

Ch. G3. Le métamorphisme

Partie du programme traitée : ST-G Le métamorphisme, marqueur de la géodynamique interne

I. Des associations minéralogiques indicatrices de pression et de température

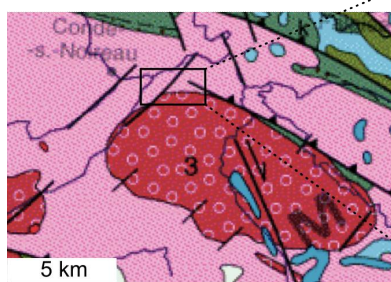
1. Le métamorphisme : mise en évidence et définition
2. Le métamorphisme est contrôlé par les lois de la thermodynamique et de la cinétique
 - a) Equilibre d'un système métamorphique – grille pétrogénétique
 - b) Thermodynamique métamorphique et géothermobaromètres
 - c) Le métamorphisme est contrôlé par les lois de la cinétique
3. Faciès métamorphiques et associations minérales
 - a) Notion de faciès
 - b) Séquences métamorphique et diversité des protolithes

II. Les limites du métamorphisme : anatexie, hydrothermalisme, diagenèse

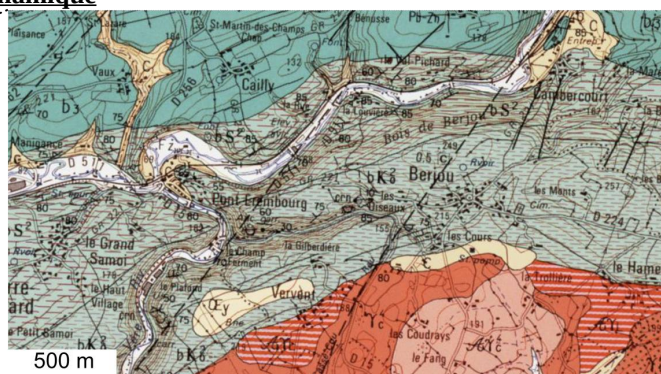
1. Métamorphisme et anatexie crustale
2. Métamorphisme hydrothermal de la lithosphère océanique
3. Diagenèse

III. La distribution spatio-temporelle des associations minéralogiques

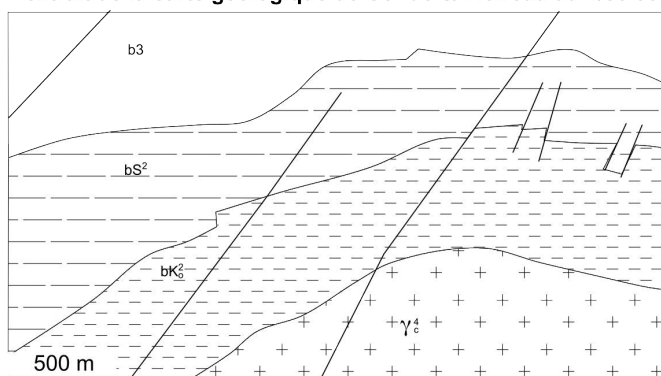
1. Séries métamorphiques à l'échelle locale et régionale
 - a) Définition
 - b) Le métamorphisme de contact
 - c) Le métamorphisme régional
2. Chemin (P,T)=f(t) et histoire géodynamique



extrait de la carte géologique de la France au 1/1 000 000



extrait de la carte géologique de Condé-s/-Noireau au 1/50 000



Document 1. (à légender). Extrait de la carte de Condé-s/-Noireau et son schéma structural.

1 2

1 « Visualiseur InfoTerre », consulté le 16 septembre 2024, <https://infoterre.brgm.fr/viewer/MainTileForward.do>.

2 Joseph Démaret-Nicolas, « Joseph Nicolas – SVT – BCPST2 – Lycée Chaptal - Paris », consulté le 29 septembre 2024, <http://josephnicolassvt.fr/>.

