

LE MÉTAMORPHISME, MARQUEUR DE LA GÉODYNAMIQUE INTERNE

I. les associations minérales observées sont indicatrices des conditions thermodynamiques de cristallisation

1. notion de paragenèse
2. instabilité d'une paragenèse et réactions métamorphiques
3. métastabilité des roches métamorphiques
4. les facteurs du métamorphisme
 - 4.1 la température
 - 4.2 la pression et le déviateur des contraintes
 - 4.3 les fluides
5. évaluation des conditions du métamorphisme : géobaromètre et géothermomètre
6. paragenèses et faciès métamorphiques
 - 6.1 les faciès métamorphiques dans l'espace P-T
 - 6.2 Importance du protolithe dans les paragenèses métamorphiques et notion de séquence métamorphique

II Gradients geothermiques et contextes géodynamiques

1. Le gradient HP-BT
2. Le gradient MP-MT
3. Le gradient BP-HT
4. Cas du métamorphisme de contact : gradient de Très HT et Très BP
5. Cas du métamorphisme hydrothermal

III. Variations temporelles des paragenèses métamorphiques et histoire tectonique des unités crustales

1. détermination d'un chemin P-T au cours du temps.
2. étude d'un exemple : étude du chemin P-T de roches basiques (gabbros) dans les alpes liguro-piémontaises

IV. Conclusion

BCPST2BCPST2
ST-G Le métamorphisme

Extrait du programme officiel :

ST-G Le métamorphisme, marqueur de la géodynamique interne (BCPST 2)	
<p>L'étude des roches métamorphiques complète la compréhension de la dynamique des enveloppes solides. Cette analyse combine une reconnaissance de l'organisation spatio-temporelle des roches (sur carte géologique et par datation), une reconnaissance minéralogique et une connaissance physico-chimique des réactions métamorphiques. Cette partie est essentielle pour mettre en évidence l'importance de l'analyse de données de terrain et de laboratoire pour la compréhension de phénomènes fondamentaux (échanges de matière et d'énergie à la surface du globe). Cette analyse est permise par l'utilisation de nombreux concepts mis en place au cours des autres parties et est réinvestie dans l'étude des grands ensembles géologiques français.</p>	
Savoirs visés	Capacités exigibles
ST-G-1 Les associations minéralogiques indicatrices de pression et de température	
<p>Une roche exposée à un changement de température et/ou de pression est le siège de transformations minéralogiques. Ces transformations sont régies par les lois de la thermodynamique et de la cinétique chimique.</p> <p>Les associations minéralogiques des roches métamorphiques sont métastables.</p> <p>Les faciès métamorphiques sont des domaines de l'espace pression-température. L'association de minéraux stables dans un faciès constitue une paragenèse à l'équilibre. Ces associations minérales dépendent de la nature de la roche originelle (protolithe).</p> <p>Des géobaromètres et des géothermomètres sont constitués par des réactions univariantes du métamorphisme, des minéraux index et par la distribution de certains éléments chimiques dans les phases minérales.</p> <p>Dans certaines conditions, le métamorphisme peut conduire à l'anatexie crustale. Une migmatite est une roche métamorphique qui résulte d'une anatexie crustale partielle.</p> <p>La lithosphère océanique, formée à l'axe des dorsales, interagit avec l'eau de mer et acquiert un faciès schistes verts.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Analyser et exploiter les représentations cartographiques du métamorphisme. - Exploiter les données des lames minces, les minéraux étant légendés. - Exploiter des données permettant de faire le lien entre déformation des roches et recristallisations. - Identifier à l'œil nu des roches métamorphiques : micaschistes, gneiss, métagabbros, amphibolites, éclogites, migmatites, marbres. - Situer approximativement les limites des principaux faciès métamorphiques : schistes verts, amphibolite, granulite, schiste bleu, éclogite. - Discuter de la pertinence du choix d'un géobaromètre ou d'un géothermomètre. - Exploiter des données de thermométrie et barométrie chimiques. - Utiliser une grille pétrogénétique fournie. - Interpréter et exploiter des données montrant l'association métamorphisme – anatexie crustale. - Exploiter des documents montrant les échanges chimiques avec l'eau de mer.
<p>Précisions et limites :</p> <p>Les roches métamorphiques étudiées en TP sont : micaschistes, gneiss, migmatites, métagabbros, éclogites, marbres, amphibolites. D'autres roches peuvent être présentées (schistes, cornéennes...), mais leur reconnaissance macroscopique n'est pas exigible.</p> <p>L'hydrothermalisme océanique se limite à deux exemples permettant d'illustrer le tri géochimique : l'hydratation des minéraux de la lithosphère et les échanges de Na et Mg. Les processus d'origine des fumeurs noirs et des sulfures métalliques associés sont hors programme.</p>	
<p>Liens :</p> <p>La carte géologique (ST-A) La rhéologie de la lithosphère (ST-D-1) Le magmatisme (ST-F) Activités de terrain</p>	
ST-G-2 La distribution spatiale des roches métamorphiques et les variations temporelles des associations minéralogiques	
<p>La distribution spatiale des roches métamorphiques à l'échelle régionale permet d'identifier des séries métamorphiques, indicatrices d'un gradient métamorphique.</p> <p>Les mêmes méthodes peuvent être transposées à plus petite échelle dans le cadre du métamorphisme de contact.</p> <p>L'étude des différentes paragenèses présentes dans une roche métamorphique et leur datation permettent de reconstituer un chemin $P, T = f(t)$. Ce chemin fait apparaître des étapes progrades et des étapes rétrogrades, caractéristiques des conditions d'enfouissement et des conditions d'exhumation. Un chemin $P, T = f(t)$ constitue une jauge de profondeur dans l'histoire tectonique d'une unité crustale.</p> <p>La nature des séries métamorphiques et les reconstitutions de chemins $P, T = f(t)$ sont étroitement liées à l'histoire géodynamique.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Analyser et exploiter une carte géologique laissée au choix permettant l'étude d'une série métamorphique. - Exploiter la juxtaposition d'assemblages typomorphes (i.e. ressemblant à un type de roche précis) dans une série métamorphique. Déterminer un gradient métamorphique. - Relier les principaux gradients à des contextes géodynamiques (dans le cadre des Alpes). - Exploiter des données illustrant le cas particulier du métamorphisme de contact. - Exploiter des données pétrogénétiques et structurales pour proposer une hypothèse en termes de chemin $P, T = f(t)$; - Exploiter des assemblages typomorphes et des chemins $P, T = f(t)$ dans le cadre d'une histoire régionale. - Utiliser l'évolution dans le temps des associations minéralogiques pour éclairer l'exemple d'une chaîne de montagne en termes géodynamiques.
<p>Précisions et limites :</p> <p>Cette partie est une synthèse et une généralisation qui s'appuie notamment sur l'étude des roches métamorphiques et des Alpes en travaux pratiques. L'étude pratique des transformations minérales peut être envisagée en association avec les travaux portant sur l'étude de l'édifice alpin et des massifs anciens.</p> <p>La possibilité de mesures in situ (type microsonde) doit être connue mais les détails de la technique ne sont pas exigibles.</p>	

Définition / Mots clés

Anatexie crustale : terme poussé du métamorphisme conduisant à une fusion partielle des roches de la croûte continentale.

Domaine de stabilité : gammes de pressions et de températures pour lesquelles un minéral est stable.

Faciès métamorphique : domaine P-T de la grille pétrogénétique, qui regroupe un ensemble de paragenèses à l'équilibre. Valable quelle que soit la roche métamorphique étudiée.

Géobaromètre : réaction métamorphique univariante dépendant essentiellement de la pression et donc permettant de déterminer la pression de formation d'une paragenèse au sein d'une roche.

Géothermomètre : réaction métamorphique univariante dépendant essentiellement de la température et donc permettant de déterminer la température de formation d'une paragenèse au sein d'une roche.

Gradient métamorphique : Gradient géothermique suivi par une roche au cours de son enfouissement, ce gradient métamorphique étant associé à un contexte géodynamique.

Grille pétrogénétique : diagramme P-T dans lequel figurent les courbes de costabilité ou domaines de stabilité de minéraux métamorphiques.

Métamorphisme de contact : métamorphisme résultant de la transformation minéralogique de roches au contact d'une roche plutonique sous l'effet de l'augmentation de la température.

Métamorphisme prograde : succession des faciès métamorphiques traversée au cours de l'enfouissement de la roche.

Métamorphisme rétrograde : succession des faciès métamorphiques traversée au cours de la remontée de la roche.

Métamorphisme : transformation à l'état solide d'une roche suite à des modifications de pression et/ou de température, entraînant un changement de sa composition minéralogique. Réaction souvent isochimique mais pouvant impliquer des transferts de fluides.

Paragenèse : association minéralogique, formée et stable d'un point de vue thermodynamique, visible dans une roche métamorphique donnée.

Protolithe : roche mère à l'origine de la roche métamorphique étudiée.

Réaction univariante : réaction dont la stabilité dans un diagramme P-T est défini par une courbe, souvent proche d'une droite, nommé droite de costabilité pour les minéraux de la réaction étudiée.

Séquence métamorphique : ensemble des roches métamorphiques obtenues par un métamorphisme d'intensité croissante à partir d'un protolithe donné.

Série métamorphique : ensemble des roches métamorphiques d'une même région ayant subi une même histoire tectonique et métamorphique.

Trajet P,T=f(t) (ou P,T,t) : reconstitution des variations de pression et de température subies par une roche au cours du temps lors d'un épisode métamorphique.

Variance : nombre de paramètres intensifs (T, P,...) qu'il est nécessaire de connaître pour décrire quantitativement un système en équilibre.

Mise en contexte et émergence de la problématique

document 1 : comparaison d'un gabbro et d'une éclogite

On se propose, en première approche, d'étudier comparativement deux roches récoltées dans les Alpes au niveau des complexes ophiolitiques, une roche magmatique, un gabbro et une roche métamorphique, une éclogite.

