SESSION 2008

2nd concours

GEOSCIENCES

École normale supérieure de Lyon

Durée : 3 heures

Ce livret comprend 11 pages numérotées de 1 à 11

L'usage de calculatrices électroniques de poche à alimentation autonome, non imprimantes et sans document d'accompagnement, est autorisé. Cependant, une seule calculatrice à la fois est admise sur la table ou le poste de travail, et aucun échange n'est autorisé entre les candidats.

Les pages 9 et 10 sont à rendre avec le sujet

Partie 1 : Anomalies magnétiques et âge de la lithosphère océanique

La Figure 1 donne les anomalies magnétiques enregistrées par le plancher océanique mondial.

1.1 Qu'est-ce qu'une anomalie magnétique ? Quelle est l'origine de ces anomalies ?
1.2 Comment obtient-on ces données ?
1.3 Quelles sont les roches qui enregistrent le champ magnétique dans ce cas ?
1.4 Pourquoi et comment corrèle-t-on l'âge du plancher océanique aux anomalies magnétiques ?
1.5 Décrivez la Figure 1.
1.6 Quantifiez à partir des Figures 1 B et 1 C le taux d'expansion de ces océans. Comparez ces données.

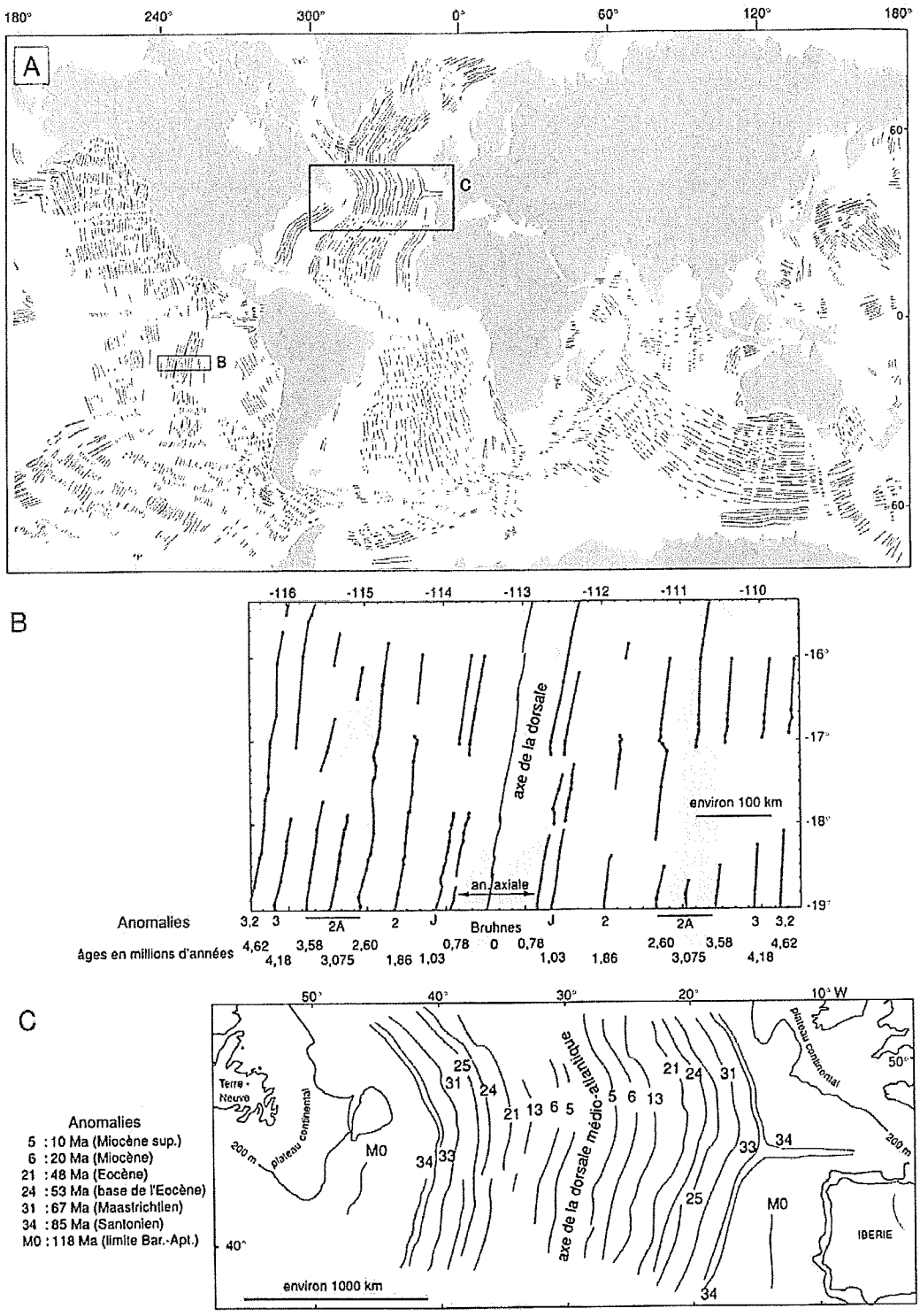


Figure 1 : Linéations magnétiques dans les océans. A) Compilation des données obtenues depuis 2004. B et C : Deux détails de linéations magnétique dont la localisation est montrée dans A. (Figure extraite de Sciences de la Terre et de l'Univers, Brahic et al.*)*

