

ST-G. Le métamorphisme, marqueur de la géodynamique interne

ST-G.2. DISTRIBUTION SPATIALE DES ROCHES METAMORPHIQUES ET LES VARIATIONS TEMPORELLES DES ASSOCIATIONS MINERALOGIQUES

RESUME

La distribution spatiale des roches métamorphiques à l'échelle régionale permet d'identifier des **séries métamorphiques**, indicatrices d'un **gradient métamorphique**.

Les mêmes méthodes peuvent être transposées à plus petite échelle dans le cadre du **métamorphisme de contact**.

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**.

La nature des séries métamorphiques et les reconstitutions de chemins P, T = f(t) sont étroitement liées à l'**histoire géodynamique**.

Carole Vilbert

ST-G.2. DISTRIBUTION SPATIALE DES ROCHES METAMORPHIQUES ET VARIATIONS TEMPORELLES DES ASSOCIATIONS MINERALOGIQUES

EXTRAIT PROGRAMME

THEME ST-SCIENCES DE LA TERRE

ST-G. Le métamorphisme, marqueur de la géodynamique interne (4h)

ST.G.2. Distribution spatiale des roches métamorphiques et les variations temporelles des associations minéralogiques

INTRODUCTION

I. LES TRAJETS P,T,t (CHEMINS $(P,T) = F(T)$) SONT CARACTERISTIQUES DU CONTEXTE GEODYNAMIQUE DANS LEQUEL LES ROCHES METAMORPHIQUES SE SONT FORMEES

A. Qu'enregistrent les roches lors du trajet P,T,t

- 1) La situation thermique de la lithosphère est hétérogène
- 2) En situation prograde : enregistrement du chemin prograde***
- 3) En situation rétrograde : enregistrement du chemin rétrograde***

B. Construction d'un trajet P, T, t* ou chemin $(P,T) = f(t)$ *** à partir d'un exemple**

- 1) En utilisant les données obtenues sur les paragenèses – Cf ST-G.1
- 2) En utilisant la datation absolue

C. Bilan

II. LES GRADIENTS METAMORPHIQUES : UNE HISTOIRE GEODYNAMIQUE REGIONALE

A. Le gradient géothermique, une donnée de terrain permettant de déterminer l'intensité du métamorphisme

- 1) En cartographiant des surfaces d'égale intensité métamorphique
- 2) En reportant les roches sur un diagramme P/T :

B. Les trois grands types de gradients métamorphiques et les contextes géodynamiques associés

- 1) Présentation rapide des trois types métamorphiques
- 3) Le type moyenne température-moyenne pression : MP-MT
- 4) Le type haute température-basse pression : HT-BP
- 5) Au bilan :

III. LE METAMORPHISME PEUT CONDUIRE A L'ANATEXIE CRUSTALE

A. Les migmatites* résultent d'une anatexie crustale*****

B. Les conditions nécessaires à l'anatexie

C. En bilan

IV. LES MEMES METHODES PEUVENT ETRE TRANSPOSEES A PLUS PETITE ECHELLE DANS LE CADRE DU METAMORPHISME DE CONTACT

RAPPEL : DOC SUR LES ISOGRADES

CONCLUSION

EXTRAIT PROGRAMME

<p>ST-G-2 La distribution spatiale des roches métamorphiques et les variations temporelles des associations minéralogiques</p>	
<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. 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>	<p>Analyser et exploiter une carte géologique laissée au choix permettant l'étude d'une série métamorphique.</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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><i>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.</i></p> <p><i>La possibilité de mesures in situ (type microsonde) doit être connue mais les détails de la technique ne sont pas exigibles.</i></p>	
<p>Liens :</p> <ul style="list-style-type: none"> La carte géologique (ST-A) La rhéologie de la lithosphère (ST-D-1) Le magmatisme (ST-F) Les grands ensembles géologiques (ST-J) Activités de terrain 	

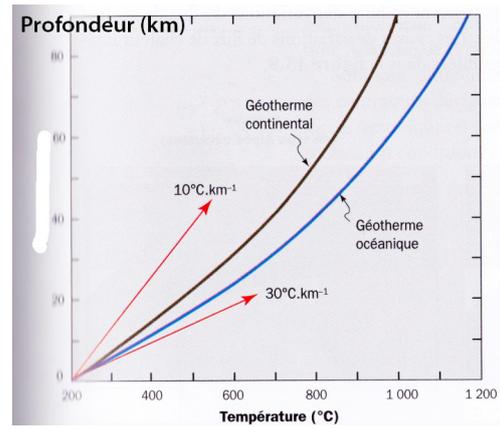
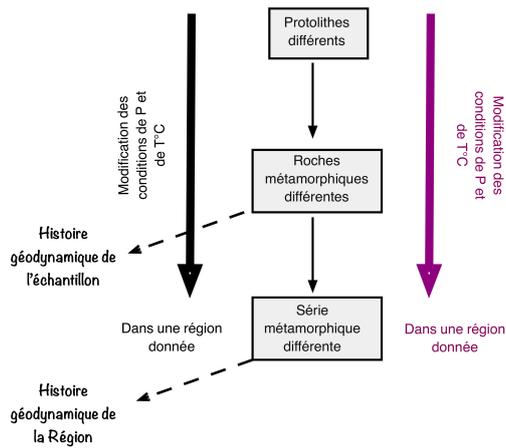


Figure 1 : Géothermes des domaines continental et océanique

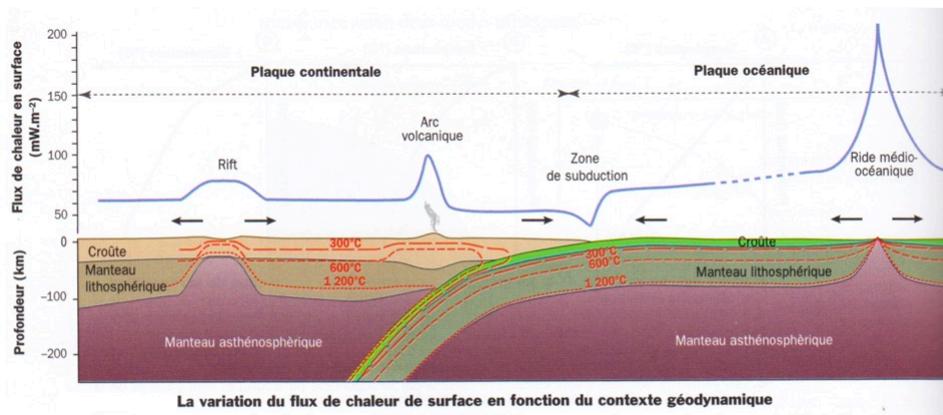


Figure 2 : variation du flux de chaleur, répartition des isothermes en fonction des contextes géodynamiques