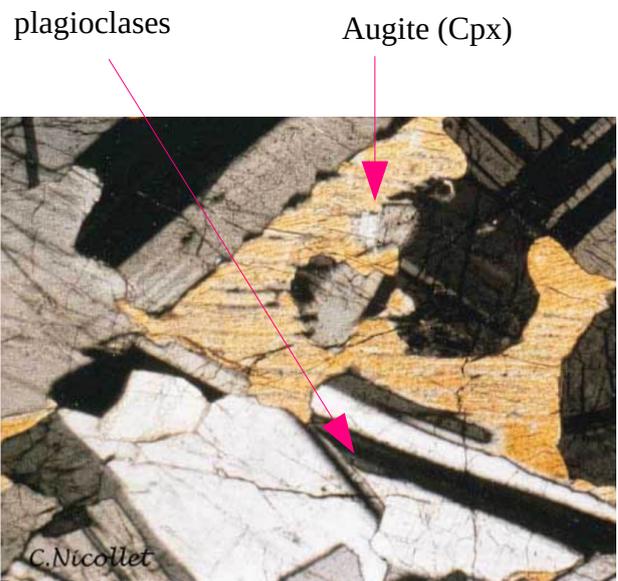
→ *Effectuez une analyse comparative de ces deux échantillons en terme de structure, minéralogie, domaine de stabilité et de composition chimique puis proposez des hypothèses concernant leurs relations éventuelles.*

a) Comparaison des roches et de leur minéralogie

Les figures ci-dessous montrent à plusieurs échelles l'étude d'un gabbro cristallisé entre 2 à 6 Km profondeur autour de 1000°C dans la croûte océanique et d'une éclogite cristallisée à plus de 40km de profondeur pour une température comprise entre 400 et 600°C



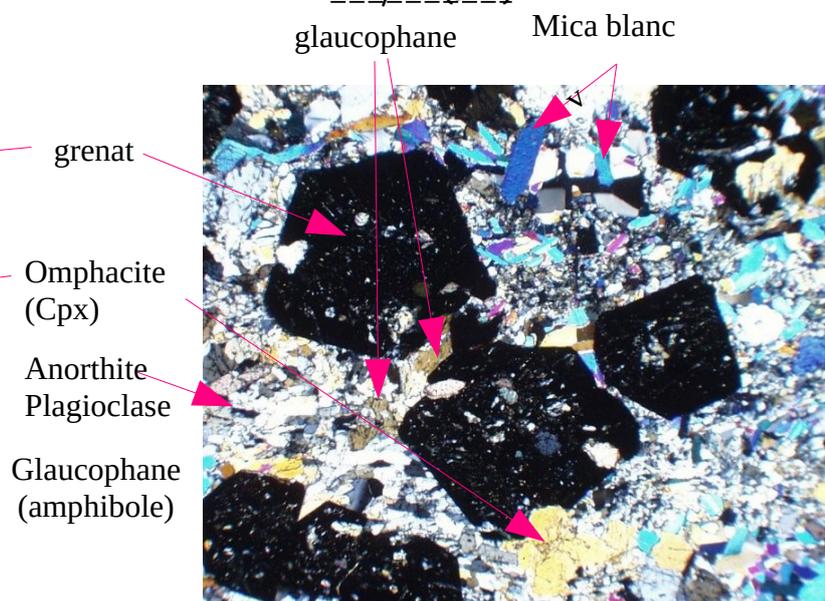
a1. vue macroscopique d'un gabbro.



a2. vue au microscope polarisant en lumière polarisée et analysée (LPA)



a3. vue macroscopique d'une éclogite du Mont Viso



a4. vue au microscope polarisant en LPA

b) comparaison des analyses chimiques des éléments majeurs de ce gabbro (à gauche) et de cette éclogite (à droite) en % massiques d'oxydes

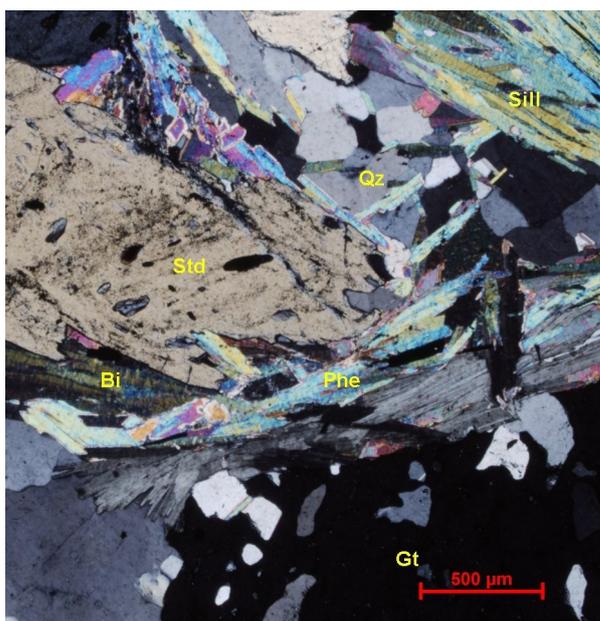
Oxydes	Gabbro % massiques	Eclogites % massiques
SiO ₂	50.98	51.31
TiO ₂	1.59	0.07
Al ₂ O ₃	15.23	15.36
Fe total	7.83	7.13
MgO	8.94	9.98
CaO	11.20	13.58
Na ₂ O	3.49	1.29
K ₂ O	0.34	0.02
MnO	0.17	0.16
P ₂ O ₅	0.16	0.15

I. les associations minérales observées sont indicatrices des conditions thermodynamiques de cristallisation

1. notion de paragenèse

document 2 : photo de roche métamorphique, un micaschiste montrant les minéraux formés et l'espace PT montrant le champs de stabilité de la paragenèse considérée

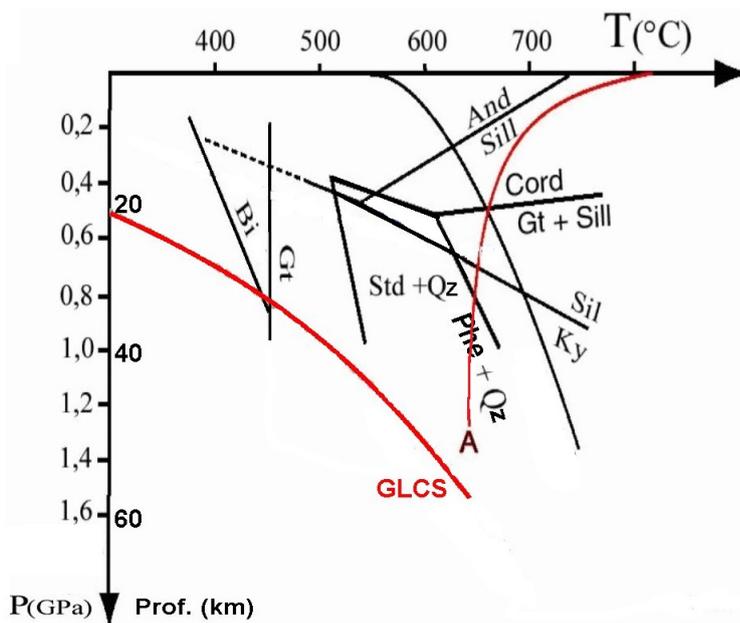
Les abréviations minéralogiques sont les mêmes sur les document 2a et 2b



a) Roche métamorphique, ici un micaschiste, montrant divers minéraux à l'équilibre

Abréviations :

- Std = Staurotite ; Bi = Biotite (mica noir)
- Phe = Phengite (mica blanc) ; Qz = quartz
- Sill = sillimanite



b) Espace pression-Température montrant les domaines d'équilibre des différents minéraux

la courbe de fusion partielle des mélanges quartzo-feldspathiques (A=Anatexie) et le géotherme de lithosphère continentale stable et ancienne (GLCS) ont été ajoutés

→ D'après les minéraux identifiés sur le document 2a, colorier en bleu sur le document 2b, le champ de stabilité de la paragenèse considérée pour le micaschiste étudié.

2. instabilité d'une paragenèse et réactions métamorphiques

Document 3 : paragenèses fictives dans un espace P-T

→ D'après ce document, expliquer comment se forment les roches métamorphiques

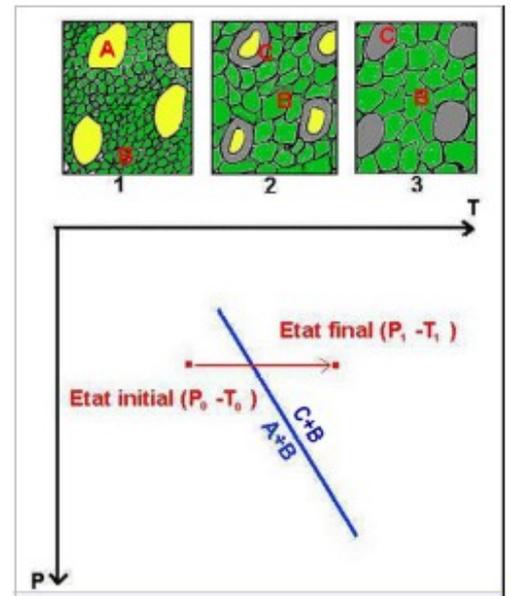
Prenons une roche contenant les minéraux A (le plus gros) et B (le plus petit) dans les conditions thermodynamiques P_0-T_0 sans aucune trace de réaction entre les minéraux. .

Porté dans les conditions P_1-T_1 par la géodynamique, les déformations et les mouvements locaux, cet assemblage minéralogique devient instable : le minéral B commence à réagir avec A, sous forme de réaction en couronne autour de A aux points de contact avec B. Si B est en excès par exemple, A finira par disparaître. On aura alors pour les conditions P_1-T_1 l'assemblage B+C. En revanche, tant que la réaction est incomplète, et donc que A+B+C coexistent, on ne parlera pas de paragenèse.

Notons que A (jaune) est plus gros que B (vert) initialement, que les réactions se font aux points de contact là où les fluides permettent la diffusion des éléments et que B est en excès : A finit par disparaître. Il apparaît alors un minéral C (gris).