Partie 2 : Etat thermique de la lithosphère océanique

2.1. Les Figures 2.1 et 2.2 donnent l'évolution des profondeurs bathymétriques moyennes ainsi que du flux de chaleur en fonction de l'âge du plancher océanique.

a. Décrivez la Figure 2.1 (une demi - page maximum).
b. Décrivez la Figure 2.2 (une demi - page maximum).
c. Interprétez les données de la Figure 2.2. Notamment, expliquez pourquoi le flux de chaleur présente une variabilité importante près des dorsales et pourquoi celui-ci s'écarte du modèle théorique.

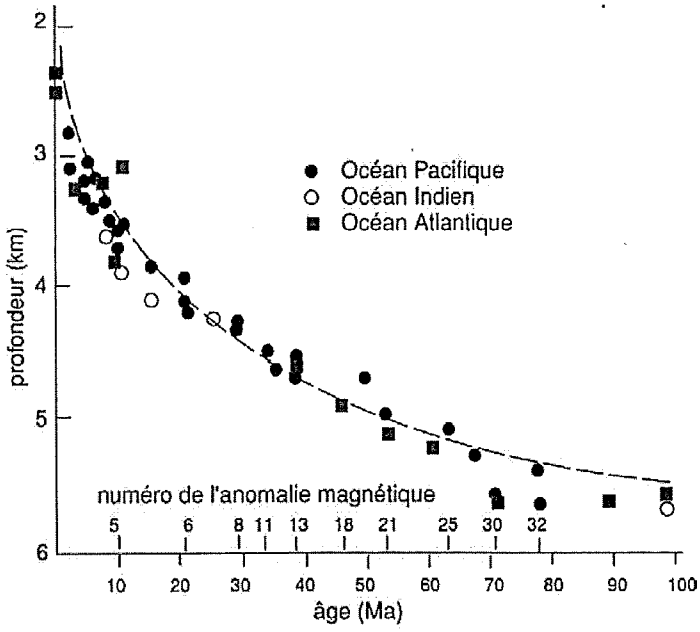


Figure 2.1 : Courbe âge vs. *profondeur des fonds océaniques.*
(Figure extraite de Sciences de la Terre et de l'Univers, Brahic et al.*)*

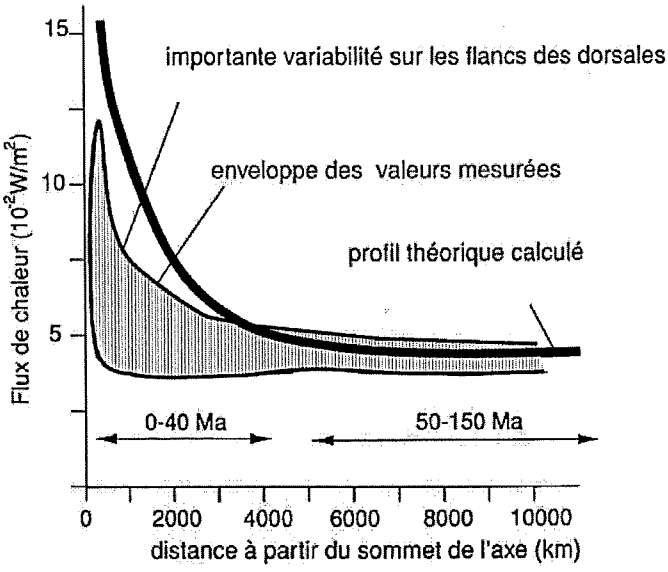


Figure 2.2 : Flux de chaleur en fonction de la distance à l'axe de la dorsale.
(Figure extraite de Sciences de la Terre et de l'Univers, Brahic et al.*)*

2.2. Au cours d'un voyage dans l'Océan Pacifique et l'Océan Indien, Darwin observa les différentes morphologies des îles coralliennes. La Figure 2.2 illustre les observations de Darwin sur la formation des récifs coralliens. A cette époque (vers 1850), Darwin ne put trouver une explication correcte du passage d'une île volcanique entourée d'un récif frangeant (Figure 2.3 A) à un récif barrière (Figure 2.3 B), puis à un atoll (Figure 2.3 C).

