

Evolution Pression-Température-temps de l'éclogite de La Borie : Implications sur l'évolution géodynamique de la chaîne varisque

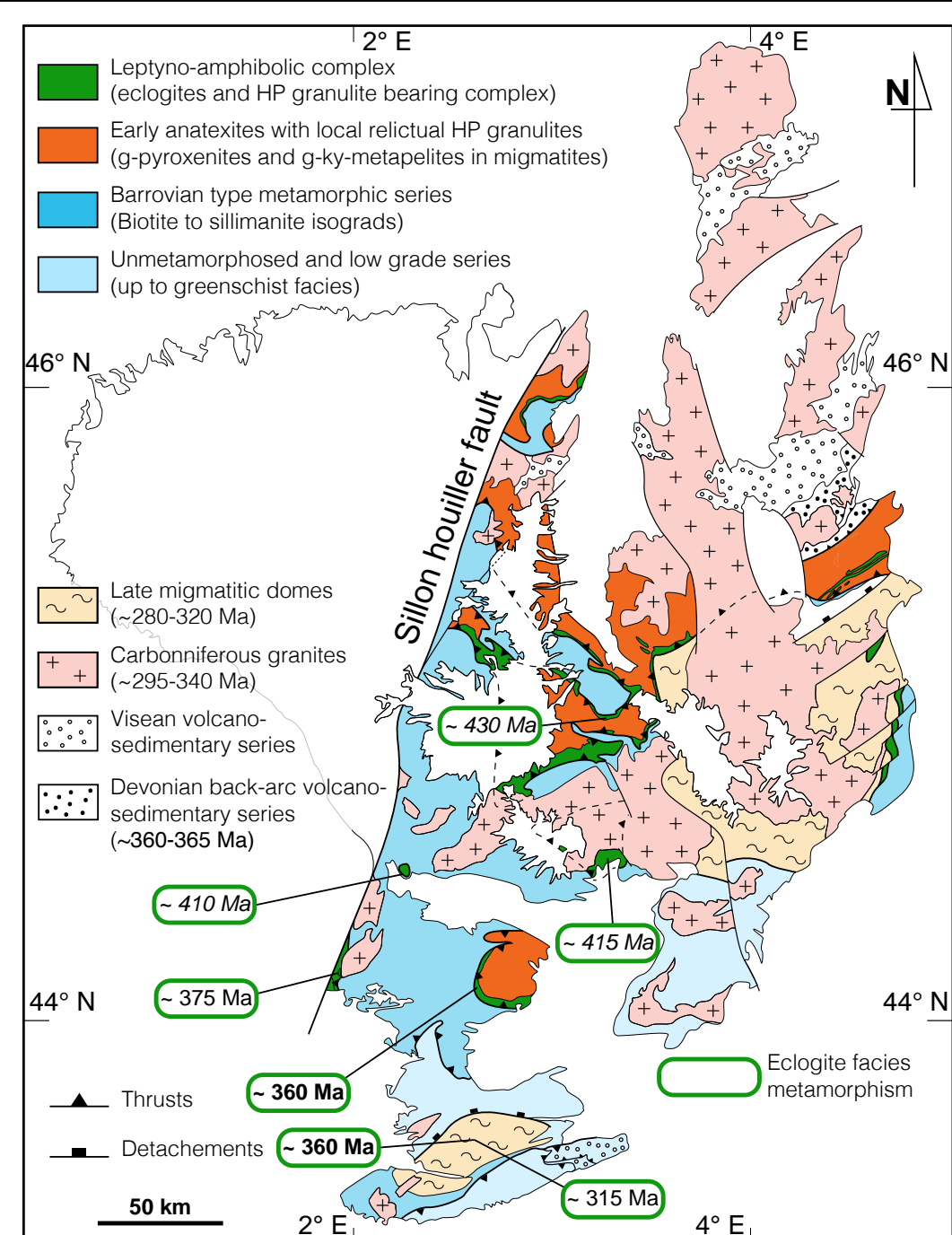
Luc de Hoÿm de Marien¹, Jean Van Den Driessche¹, Florence Cagnard², Pavel Pitra¹, Benjamin le Bayon²

¹Géosciences Rennes – Université de Rennes I, Observatoire des Sciences de l'Univers de Rennes, CNRS : UMR6118 –

campus de Beaulieu, 35042 Rennes cedex, France

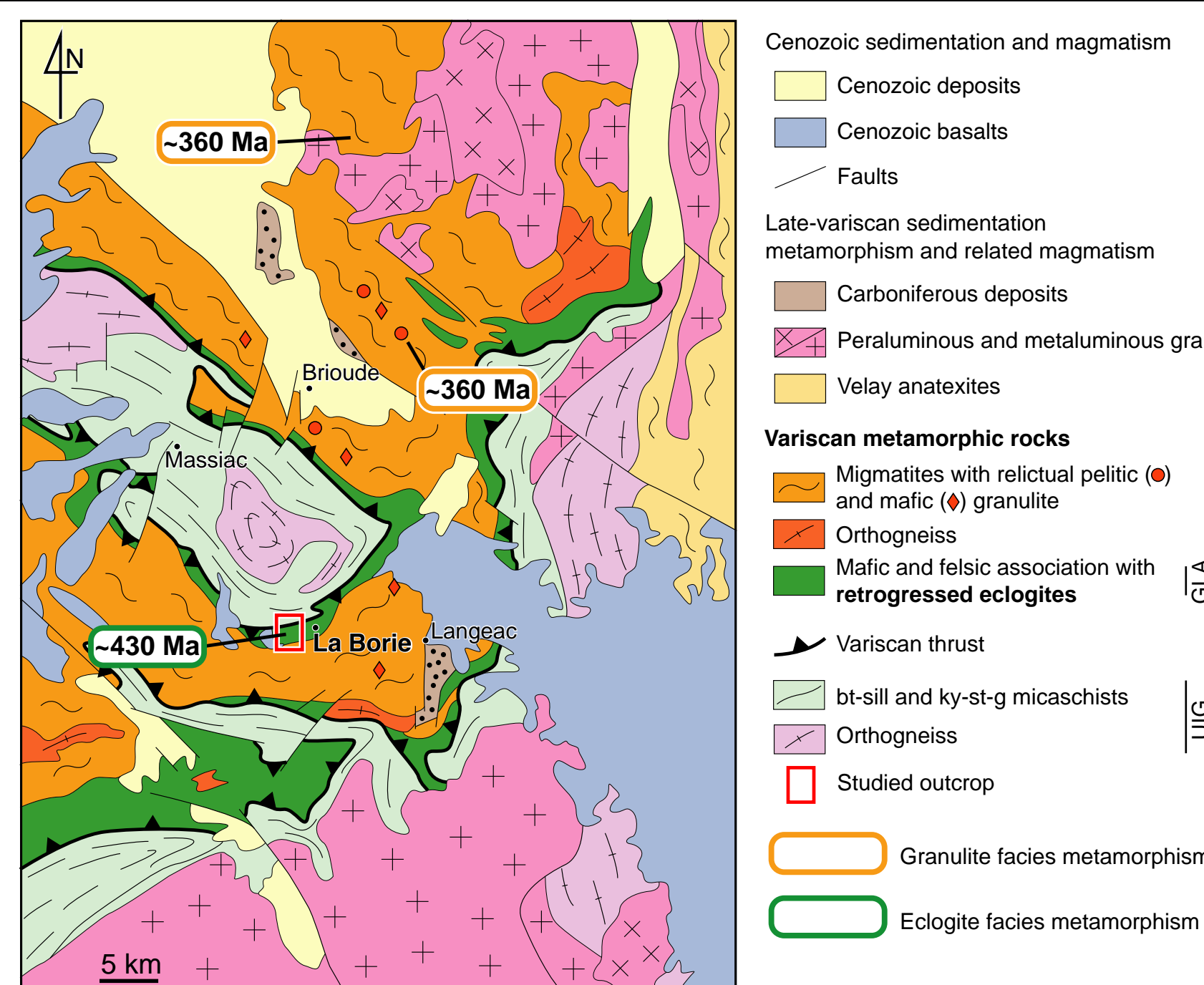
²Bureau de Recherche Géologique et Minière –