Par ailleurs, B est ici sous forme de petits cristaux. Au cours de la réaction, il a tendance à recristalliser et à former des cristaux plus gros.

Cette réaction ne sera pas toujours complète : la couronne isolant progressivement les réactifs, la diffusion des éléments peut devenir difficile.



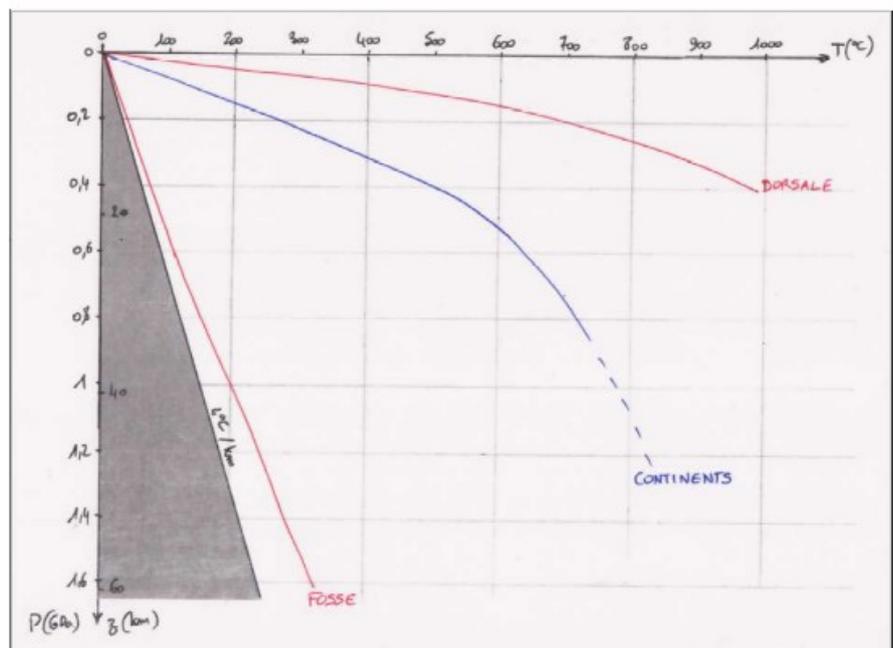
3. métastabilité des roches métamorphiques

4. les facteurs du métamorphisme : température, pression et fluides dans le globe terrestre

4.1 la température

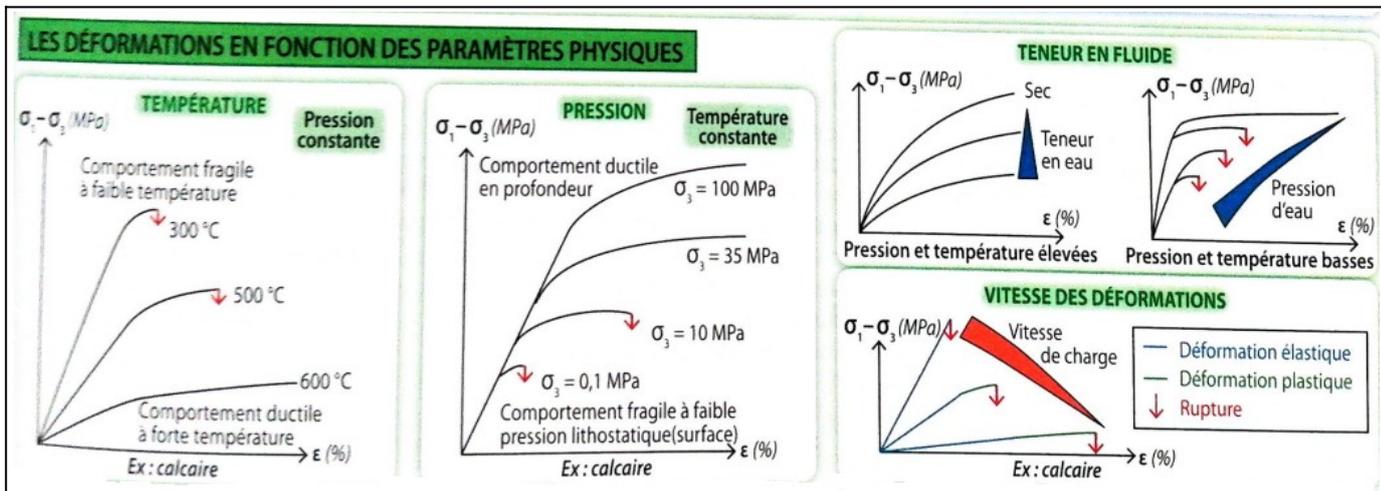
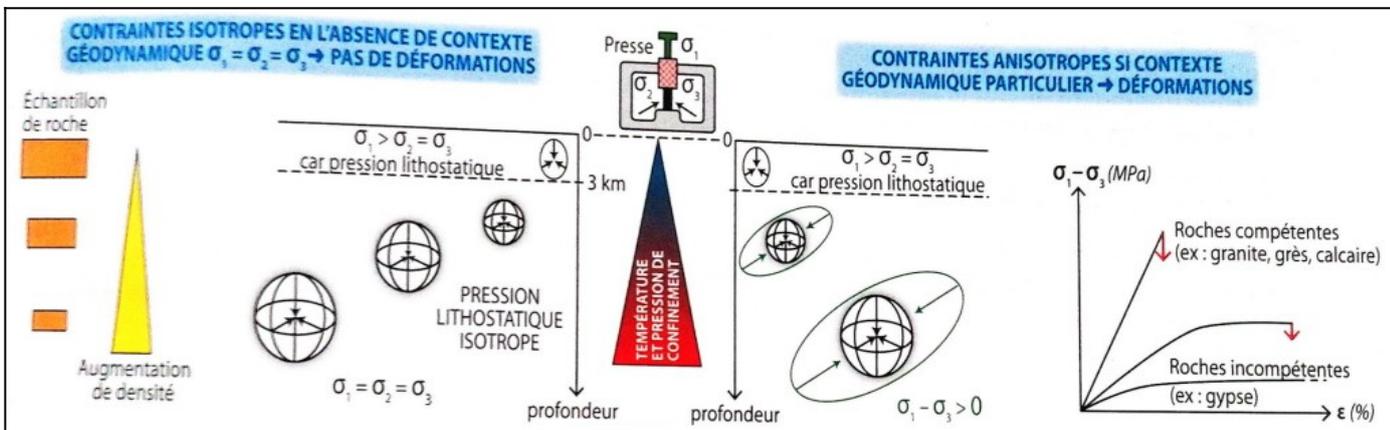
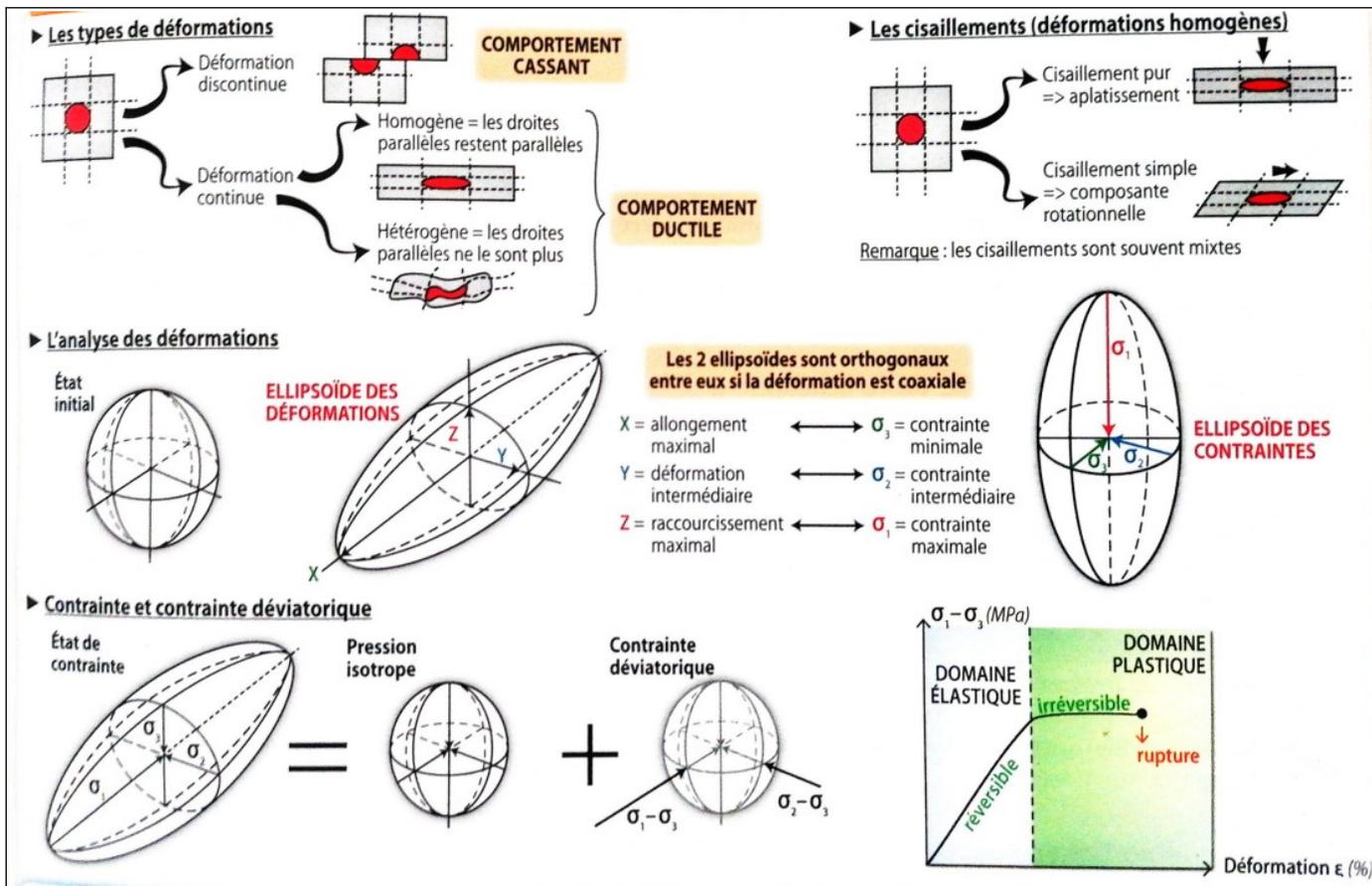
Document 4 : résumé des différents géothermes moyens rencontrés selon les contextes géodynamiques.