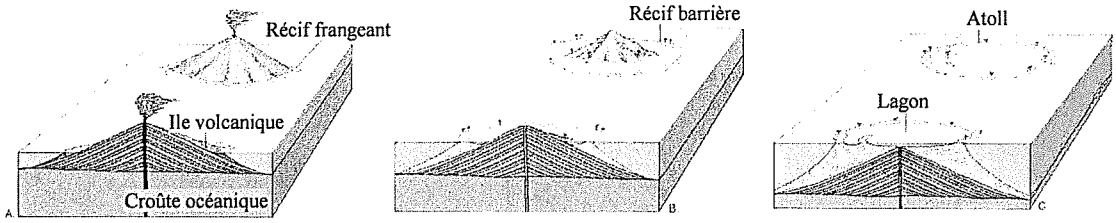


Figure 2.3 : Différents types de récifs coralliens. (A) Récif frangeant. (B) Récif barrière. (C) Atoll.

a) En vous aidant de la Figure 2.1, comment, aujourd'hui, interprétez-vous les observations de Darwin ?
b) La loi empirique qui relie la profondeur du plancher océanique à son âge (en négligeant le poids des sédiments) est donnée par:

$$P(t) = 350\sqrt{t} + 2500 \qquad (1)$$

où $P(t)$ est la profondeur en mètres au temps t, et t est l'âge de la croûte océanique en millions d'années. Comparez cette loi à la Figure 2.1.
c) Tracez l'allure de cette fonction (1). A quelle profondeur moyenne se met en place le plancher océanique selon cette équation ?
d) En supposant que le volcan autour duquel se sont installés les coraux avait une altitude de 800 m et qu'il reposait sur une croûte âgée de 15 millions d'années, calculez le temps nécessaire pour qu'il soit complètement submergé.

Partie 3 : Etude d'une portion d'ophiolite alpine

3.1. La Figure 3.1 est une carte simplifiée des Alpes occidentales. On y voit représentées des ophiolites. Qu'est-ce qu'une ophiolite ? Dans quels contextes géodynamiques trouve-t-on des ophiolites ? Donnez des exemples.