3 avenue Claude Guillemin, BP 36009, 45060 Orléans cedex 2, France



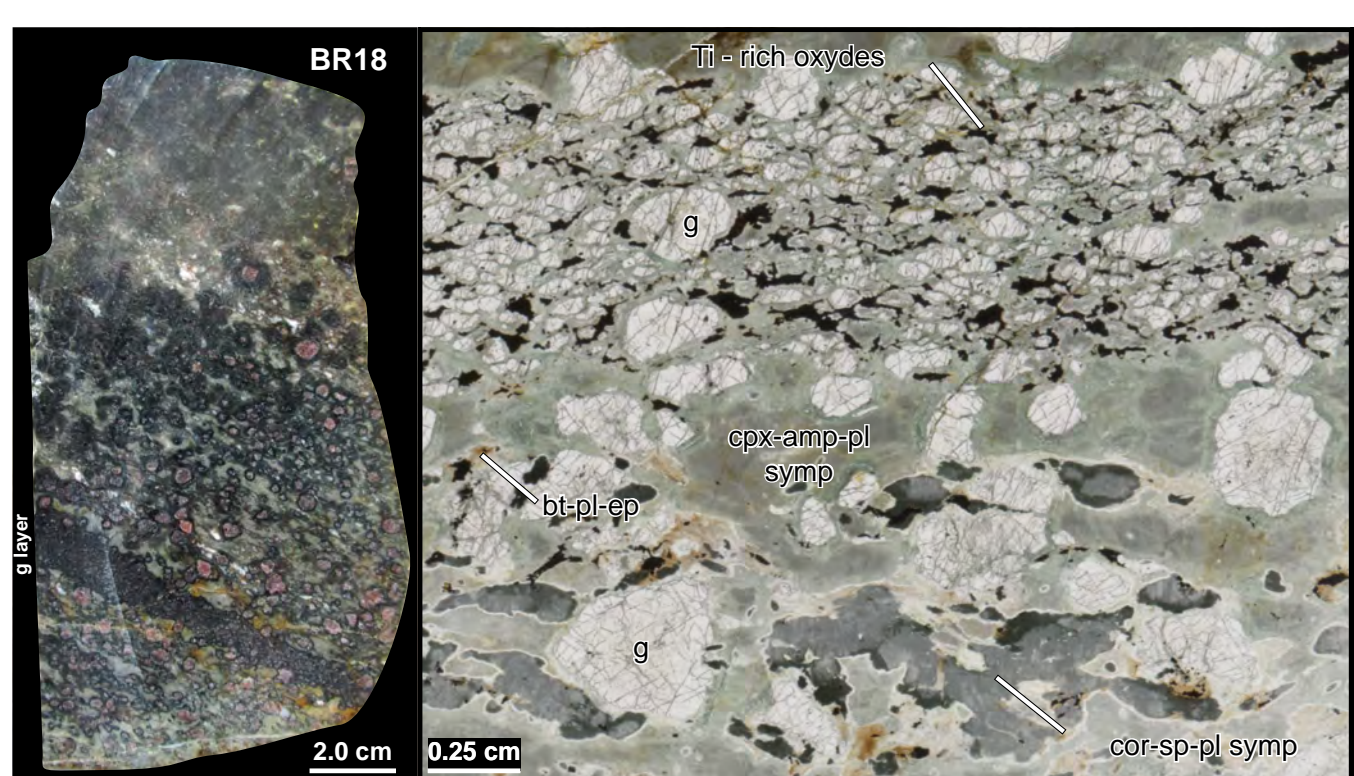
La chaîne varisque en France et particulièrement l'est du Massif Central illustre la difficulté de dater le métamorphisme de haute pression. En effet, plusieurs âges Siluriens (e.g. Paquette et al., 1995; Pin and Lancelot, 1982), Dévonien (e.g. Lotout et al., 2018; Lotout et al., *in prep*; Bretagne et al., *in prep*) et Carbonifères (Whitney et al., 2015) ont été proposés pour cet ou ces évènement(s). Les âges Siluriens de cette partie du Massif Central ont été remis en cause par Paquette et al., (2017) dans le Massif Armoricain car ils ne sont pas reproductibles par analyse ponctuelle. Par conséquent, la réévaluation des âges Siluriens du Massif Central (en italique sur la carte de gauche) est une priorité pour la compréhension de l'orogénèse varisque en France. Pour cela, nous avons entrepris la réinvestigation pétrochronologique de l'éclogite de la Borie dans le Haut-Allier.

Les traces de l'orogénèse varisque dans le Haut-Allier sont interprétées comme le résultat du chevauchement de l'Unité Supérieure des Gneiss (USG) sur l'Unité Inférieure des Gneiss (UIG). L'UIG est caractérisée par un métamorphisme dans le faciès des amphibolites et l'absence de haute pression et l'USG par la présence de reliques de haute pression. L'essentiel de l'USG est constituée de migmatites contenant des reliques de granulites. Ces granulites ont cristallisé autour de 11-13 kbar et 700-800°C il y a ~360 Ma (Gardien et al., 2011; Schulz, 2014). Les éclogites affleurent dans le Groupe Leptyno-Amphibolitique (GLA) situé à la base de l'USG. De précédentes études pétrologiques ont conclu à des conditions de cristallisation de l'ordre de 20 kbar pour 800°C (Pin and Vielzeuf, 1988) atteintes il y a 430 ± 20 Ma (Ducrot et al., 1983) dans les éclogites de La Borie.