→ Comment varient les géothermes en fonction de la profondeur dans les différents contextes géodynamiques



4.2 La pression lithosphérique et le déviateur des contraintes

Document 5 : description et analyse des déformation des roches d'après Memento Géologie BCPST, Bordi et al, édition Vuibert



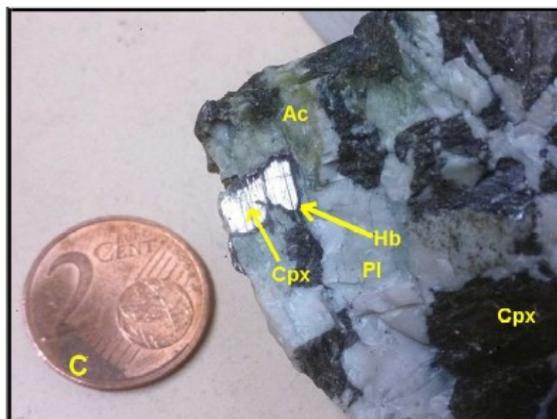
5. évaluation des conditions de métamorphisme : géobaromètre et géothermomètre

Document 6 : notion de géothermomètre

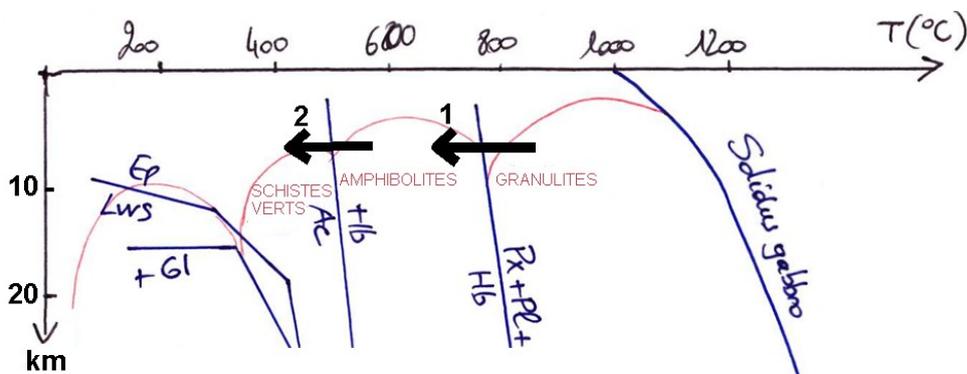
Etudions par exemple le métamorphisme océanique d'un gabbro, bien visible dans les ophiolites alpines du Chenaillet :

Cette photographie montre l'apparition de hornblende (Hb) autour des clinopyroxènes magmatiques (cpx), voire celle d'actinote (Ac).

Rq : Pl = Plagioclase



5a) Gabbro du massif du Chenaillet en vue macroscopique



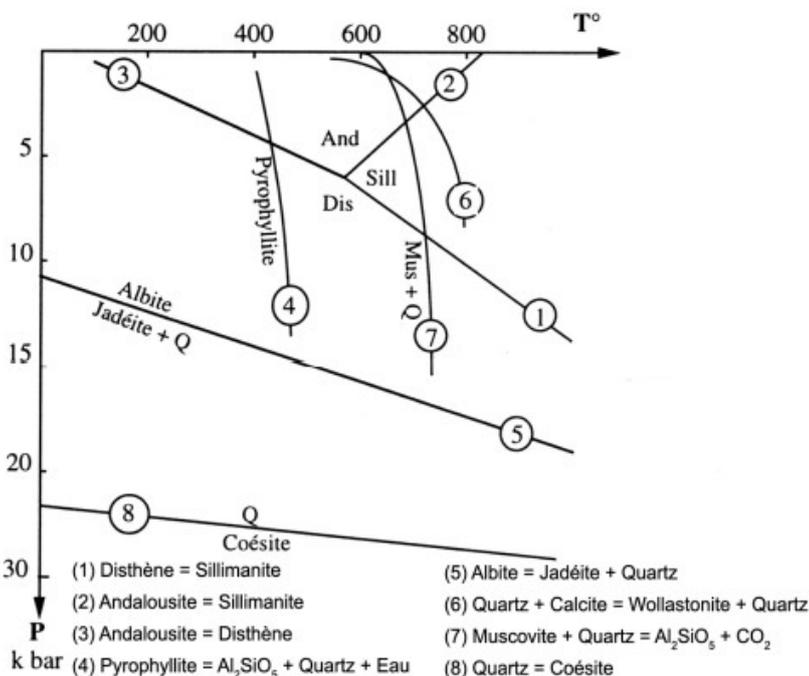
5b) Grille pétrogénétique centrée sur les basses pressions et hautes températures d'une roche océanique qui s'éloigne de la dorsale et donc se refroidit

→ D'après la grille pétrochimique ci-dessus, préciser à quelles température se produit les transitions $Cpx + Pl + H_2O \rightarrow Hornblende$ et $Hornblende \rightarrow Actinote$.

→ En quoi ces deux transitions sont de bons géothermomètres ?

Document 7 : quelques réactions usuelles en géobarométrie et géothermométrie

→ Différencier sur la figure ci-contre les géobaromètres des géothermomètres.



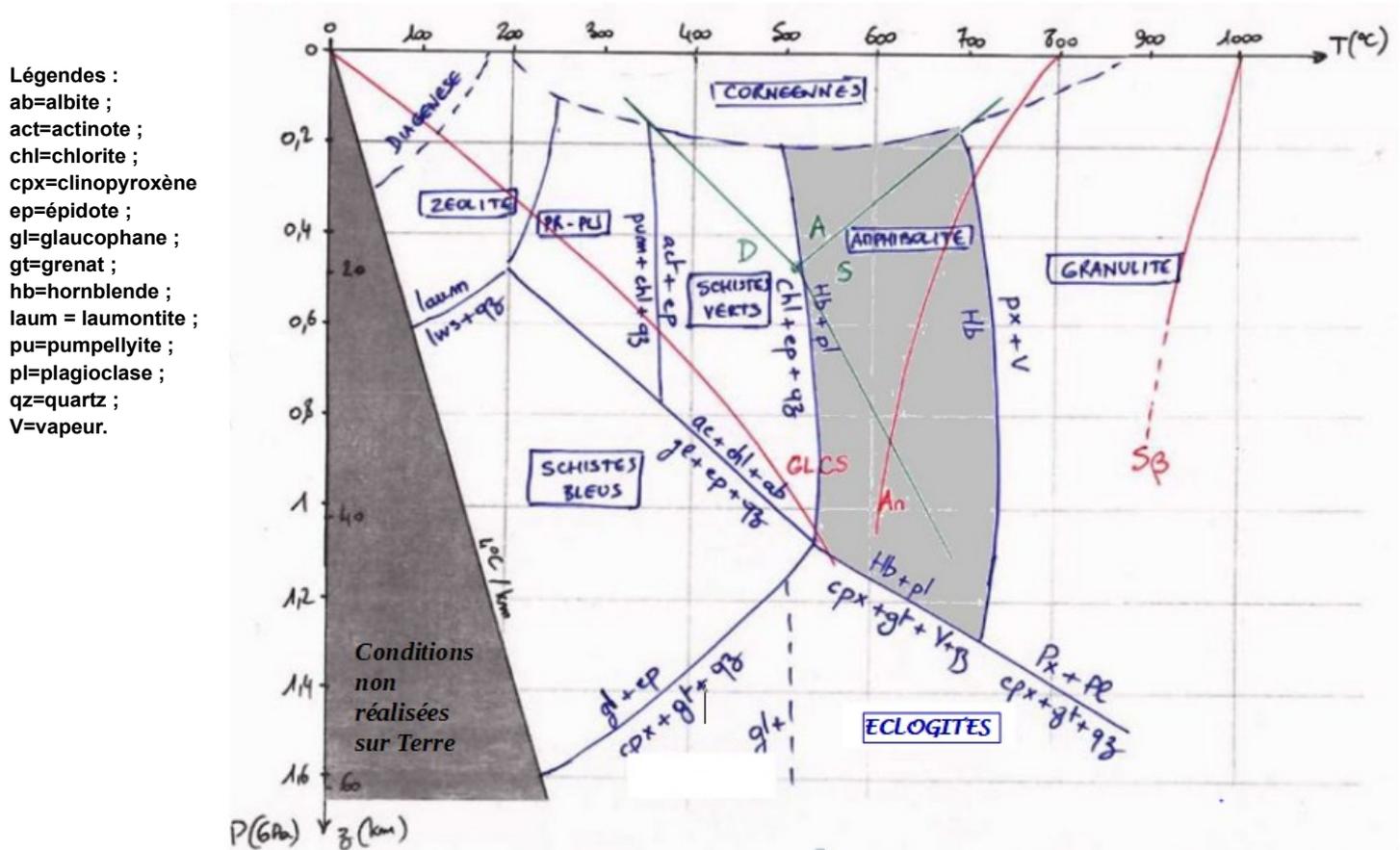
6. paragenèses et faciès métamorphiques

6.1 les faciès métamorphiques dans l'espace P-T

Document 8 : faciès métamorphiques définis par Eskola (début du XXe siècle)

L'espace pression-température, ou espace P-T, est subdivisé en domaines prenant le nom de faciès métamorphiques. Les différents domaines ont été définis à partir d'un protolithe (ou roche initiale) de type basaltique ayant subi des conditions P-T données, et sont délimités par des droites de réactions minéralogiques caractéristiques.

