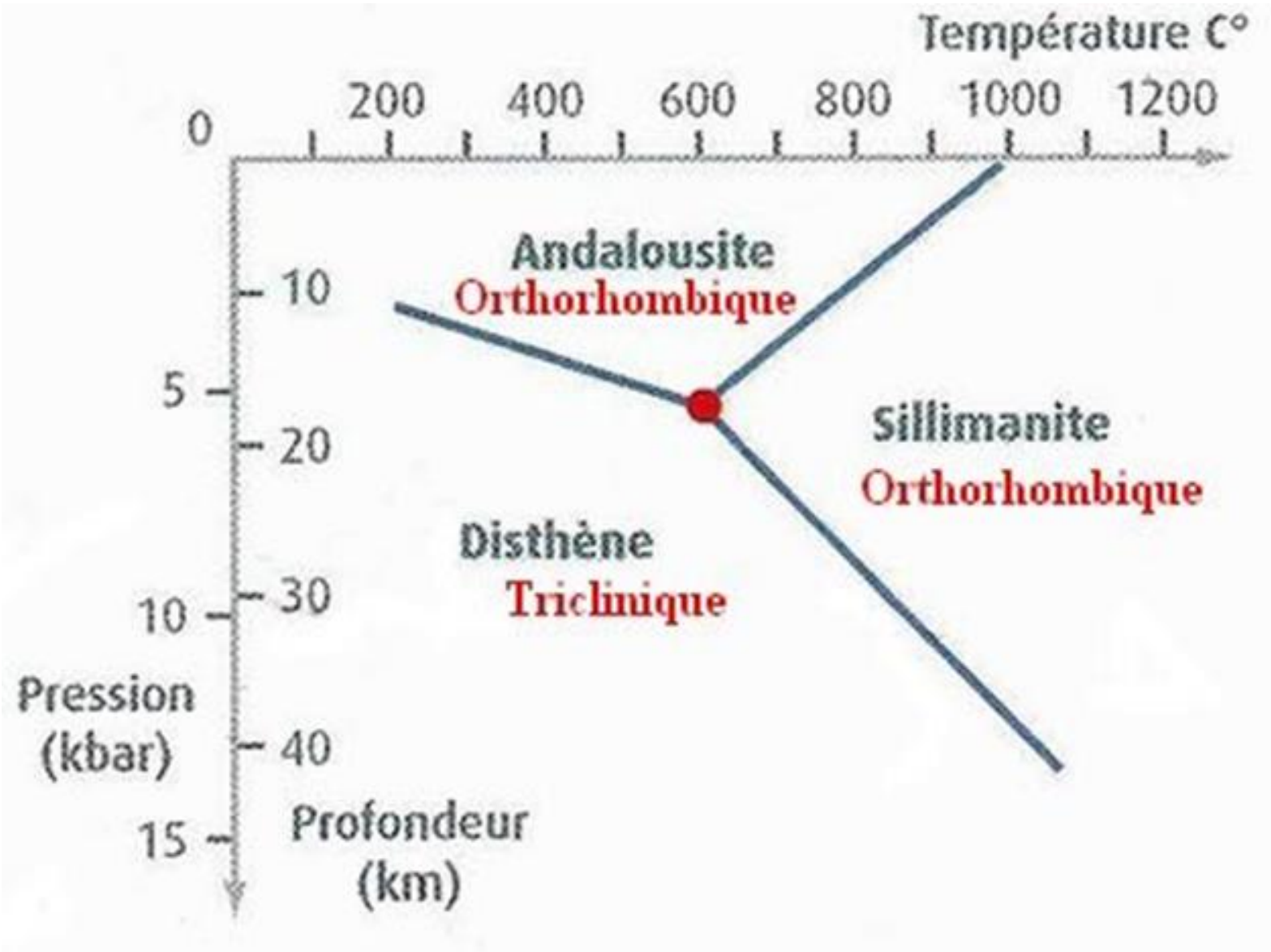
Diagramme de stabilité des silicates d'alumine