type de silicate	nom	formule
nésosilicate et nésosubsilicates	<u>grenats alumineux</u> (formule générique $X_3^{(2+)}Y_2^{(3+)}(SiO_4)_3$, formant une solution solide entre trois poles Mg, Fe et Ca)	pyrope $Al_2Mg_3(SiO_4)_2$
		almandin $Al_2Fe_3(SiO_4)_2$
		grossulaire $Al_2Ca_3(SiO_4)_2$
	<u>andalousite, sillimanite, disthène</u>	<u>Al_2SiO_5</u>
sorosilicate	épidote	$Ca_2FeAl_2(SiO_4)(Si_2O_7)O(OH)$
<u>inosilicate à chaîne simple</u> <u>(pyroxènes)</u>	<u>jadéite</u>	$NaAlSi_2O_6$
	<u>omphacite</u>	$(Na,Ca,Mg,Fe)(Al,Ca,Mg,Fe)Si_2O_6$
<u>inosilicates hydratés</u> <u>à chaîne double</u> <u>(amphiboles)</u>	<u>glaucophane</u>	$Na_2Mg_3Al_2(Si_8O_{22})(OH)_2$
	<u>hornblende</u>	$(Ca,Na,K)_2(Mg,Fe,Al)_5(Si_8O_{22})(OH)_2$
	<u>actinote</u>	$Ca_2(Mg,Fe)_5(Si_8O_{22})(OH)_2$
<u>phyllosilicates</u>	<u>chlorite</u>	$(Fe,Mg,Al)_6(Si,Al)_4O_{10}(OH)_8$
	<u>biotites</u>	$K(Mg,Fe)_3(Si_3AlO_{10})(OH)_2$
	<u>muscovites</u>	$KAl_2(Si_3AlO_{10})(OH)_2$
<u>tectosilicates</u>	<u>plagioclases (anorthite ↔ albite)</u>	<u>$CaAl_2Si_2O_8$</u> ↔ <u>$NaAlSi_3O_8$</u>
	<u>orthose, sanidine</u>	<u>$KAlSi_3O_8$</u>
	<u>quartz, coésite</u>	<u>SiO_2</u>

Document 2: les principaux minéraux du métamorphisme, leur famille et leur formule simplifiée. Ce qui est souligné et en gras doit être connu par cœur.



Document 3: Echantillon de métagabbro du massif du Queyras (H^{tes}-Alpes). Noter la couronne de glaucophane (minéral apparu lors du métamorphisme) et le clinopyroxène ferro-magnésien (augite) provenant du protolithe (le gabbro de la lithosphère océanique).

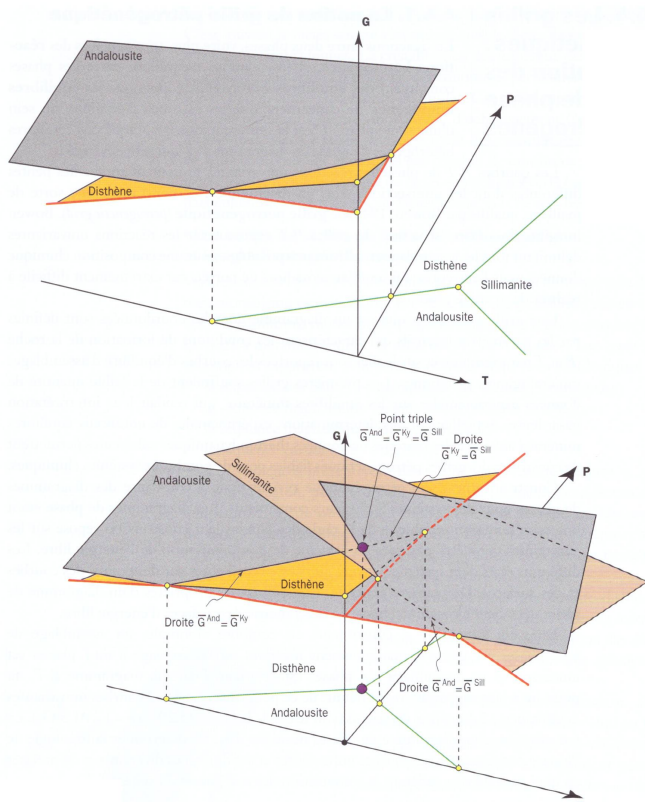


Document 4: Une migmatite. Document à légender.

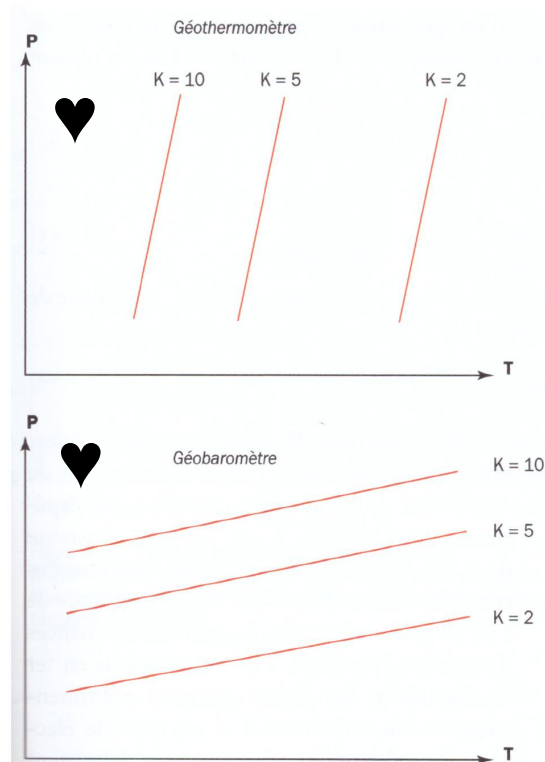
4

3 « Wikimedia Commons », consulté le 29 août 2024, <https://commons.wikimedia.org/wiki/Accueil>.