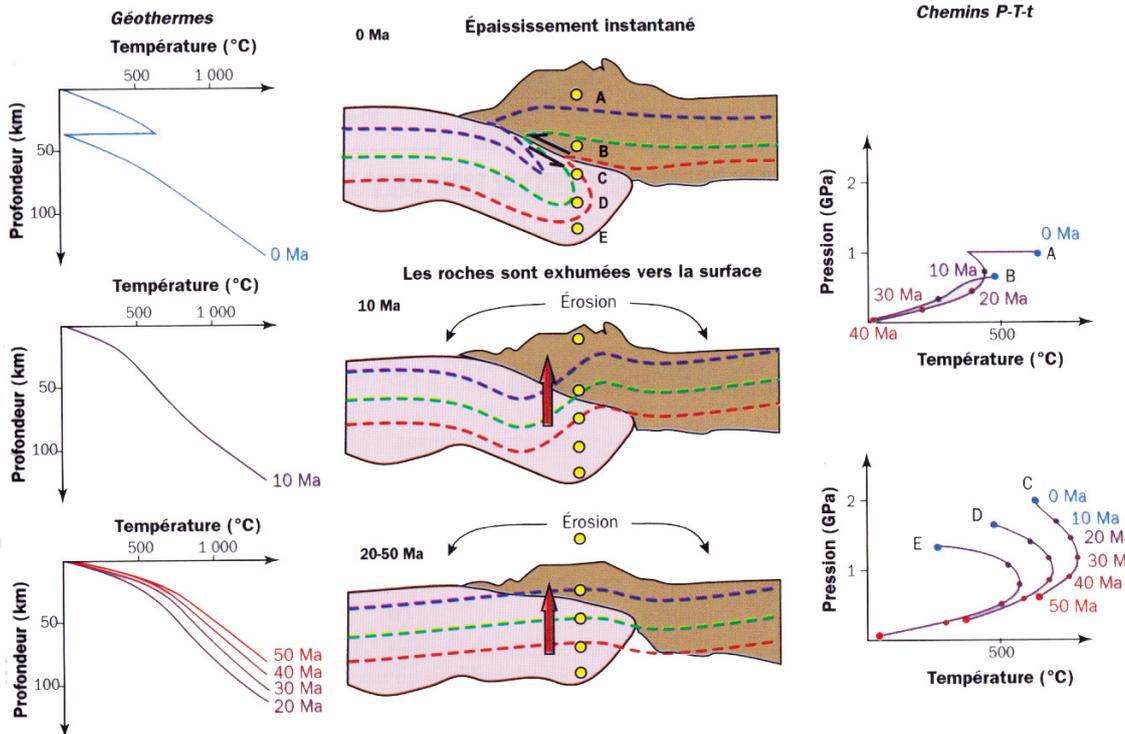


Figure 3 : Variations du géotherme au cours du temps en contexte de collision

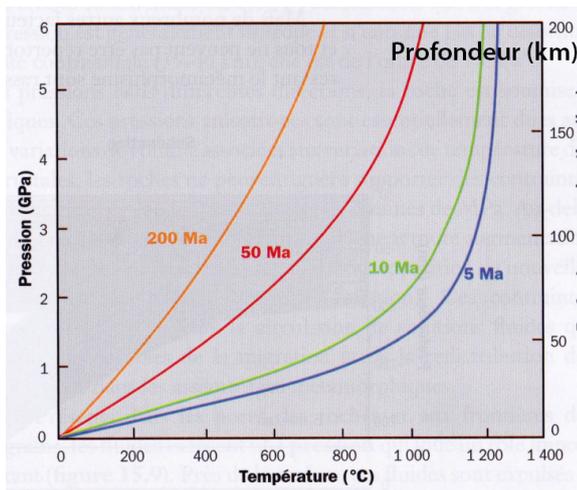


Figure 4 : Géotherme d'une lithosphère océanique subduite en fonction de son âge

Figure 5 : Le régime thermique des zones de convergence : subduction et collision.

L'allure des géothermes d'une zone de subduction dépend de l'âge de la plaque océanique subduite et de la vitesse de convergence.

Dans le cas d'une collision, cette allure dépend de la vitesse de convergence également.

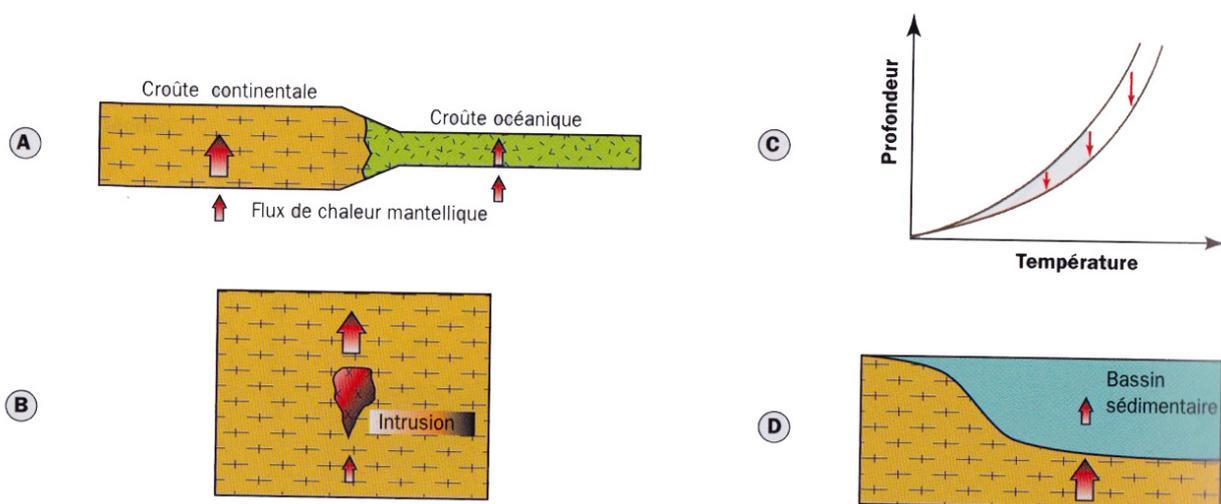
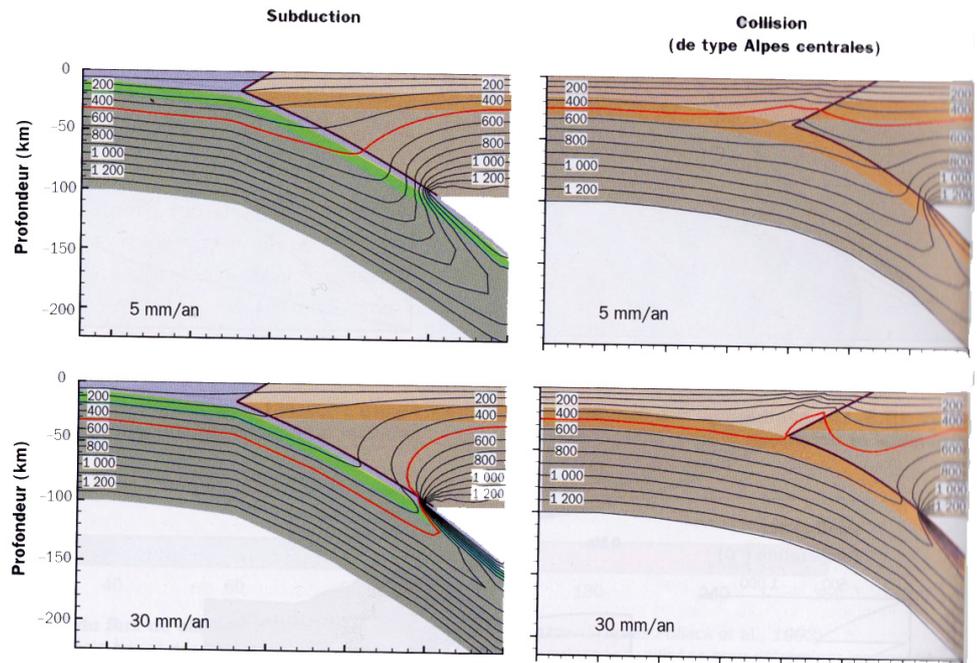


