



Les témoins d'un ancien océan dans les Alpes (sujet de type I)

Dans plusieurs régions alpines affleurent des sédiments et des roches particulières nommées « ophiolites » ainsi que des roches métamorphiques et des structures géologiques remarquables qui témoignent d'une ouverture puis d'une fermeture océanique. **Exposer** les arguments permettant de retracer cet épisode « marin » de l'histoire des Alpes qui sera schématisé très simplement. [10 pts]. **Remarque** : les témoins continentaux de la collision ainsi que les mécanismes par lesquels ces roches affleurent actuellement en surface ne sont pas demandés.

Quelques remarques ...

Le sujet ne demande pas de raconter l'épisode marin des Alpes mais d'exposer les arguments, les témoins de cet épisode. Le matériel géologique qui sera décrit est précisé par l'énoncé : des sédiments, les « ophiolites », des roches métamorphiques et des structures tectoniques. Enfin, les marqueurs de la collision sont hors sujet : l'exposé doit donc se limiter à l'ouverture, l'expansion océanique puis la fermeture de cet océan alpin. Un schéma illustrera le plus exactement possible (mais simplement) chacune de ces 3 parties. On comprend la nécessité d'une lecture attentive du sujet !

Proposition de corrigé ...

Introduction

Une simple promenade dans les Alpes peut permettre la récolte de fossiles tels que des Ammonites ou des rosters de Bélemnites qui sont les fossiles d'animaux marins de milieux assez profonds. Cette simple observation réalisée au sein de reliefs élevés conduit à se poser la question de l'existence d'un océan au cours de l'histoire des Alpes : c'est-à-dire de l'ouverture de cet océan, de son expansion ... et de sa disparition. Recherchons des témoins de ces phases .

I. Les témoins d'une ouverture océanique

1) les marqueurs tectoniques de l'ouverture océanique

Dans plusieurs parties des Alpes (Massif de Belledonne, La Mure, Taillefer et les grandes Rousses), il est possible d'observer des **blocs cristallins**, délimités par des **failles normales**, incurvées, appelées **failles listriques** : ce sont les **blocs basculés** ; par le jeu de ces failles, le socle a donc été fracturé. Ces structures sont caractéristiques des **marges passives** comparables aux marges passives actuelles de l'Atlantique Nord. Ces marges correspondent à la portion de la croûte continentale amincie et fracturée lors du **rifting**, par des phénomènes d'extensions et d'étirement (**distensions**). Ces mouvements sont datés du Jurassique. Des sédiments accompagnent ces blocs basculés.

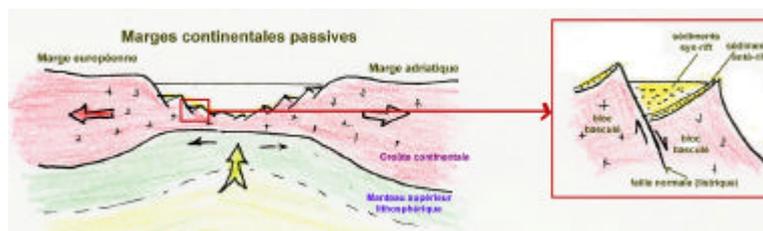
2) les marqueurs sédimentaires de l'ouverture océanique

Les blocs basculés sont recouverts par des **formations sédimentaires** caractéristiques d'une mer plus ou moins profonde et datés du Jurassique au Crétacé. Ces sédiments sont principalement des sédiments syn-rifts qui se sont déposés pendant le basculement des blocs ; ils peuvent avoir une épaisseur dépassant 1500 m (strates alors constituées par l'alternance de couches de calcaires et de marnes à Ammonites ou Bélemnites) ou au contraire ne représenter que quelques mètres (ce sont alors des matériaux détritiques). Ces variations d'épaisseur au sein des blocs découlent de leur basculement ; sous l'effet des distensions, les blocs s'enfoncent (= **subsidence**) et cet enfoncement permet la présence de mers profondes comme l'attestent la présence d'Ammonites ; par contre, près des crêtes des blocs qui émergent ou forment des **hauts fonds**, la sédimentation est peu épaisse – voire absente ; les **matériaux détritiques** qui constituent les sédiments résultent de l'usure de ces blocs.

