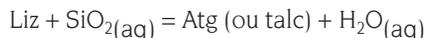


Dans le massif du Lanzo (Alpes occidentales, Italie), l'expulsion des fluides est marquée par la formation de veines métamorphiques de longueur métrique et d'épaisseur centimétrique, composées d'olivine, chlorite et/ou antigorite (fig. 3-9a). La roche encaissante est une serpentinite formée d'antigorite et de magnétite principalement, avec quelques olivines de déserpentinisation. L'analyse géochimique *in situ*, par ICP-MS (*Inductively coupled plasma mass spectrometry*) à ablation laser, des veines métamorphiques montre que les olivines les composant sont enrichies en Li par rapport aux olivines mantelliques. Les antigorites et chlorites associées aux olivines métamorphiques sont anormalement riches en Ba et Rb par rapport aux mêmes phases composant la serpentinite encaissante. Ces observations suggèrent que les veines métamorphiques ont cristallisé à l'équilibre avec un fluide enrichi en éléments mobiles dans les fluides et probablement issus de la déshydratation de la serpentinite encaissante.

Une fois libérés de la roche, les fluides parcourent un chemin complexe à travers la lithosphère avant de métasomatiser le coin mantellique. Lors de ce parcours, les fluides interagissent avec les lithologies environnantes. Ces interactions fluide/roche conduisent à des échanges chimiques complexes et à l'hybridation des roches composant la lithosphère. Dans le complexe ophiolitique du Queyras, les serpentinites forment des boudins métriques à kilométriques emballés dans des métasédiments. Pendant la subduction, les déshydratations successives des métasédiments et des serpentinites engendrent des échanges chimiques et fluides entre les deux lithologies. Ces échanges sont soulignés par des zones métasomatiques composées d'assemblages à carbonate, talc, diop-

side, chlorite et antigorite (fig. 3-9b). En effet, lors de la déshydratation des métasédiments, les fluides relâchés sont particulièrement riches en H₂O, SiO₂ et CO₂ par rapport aux autres éléments. Ainsi, dans ce contexte particulier, il est envisagé que la cristallisation de l'antigorite aux dépens de la lizardite océanique se fasse selon la réaction suivante (réaction non équilibrée) :



La cristallisation de l'antigorite ou du talc dépend de la disponibilité de la silice dans le fluide.

Conclusion

L'étude des serpentinites dans les ophiolites alpines montre que ces roches sont intimement liées aux processus de transfert de fluide lors de la subduction au cours de laquelle elles jouent un rôle prépondérant. À la surface du globe, ces roches résultent de l'interaction entre l'hydrosphère et les péridotites mantelliques. Leur formation est accompagnée du stockage d'une grande quantité d'eau et d'éléments volatils dans la lithosphère océanique. En zone de subduction, les serpentinites constituent un réservoir essentiel en éléments volatils. Avec l'augmentation des conditions pressions et températures (P-T) dans la plaque plongeante, les serpentinites vont progressivement perdre leur eau structurale ainsi qu'une grande quantité d'éléments volatils et former une phase fluide quittant la roche et migrant à travers la plaque plongeante jusqu'au coin mantellique.

■ B. DEBRET

Dept of Earth Sciences, Durham Univ., Durham, DH1 3LE, UK
baptiste.debret@durham.ac.uk

Piégeage et libération des halogènes dans les métagabbros océaniques

Les magmas d'arc montrent un enrichissement en Fluor et en Chlore (Straub et Layne, 2003) par rapport à d'autres magmas dérivés du manteau (e.g. MORB). Le fluor et le chlore témoignent d'importants transferts élémentaires entre les enveloppes externes et internes de la Terre au niveau des zones de subduction. Il est ainsi proposé que ces éléments soient apportés par des fluides provenant de la dévolatilisation de la lithosphère océanique subduite. Ces éléments seraient des traceurs chimiques des fluides relâchés lors de la déshydratation de la plaque plongeante (Hattori et Guillot, 2007).

Dans l'article précédent (*les serpentinites*), la contribution des serpentinites et des sédiments a été discutée. Voyons maintenant quelle est la part des roches magmatiques de la croûte océanique dans ce transfert ?

Piégeage des halogènes au cours de l'océanisation

Les minéraux primaires, anhydres, des roches magmatiques de la lithosphère océanique, clinopyroxène, plagioclase, plus ou moins d'olivine, il-

ménite, ne contiennent pas ces éléments volatils, à l'exception de l'apatite, minéral accessoire dont la proportion est négligeable. Au cours de leur refroidissement, ces roches sont métamorphisées. Si elles sont hydratées et éventuellement déformées, dans les gabbros, dolérites et basaltes cristallisent alors des amphiboles, de la chlorite, de l'épidote, du sphène* et des minéraux de basses températures. Dans ces roches, les amphiboles ont des compositions variables en fonction des températures auxquelles elles cristallisent. Les amphiboles tardi-magmatiques brunes (cristallisant vers 900°C) sont riches en F et incorporent de fortes concentrations en F (Coogan *et al.*, 2001 ; Gillis *et al.*, 2003). À l'opposé, les amphiboles vertes formées lors de l'hydratation des gabbros à plus basses températures (entre 400-800°C) sont plus pauvres en TiO₂ et en F, mais incorporent davantage de Cl. Cette modification chimique de l'amphibole pourrait témoigner de l'influence grandissante de l'eau de mer (riche en Cl) au cours du refroidissement des roches.

Parmi les autres minéraux présents, seule la transformation de l'ilménite en sphène au cours du métamorphisme océanique s'accompagne aussi de l'incorporation notable d'halogènes.