4 « Ressources scientifiques pour l'enseignement des sciences de la Terre — Planet-Terre », consulté le 10 septembre 2024, <https://planet-terre.ens-lyon.fr/>.

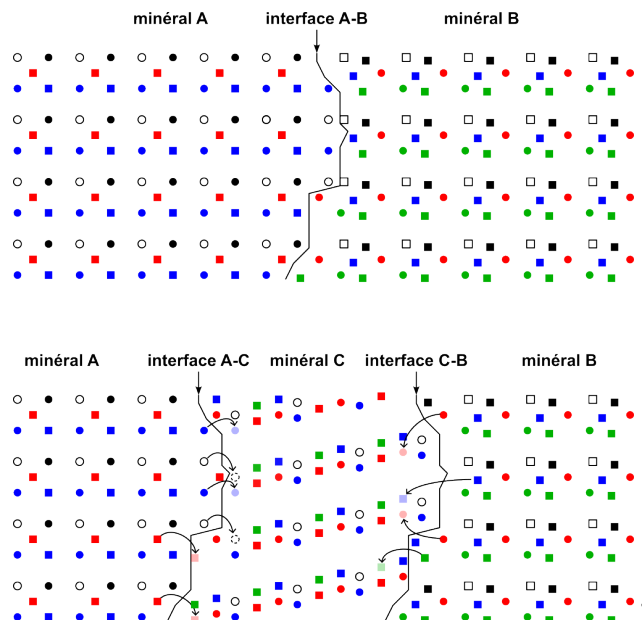


Document 5: Plan représentant la fonction G en fonction de P et T pour les trois systèmes sillimanite, andalousite, disthène. L'intersection des plans correspond à $\Delta G = 0$, soit une situation d'équilibre. Noter le projeté de ces intersections sur le plan P, T , qui correspond à la grille pétrogénétique.



Document 6: Courbes de P en fonction de T pour diverses valeurs de K (constante de réaction) dans une réaction d'échange d'ions. Haut : cas d'un bon géothermomètre ; bas : cas d'un bon géobaromètre. ⁶

Document 7. Représentation schématisée d'une réaction minéralogique $A + B \rightarrow C$. Chaque symbole représente un ion ; ils sont organisés selon la structure du cristal considéré. La réaction n'a lieu qu'à l'interface entre les deux minéraux, et est limitée par la faible diffusion des ions en phase solide (loi de Fick).



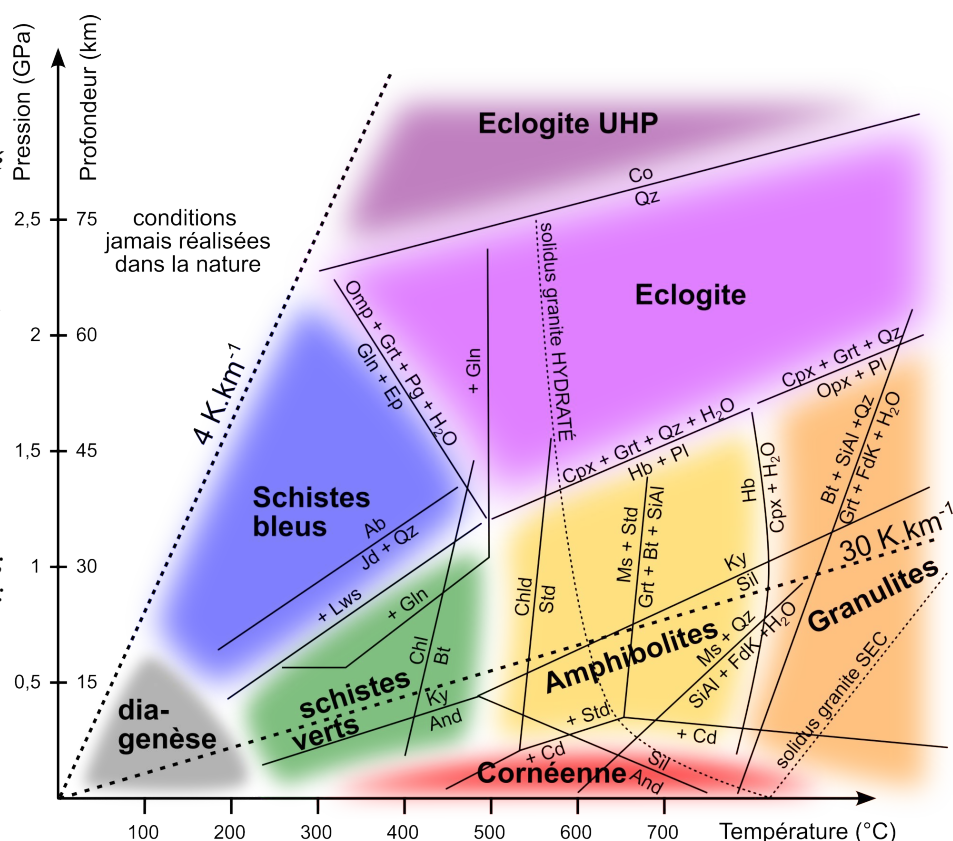
⁵ Bousquet, Robert, *GÉOSCIENCES* | Belin Education (Belin, 2013), <https://www.belin-education.com/geosciences>.