→ A titre d'exemple, identifier le minéral index pouvant servir de référence au faciès des Amphibolites.



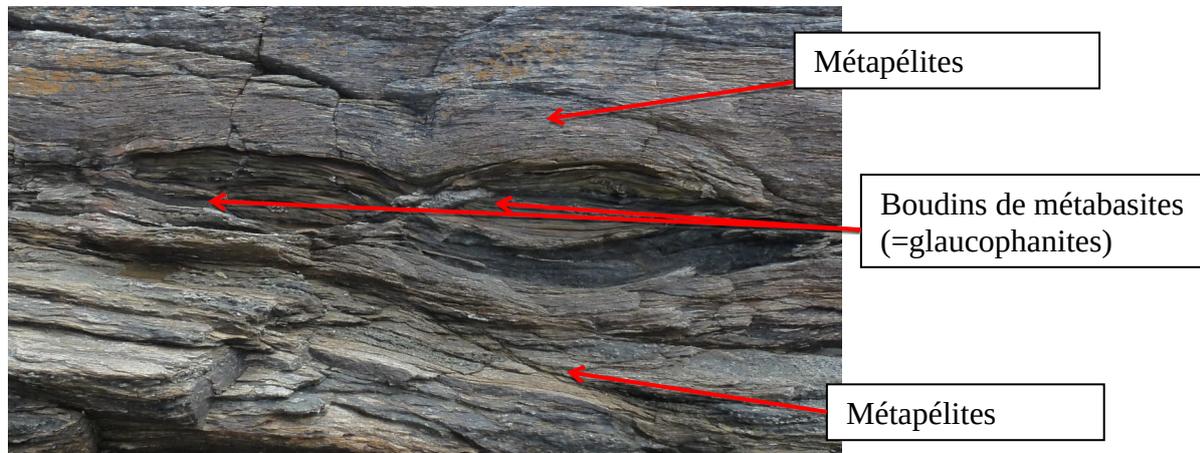
Il a été ajouté sur ce diagramme le géotherme de lithosphère continentale stable et ancienne, **GLCS** en rouge ainsi que les domaines de stabilité des silicates d'alumine, minéraux caractéristiques de la croûte continentale. ($Al_2Si_2O_5$) D=disthène, A=andalousite et S=sillimanite, en vert

→ Dans le cadre d'un géotherme normal, quel silicate d'alumine trouve-t-on dans la croûte continentale ?

On a également ajouté la limite de la fusion partielle des roches continentales (anatexie) notée **An**, matérialisée par le passage en phase liquide du feldspath potassique, ainsi que le **solidus des basaltes et gabbros (SB)**, les deux en rouge.

6.2 Importance du protolithe dans les paragenèses métamorphiques et notion de séquence métamorphique

Document 9 : diversité des protolithes au sein d'une roche métamorphique



a) Métapélites et metabasites de l'île de Groix

La photographie montre la **coexistence spatiale de roches schistosées d'origine diverses** : la **glaucophanite** (au centre) présente un **protolithe basique**, alors que la **métapélite** (en haut et en bas), argentée car riche en aluminium donc en mica blanc (phengite) est issue d'un **matériau continental de type détritique**.



b) zoom sur la glaucophanite à gauche et la métapélite à droite

La glaucophanite montre : glaucophane, grenat, épidote et quartz (non visibles ici) et reliques de jadéite.

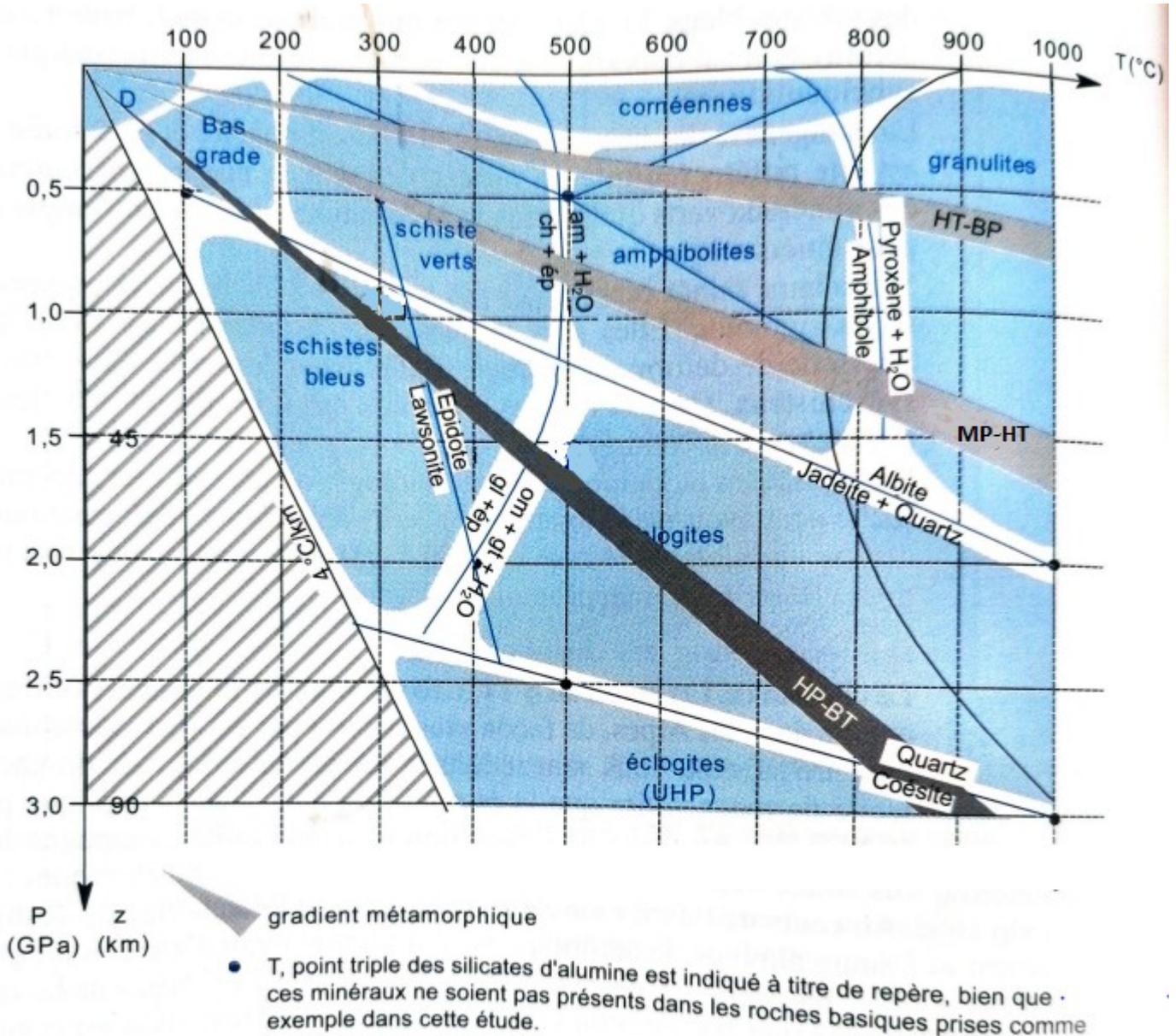
La métapélite contient quartz, mica blanc (phengite), grenat et reliques de chloritoïde.

Document 11 : principaux minéraux index des paragenèses des séries basiques et pélitiques caractérisant les faciès métamorphiques

Faciès	Série basique	Série pélitique
cornéennes	Horneblende (amphibole Ca) ou diopside (Cpx)	Andalousite (silicate Al) Cordiérite (cyclosilicate)
Schistes verts	Albite (plagioclase Na) Epidote (sorosilicate) Actinote (amphibole Na) Chlorite (phyllosilicate) Grenat Fe (nésosilicate)	Pyrophyllite (phyllosilicate) Chlorite (phyllosilicate) Chloritoïde (nésosilicate)
Amphibolites	Plagioclase Horneblende (amphibole Ca) Grenat Fe, Mg	Biotite (mica noir) Grenat Staurotite (nésosilicate) Sillimanite ou Andalousite (silicates Al)
Schistes bleus	Glaucophane (amphibole Na) Epidote ou Lawsonite (sorosilicates)	Phengite (mica blanc) Carpholite (inosilicate) Chloritoïde Disthène (silicate Al)
Eclogites	Grenat Mg Omphacite (solution solide de Cpx comprenant la jadéite au pôle sodique) zoïstie (variété d'épidote) Rutile (TiO ₂) Coésite pour un faciès Ultra HP	Jadéite Phengite Disthène Grenat Talc Coésite pour faciès UHP
Granulite	Opx et Cpx Plagioclase	Cordiérite (cyclosilicate) Sillimanite Feldspath K Grenat Disthène

II Gradients géothermiques et contexte géodynamiques

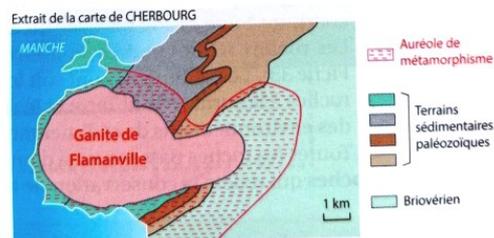
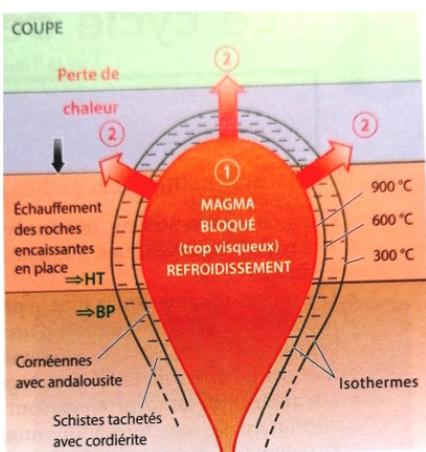
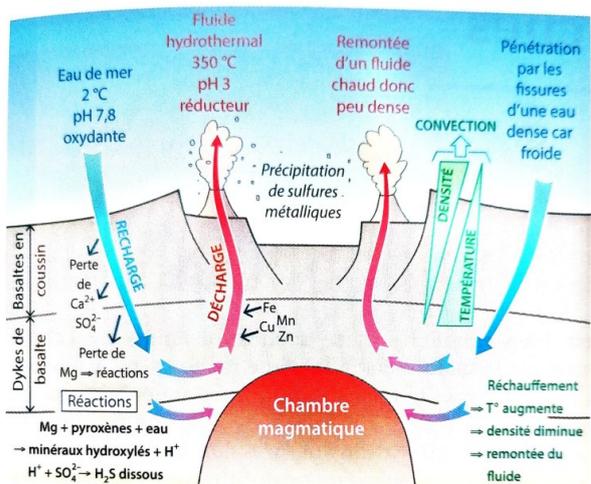
Document 12 : Principaux gradients géothermiques et métamorphisme associé.