Remarques : ces sédiments syn-rifts recouvrent des sédiments anté-rifts (ou pré-rifts) peu épais qui se sont déposés avant la fracturation des marges passives. Les sédiments syn-rifts sont par ailleurs recouverts de sédiments post-rifts qui se sont déposés plus tardivement à la fois sur les marges passives et la croûte océanique en formation. Ultérieurement (lors des phases compressives, les failles de ces blocs basculés peuvent rejouer en failles inverses et entraîner des déformations importantes (plissements) des sédiments déposés.

La figure 1 illustre cette ouverture océanique (rifting). L'aboutissement de ces mécanismes est la rupture de la croûte continentale et l'ouverture d'un océan avec production d'une lithosphère océanique).

Figure 1 : ouverture de l'océan alpin : les anciennes marges passives



II. Les témoins d'une expansion océanique

1) les ophiolites

Dans les Alpes franco-italiennes (Briançonnais) affleurent un cortège de roches nommées **ophiolites** (de *ophis*, serpent). Dans le Chenaillet (près de Briançon), ce cortège est constitué de haut en bas : de **basaltes en coussins** (= **pillow-lavas**), de **basaltes filoniens**, de **gabbros** et de **péridotites serpentinisées** (dans ces roches, les pyroxènes et les olivines ont été soumis à une intense altération hydrothermale et sont entourés d'un minéral vert hydraté : la serpentine). Cette association est caractéristique d'une lithosphère océanique (croûte : basaltes + gabbros) et manteau supérieur (péridotites). Les ophiolites sont donc les **vestiges de l'ancienne lithosphère océanique**, plancher de l'océan alpin. Cet océan s'ouvre à la fin du Jurassique moyen et se ferme au cours du Crétacé. La figure 2 illustre cette phase de l'épisode « marin »

Remarques : 1) les gabbros du Briançonnais sont toujours métamorphisés : ce sont donc en fait des métagabbros. Certains contiennent une amphibole brune, la **hornblende** (minéral formé à partir des pyroxènes et des feldspaths plagioclases) et d'autres de couleur verte contiennent une amphibole verte

(l'**actinote**) et de la **chlorite** : ce sont des métagabbros du **faciès des schistes verts**. Ces transformations se sont faites à l'état solide (= métamorphisme) lors du vieillissement de la croûte lithosphérique sous l'effet conjugué de l'hydrothermalisme (circulation de l'eau de mer dans la croûte) et de la diminution de la température. Ces minéraux (actinote, chlorite) témoignent d'une hydratation intense de la lithosphère océanique au cours de son vieillissement.

Figure 2 : expansion de l'océan alpin : les ophiolites ou marqueurs du plancher océanique



2) cette lithosphère océanique retrouvée aujourd'hui en altitude résulte du charriage sur la marge européenne de la lithosphère continentale d'un fragment de la lithosphère océanique : on nomme **obduction** ce mécanisme (cf. figure 3). Cette lithosphère contrairement à ce qu'affirment certains élèves n'a jamais plongé dans l'asthénosphère comme c'est le cas pour la plaque **subduite** (cf. 3).

2) les radiolarites

Associées aux ophiolites, on trouve une **roche siliceuse rouge** constituée de test (= coquilles) d'organismes microscopiques : les radiolarites. Or on sait que dans les océans, en-dessous de -4 000 m, le calcaire ne peut pas se former (= seuil de compensation des carbonates). Ces sédiments de nature siliceuse attestent donc de profondeurs importantes

III. Les témoins de la fermeture de l'océan Alpin : la subduction anté-collision

1) les roches qui témoignent d'une subduction anté-collision

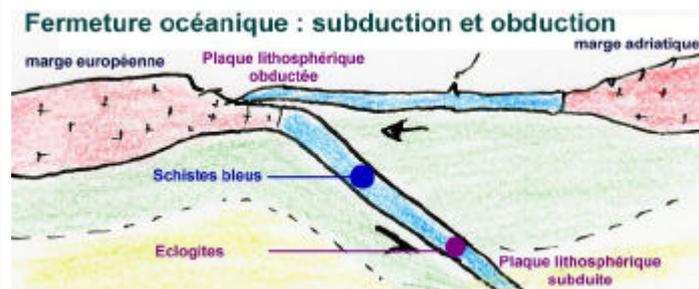
Il s'agit de roches : basaltes, ou gabbros pour lesquels la minéralogie a été transformée par des réactions entre minéraux : en effet quand les conditions de Pression et/ou de température changent les minéraux deviennent instables et interagissent. Ces modifications minérales se font à l'état solide : c'est le **métamorphisme**. Les roches témoins sont donc des roches métamorphiques. Quelles sont ces roches ? Où les trouvent-t-on ? De quoi témoignent-elles ?