Lame mince d'amphibolite


Température C°
0
200
400
600
800
1000
1200
Andalousite
Orthorhombique
Sillimanite
Orthorhombique
Disthène
Triclinique
10
5
20
10
30
40
15
Pression
(kbar)
Profondeur
(km)

Détermination de la composition chimique globale d’une roche : utilisation d’une microsonde électronique

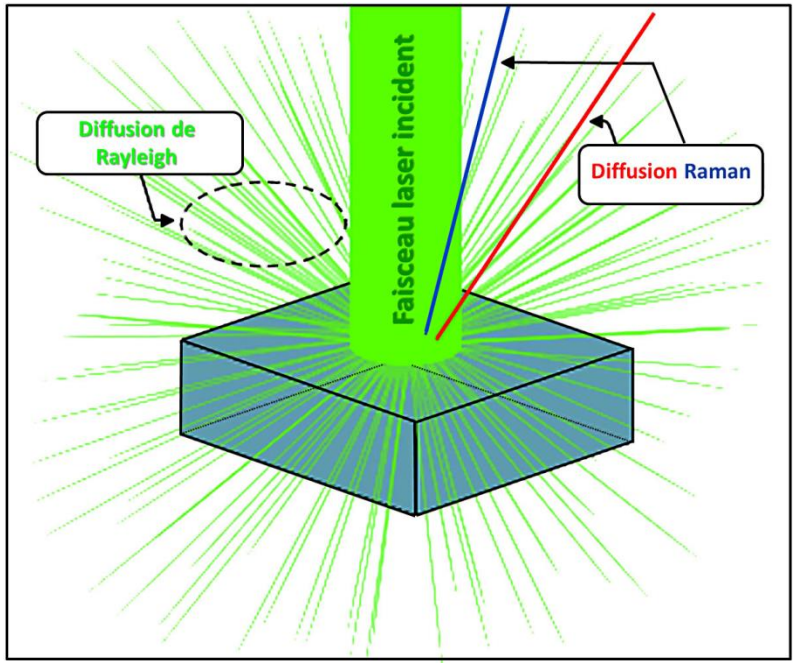
- un faisceau électronique est émis et dirigé sur l’échantillon

- des électrons sont réfractés, d’où un rayonnement secondaire envoyé vers le réfractomètre,