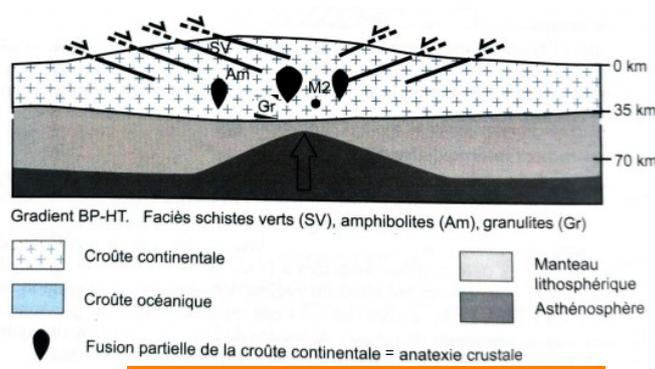
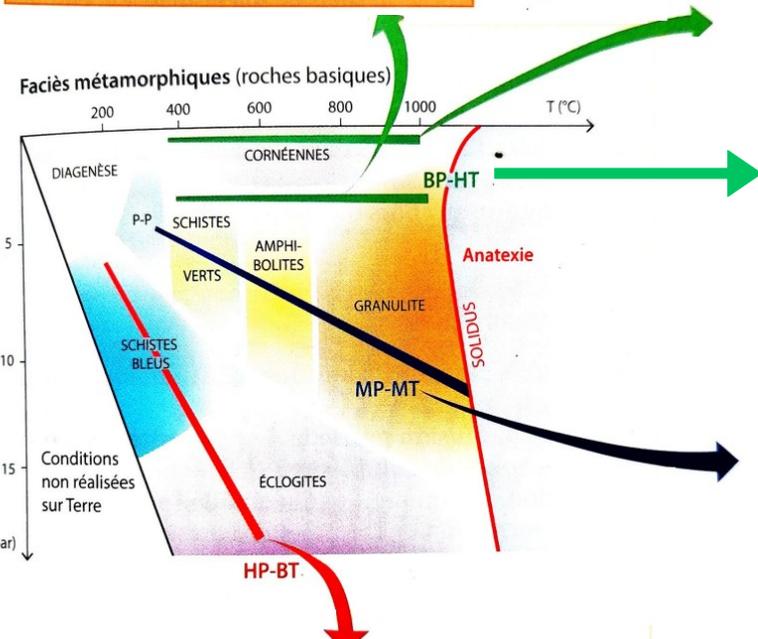
→ D'après vos connaissances sur la géodynamique de la lithosphère, proposez des contextes géodynamiques pouvant correspondre aux types de gradients géothermiques définis.

1. Le gradient HP-BT ou gradient Franciscain
2. Le gradient MP-MT ou gradient Dalradien
3. Le gradient BP-HT ou gradient Abukuma
4. Cas du métamorphisme de contact : gradient de Très HT et Très BP
5. Cas du métamorphisme hydrothermal

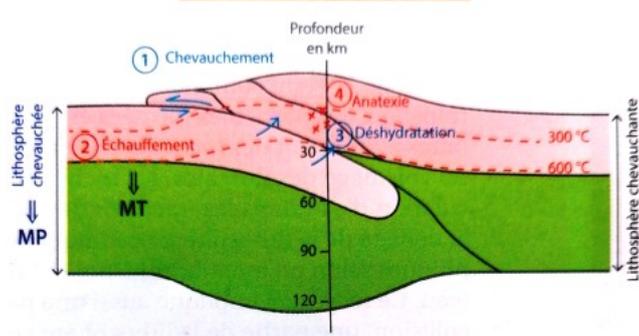
Document 13 : gradients géothermiques et contextes géodynamiques



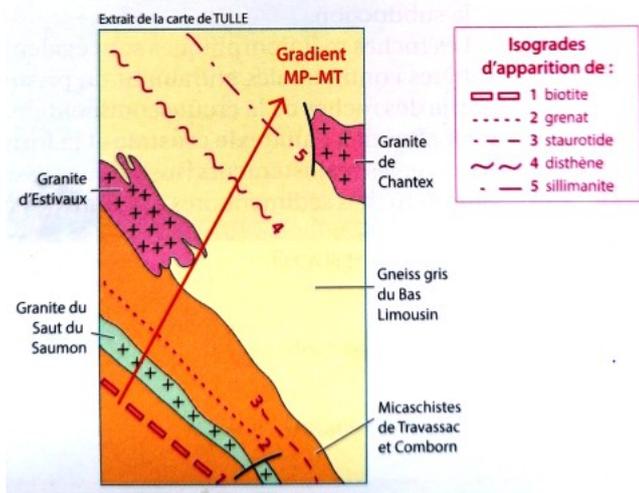
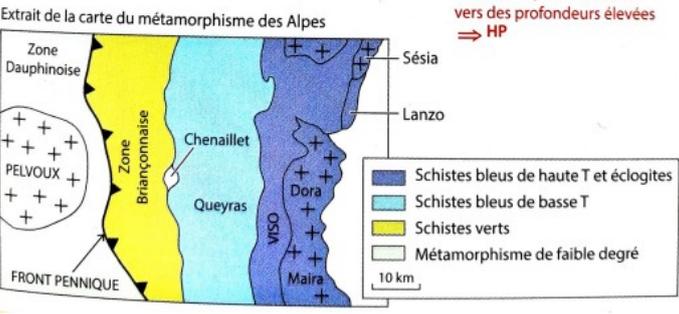
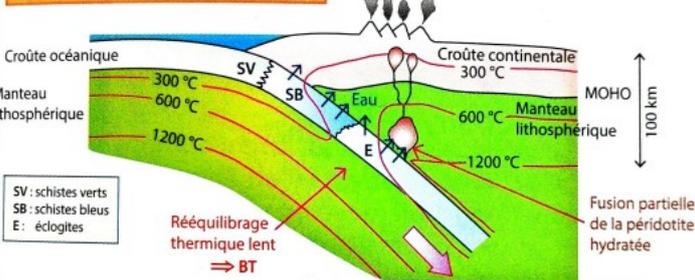
UN CONTEXTE DE MÉTAMORPHISME HYDROTHERMAL



UN CONTEXTE DE COLLISION



UN CONTEXTE DE SUBDUCTION



III. Variations temporelles des paragenèses métamorphiques et histoire tectonique des unités crustales

1. détermination d'un chemin P-T au cours du temps.

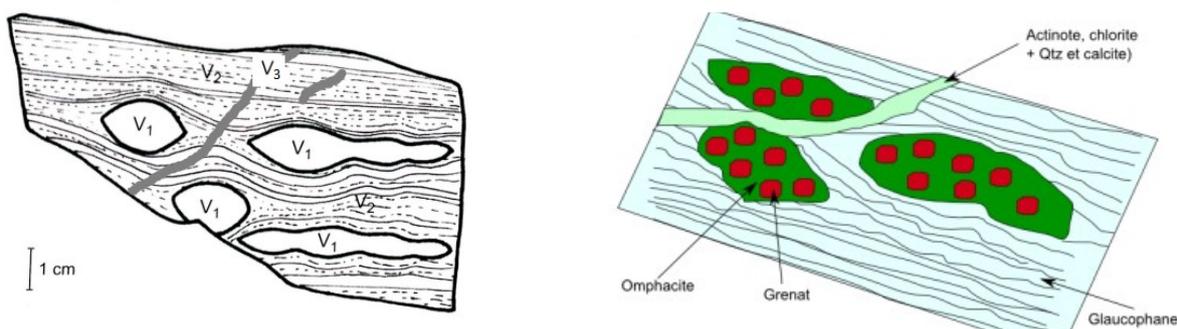
document 14 : relations géométriques permettant d'établir des chronologie relatives entre deux roches ou deux minéraux.

14a) tableau des relations entre croissance minérale et déformations

ANTÉ-déformation	SYN-déformation	POST-déformation
<p>glaucophanes anté-S2, actinotes syn-S2 schiste bleu</p>	<p>grenat hélicitique</p>	<p>micaschiste à chloritoïde schistosité micro-plissée incorporée lors de la croissance des porphyroblastes de chloritoïde</p>
<p>gneiss œillé porphyroclastes de feldspaths, fluage du quartz (o.p. = ombre de pression)</p>	<p>schiste à disthène et staurotide Micas, staurotides et disthène, non déformés forment la foliation</p>	<p>schiste à andalousite</p>

gl : glaucophane, act : actinote, ph : phengite, gt : grenat, cld : chloritoïde, bio : biotite, qz : quartz, fk : feldspath potassique, st : staurotide, ky : disthène, m : muscovite, and : andalousite.