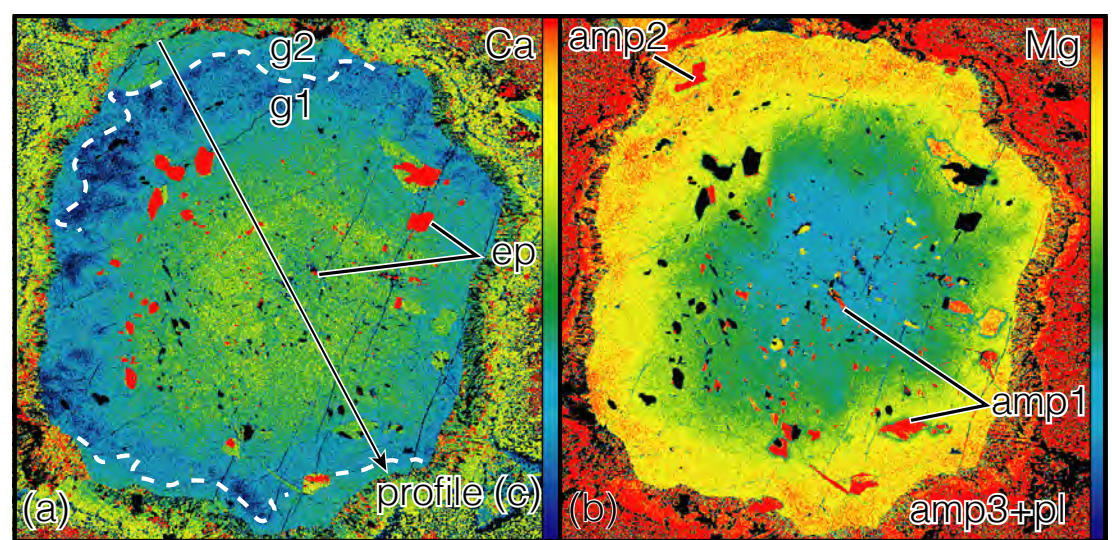
Références :
 Ducrot J, Lancelot JR, Marchand J. 1983. Datation U-Pb sur zircons de l'éclogite de La Borie (Haut-Allier, France) et conséquences sur l'évolution ante-hercynienne de l'Europe occidentale. Earth and Planetary Science Letters. 62(3):385-94
 Gardien V, Vanderhaeghe O, Amaud N, Cocherie A, Grange M, Lécuyer C. 2011. Thermal maturation and exhumation of a middle orogenic crust in the Livradois area (French Massif Central). Bulletin de la Société Géologique de France. 182(1):5-24
 Lotout C, Pitra P, Poujol M, Anczkiewicz R, Van Den Driessche J. 2018. Timing and duration of Variscan high-pressure metamorphism in the French Massif Central: A multimethod geochronological study from the Najac Massif. Lithos. 308-309:381-94
 Paquette JL, Monchoux P, Couturier M. 1995. Geochemical and isotopic study of a norite-eclogite transition in the European Variscan belt. Implications for U/Pb zircon systematics in metabasic rocks. Geochimica et Cosmochimica Acta. 59(8):1611-22
 Pin C, Lancelot J. 1982. U-Pb dating of an early paleozoic bimodal pluton in the French Massif Central and of its further metamorphic evolution. Contr. Mineral. and Petrogr. 79(1):1-12
 Pin C, Vielzeuf D. 1988. Les granulites de haute pression d'Europe moyenne témoignent d'une subduction eo-hercynienne; implications sur l'origine des groupes leptyno-amphibolitiques. Bulletin de la Société Géologique de France. IV(1):13-20
 Schulz B. 2014. Early Carboniferous P-T path from the Upper Gneiss Unit of Haut-Allier (French Massif Central) - reconstructed by geothermobarometry and EMP-Th-U-Pb monazite dating. J Geosci. 59(4):327-49
 Whitney DL, Roger F, Teysier C, Rey PF, Respaud J-P. 2015. Syn-collapse eclogite metamorphism and exhumation of deep crust in a migmatite dome: The P-T record of the youngest Variscan eclogite (Montagne Noire, French Massif Central). Earth and Planetary Science Letters. 430:224-34

Etude pétrochronologique



Les éclogites (roche hôte) contiennent des niveaux particulièrement riches en grenat.

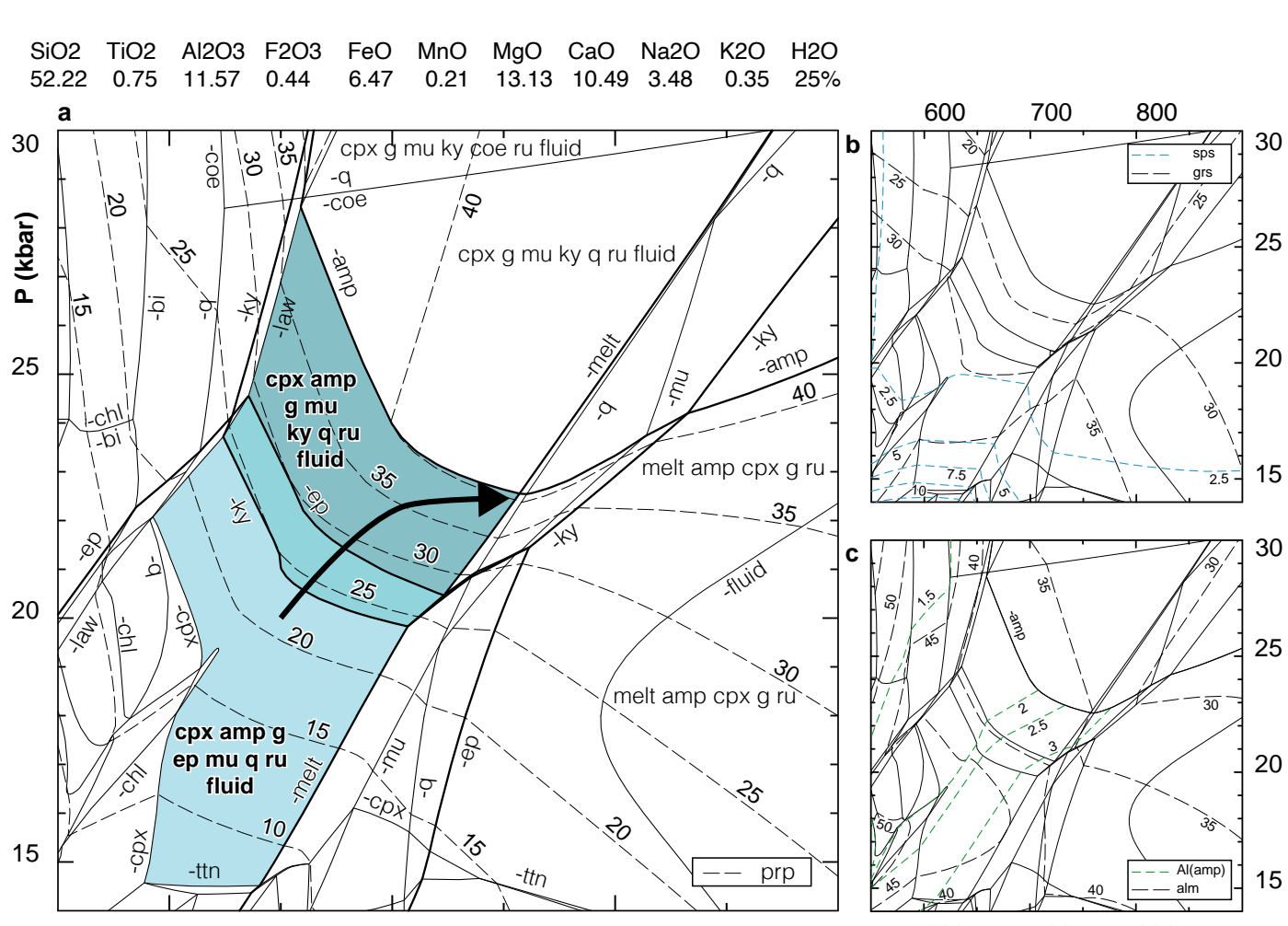
L'essentiel de la roche est partiellement rétro-morphosé et préserve plusieurs stades de l'évolution métamorphique. Les grenats sont les cristaux les plus anciens de la roche. La nature des symplectites suggère la présence d'anciens cristaux d'omphacite, de disthène et de muscovite. La matrice contient aussi du rutile, de l'apatite et du zircon.