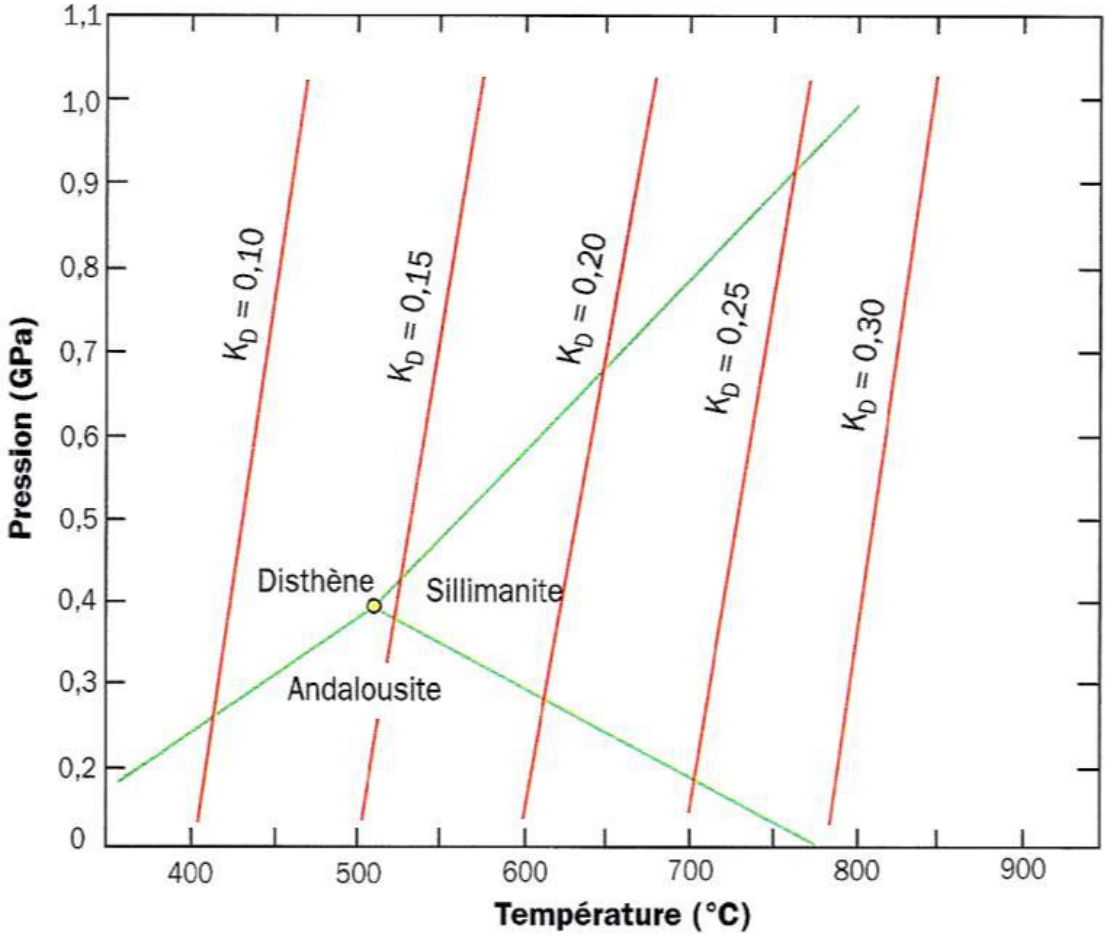
- la longueur d’onde, l’énergie, la masse des particules du faisceau secondaire permettent de déterminer la nature des éléments contenus dans l’échantillon et de les quantifier.

Une méthode non intrusive (donc non destructrice) pour identifier la nature et la composition d'un minéral:

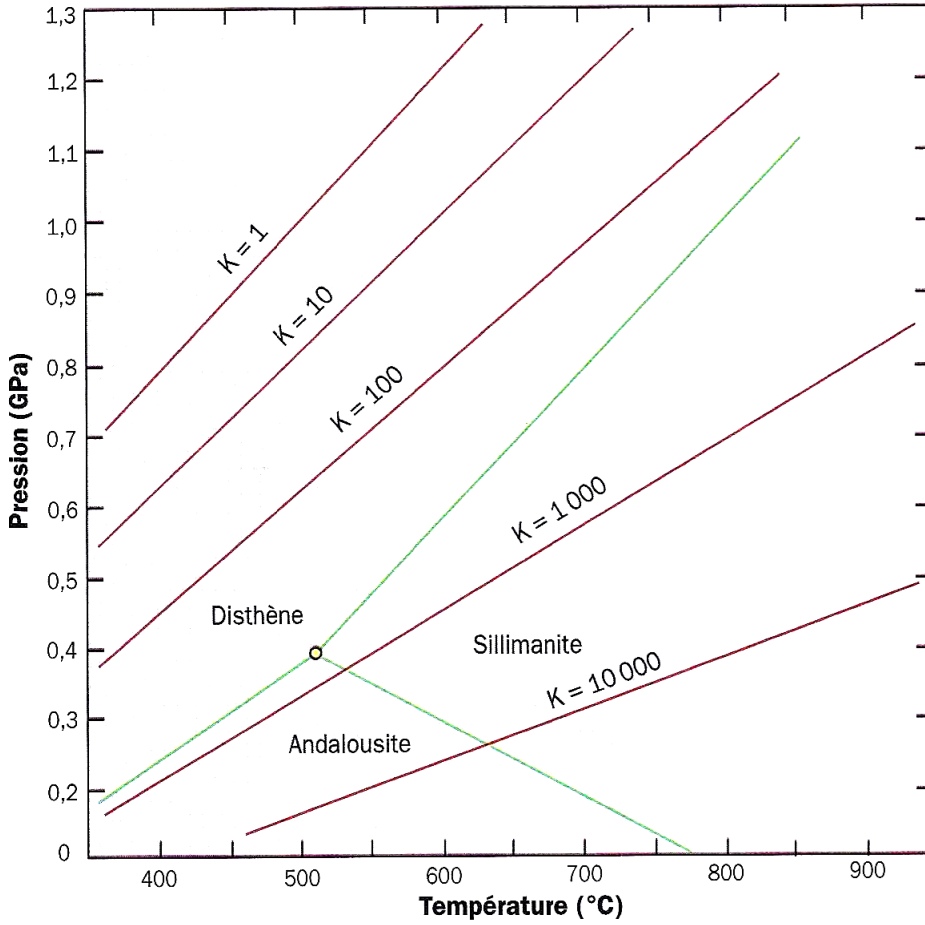
la spectromètrie Raman



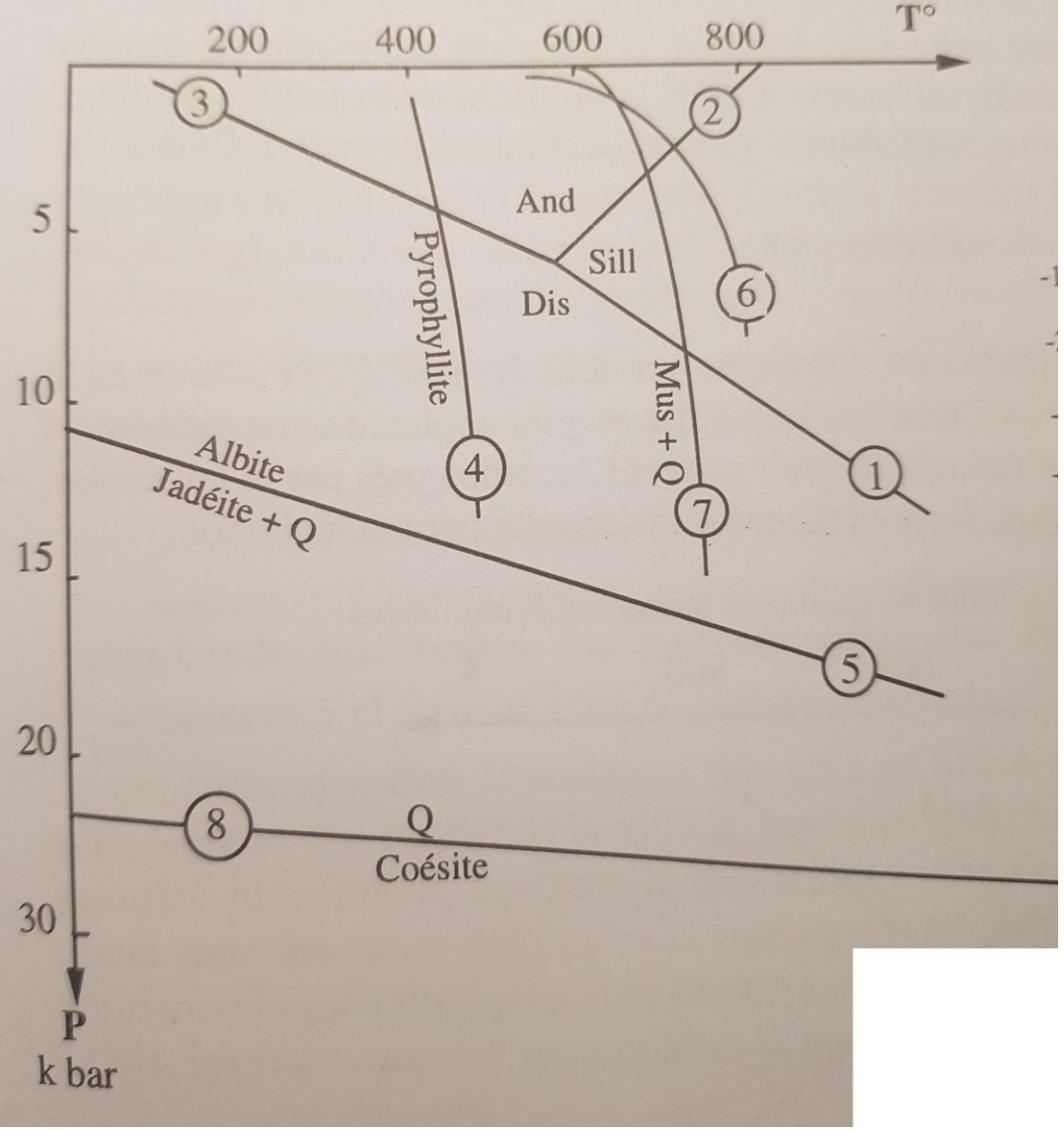
La spectroscopie Raman repose sur la mise en évidence des vibrations moléculaires par le changement de longueur d'onde de la lumière qui se diffuse dans la matière. Pour cela on utilise une source laser (donc monochromatique) et l'on enregistre et analyse avec des détecteurs très sensibles la faible lumière diffusée par cet effet Raman dans d'autres longueurs d'onde que le faisceau incident.
Pour en savoir plus: https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/Img656-2019-11-18.xml