14b) relations géométriques entre deux paragenèses de métagabbros



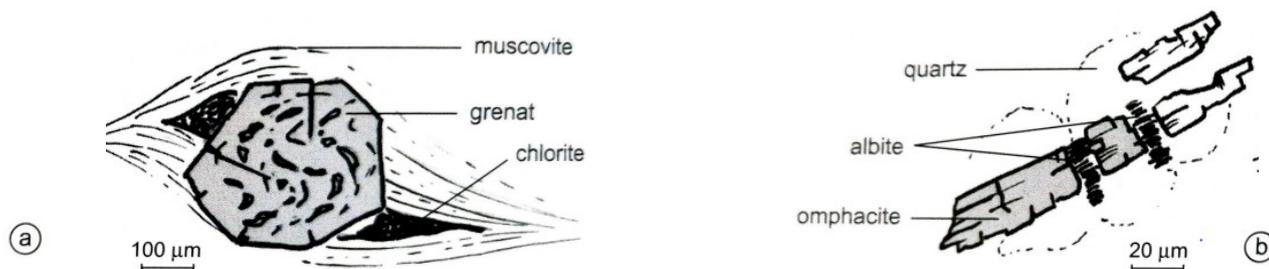
→ Décrire les déformations affectant les paragenèses V1, V2 et V3 de métagabbros considérés ?

La paragenèse V1 comprend des grenats et des omphacites (solution solide de la jadéite)
La paragenèse V2 comprend elle de la glaucophane (amphibole bleue) et une variété d'épidote, la zôisite.
Dans les métagabbros V2, on observe des veines recoupant la foliation remplies de quartz et de calcite associées à de la chlorite et de l'actinote correspondant à une paragenèse V3.

→ D'après le document 11, à quels faciès métamorphiques appartiennent les paragenèses V1, V2 et V3 ?

→ Etablir une chronologie relative de ces paragenèses et s'il s'agit d'un chemin prograde (enfouissement) ou rétrograde (exhumation)

14c) relations géométriques entre des minéraux d'une même roche



→ Décrire les déformations affectant les différents minéraux et préciser d'après celles-ci s'ils font partie d'une même paragenèse ou de deux épisodes successifs ?

2. étude d'un exemple : étude du chemin P-T de roches basiques (gabbros et basaltes) dans les Alpes liguro-piémontaise

Document 15

Les photographies ci-dessous montrent des gabbros et des méta-gabbros de la zone liguro-piémontaise des Alpes franco-italo-suisses

Ils présentent une grande unité de composition chimique et de lieu, on les considère donc issus d'une même lithosphère océanique actuellement en grande partie disparue, et présente sous forme d'ophiolites. Ces roches, selon leur localisation, présentent des témoins de réactions métamorphiques et de paragenèses différentes.

Les photos de ces roches sont présentées dans l'ordre chronologique des transformations

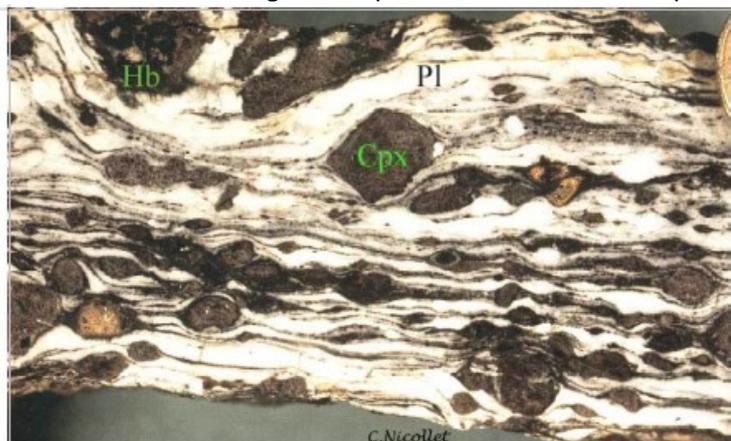
15a. Le protolithe ①



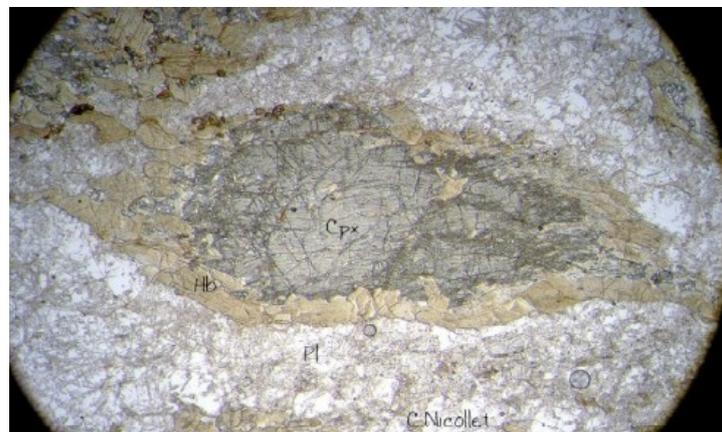
Ce gabbro ne semble pas déformé (pas d'orientation des cristaux). Il est en général émis vers 2 à 6 km de profondeur et 1000°C

→ Identifier les minéraux caractéristiques du gabbro.

15b. Les métagabbros prélevés au niveau des ophiolites



metagabbro ②



zoom sur un clinopyroxène

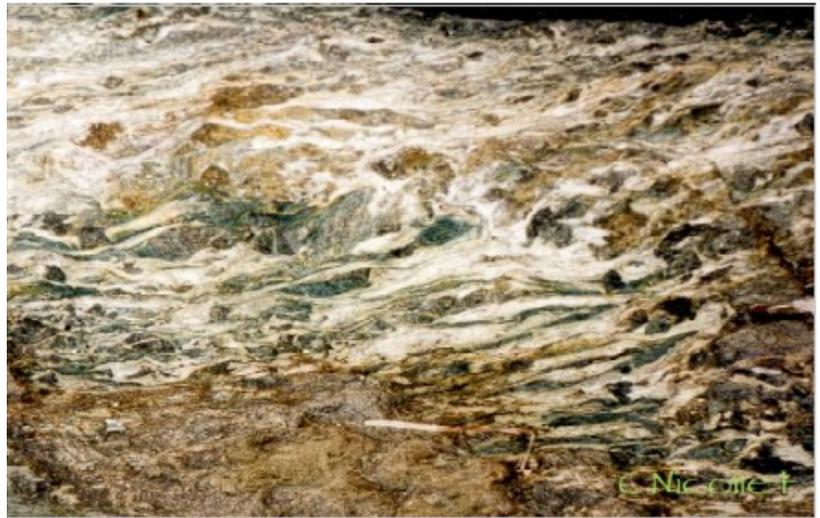
→ Décrire les déformations observables sur ce gabbro.

Sur le zoom, on identifie une couronne de hornblende qui se forme conformément à la réaction $Px + Pl + H_2O = Hb$

→ D'après la grille pétrochimique de la fin de ce document, à quelle température se produit cette transition ? Dans quel faciès métamorphique passe alors le protolithe ? Comment interpréter ce refroidissement ?

Sur ce metagabbro, la hornblende est destabilisée en actinote (amphibole verte) conformément à la réaction :
 $Hb + Pl + H_2O = Ac + Chl$

→ D'après la grille pétrochimique de la fin de ce document, à quelle température se produit cette transition ? Dans quel faciès métamorphique passe-t-on alors ? Comment interpréter ce nouveau refroidissement ?



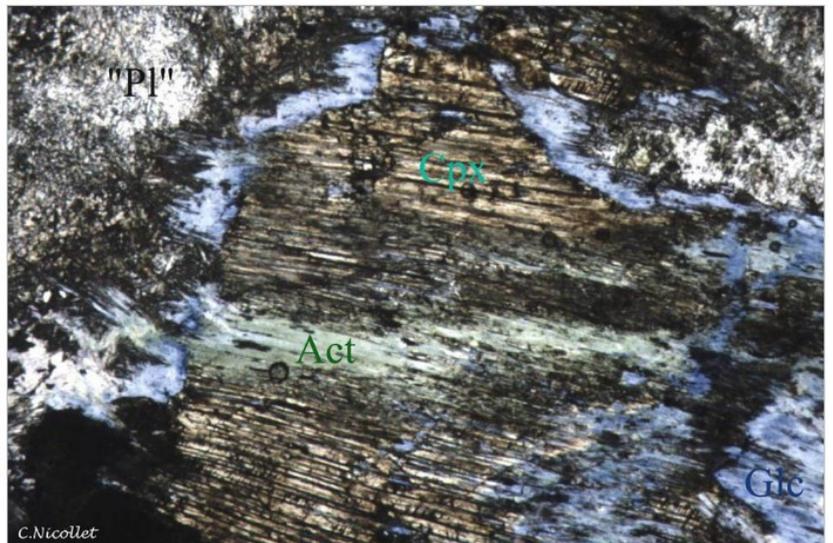
metagabbro ③



metagabbro ④

Sur ce metagabbro (trouvé dans le Queyras), l'actinote est à présent destabilisée en glaucophane (amphibole bleue).

→ D'après la grille pétrochimique de la fin de ce document, cette transition marque le passage dans quel faciès ? Que nous révèle cette augmentation de pression ?



Dans la vallée du Guil, toujours dans le Queyras, l'observation des metagabbros en LPNA montrent une évolution métamorphique exceptionnelle.

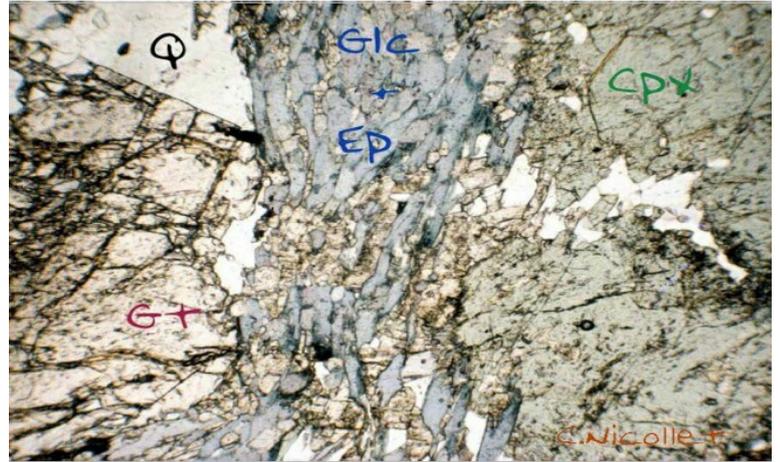
→ Effectuer une reconstitution chronologique des cristallisations minéralogiques observées sur la photographie ci-contre

15c. Les écloğites

Au pied du Mont Viso, en Italie, on peut trouver des écloğites où on reconnaît le grenat rouge, l'omphacite verte, le glaucophane bleu marine, l'épidote vert-jaune et le quartz blanc. Il s'agit de la paragenèse typique d'une écloğite de basses températures ...