Figure 6 : Les variations du flux de chaleur à la surface de la terre

- A : la radioactivité de la croûte continentale entraîne une augmentation du flux (effet nul dans la croûte océanique)
- B : une intrusion magmatique entraîne une augmentation localisée
- C : l'exhumation rapide et l'érosion de roches chaudes entraînent une variation du géotherme
- D : réduction du flux par absorption de chaleur par les sédiments froids et gorgés d'eau

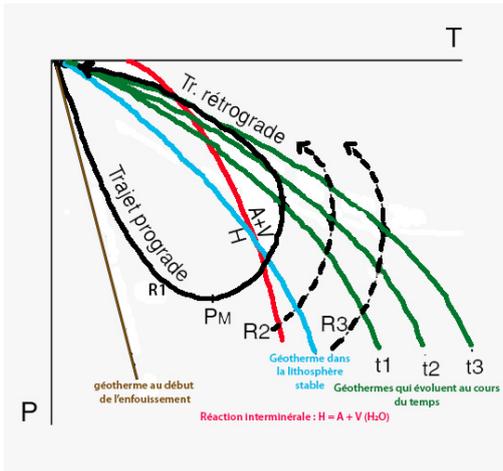


Figure 7 : Relations géothermes et trajets P,T,t
En situation prograde :

Figure 8 : Allure des trajets P, T, t
La position des roches 1, 2, 3 et 6 sur la coupe correspond au pic en pression de leurs trajets respectifs dans le diagramme P/T. GLs est le géotherme moyen de la lithosphère stable.

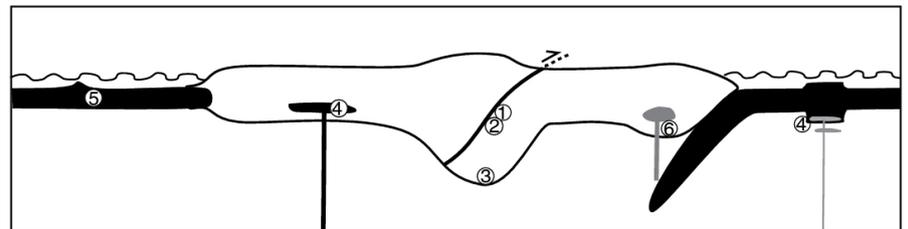
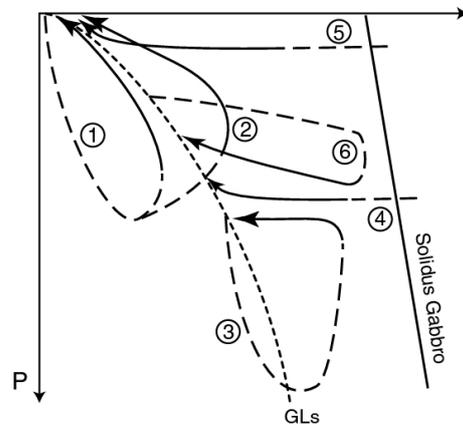


Figure 9 : Relations géothermes et trajets P,T,t

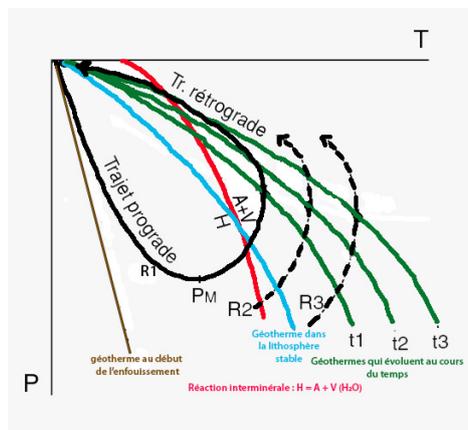
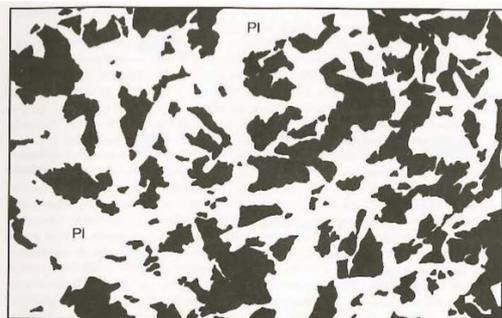
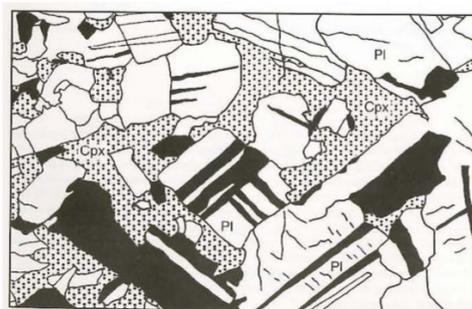


Figure 10 : Étude d'un exemple : trajectoire d'un gabbro généré dans la croûte océanique et impliqué dans un mouvement de convergence.

Echantillon 1

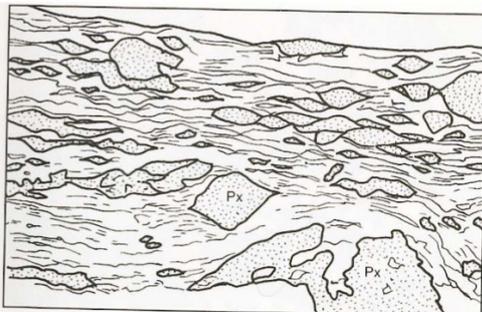


Echantillon macroscopique de gabbro.