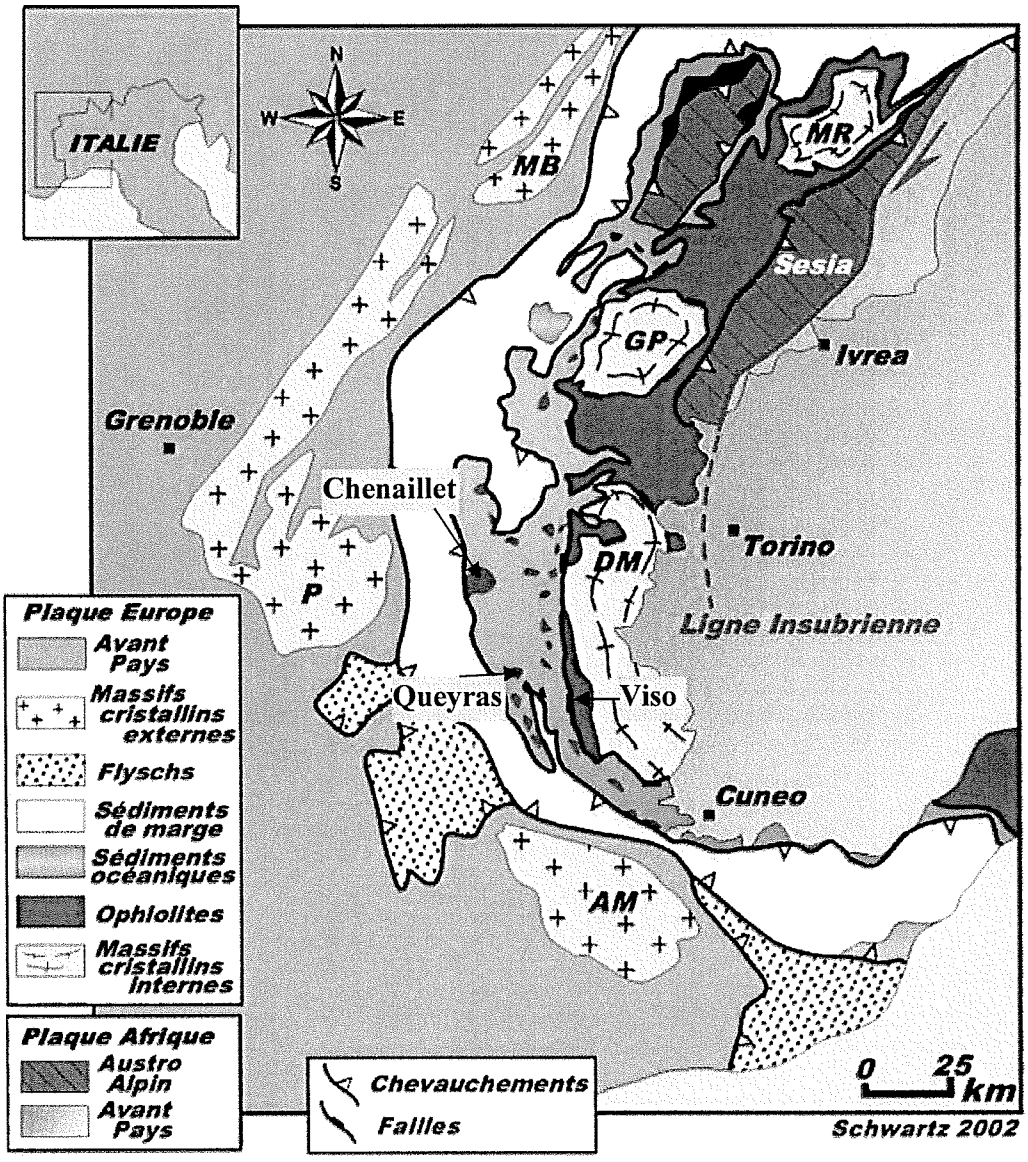


Figure 3.1 : Carte simplifiée des Alpes occidentales.
Le Massif du Chenaillet, Le Queyras et le Mont Viso y sont localisés. AM=Argentera Mercantour, P=Pelvoux, MB =Mont Blanc, DM=Dora Maira, GD=Grand Paradis, MR=Mont Rose.

3.2. Nous allons nous intéresser aux différents massifs ophiolitiques des Alpes occidentales.

a) La Figure 3.2 A montre une image du sommet du Chenaillet (massif ophiolitique localisé sur la Figure 3.1. La Figure 3.2 B montre un détail des roches présentes au sommet. Décrivez ce que vous observez et émettez une hypothèse quant à la nature de ces roches.
b) La lithologie des roches situées juste en dessous des celles formant le sommet est montrée dans les Figures 3.3 A et B (échantillon C1). Cet échantillon a été recueilli dans les parties les moins déformées du massif. Quelle est la minéralogie de cette roche (donnez les critères de reconnaissance) ? Décrivez la texture et attribuez un nom à cette roche. Dans quel contexte géodynamique se forme cette roche ?
c) Les échantillons recueillis dans des zones déformées sont montrés sur les Figures 3.4 A (moyennement déformés) et B (très déformés). En vous appuyant sur les principes de la chronologie relative donner le sens des réactions qu'on y observe pour C2 et C3. Quel minéral se trouve en excès ?
d) Placer sur la Figure 3.5 les différents échantillons C1, C2 et C3. Attribuez un faciès à C1, C2 et C3. Quel est alors le nom de ces roches ?
e) A partir des réponses aux questions précédentes, déduisez le trajet pression-température-temps (P-T-t) du Chenaillet. Comment interprétez-vous du point de vue géodynamique cette évolution ?