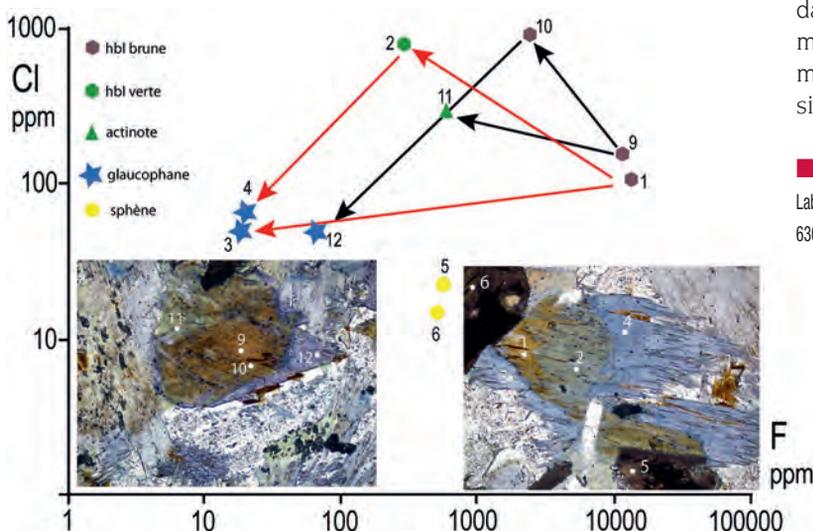
Ces minéraux métamorphiques représentent donc des réservoirs de ces éléments qui sont transférés de la ride océanique à la zone de subduction. En particulier, l'amphibole, en (re)cristallisant de manière continue tout au long du refroidissement de la lithosphère océanique (fig. 3-10), puis en zone de subduction, enregistre in situ les interactions fluide/roche et permet de mettre en évidence les différents types de fluides circulant dans la lithosphère au cours de son cycle.



Fig. 3-10. – Ce métagabbro du Chenaillet a enregistré toutes les étapes de son refroidissement dans la lithosphère océanique. Les clastes de clinopyroxène magmatique (CpxM) ont recristallisé en un fin agrégat de cristaux Cpx2 entourés de hornblende brune interstitielle (Hbb) dans les conditions du faciès Granulite. Ensuite, l'amphibole brune seule passe progressivement à une hornblende verte (Hbv) dans les conditions du faciès Amphibolite, puis à une actinote associée à de la chlorite (et épidote) (Act + Chl + Ep) dans celles du faciès Schiste Vert. Remarquons que le plagioclase « Pl » est noir : il est remplacé par un fin agrégat de cristaux d'épidote dans l'albite. Microphotographie en LPNA ; l'échelle blanche mesure env. 1 mm.

Libération des halogènes au cours de la subduction

En contexte de subduction, les minéraux du métamorphisme océanique et les minéraux magmatiques reliques sont remplacés par les minéraux du faciès Schiste Bleu, puis Éclogite : glaucophane, lawsonite, rutile, puis omphacite et grenat. La transition amphiboles brunes/vertes en glaucophane, au début de la subduction s'accompagne d'une chute brutale des F et Cl dans une phase fluide pouvant métasomatiser le coin mantellique (fig. 3-11).



Par ailleurs, une seconde zone de libération des halogènes pourrait correspondre à la transition des faciès Schiste Bleu - Éclogite qui est contrôlée par la réaction glaucophane + épidote = omphacite + grenat + paragonite + quartz + vapeur et qui est responsable de la disparition massive du glaucophane, quoique ce minéral reste stable jusqu'à grande profondeur, mais en proportion modérée. La transformation progressive du sphène en rutile dans le faciès Schiste Bleu, jusqu'à la disparition complète du silicate à la transition avec le faciès Éclogite, s'accompagne également d'une libération de F qui est totalement absent du rutile.

Interaction métabasites - métasédiments

Quant aux sédiments riches en halogènes et FME (Éléments Mobiles dans les Fluides), leurs rôles dans le transfert de ces éléments vers le coin mantellique se limitent sans doute à de faibles profondeurs, car ils ne semblent pas être massivement enfouis au-delà du prisme d'accrétion. Mais ils pourraient cependant intervenir indirectement en contaminant les roches magmatiques : certaines études suggèrent en effet un enrichissement en FME des roches magmatiques par les fluides issus de la dévolatilisation des métasédiments, au niveau de la subduction (Garofalo, 2011 et Lafay *et al.*, 2013). Ainsi, les teneurs en Li des glaucophanes sont significativement plus élevées que celles des minéraux magmatiques et des minéraux du métamorphisme océanique. Ces concentrations encore plus fortes au contact métabasites – métasédiments, confirment que ces enrichissements sont bien liés à une contamination par les métasédiments dans le prisme d'accrétion.

La famille des amphiboles joue un rôle important dans le transfert de fluides et d'éléments à l'intérieur du globe en stockant, transportant et libérant les halogènes et certains FME tout le long du cycle de la lithosphère océanique. Elles jouent un rôle similaire et complémentaire de celui des minéraux des serpentinites, comme il est discuté dans l'article précédent. Il reste à déterminer comment ces éléments sont incorporés dans le coin mantellique et transportés jusqu'au site de la fusion partielle à l'origine du magmatisme d'arc.

■ C. NICOLLET et F. CATTANI

Lab. Magmas et Volcans, Univ. Blaise Pascal - CNRS - IRD, OPGC, 63038 Clermont-Ferrand, France

Fig. 3-11. – Analyses F-Cl des amphiboles et sphène des métamorphismes successifs d'un métagabbro du Queyras dans les conditions du faciès Schiste Bleu. Remarquez une chute massive des concentrations en halogènes entre les amphiboles brun/vert du métamorphisme océanique et le glaucophane, témoin de la subduction. Microphotographie en LPNA.