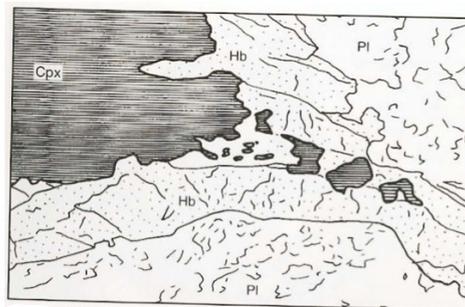


Gabbro en LP.

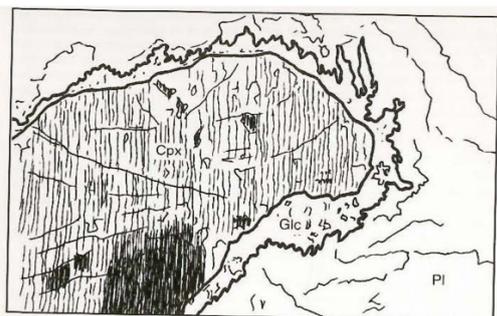
Echantillon 2



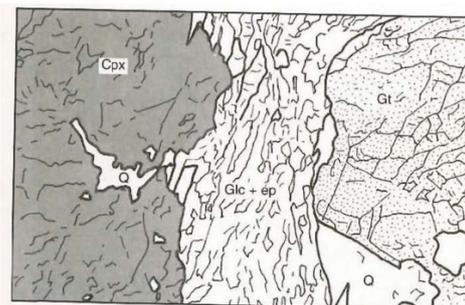
Echantillon macroscopique



Echantillon 3



Echantillon 4



Echantillon 5 : macro et lame

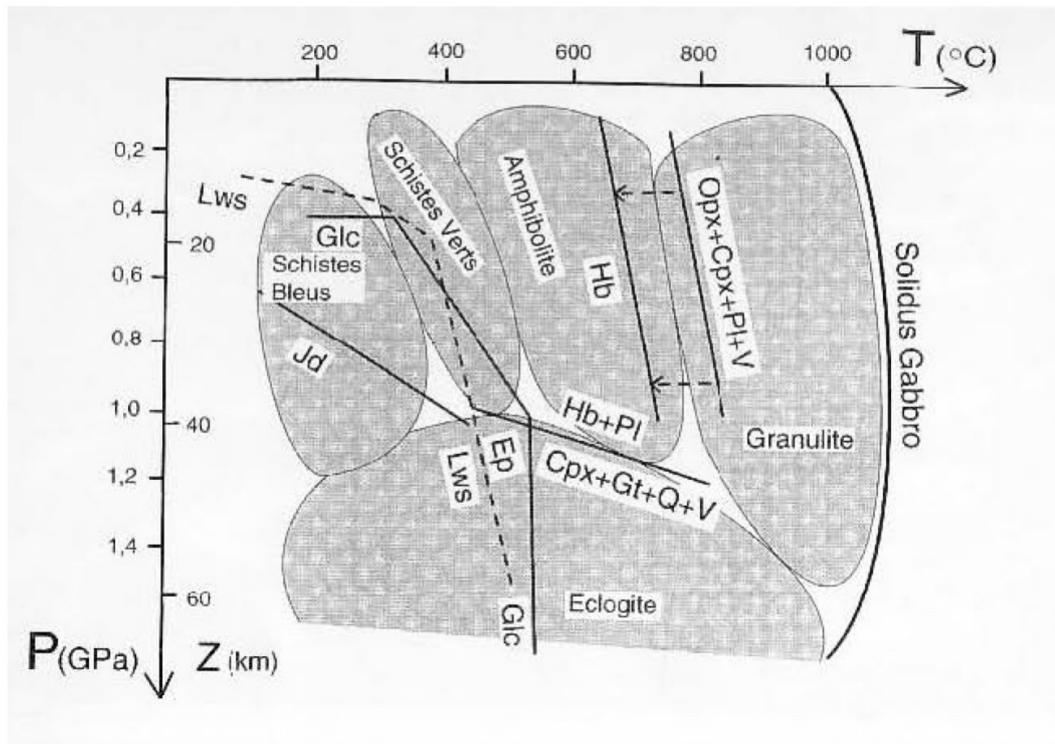
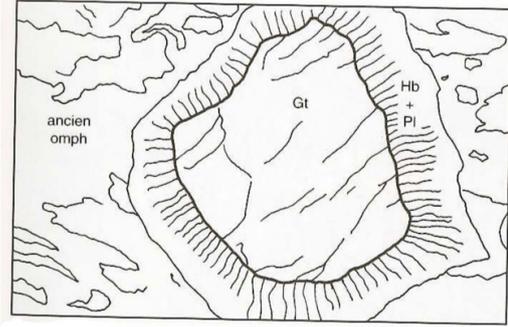
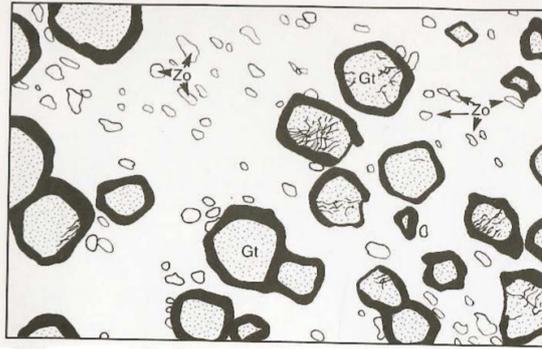
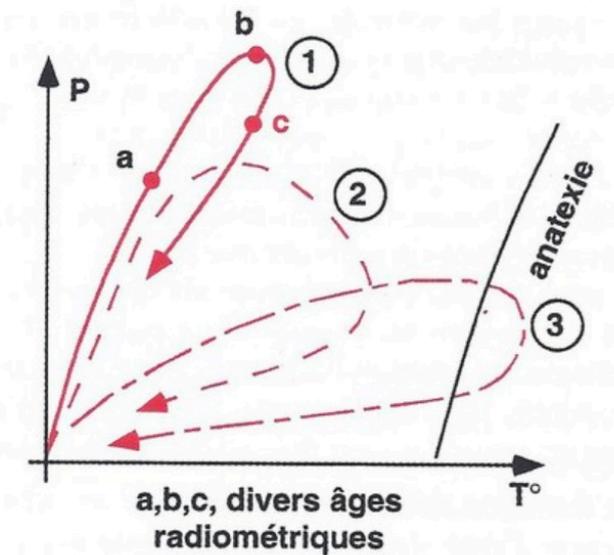


Figure 11 : Trajets P, T, t (où le temps est absolu)



Dans la figure ci-contre, 3 chemins P, T, t sont présentés :

En 1, on observe une évolution rapide vers les hautes pressions et basses températures suivi par un retour sans réchauffement : on peut supposer que les unités profondes ont été exhumées rapidement.

En 2, on assiste à un début d'évolution semblable mais un retour par des conditions de plus fortes températures indiquant un réchauffement. Ceci n'est possible que si les roches ont pu se rééquilibrer thermiquement, ce qui suppose une remontée lente.

En 3, on observe une évolution de la température conduisant à une anatexis.