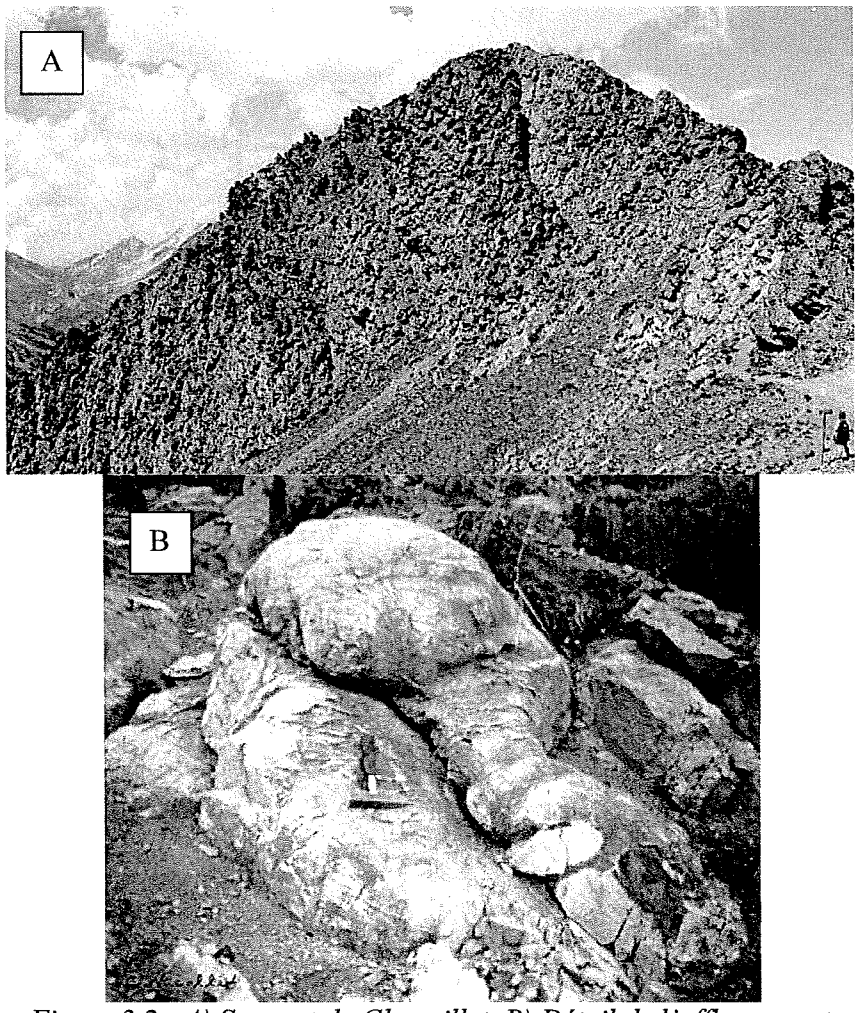


Figure 3.2 : A) Sommet du Chenaillet. B) Détail de l'affleurement.

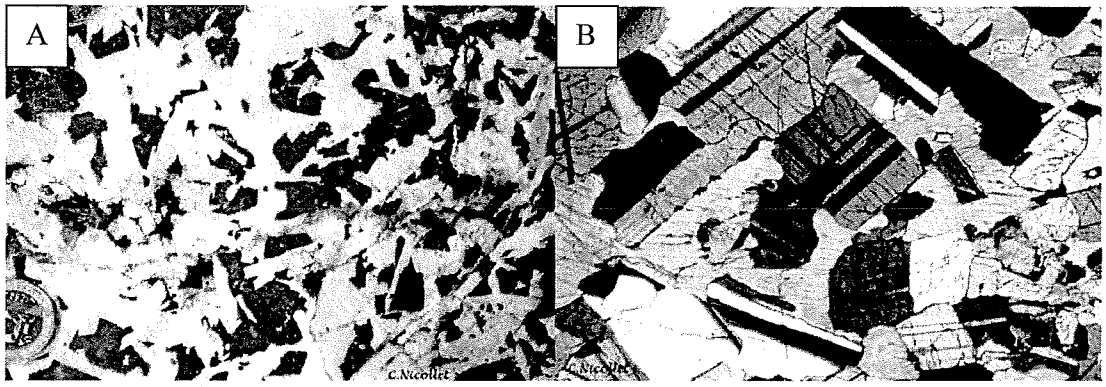


Figure 3.3 : Echantillon C1. A) Vue macroscopique. B) Vue au microscope en lumière polarisée et analysée d'une lame mince de la roche montrée en A.

