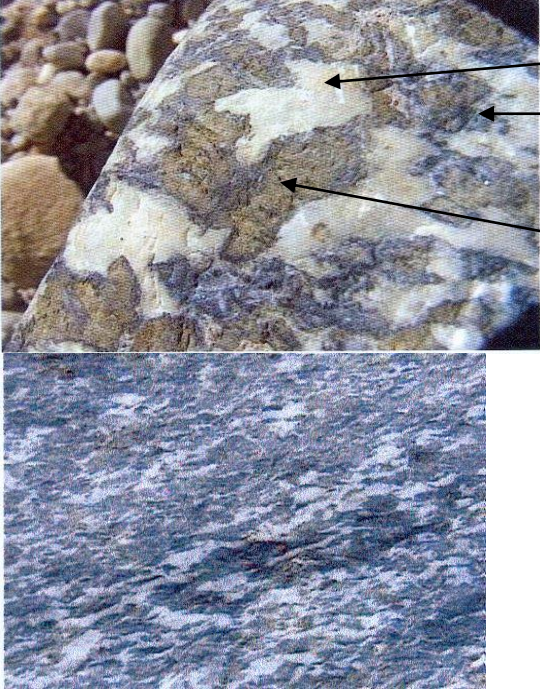
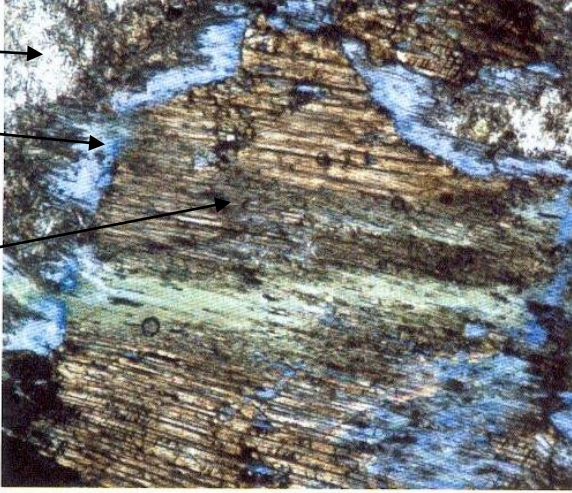
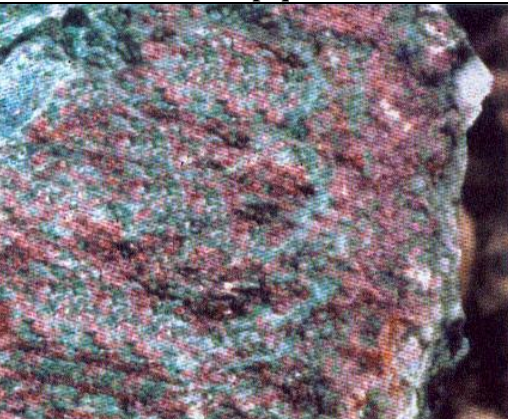
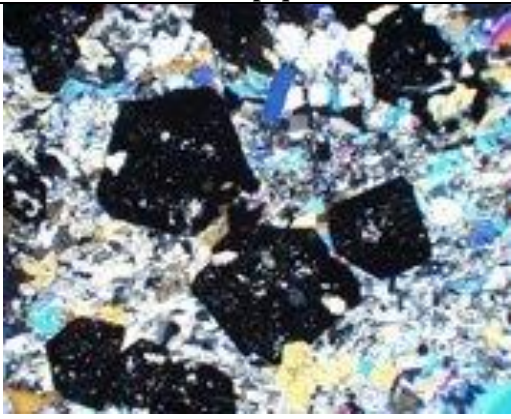


## Le métamorphisme lié à la subduction de la lithosphère océanique

### Gabbro ayant subi un métamorphisme lié à la subduction : métagabbro du Queyras

Observation macroscopique	Légende	Observation microscopique LPA
	<p data-bbox="958 268 1191 300">Feldspath plagioclase</p> <p data-bbox="958 331 1191 363">Auréole de glaucophane</p> <div data-bbox="855 402 1361 491" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p data-bbox="878 418 1339 481">Glaucophane formée après la formation de plagioclase et de pyroxène</p> </div> <p data-bbox="1057 523 1169 555">Pyroxène</p> <div data-bbox="936 699 1393 801" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p data-bbox="958 715 1370 778">Autre métagabbro à glaucophane avec métamorphisme plus accentué</p> </div>	

### Eclogite : roche métamorphique ayant subi un très fort métamorphisme lié à la subduction :

Observation macroscopique	Légende	Observation microscopique LPA
	<p data-bbox="766 1070 1003 1102">Grenat (minéral rose)</p>	