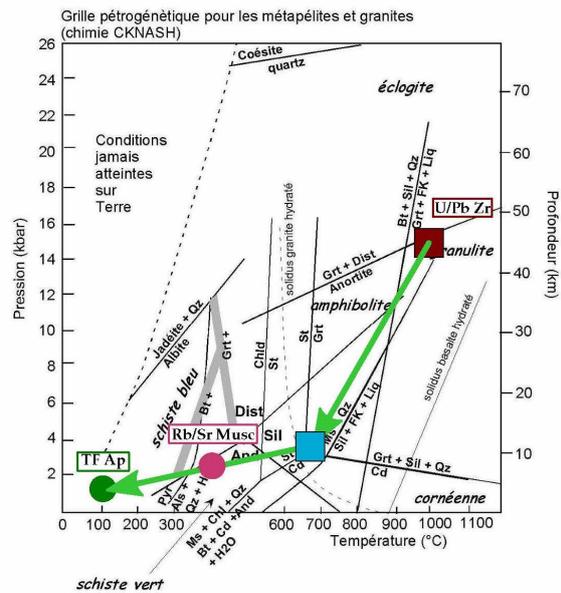
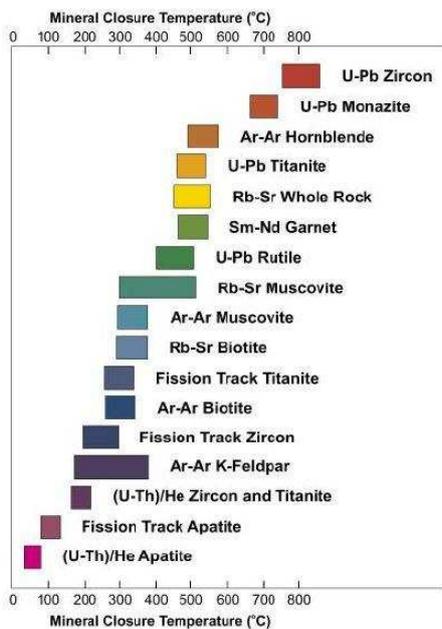


Figure 12 : un exemple de chemin P, T, t construit à partir de données de datation absolue
Cf fiche sur **Géochronologie !!! A lire**

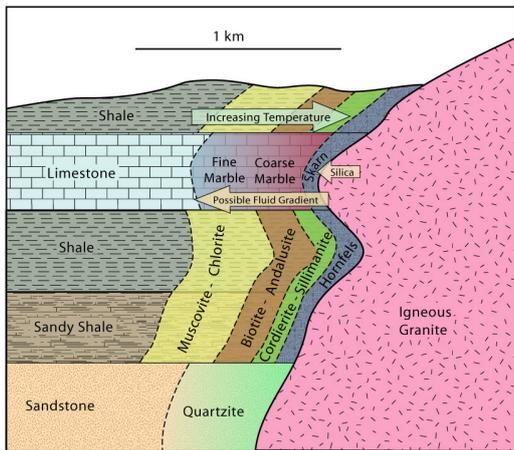


Figure 13 : Représentation des isogrades dans le cas d'un métamorphisme de contact (Cf infra et rappel cours magmatisme 1^{ère} année et sortie)

Figure 14 : Intensité du métamorphisme du Massif de l'Arize (à compléter avec le TP)

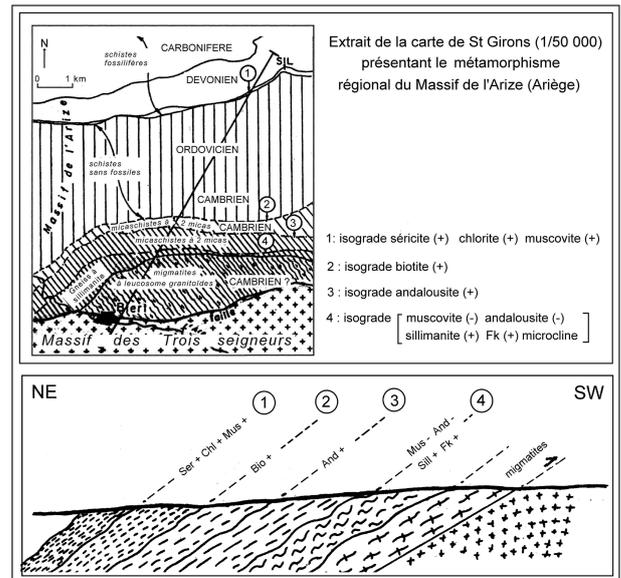


Figure 15 : Notion de gradient métamorphique

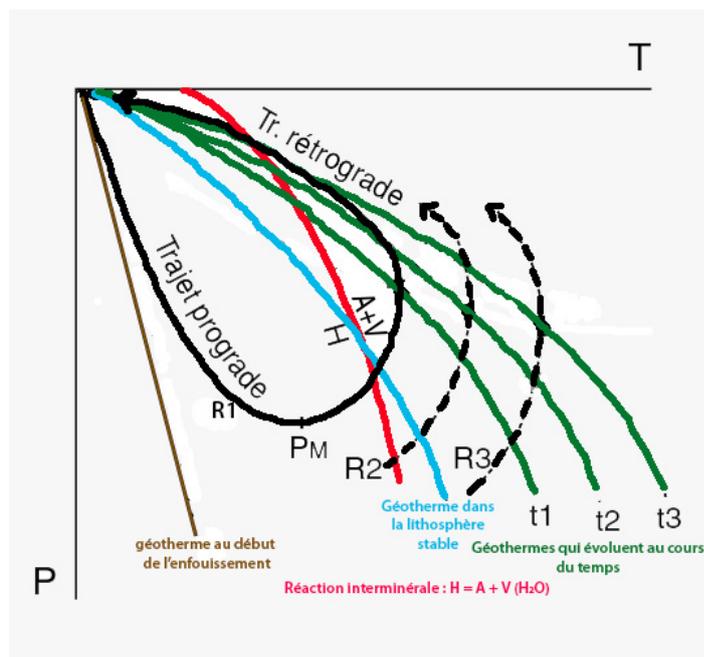
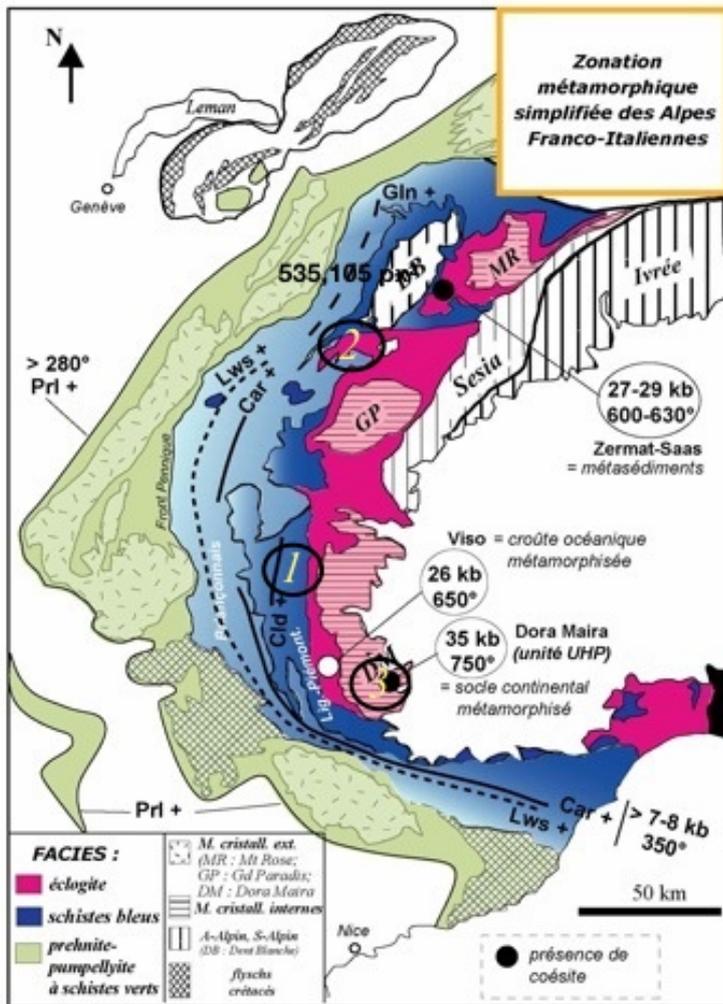