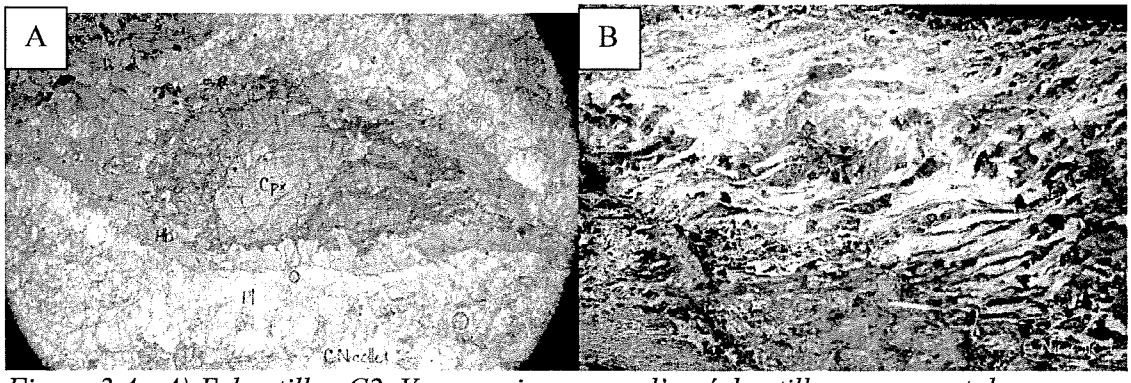


Figure 3.4 : A) Echantillon C2. Vue au microscope d'un échantillon provenant des zones déformés du Chenaillet (Cpx = clinopyoxène, Hb = horblende, Pl = plagioclase). B) Echantillon C3. Vue macroscopique prise sur une zone très déformée. La présence d'actinote et de chlorite confère à la roche sa teinte verte.

Attention : cette figure est à rendre avec la copie.

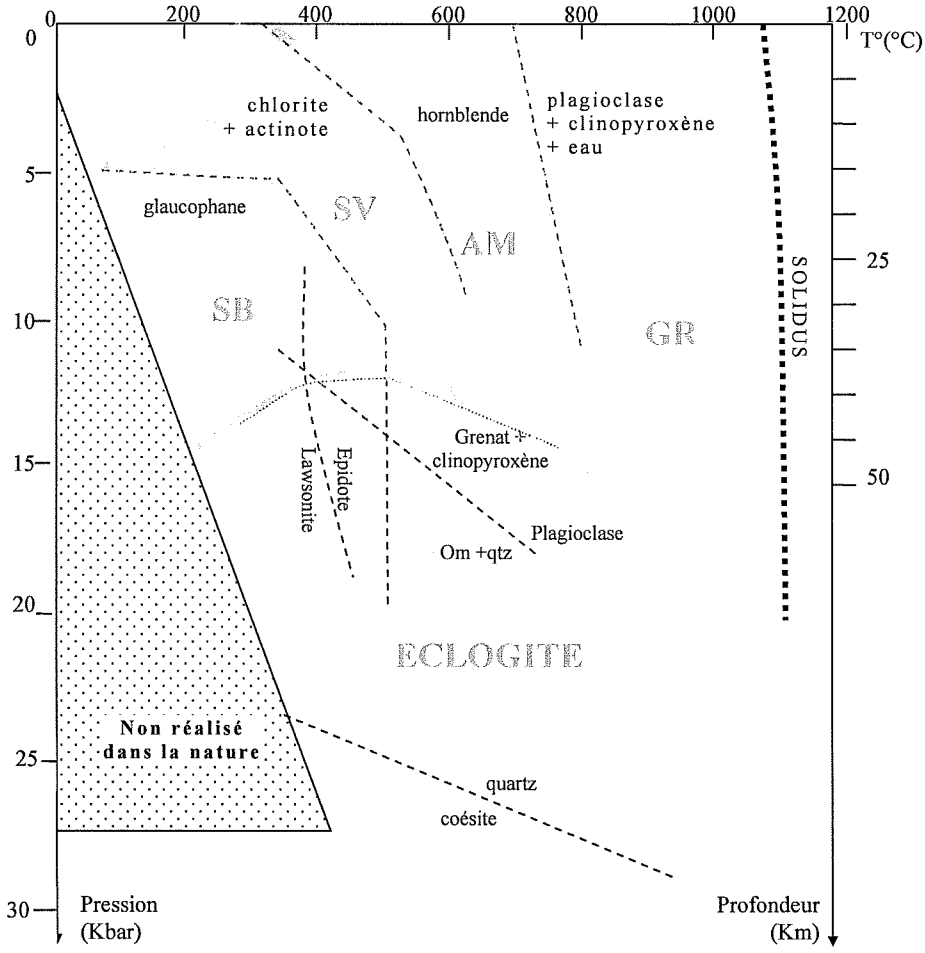


Figure 3.5 : Diagramme P-T montrant les principales réactions métamorphiques et le solidus des roches basiques. Om= omphacite, qtz = quartz. Les limites entre les principaux faciès sont reportées (SB = schiste bleu, SV = schiste vert, AM = amphibolite, GR = granulite)