<p>1°) A l'aide de la composition chimique des minéraux indiquée ci-contre, expliquez les transformations minéralogiques subi par un gabbro de la croûte océanique.</p> <p>2°) En utilisant le diagramme PTt du document annexe, expliquez l'origine de ces transformations. (stabilité des minéraux, transformation à l'état solide et pourquoi ? ....)</p> <p>3°) Tracez sur ce diagramme le trajet d'un gabbro depuis la phase d'expansion jusqu'à la subduction. Vous les nommerez dans l'ordre G0, G1, G2, G3 et G4.</p> <p>Deux de ces roches ont été observées dans ce TP. Indiquez alors lesquels.</p>	<p><u>Formule de quelques minéraux :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Plagioclases : <math>\text{Na}(\text{Si}_3\text{AlO}_6)/\text{Ca}(\text{Si}_2\text{Al}_2\text{O}_8)</math></li> <li>* Pyroxènes : <math>(\text{SiAl}_2\text{O}_3)_2\text{Ca}(\text{Fe},\text{Mg},\text{Al})</math></li> <li>* Hornblende : <math>\text{NaCa}_2(\text{Mg},\text{Fe})_4\text{Al}_3\text{Si}_6\text{O}_{22}(\text{OH})_2</math></li> <li>* Minéraux verts : - chlorite <math>(\text{Mg},\text{Fe},\text{Al})_6(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8</math> - actinote <math>\text{Ca}_2\text{Mg},\text{Fe}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2</math></li>   <li>* Glaucophane: <math>\text{Na}_2(\text{Mg},\text{Fe})_3\text{Al}_2\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2</math></li> <li>* Lawsonite: <math>\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_7(\text{OH})_2\text{H}_2\text{O}</math></li> <li>* Grenat: <math>(\text{Ca},\text{Mg},\text{Fe},\text{Mn})_3(\text{Al},\text{Fe}^{3+},\text{Cr})_2\text{Si}_3\text{O}_{12}</math></li> <li>* Jadéite: <math>\text{NaAlSi}_2\text{O}_6</math></li> </ul>
--	--

**Activité 2 :**

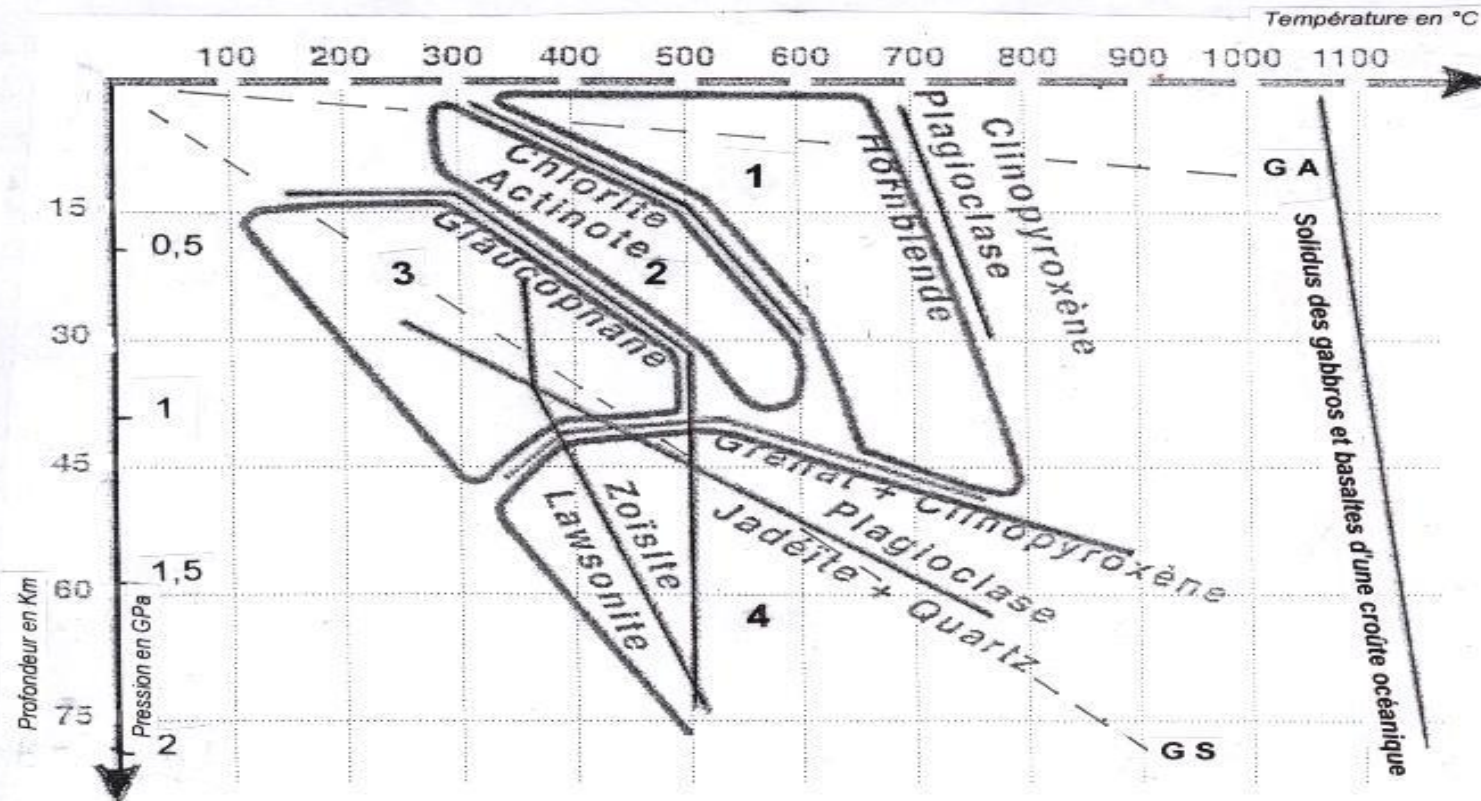
**Lors de la subduction, l'augmentation de pression et de température produit des transformations minéralogiques dans les roches de la croûte océanique subduite.**