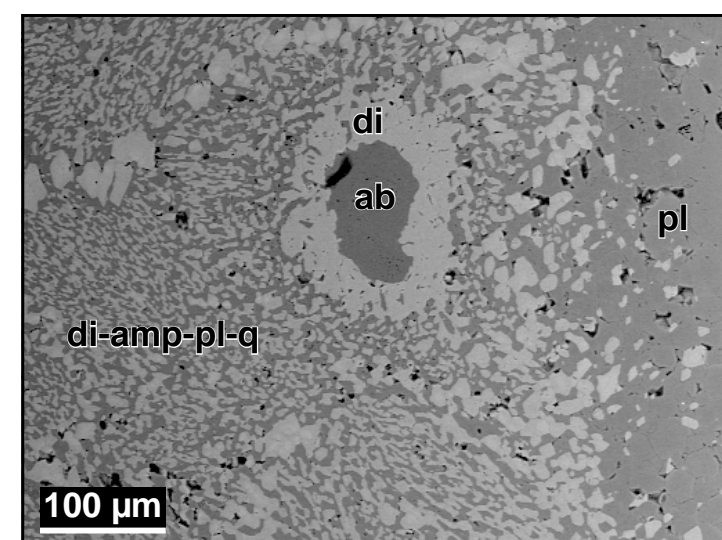
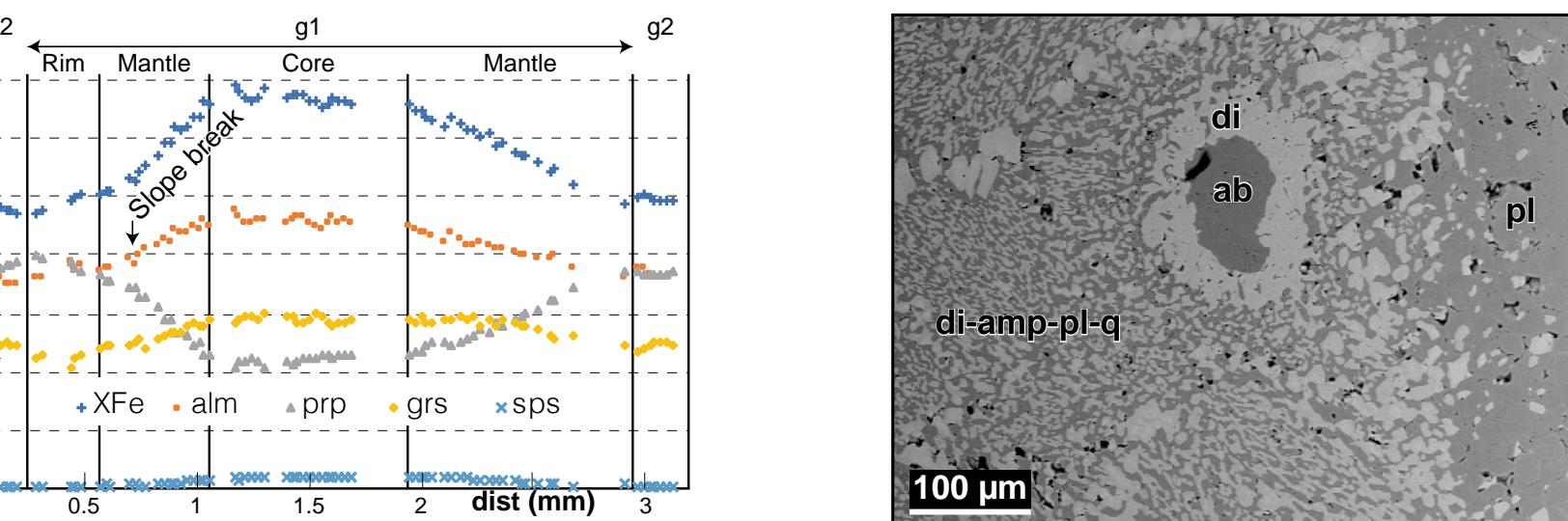
La nature, la forme et la taille des inclusions définissent le cœur, le manteau et la bordure du grenat. Le motif des inclusions souligne la zonation prograde du grenat. Une discontinuité irrégulière de la proportion de grossulaire traduit deux évènements de cristallisation du grenat séparés par une période de résorption.

Dans le grenat 1, l'épidote et l'amphibole sont abondants au cœur et disparaissent vers la bordure; le disthène apparaît dans le manteau et la bordure contient essentiellement du rutile.

Le grenat 2 est caractérisé par la présence d'omphacite xénomorphe et d'amphibole automorphe.



Dans une pseudosection, calculée pour la composition de la roche hôte, la séquence de cristallisation et la zonation de croissance du grenat traduisent une augmentation de pression et de température.