éclogite ⑤ observée dans le Mont Viso



la même éclogite en LPNA

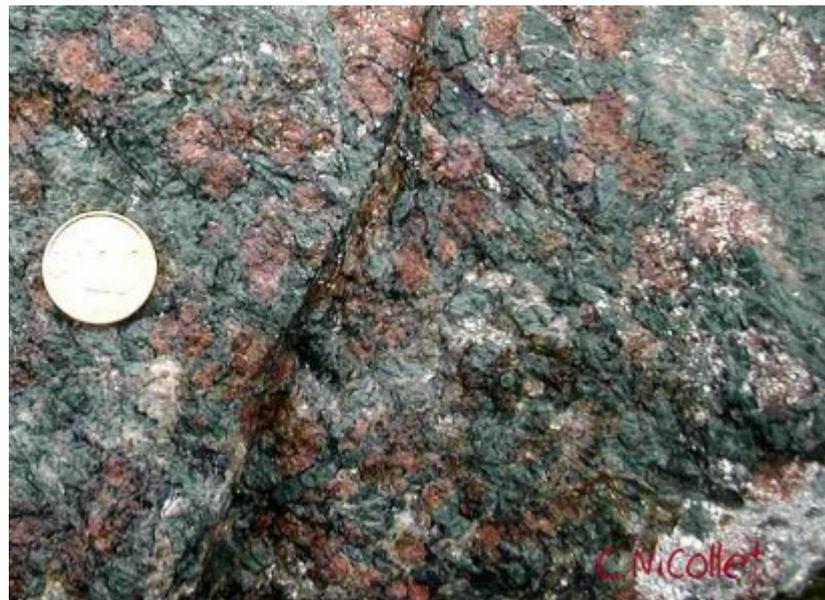
On aperçoit au microscope polarisant : grenat (Gt), clinopyroxène vert, l'omphacite, glaucophane, amphibole bleue sodique (Glc), épidote (Ep) et quartz (Q). L'association Gt + Cpx sodique est l'association typique d'une **éclogite**, roche métamorphique formée à plus hautes pressions souligné par le passage épidote + glaucophane → grenat + Cpx sodique + Quartz

→ *Positionner cette éclogite dans la grille pétrogénétique.*

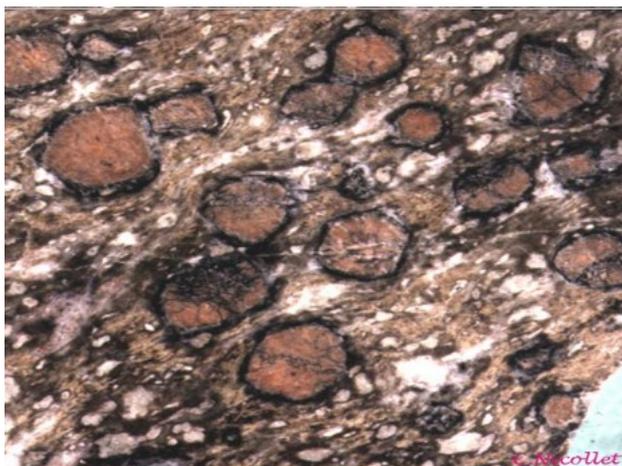
Remarque :

On trouve également d'autres éclogites qui ne contiennent pas tout à fait les mêmes assemblages minéralogiques avec notamment de la phengite (mica blanc)

→ *Que révèle la phengite sur le protolithe à l'origine de cette éclogite ? (cf document II)*



autre éclogite



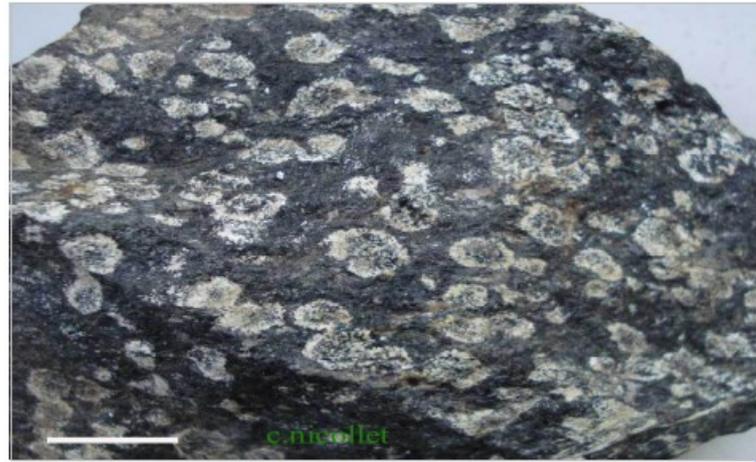
éclogite ⑥

Dans cette ancienne éclogite, le grenat (rouge, Gt) et le clinopyroxène (brun, Cpx) ne sont plus en équilibre, comme en témoigne la couronne noire autour du grenat. Cette bordure est constituée de hornblende et de plagioclase

La réaction $Cpx + Gt + H_2O = Hb$ constitue quasiment un géobaromètre vers 40km de profondeur. nous fait repasser dans le faciès des amphibolites.

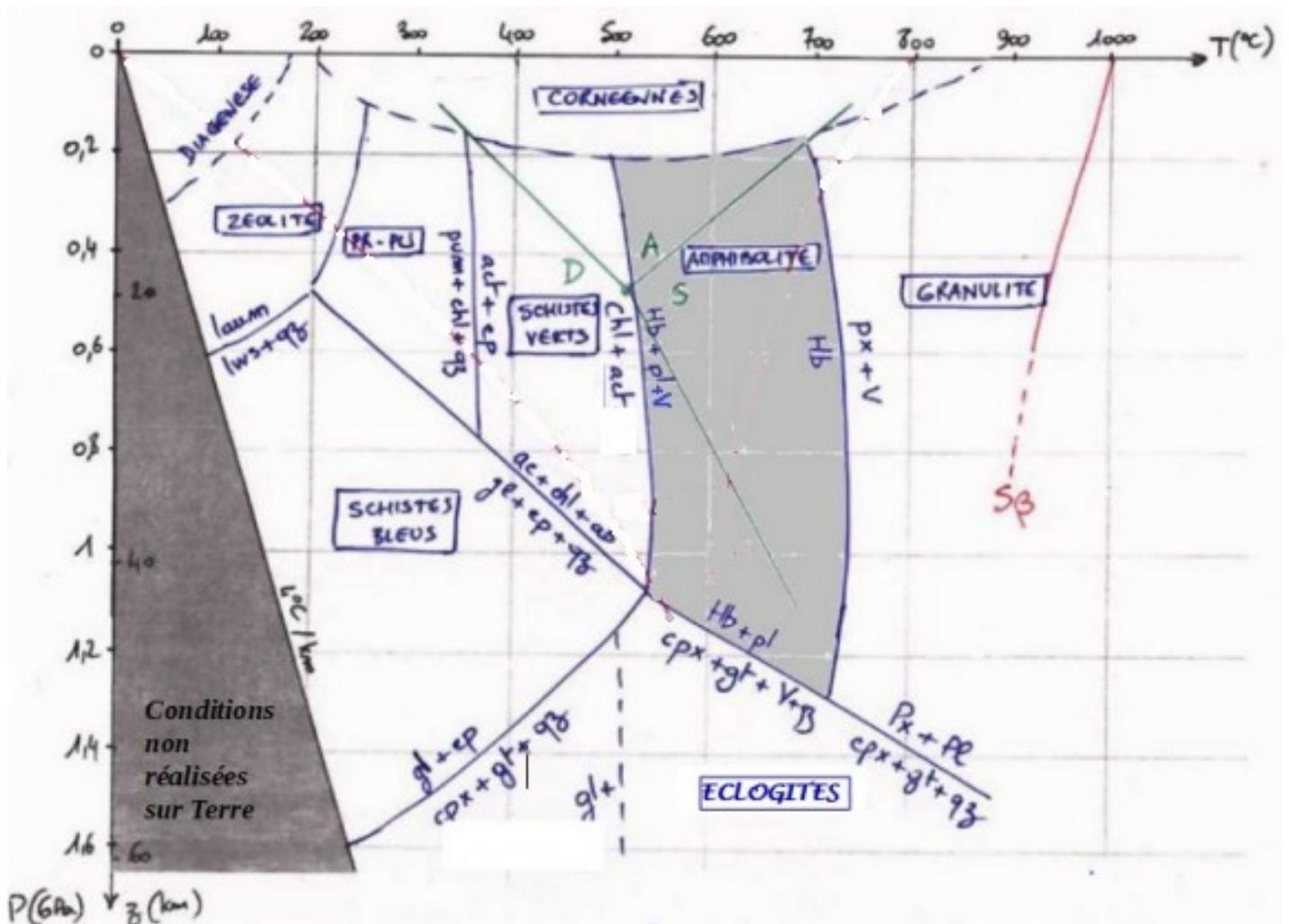
→ *D'après la grille pétrochimique de la fin de ce document, cette transition marque le passage dans quel faciès ? Que nous révèle diminution de pression ?*

Les grenats peuvent même finir par être totalement déstabilisés et apparaître sous forme de «fantômes» contenant plagioclase et hornblende, voir ci-dessous.



15d. Reconstitution du trajet P-T du gabbro initial au cours du temps

→ Positionner les roches ① à ④ dans la grille pétrogénétique ci-dessous et reconstituer l'histoire géodynamique de la région étudiée.



Bibliographie :

Éléments de géologie, POMEROL, Dunod,
Géologie, TOUT EN UN, PEYCRU ET AL, Dunod
Mémento Géologie, BORDI ET AL, Vuibert

Site internet :

<http://christian.nicollet.free.fr/index.html>