**En évaluant la masse volumique de roches ayant ou non subi ces modifications de pression et de température, on cherche à formuler une hypothèse sur les mécanismes à l'origine de la subduction.**

Mesure de la masse volumique d'un gabbro G1 et d'une éclogite.

**Faire une synthèse en montrant que les transformations subies par ces roches et observées dans l'activité 1 peuvent entretenir la subduction.**

**Diagramme PTt**  
 D'après les documents du CBGA (Centre Briançonnais de Géologie Alpine)



**FACIES** (associations de minéraux métamorphiques stables dans un domaine pression-température)

- 1** FACIES DES AMPHIBOLITES
- 2** FACIES DES SCHISTES VERTS
- 3** FACIES DES SCHISTES BLEUS
- 4** FACIES DES ECLOGITES

**NB** : les minéraux indiqués à gauche des courbes deviennent instables à droite.

**GEOOTHERMES ACTUELS** (tracés d'après les gradients géothermiques calculés) :

	<b>Gabbro et Métagabbro d'une croûte océanique n'ayant pas subductée.</b>		<b>Métagabbros océaniques ayant subi une subduction</b>	
	<b>Gabbro témoin</b> (Chenaillet)	<b>Métagabbro</b> (Chenaillet)	<b>Métagabbro</b> (Queyras)	<b>Métagabbro</b> (Viso)
<b>ECHANTILLONS</b>				
<b>1) Déformations observables</b> (Foliation)				
<b>LAMES MINCES, ECHANTILLONS</b>				
<b>2) Minéraux observables</b> Distinguer par des couleurs les minéraux hydratés et non hydratés différents de ceux du témoin.				
<b>3) Domaine de pression et température</b> signés par les associations minérales				

### Activité 1 : Le métamorphisme de la lithosphère océanique.

1°) Le gabbro G1 est composé de feldspaths plagioclase et de pyroxène. Ce gabbro est une roche magmatique plutonique qui provient d'un refroidissement lent en profondeur d'un magma. Il est caractéristique de la croûte océanique.

D'après les formules chimiques, les deux minéraux qui le composent sont des minéraux anhydres, c'est-à-dire dépourvus d'eau.

Le gabbro G2 présente une composition minéralogique différente : il contient un nouveau minéral, la hornblende. Ce minéral a pour composition chimique  $\text{NaCa}_2(\text{Mg,Fe})_4\text{Al}_3\text{Si}_6\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ .

Il a donc globalement les mêmes éléments chimiques que le gabbro G1 mais présente en plus un groupement  $(\text{OH})_2$  : c'est un minéral hydraté.

On note la présence d'eau également dans les gabbros G3, gabbros contenant des minéraux hydratés chlorite et actinote.

Le gabbro G4 possède également un minéral hydraté, le glaucophane.

Enfin, le gabbro G4 est une éclogite contenant des minéraux anhydres, grenat et jadéite.

Les principes de datation relative permettent de déterminer l'ordre d'apparition des minéraux :

1 ) La hornblende s'est formée à la suite du plagioclase et du pyroxènes et a nécessité un apport d'eau : la croûte océanique, au fur et à mesure de son éloignement de l'axe de la dorsale s'hydrate. Progressivement, apparaîtront d'autres minéraux hydratés comme la chlorite et l'actinote. Le gabbro G1 devient un métagabbro G2 puis un métagabbro G3. G2 et G3 sont des roches métamorphiques.