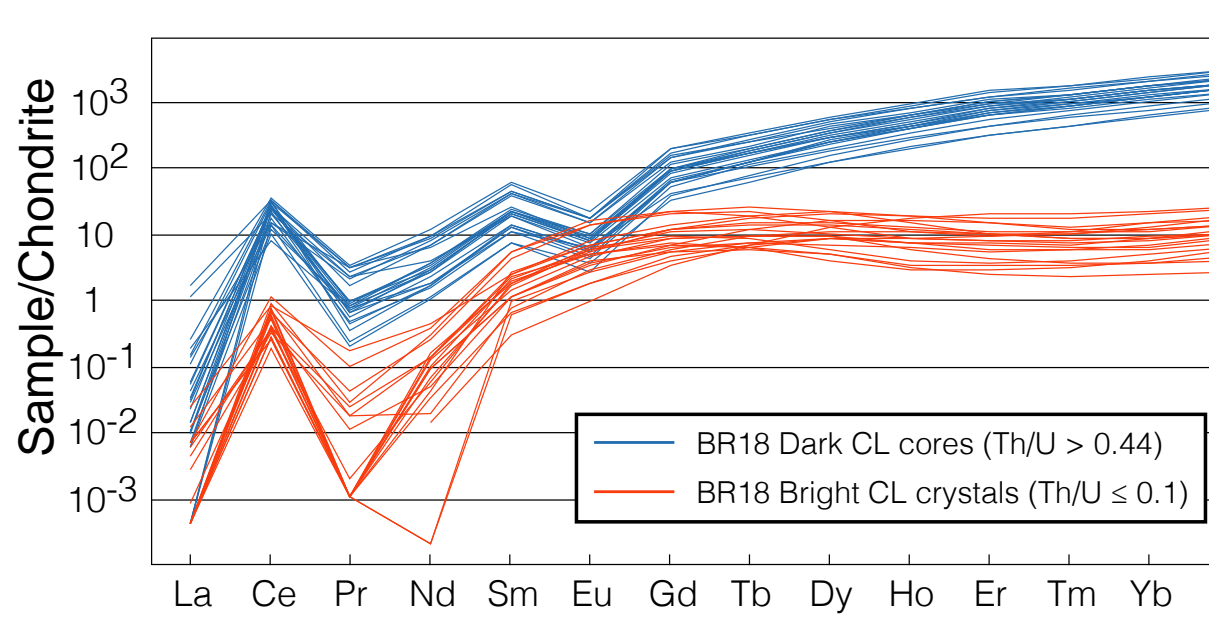
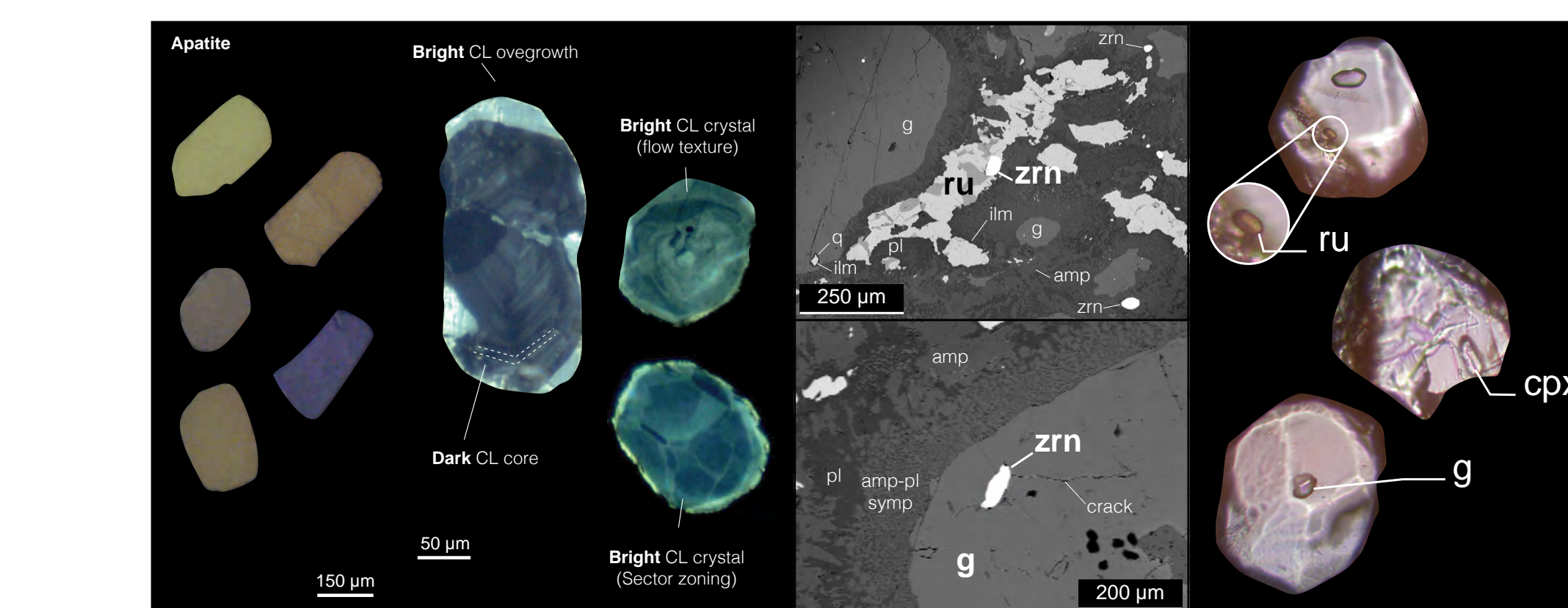


Des cristaux d'albite dans la matrice sont interprétés comme contemporains de la cristallisation du grenat 2.

Trois stades de métamorphismes définis :

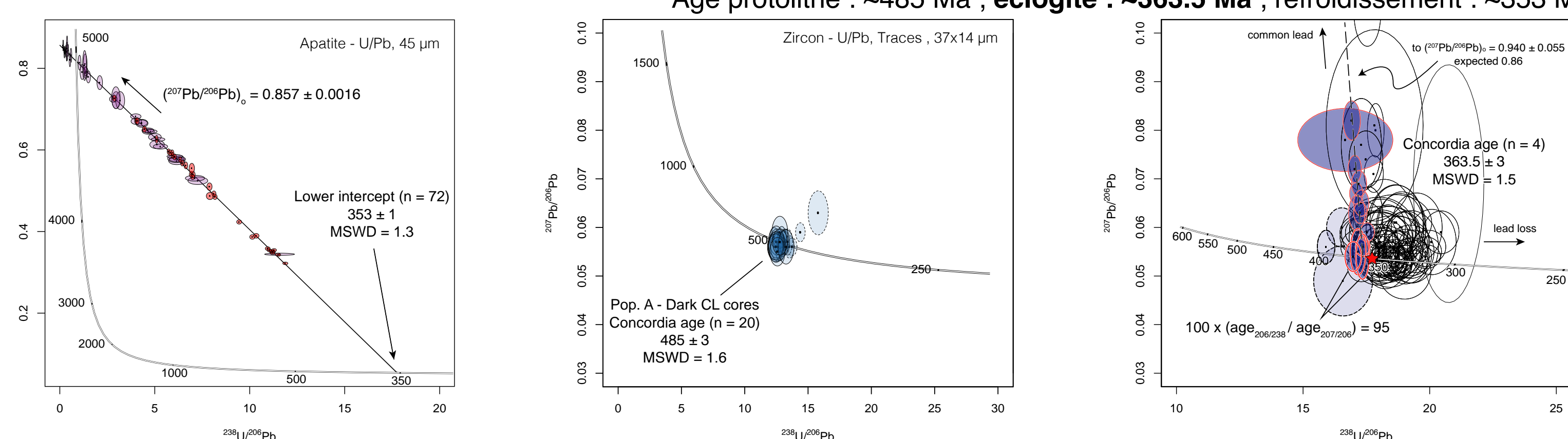
- M1 : ep-amp-g1-cpx-mu-q-ru
- g1-cpx-mu-ky-q-ru
- M2 : g2-ab-amp-cpx (+?)
- M3 : symplectites diverses