⁶ Bousquet, Robert.

⁷ Démaret-Nicolas, « Joseph Nicolas – SVT – BCPST2 – Lycée Chaptal - Paris ».

Document 8. Diagramme PT superposant plusieurs informations : 1. les principaux faciès métamorphiques, 2. les solidus du granite hydraté et sec, 3. le géotherme de la croûte normale (30 K.km^{-1}) et d'une subduction rapide à pendage vertical (4 K.km^{-1}), 4. les courbes d'équilibre de quelques réactions minéralogiques.

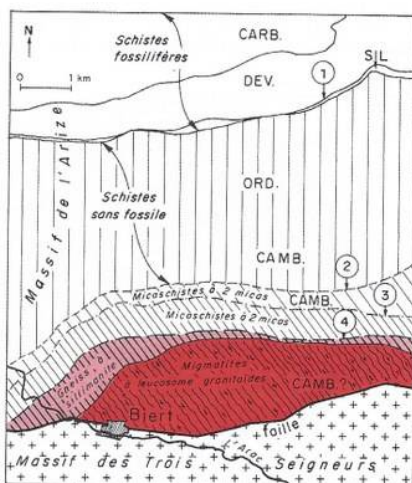
Ab : albite ; And : andalousite ; Bt : biotite ; Cd : cordiérite ; Chl : chlorite ; Chld : chloritoïde ; Co : coésite ; Cpx : clinopyroxène ; Ep : épidote ; FdK : feldspath potassique (orthose, sanidine) ; Gln : glaucophane ; Grt : grenat ; Jd : jadéite ; Ky : disthène (kyanite) ; Lws : lawsonite ; Ms : muscovite ; Omp : omphacite ; Opx : orthopyroxène ; Pg : phlogopite ; Pl : plagioclase ; Qz : quartz ; SiAl : silicate d'alumine ; Sil : sillimanite ; Std : staurolite (staurolite) ;



8

Document 9.

Identification des isogrades métamorphiques dans le massif de l'Arize (Ariège). 1 : isograde d'apparition de la muscovite, de la séricite et de la chlorite ; 2 : isograde d'apparition de la biotite ; 3 : isograde d'apparition de l'andalousite ; 4 : isograde de disparition de la muscovite et de l'andalousite, et d'apparition de la sillimanite et de l'orthose. Noter également la dernière zone migmatitique.



Document 10. Un cas de rétro-métamorphisme dans des écolites de Vendée. Les grenats rouges (relique du faciès écolite, HP) sont cerclés de noir (kéliphite, assemblage minéral secondaire, apparu au faciès schiste bleu, MP).