2 ) Le gabbro G4 est également un métagabbro mais ici à glaucophane : ce minéral recoupe les minéraux précédents (on le trouve en auréole notamment autour de pyroxène relique ou autour de la hornblende). Le métagabbro G3 s'est donc transformé en métagabbro G4.

3 ) En fin, la roche G5 est une éclogite qui ne présente aucune trace, sur l'échantillon étudié, des minéraux précédents. Cette roche est anhydre. Le diagramme pression-température permettra de déterminer que cette roche est issue d'un métagabbro G4 qui s'est progressivement déshydraté.

### Activité 2 : Diagramme pression- température – temps.

Les transformations minéralogiques précédentes s'expliquent par une modification des conditions de pression température subies par les roches de la lithosphère océanique.

- Le gabbro G1 subi une diminution de température : pour des températures comprises entre **1 000 et 700°C**, plagioclase et pyroxène sont stables. Mais lorsque la température atteint **600°C**, ces minéraux sont déstabilisés et un réarrangement des éléments chimiques permet la formation de hornblende en présence d'eau. Le gabbro G1 se transforme en métagabbro G2 à hornblende (roche appartenant au faciès des amphibolites (la hornblende appartient à un groupe de minéraux appelé amphibole).
- Au fur et à mesure de l'éloignement de l'axe de la dorsale, la température de la croûte océanique diminue : lorsqu'elle atteint **300°C**, les minéraux précédents sont déstabilisés et des réarrangements des éléments chimiques entraînent l'apparition de chlorite et d'actinote (minéraux verts à l'œil nu). Le métagabbro G2 s'est transformé en métagabbro G3 (roche appartenant au faciès des schistes verts).
- ⇒ l'ensemble de ces transformations minéralogiques (G1 → G2 → G3) se déroulent à basse pression (environ 0,25 GPa ) et à l'état solide : il s'agit d'un métamorphisme lié à la phase d'expansion océanique (métamorphisme hydrothermal) de basses pressions et moyennes à basses températures.
- Le métagabbro G4 contient du glaucophane : ce minéral est stable dans de nouvelles conditions de pression. Sur le diagramme, lorsque la pression atteint **0,5 GPa**, les minéraux précédents sont déstabilisés et de nouveaux arrangements des éléments chimiques permettent la formation du glaucophane. D'après ce diagramme, ce minéral se forme donc à une profondeur comprise entre **15 (environ 0,5 GPa) et 40 km (1 GPa)**.
- ⇒ le glaucophane est donc un minéral qui témoigne de la plongée de la lithosphère océanique : le métamorphisme qui se déroule est donc dû à la subduction.
- L'éclogite contient des minéraux dont les domaines de stabilité se situent dans des conditions de hautes pressions : jadéite et grenat se forment lorsque la pression atteint **1,25 GPa** et plus, **jusqu'à 2 GPa**. Les minéraux précédents ont été déstabilisés, les réarrangements des éléments chimiques ont permis l'apparition de jadéite et de grenat. Ces minéraux qui sont anhydres, montrent que la roche a perdu de l'eau lorsque la lithosphère océanique subduite atteint une **profondeur de 45 km**.
- ⇒ la présence de grenat et de jadéite témoigne également de la plongée de la lithosphère océanique et de sa déshydratation sous de fortes pressions
- ⇒ Ce métamorphisme est donc lié à la subduction, il s'agit d'un métamorphisme de hautes pressions et basses ou moyennes températures.
- ⇒ Toutes ces transformations minéralogiques se déroulent à l'état solide (et ont nécessité des millions d'années).

**Activité 2 :**

La masse volumique d'un gabbro de type G1, gabbro sain, est inférieure à celle d'une éclogite.

L'augmentation de la masse volumique des roches de la lithosphère océaniques au cours de la subduction permet donc d'entretenir la subduction

	Gabbro G1 à pyroxène et plagioclase
<b>Métamorphisme lié à l'expansion</b>	La lithosphère océanique s'éloigne de l'axe de la dorsale et s'hydrate
	↓ Diminution de la température ↓ Formation de Hornblende puis de minéraux verts : minéraux hydratés ↓ Métagabbro G2 et G3
	La densité de la lithosphère augmente car elle se refroidit : sa densité devient supérieure à celle de l'asthénosphère
	La lithosphère océanique entre en subduction
<b>Métamorphisme lié à la subduction</b>	↓ Augmentation de la pression ↓ Formation de glaucophane ↓ Métagabbro G4 (Plus de 15 km de profondeur)
	La pression continue d'augmenter ↓ Déshydratation ↓ Formation de grenat et de jadéite ( 45 km de profondeur)
	Augmentation de la densité de la lithosphère océanique subductée sous l'effet des fortes pressions ↓ Entretient la subduction