La séquence de cristallisation et de résorption du grenat, de l'amphibole et du clinopyroxène ainsi que l'apparition de cristaux d'albite sont expliqués par une augmentation de température isobare puis une décompression isotherme.

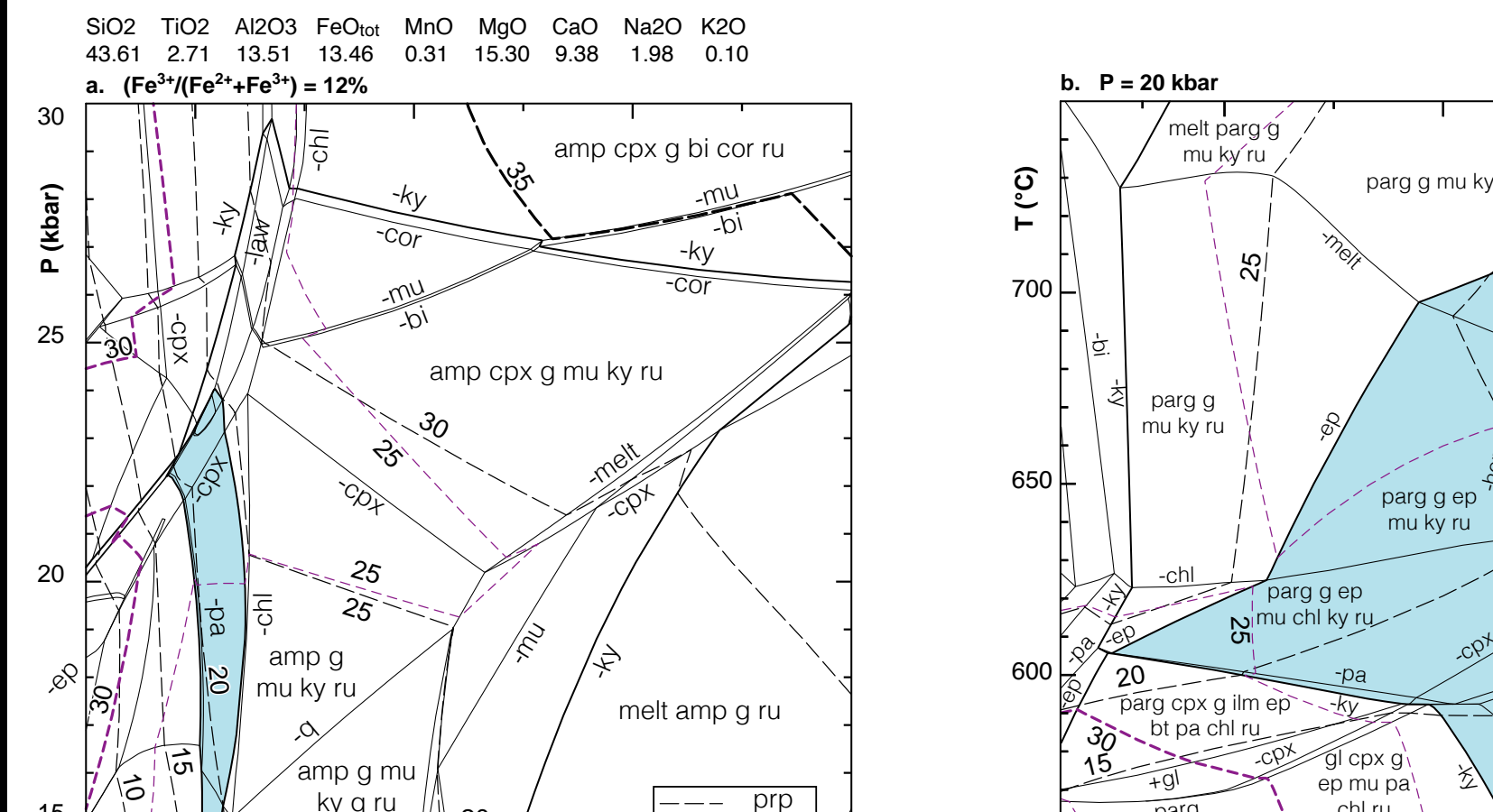
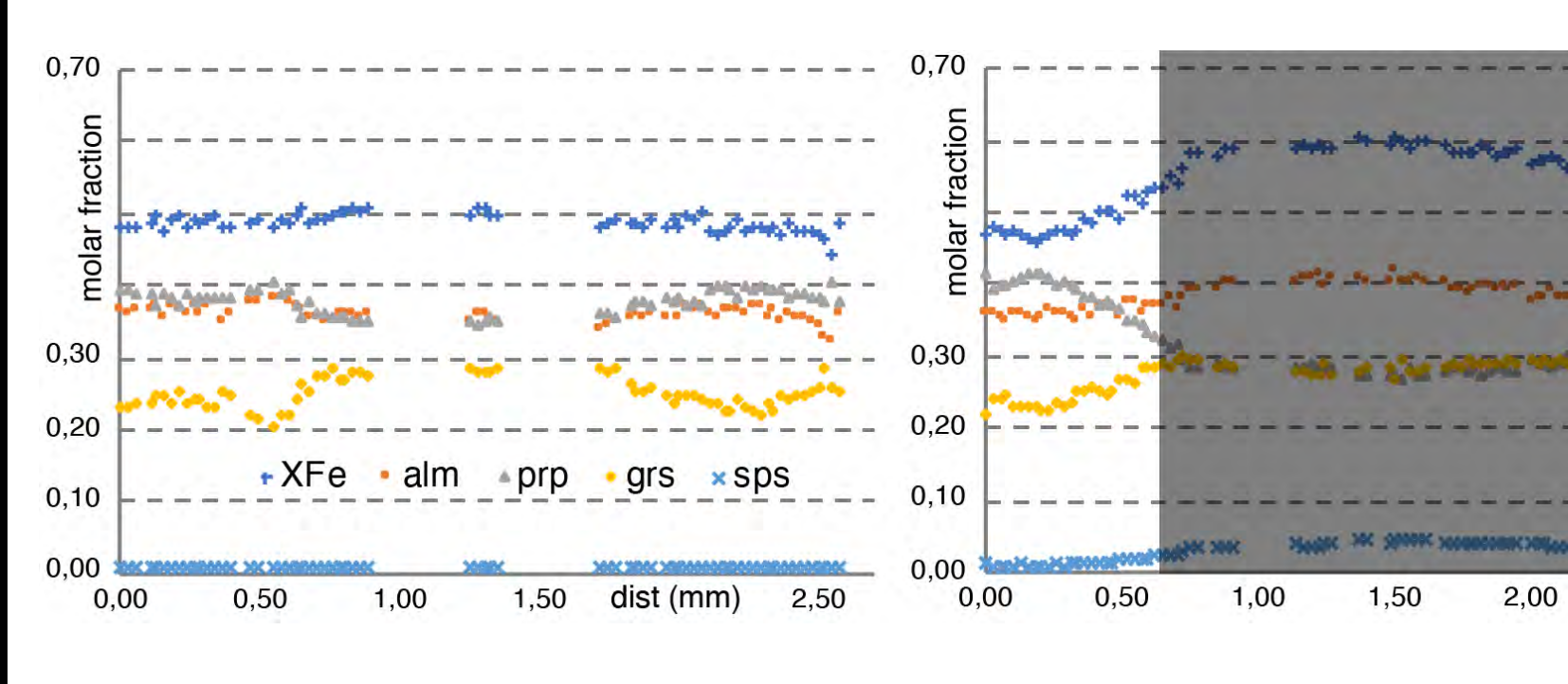
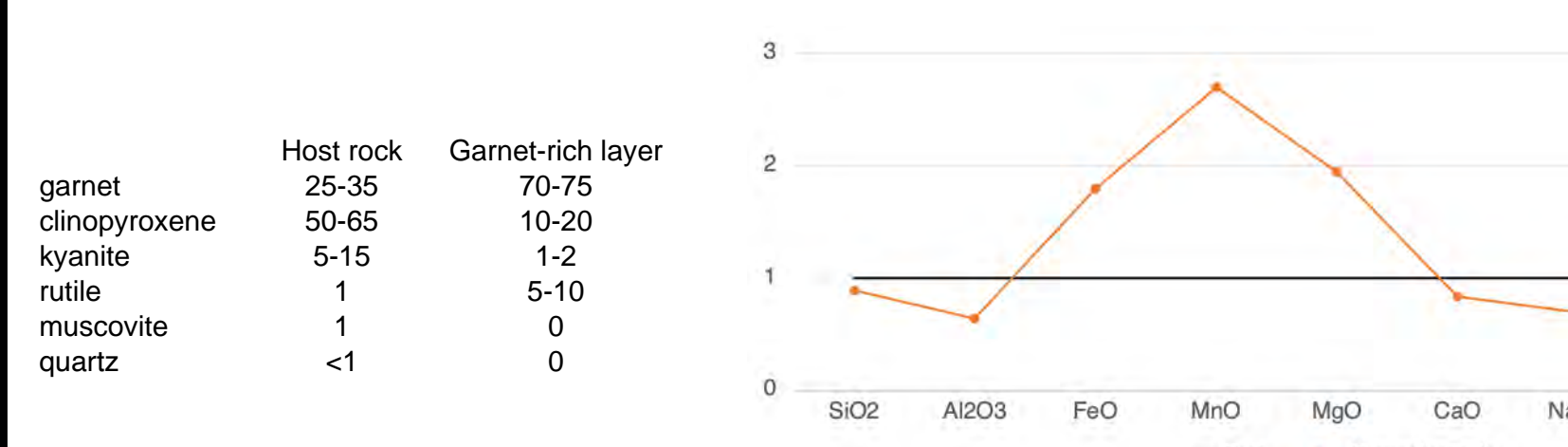