Différentes valeurs du coefficient de distribution de la réaction d'échanges biotite grenat
(Bousquet Robert, géosciences, Belin)



Différentes valeurs de K dans le géobaromètre GASP (GrenatAluminosilicateSilicePlagioclase
(Bousquet Robert, géosciences, Belin)



-1- Disthène ⇄ Sillimanite

-2- Andalousite ⇄ Sillimanite

-3- Andalousite ⇄ Disthène

-4- Pyrophyllite ⇄ Al_2SiO_5 + Quartz + eau

-5- Albite ⇄ Jadéite + Quartz

-6- Quartz + Calcite ⇄ Wollastonite + Quartz

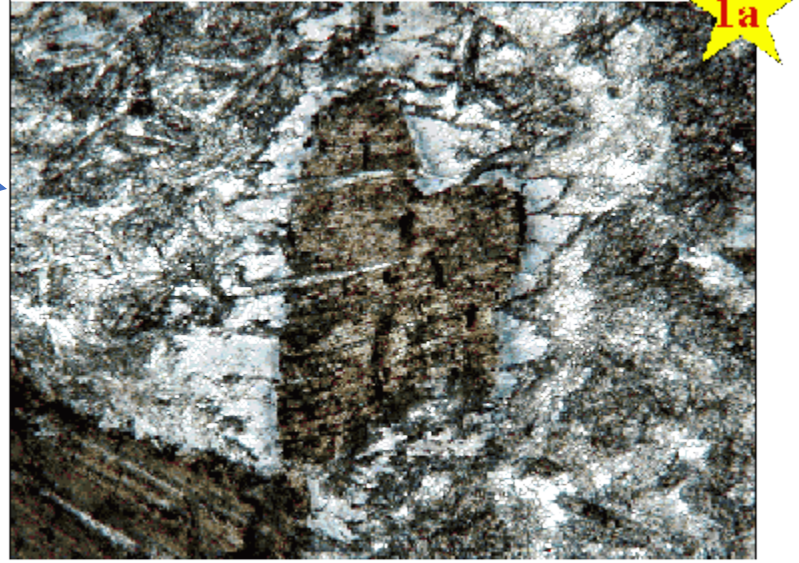
-7- Muscovite + Quartz ⇄ Al_2SiO_5 + CO_2