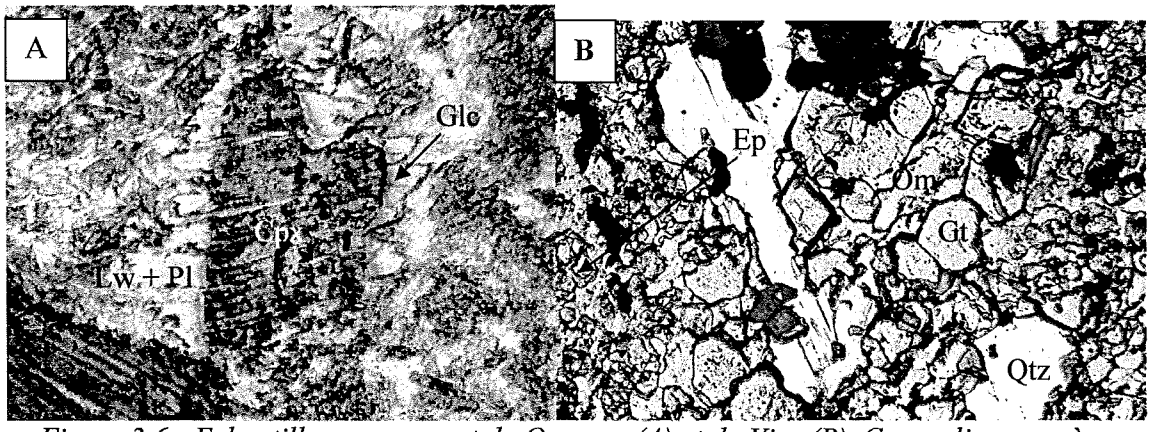


Figure 3.6 : Echantillons provenant du Queyras (A) et du Viso (B). Cpx =clinopyroxène,, Glc= glaucophane, Pl= paglioclase, Lw = lawsonite, Gt=grenat, Om=omphacite, Qtz=quartz, Ep=épidote.

f) Le Mont Viso est l'unité située à l'est du Queyras et une paragénèse typique de ce massif est donnée sur la Figure 3.6 B. A quel faciès appartient cette paragénèse ? Placez l'échantillon (V) sur la Figure 3.5.
g) Déduisez un géotherme (T(z)) à partir des échantillons du Queyras et du Viso.
h) Donnez une explication géodynamique à l'ensemble d'observations de cette partie.

3.3. Dans le Massif de Dora Maira (massif cristallin interne localisé sur la Figure 3.1) on trouve des schistes blancs dont la paragenèse est : quartz-grenat-rutile-phengite-disthène.

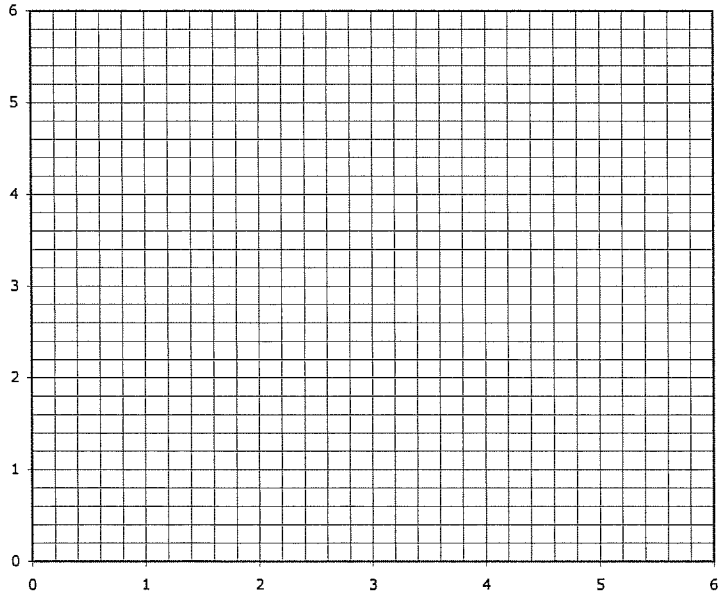
a) Dans certains échantillons on remarque la présence de coésite. Qu'est-ce que la coésite ? A l'aide de la Figure 3.5 donner la pression minimum d'équilibre de ces roches. A quelle profondeur correspond celle-ci ?
b) Les isotopes de l'oxygène constituent un géothermomètre à condition que l'équilibre isotopique ait été atteint. La relation permettant de remontrer à la température d'équilibre des roches s'écrit :

$$\delta^{18}O_{qtz} - \delta^{18}O_y \approx a_y \cdot 10^{6} \cdot T^{-2}$$

où y représente les divers minéraux à l'équilibre avec le quartz, T est la température en degrés Kelvin et a_y est un coefficient. Lorsque l'équilibre est établi alors le coefficient a_y et le $\delta^{18}O$ présentent une corrélation linéaire. Reporter les données du Tableau 1 sur un diagramme $\delta^{18}O_{qtz} - \delta^{18}O_y$ *vs* a_y (utilisez la grille fournie ci-dessous) Ces roches sont-elles à l'équilibre isotopique ?