En cathodoluminescence, les cristaux d'apatite présentent des teintes variables à l'échelle de la population mais sont homogènes à celle du grain. Deux familles de zircons sont distinguées en CL :
 - Zircons sombres : zonation oscillatoire, Th/U > 0.44; spectre REE "magmatique";
 - Zircons brillants : textures typiquement métamorphiques, Th/U ≤ 0.1, inclusions de minéraux de haute pression, spectre REE "éclogitique", T ~ conditions du pic de métamorphisme.

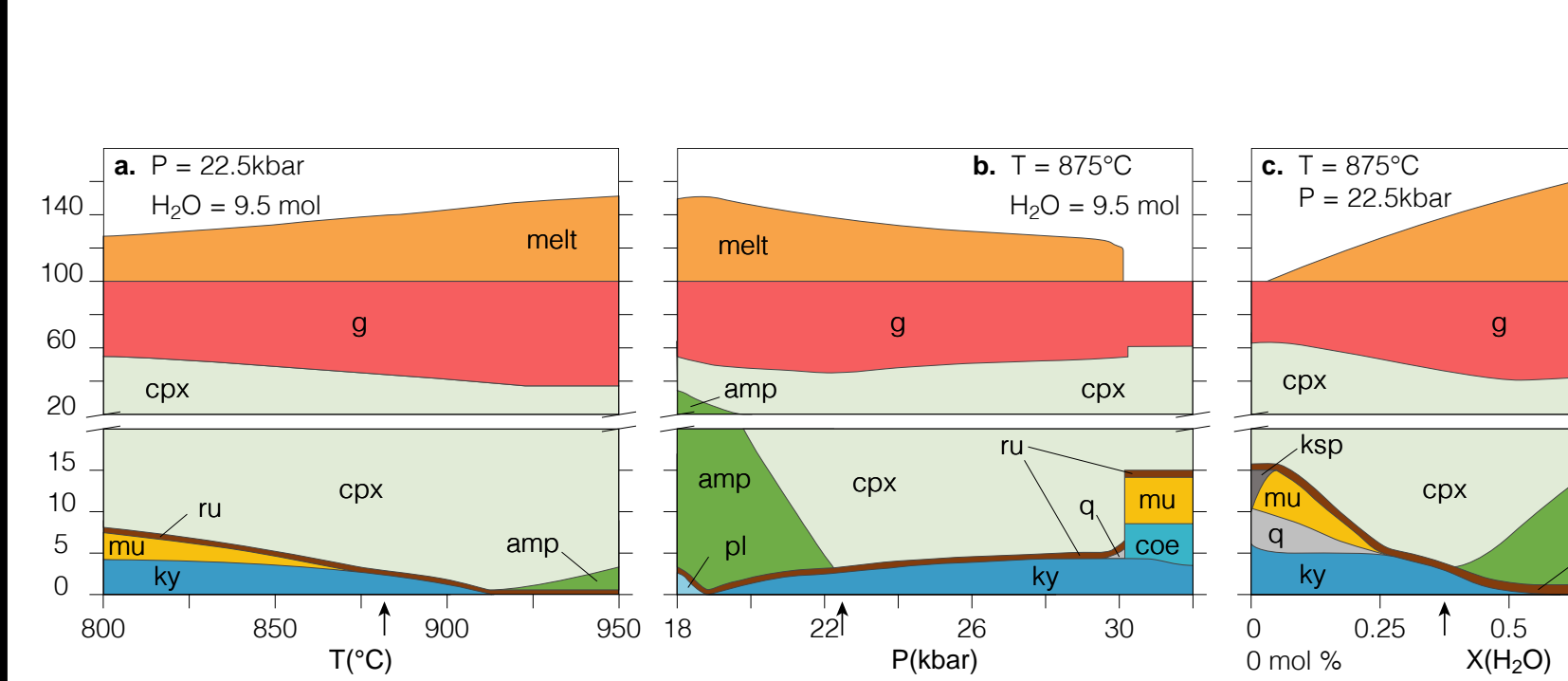
Age protolithique : ~485 Ma ; éclogite : ~363.5 Ma ; refroidissement : ~353 Ma