- ◆ Dans le Queyras, on trouve des **métagabbros du faciès des schistes bleus** (ou **schistes bleus**). La couleur de ces roches est due à une amphibole : la **glaucophane** qui s'est formée par réaction entre les pyroxènes et les plagioclases (et aussi chlorites et actinote). Ce type de réaction se traduit par une **déshydratation**. Des expériences de laboratoire ont montré que la glaucophane se formait dans des conditions de haute pression, basse température correspondant à des profondeurs de 30 à 50 Km.
- ◆ Dans le Mont Viso en Italie, on trouve des **éclogites** ; dans ces roches apparaissent des **pyroxènes verts** (= **jadéite**) et des **grenats**. Ces réactions s'accompagnent encore d'une perte d'eau (déshydratation). Les expériences de laboratoire indiquent des conditions de Pression encore plus intenses correspondant à des profondeurs de 50 à 90 Km.

2) interprétation des conditions PT (Pression, Température) révélées par ces roches

Les associations minérales sont caractéristiques, nous l'avons dit d'un métamorphisme de haute pression et de basse température. Ces conditions témoignent de la disparition de la **lithosphère de l'océan alpin dans une zone de subduction**. On date cette subduction dans les Alpes au début du Tertiaire (Paléocène). Par ailleurs le métamorphisme de haute pression a une répartition géographique remarquable dans les Alpes: schistes verts à l'Ouest, puis en allant vers l'Est : schistes bleus et éclogites. Cette intensité du métamorphisme d'Ouest en Est (donc de l'enfouissement) laisse penser les géologues que c'est la plaque Européenne qui a plongé sous la plaque Adriatique (cf. figure 3).

Figure 3 : fermeture de l'océan alpin : subduction et obduction



Remarques : 1) les roches métamorphiques ont dû être rapidement remontées à la surface pour que les traces de leur métamorphisme haute pression / basse température aient été conservées. Grâce à l'érosion ces échantillons peuvent être observés en surface ; les mécanismes de cette érosion et les conséquences de la déshydratation (volcanisme andésitique) sont ici hors sujet.

2) C'est la densité de la plaque lithosphérique océanique plongeante qui est la cause de cette subduction. On sait en effet que plus une plaque lithosphérique vieillit, plus elle s'alourdit (par accréation basale du manteau lithosphérique) : la moindre contrainte compressive romps l'équilibre de flottabilité de la lithosphère océanique par rapport au manteau asthénosphérique et amorce inexorablement sa plongée dans le manteau. Lors de cette cassure une partie de la lithosphère sous l'effet de ces compressions subit l'obduction, mécanisme par lequel elle chevauche la lithosphère continentale : c'est ce mécanisme qui permet l'observation des ophiolites.

Conclusion

L'histoire alpine débute par un épisode « marin » : formation d'un océan suivie de sa disparition. Suit la collision : les blocs continentaux s'affrontent ; seuls des lambeaux de croûte océanique laminés dans le prisme de collision peuvent encore témoigner de l'histoire marine des Alpes.

Barème : A1 (1 pt) intro / conclusion / plan (ou enchaînement idées) / A2 (1,5) blocs basculés, failles listriques (normales incurvées), rifting / A3 (1) : les sédiments syn-rift / A4 (2) ophiolites : le cortège de roches, signification, radiolarites / A5 (2,5) : les roches métamorphiques : schistes bleus et éclogites (pt de départ : les schistes verts) / A6 (0,5) : signification du métamorphisme haute pression. / A7 (1,5) : les 3 schémas illustrant : rifting, expansion océanique et subduction (obduction non attendue).