Figure 16 :



Échantillon 1 : Queyras



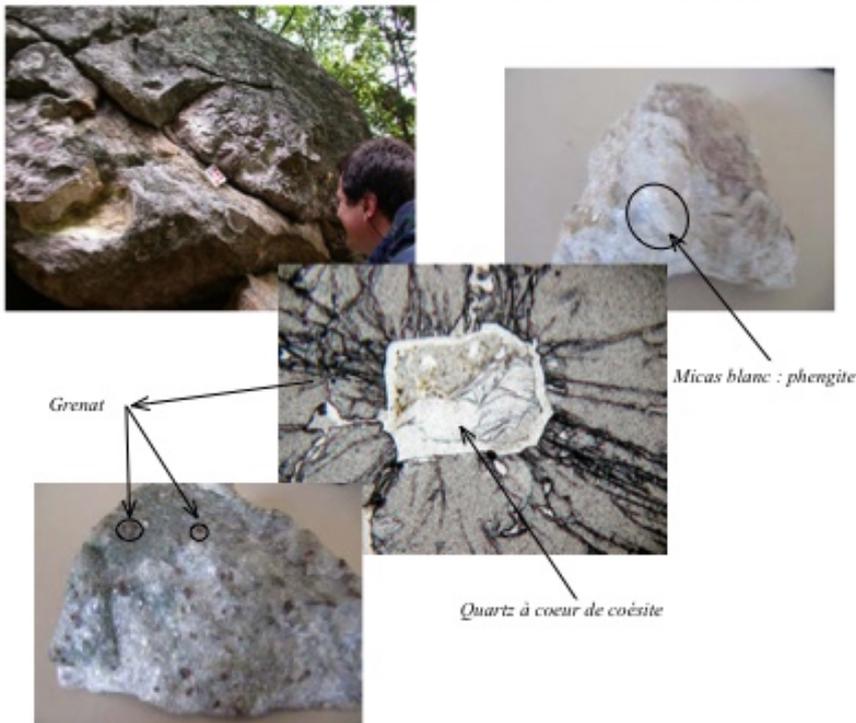
Le pyroxène = clinopyroxène appartenant aux omphacites dont la proportion de jadéite sup à 50% a été analysée à la micosonde.

Échantillon 2 : Val d'Aoste

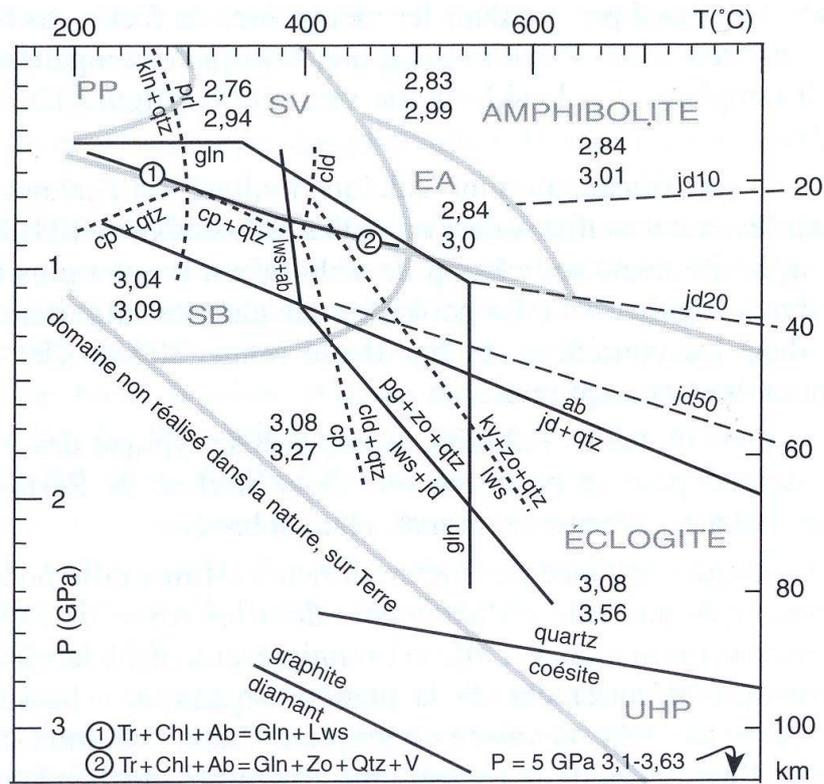
Baguettes d'omphacite verte et grenat rouge plurimillimétriques. S'ajoute aux grenat et omphacite, de la phengite en quantité variable (non visibles sur la photo ci-dessous).