Analyse pétrogénétique des niveaux à grenats



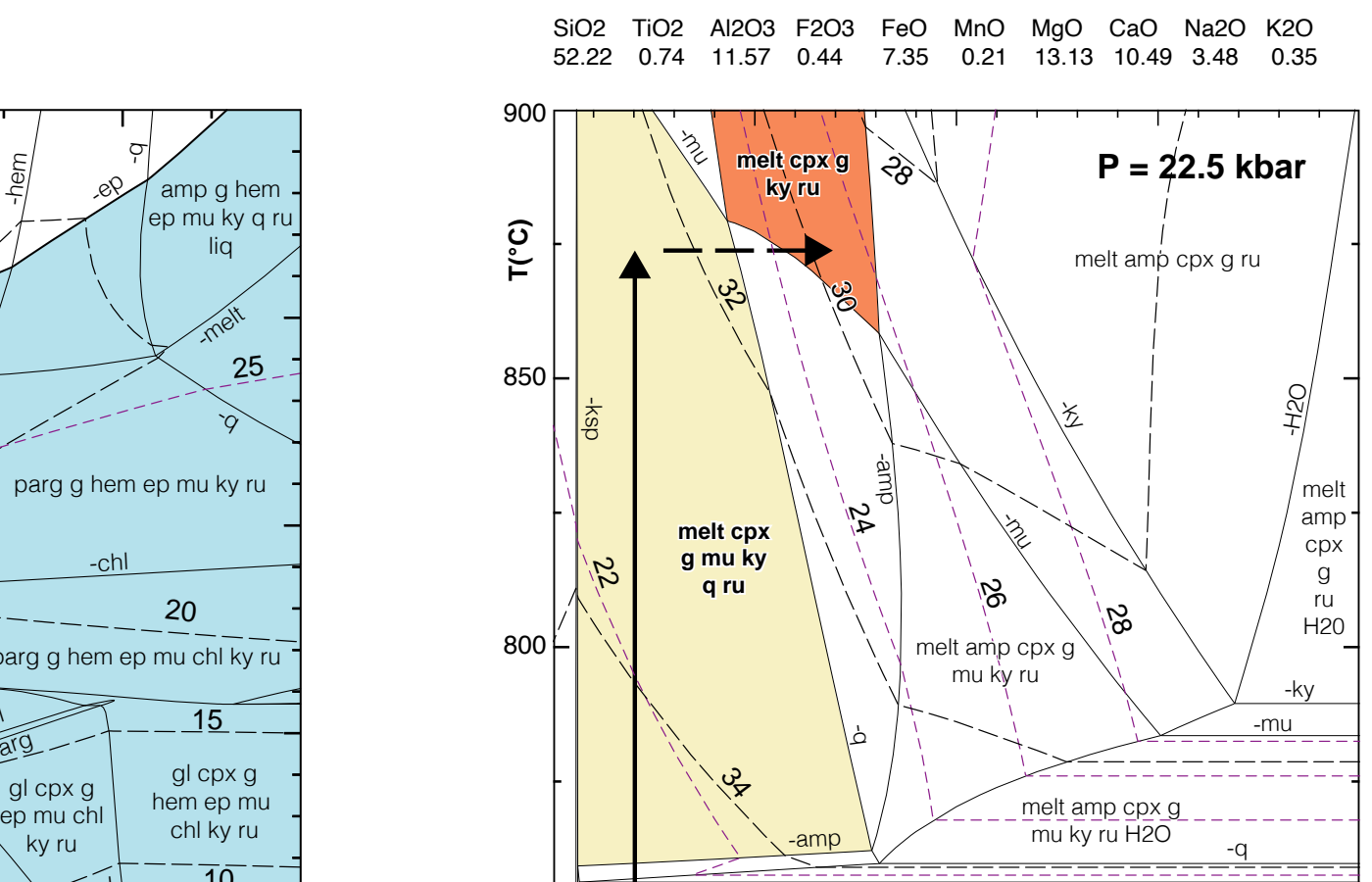
Hypothèse 1 : métamorphisme d'un cumulat permet pas de reproduire les observations (co-stabilité de l'épidote, de l'amphibole et du disthène avec un grenat constitué de 30% de grossulaire et de 35% de pyrope).



L'enrichissement en clinopyroxène, disthène, muscovite et quartz dans certains niveaux de la roche peuvent être expliqués par le métamorphisme d'un cumulat à l'interface, OU, comme le résultat de la fusion partielle de la roche suivie de l'extraction des liquides magmatiques.

Les grenats du niveau à grenat présentent une zonation similaire au manteau et à la bordure des grenats de la roche "hôte".

Ils contiennent aussi les mêmes inclusions d'épidote, amphibole et disthène.



Hypothèse 2 : fusion partielle Au contraire, en utilisant la composition de la roche "hôte" une variation de la quantité d'eau au pic des conditions du métamorphisme permet d'expliquer les deux paragenèses observées.

La variation des paramètres T, P et X(H2O) dans le résidu solide de la roche reproduit une augmentation de la quantité de grenat.

Les conditions de T ~875°C, P ~22.5 kbar et ~X(H2O)~9mol% sont les plus appropriées pour reproduire les observations.

Conclusions & implications tectoniques

- Le trajet pression température représente une évolution horaire notamment caractérisée par une augmentation de température isobare suivie d'une décompression globalement isotherme (refroidissement limité).
- Les zircons métamorphiques indiquent l'âge du métamorphisme éclogitique à environ 363.5 Ma. Cet âge est proche de l'âge des éclogites du sud du Massif Central et des granulites du Haut-Allier.
- Les zircones riches en grenat de la roche pourraient traduire la fusion partielle de la roche dans des conditions d'hydratation partielle qui résulte de la circulation localisée d'un fluide aqueux.