-8- Quartz ⇄ Coesite

Quelques équilibres thermo et barodépendants

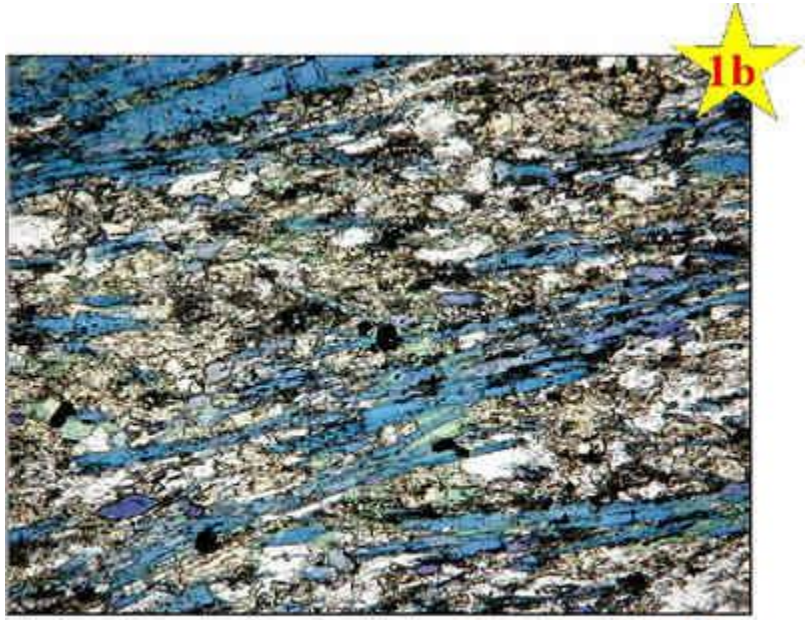
Série (séquence)	protolithes	métamorphites
Pélitique	Pélites : roches détritiques à Q+F+ argiles dominantes	Métapélites : micaschistes paragneiss *schistes noduleux et cornéennes (métam. Contact)*
Quartzo-feldspathique	Grès +/- feldspathique Granite, rhyolite	Paragneiss Orthogneiss
Basique	Basaltes, gabbros	Schistes bleus, verts, amphibolites, éclogites
Carbonatée	Calcaire, marne, dolomie	Marbre +/- pur
Ultrabasique	péridotite	Péridotites (anhydres) et serpentinites (hydratées)

Un exemple de classification de roches métamorphiques basé sur la nature du protolithe



Photographie en lumière naturelle d'un métagabbro Schistes Bleus.

Dans les zones peu déformées, le pyroxène magmatique présente une auréole de glaucophane.



Photographie en lumière naturelle d'un métagabbro Schistes Bleus

Dans les zones déformées, le pyroxène magmatique est totalement déstabilisé
La roche présente une foliation soulignée par des glaucophanes

Importance de la déformation dans la cinétique des réactions métamorphiques

Droits réservés - © 2001 S. Schwartz

https://planet-terre.ens-lyon.fr/article/metagabbro.xml

○ Faciès des zéolites (cristallinité de l'illite) : marque la transition entre diagenèse et métamorphisme (température inférieure à 300°C)

○ Faciès des cornéennes (à amphiboles, à pyroxènes) : caractéristique **du métamorphisme de contact (**température élevée, faible pression)

○ Faciès des schistes verts (zoïsite, épidote, albite) : basse température et faible pression