Grenats géants de la nappe de Dora-Maira. Présence au niveau de cet affleurement de cristaux d'une forme de HP du quartz, la coésite, témoins d'un enfouissement avant un retour en surface



Échantillon 3 : Dora -Maira



Grille pétrogénétique des roches basiques (traits pleins) et acides (traits pointillé)

en

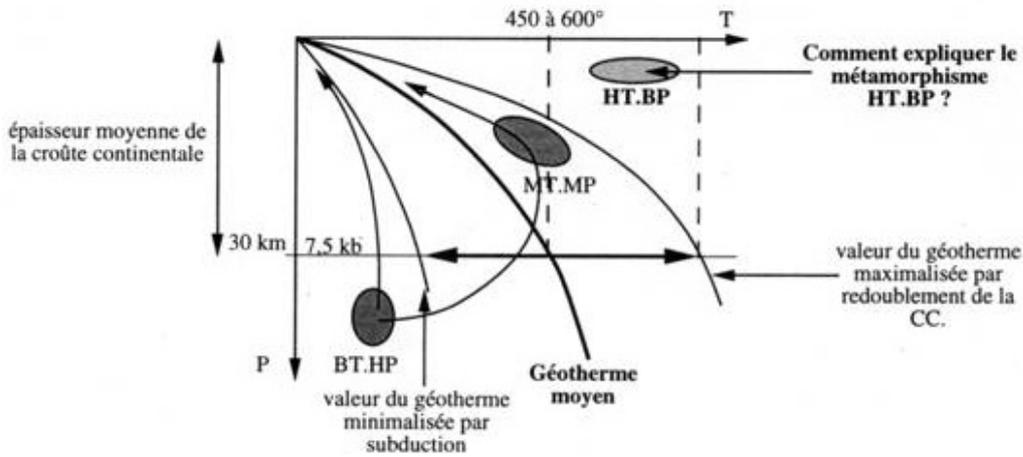


Figure 17 : les trois types de métamorphisme et place du métamorphisme relation avec le géotherme.

Figure 18 : Caractéristiques du gradient métamorphique HP-BP et son contexte géodynamique

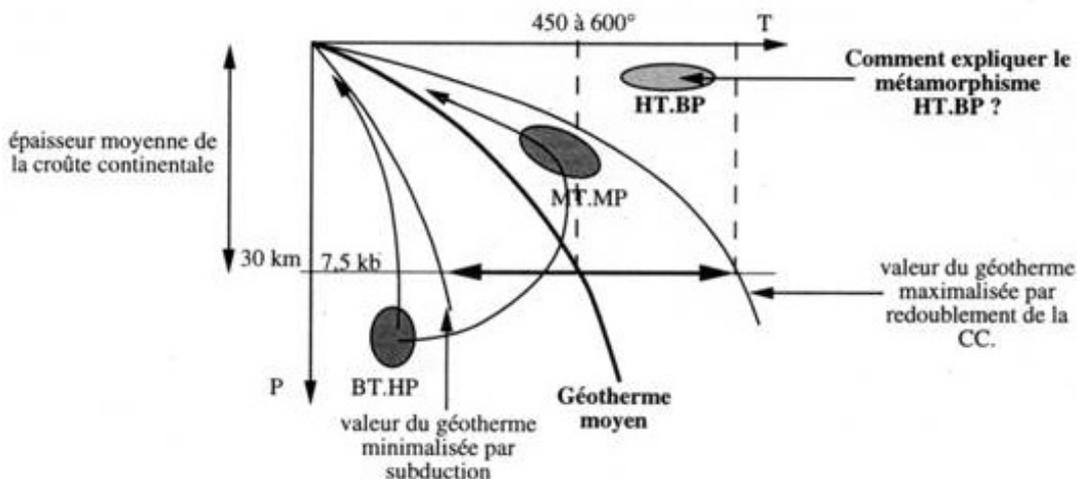


Figure 19 : Caractéristiques du gradient métamorphique MP-MT et son contexte géodynamique

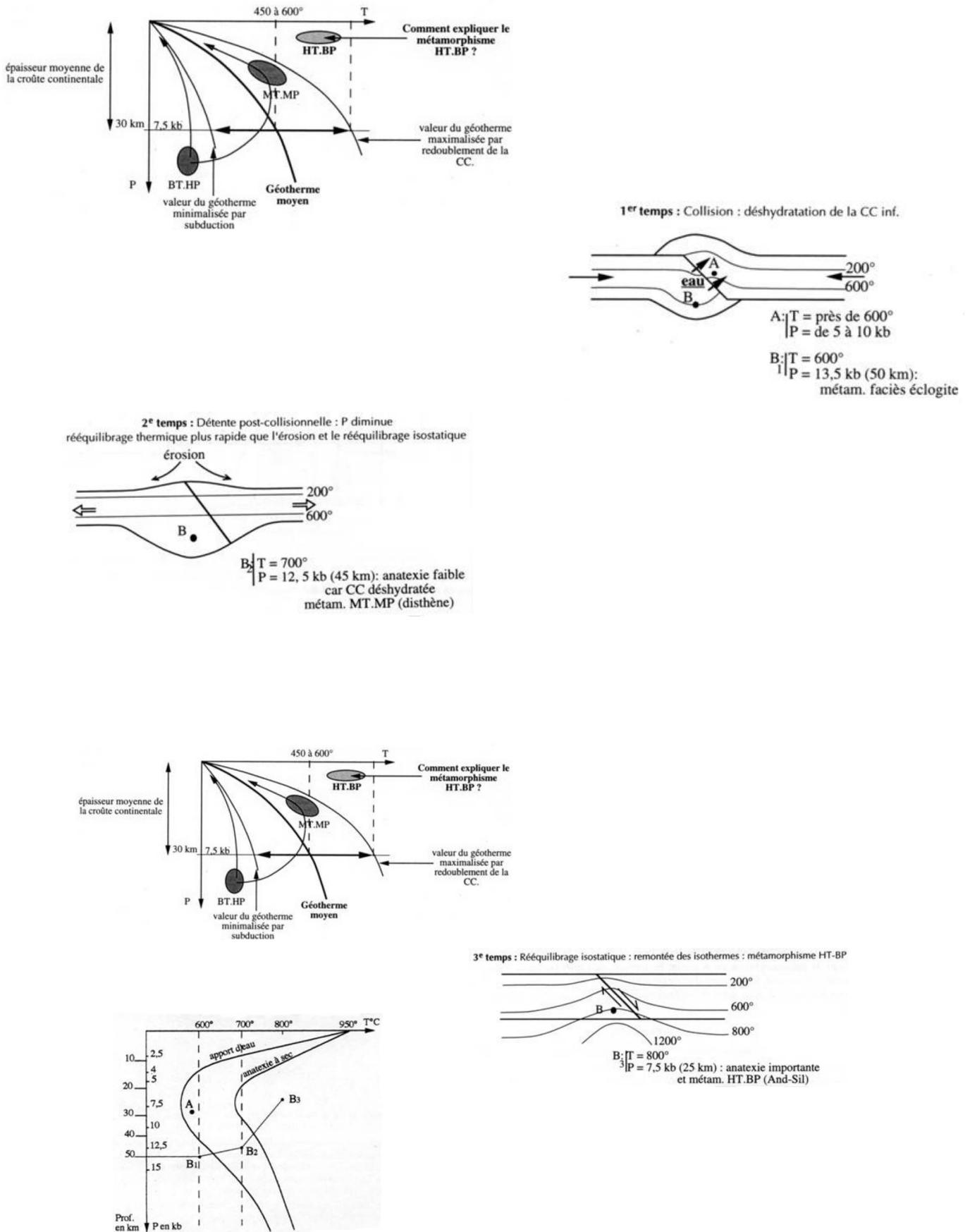


Figure 20 : Caractéristiques du gradient métamorphique BP-HT et contextes géodynamiques