10

8 Démaret-Nicolas, « Joseph Nicolas – SVT – BCPST2 – Lycée Chaptal - Paris ».

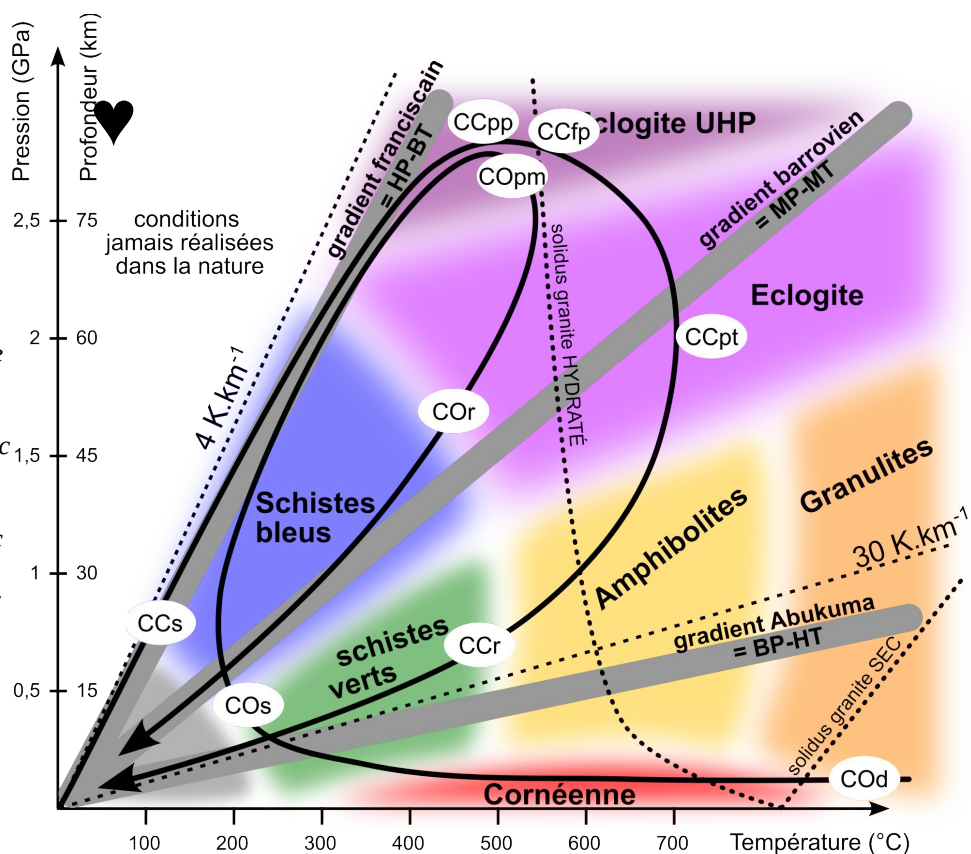
9 « La carrière aux minéraux », consulté le 6 octobre 2024, <http://les.mineraux.free.fr/>.

10 « Ressources scientifiques pour l'enseignement des sciences de la Terre — Planet-Terre ».

Série ♥	Protolithe	Evolution	Contexte classique dans le métamorphisme régional
quartzo-feldspathique	granite, rhyolite (croûte continentale)	→ orthogneiss	orogénèse
basique	basalte, gabbro (croûte océanique)	→ schiste vert → schiste bleu → éclogite	subduction
pélitique	argilite ± gréseuse (r. sédimentaire détritique)	→ schiste ardoisier → micaschiste → paragneiss → migmatite	orogénèse
carbonatée	calcaire	calcaire → marbre	orogénèse ou subduction

Document 11. Les quatre séries métamorphiques les plus courantes. L'évolution dépend du contexte géodynamique et du trajet PTt, donc du gradient métamorphique enregistré. On représente ici les cas les plus courants.

Document 12.
Diagramme PT représentant les trois principaux gradients métamorphiques. On a représenté le trajet théorique de deux roches lors d'une subduction évoluant en collision. CO : croûte océanique ; CC : croûte continentale. COd : dorsale ; COs : subduction ; COpm : pic métamorphique ; COcr : remontée ; CCs : subduction ; CCpp : pic de pression ; CCfp : fusion partielle ; CCpt : pic de température ; CCr : remontée.



Bibliographie :

- Bousquet, Robert. *GÉOSCIENCES* | Belin Education. Belin, 2013. <https://www.belin-education.com/geosciences>.
- Démaret-Nicolas, Joseph. « Joseph Nicolas – SVT – BCPST2 – Lycée Chaptal - Paris ». Consulté le 29 septembre 2024. <http://josephnicolassvt.fr/>.
- « La carrière aux minéraux ». Consulté le 6 octobre 2024. <http://les.mineraux.free.fr/>.
- « Ressources scientifiques pour l'enseignement des sciences de la Terre — Planet-Terre ». Consulté le 10 septembre 2024. <https://planet-terre.ens-lyon.fr/>.
- « Visualiseur InfoTerre ». Consulté le 16 septembre 2024. <https://infoterre.brgm.fr/viewer/MainTileForward.do>.
- « Wikimedia Commons ». Consulté le 29 août 2024. <https://commons.wikimedia.org/wiki/Accueil>.