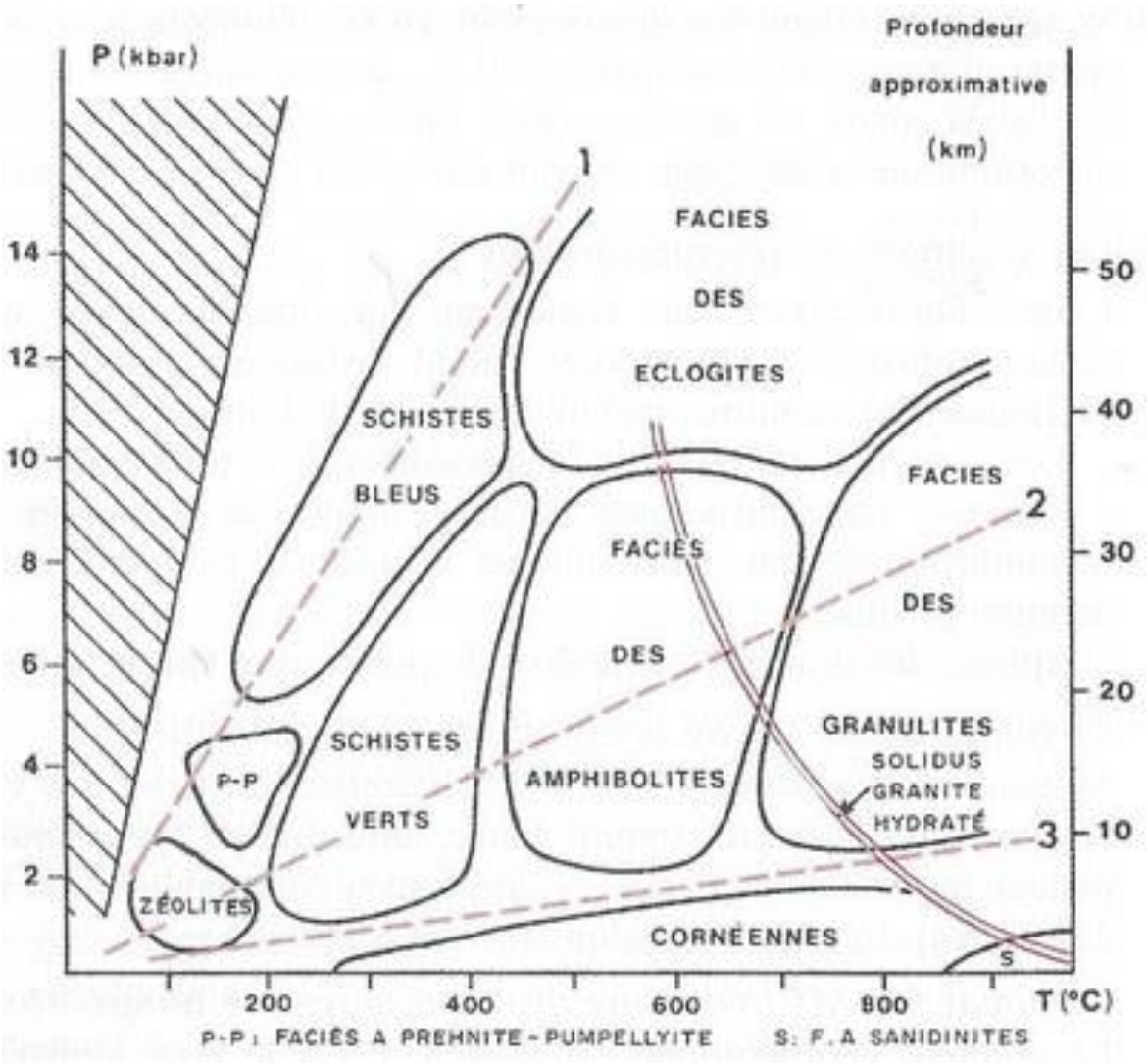
○ Faciès des schistes bleus (jadéite, glaucophane, lawsonite) = faciès barrovien : moyenne température et moyenne pression

○ Faciès des amphibolites (hornblende, plagioclases) : pressions élevées (2 à 3 kbar) et températures de 600 à 700°C, voisines de la fusion.

○ Faciès des granulites : (absence de micas, pyroxènes, sillimanite, disthène, grenat) : pression et température élevées atteignant le domaine de l'anatexie.

○ Faciès des éclogites où basaltes et gabbros en une roche à pyroxène (ex : jadéite) et grenats : température élevée et pression considérable

○ Faciès des sanidinites (sanidine, corindon et formes de haute tempéraure de la silice) : faciès de haute température instantanée et pression très faible qui concerne des roches au contact des laves ou enclaves.



Les différents facies métamorphiques