Mineral	$\delta^{18}O$
Quartz *a*=0	8,42
Grenat *a*=3.2	5,55
Rutile *a*=5.17	3,5
Disthène *a*=2.9	6,12
Phengite *a*=2.3	6,2

Tableau 1 : Données de $\delta^{18}O$ mesurées dans les minéraux des schistes blancs de Dora Maira. Les coefficients (a) liant fractionnement isotopique et température sont aussi reportés.



c) Calculez, si cela est justifié, la température d'équilibre.

3.4. La géochronologie absolue permet de dater le passage d'une isotherme au cours du refroidissement d'une roche. La Figure 3.7 compile les résultats pour le domaine ophiolitique que l'on vient d'étudier.

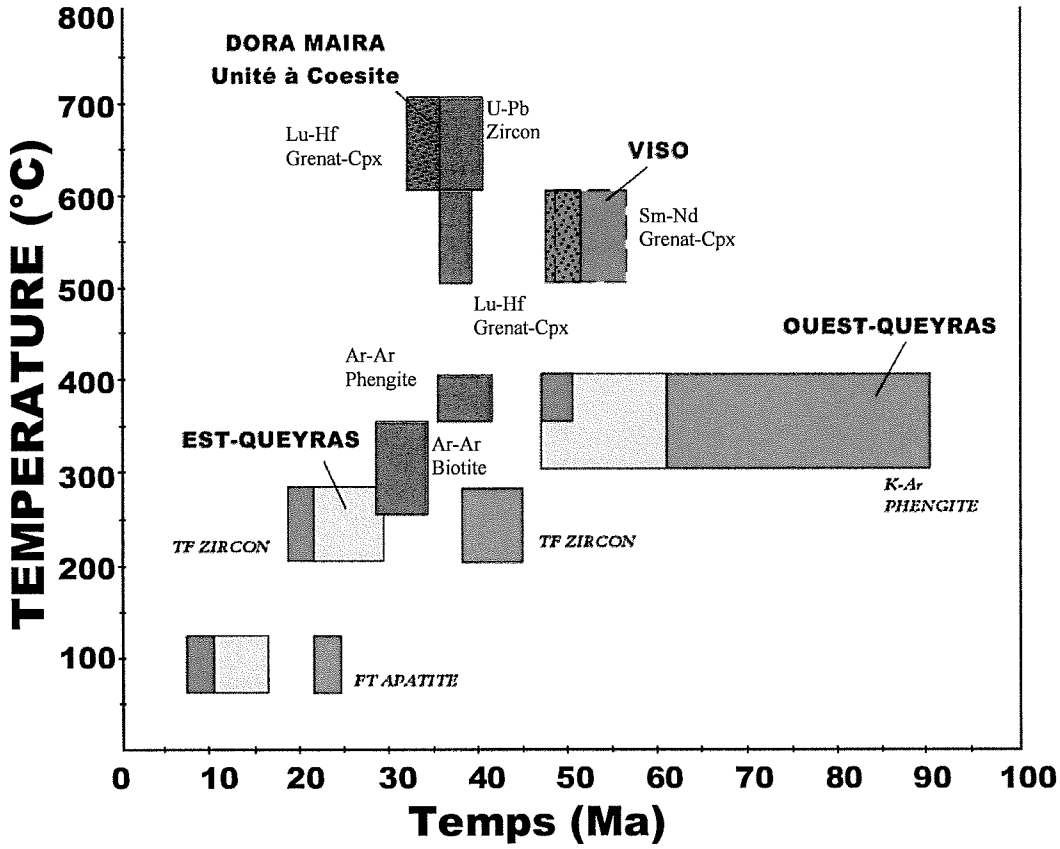


Figure 3.7 : Compilation des données chronologiques pour les unités étudiées. TF = traces de fission. (Modifiée d'après Schwartz et al.*).*

a) Calculez la vitesse de refroidissement pour chaque unité. Celle-ci est reliée à la vitesse d'exhumation. Pourquoi ?
b) Est-ce que les températures déduites ou calculées dans les parties précédentes sont cohérentes avec ce diagramme ?
c) Interprétez ces données d'une façon géodynamique en comparant par exemple à un moment donné les différentes unités.

Partie 4 : Synthèse

Faites une synthèse de l'ensemble du sujet sur une page recto maximum.