Figure 21 :

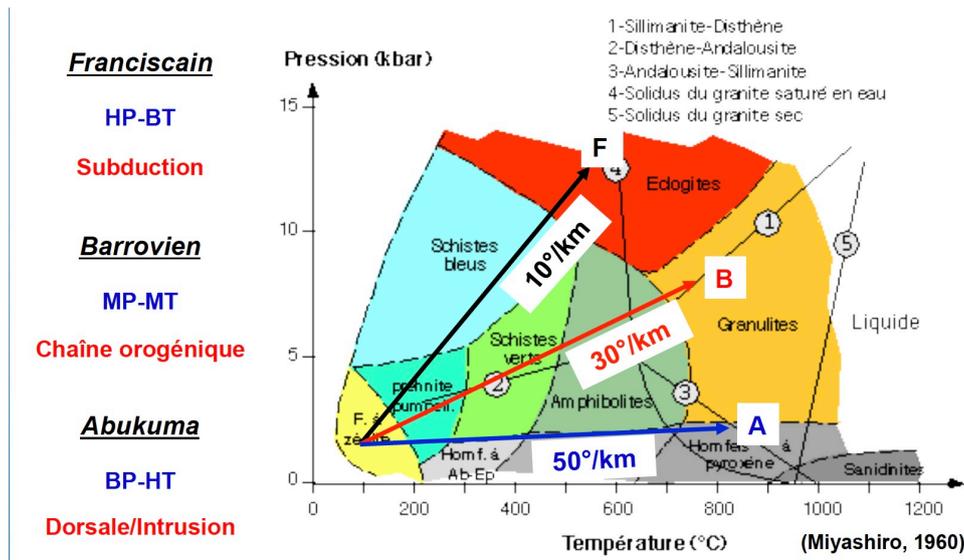


Figure 22 : cliché d'une migmatite

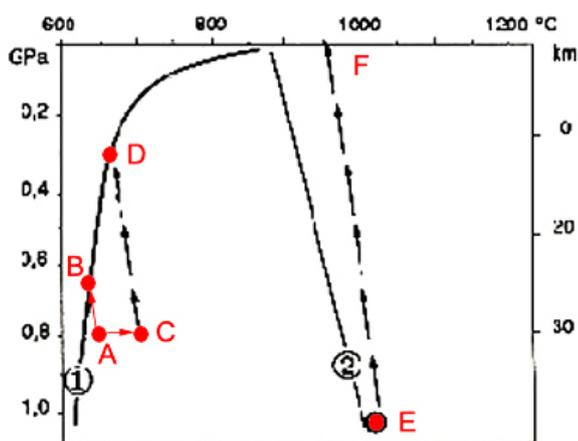


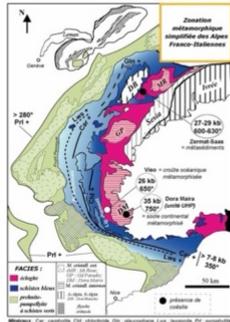
Figure 23 : Que deviennent ces magmas ?

Un magma granitique d'anatexie crustale (A) rencontre très rapidement les conditions de solidification en (B) sur la courbe du solidus en présence d'eau et forme donc un **massif de migmatites ou d'anatexites en profondeur**.

S'il y a une surchauffe (C) dans un contexte tectonique de collision, sa migration peut se poursuivre vers la surface et donner naissance à un massif granitique à bords circonscrits ou **pluton**, en (D), intrusif dans les roches qu'il traverse.

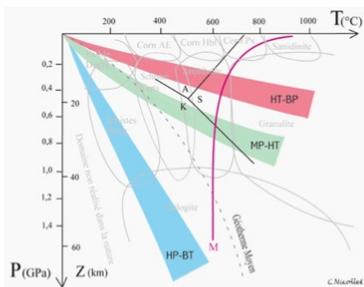
Pour donner des roches extrusives (épanchements de rhyolites en surface en (F)), le magma (E) issu de la fusion d'une croûte continentale anhydre (solidus 2) doit être très chaud donc d'origine infra-crustale.

Métamorphisme à l'échelle régionale

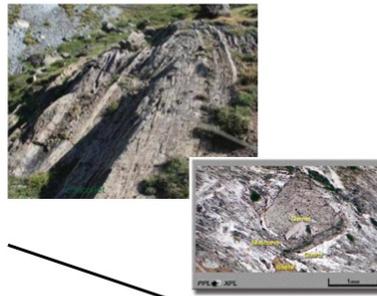


La distribution spatiale des roches permet d'identifier des séries métamorphiques

Les séries métamorphiques, indicatrices d'un gradient géothermique

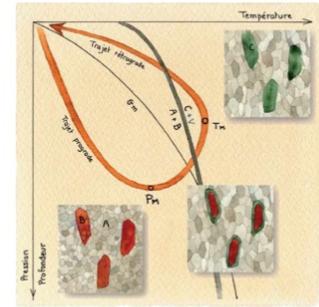


Structure des roches métamorphiques



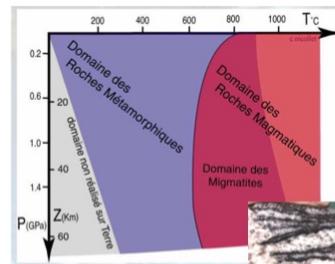
Suivi d'un échantillon

Les roches enregistrent le trajet P T t



Le chemin P T t : une jauge de profondeur dans l'Histoire tectonique d'une unité crustale

L'anatexie : la limite entre le magmatisme et le métamorphisme



INDEX

anatexie crustale*, 19**

chemin (P,T) = f(t)*, 8**

chemin prograde*, 6**

chemin rétrograde*, 7**

faciès métamorphique*, 13**

isograde*, 13**

le gradient métamorphique*, 14**

leucogranite, 20**

migmatites*, 19**

mode d'enfouissement*, 7**

A

C

F

I

L

M

P

paragenèse de rétro-morphose***, 7

paragenèse paroxysmale***, 6

T

trajet P, T, t*, 8**

type basse pression – haute température***, 15

type haute pression – basse température***, 15

type moyenne pression – moyenne pression***, 15

BIBLIOGRAPHIE

<http://christian.nicollet.free.fr/page/enseignement/AniPTt/aniPTt.html> ==> petite animation à aller voir !

Métamorphisme et géodynamisme – Dunod – C. Nicollet

Les roches métamorphiques : des traceurs de l'évolution de la lithosphère dans l'espace et dans le temps – APBG 1996 – C. et M. Nicollet

Déformation des Roches et transformation de leurs minéraux - éd. Ellipses – 2000 – P. Nougier.

Géosciences-- - La dynamique du système terre – Belin – 2013 - C. Robert et R. Bousquet