

# LES XÉNOLITHES DU VOLCAN DE BOURNAC (VELAY ORIENTAL)

Daniel Levert, membre de la Commission de volcanisme de la SAGA.

## 2<sup>e</sup> partie Étude pétrographique de nos trois groupes de xénolites

La synthèse de l'étude bibliographique de l'histoire géodynamique de la croûte inférieure, présentée lors de la première partie de ce compte rendu publiée dans la *Saga Information* du mois de juillet dernier, est absolument nécessaire si l'on veut, au microscope, non seulement comprendre les raisons de la présence des différents minéraux des paragenèses, mais aussi tenter d'identifier l'origine et la nature des principaux événements vécus par les trois groupes de xénolites.

Nous essayons maintenant dans notre étude, limitée et simplifiée, de comprendre l'origine de la roche et

d'identifier quelques phénomènes pétrologiques remarquables résultant de ses trajets prograde puis rétrograde.

Ces roches se ressemblent par leur paragenèse, bien que les proportions quantitatives de leurs minéraux varient dans de larges limites. Les minéraux principaux sont : quartz (Qtz), feldspath plagioclase (Pl), feldspath potassique (Kfs), silicates d'alumine (cyanite, Ky) et/ou sillimanite (Sill), grenat (Grt) et biotite (Bt). Parmi les minéraux accessoires : rutile (Rt) et corindon (Crn).

La grille pétrogénétique (figure 7) indique les domaines de stabilité des différents assemblages des minéraux principaux ainsi que celui du silicate d'alumine polymorphe  $Al_2SiO_5$ .

### Examen micrographique des roches du Groupe 1

Au microscope, le minéral qui domine dans le Groupe 1 est le grenat, avec environ 30 % des cristaux. Ce sont des grenats almandins-pyropes, leur taille variant de 0,5 à 5 mm. Ils sont tous fracturés et souvent faiblement coronitisés.

Ces grenats reposent sur une matrice de quartz très abondant, de pyroxène, de feldspath plagioclase et de sillimanite (figures 8 et figure 9).

Les cristaux de la matrice ont subi une recristallisation polygonale qui leur confère une structure granoblastique et ne sont donc plus mécaniquement déformés, ce qui est caractéristique d'un métamorphisme de haute température propre aux granulites.

Ces hautes températures se situent dans la zone de transformation des polymorphes du silicate d'alumine  $Al_2SiO_5$  : disthène (Ky)  $\leftrightarrow$  sillimanite (Sill), la sillimanite est majoritaire dans nos conditions (figure 10).

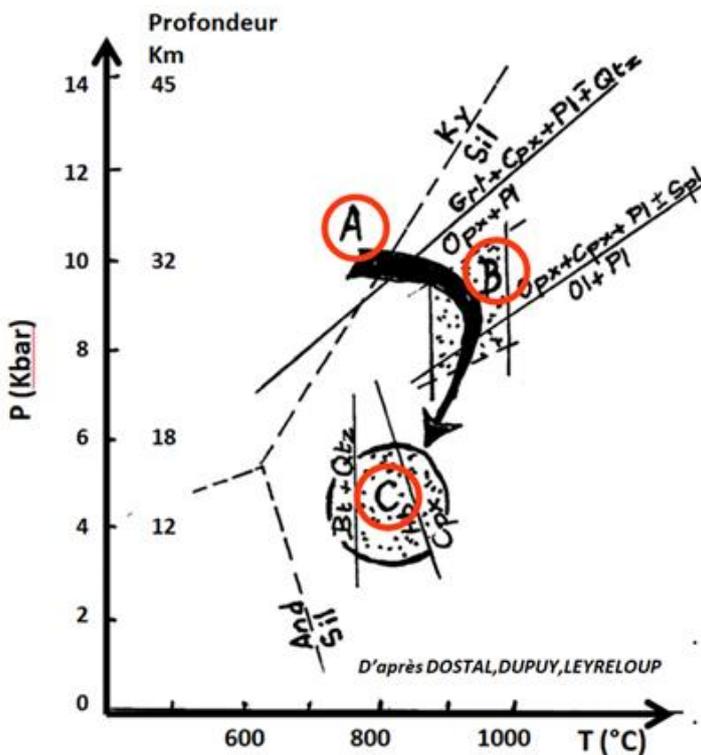
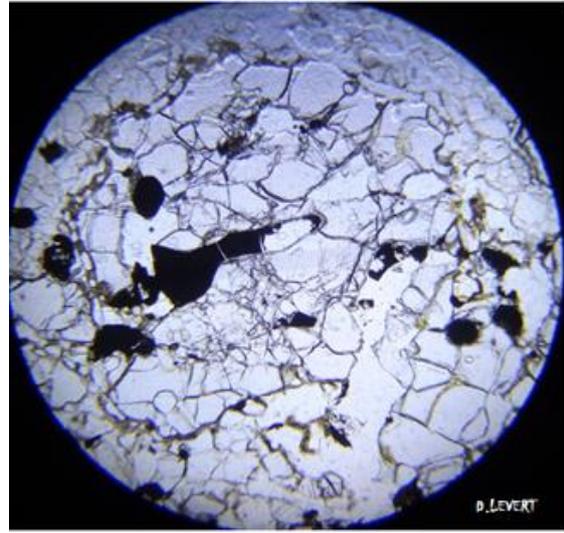
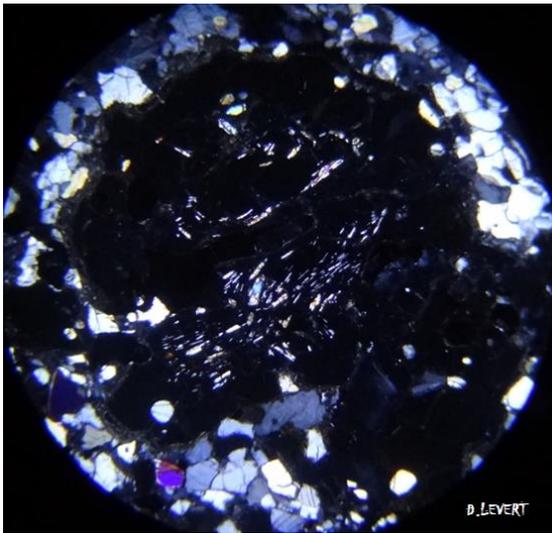


Figure 7. Principales étapes P-T des xénolites de Bournac dans une grille pétrogénétique.



Figures 8. B 13, base 4 mm, LPA et LPNA. Phénoblaste de grenat hélicitique de 4 mm, fracturé, contenant du spinelle et des petites inclusions fluidales, notamment de feldspath et de pyroxène.

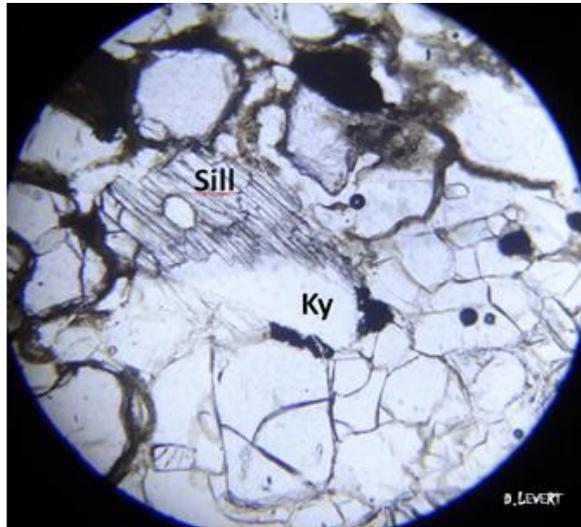
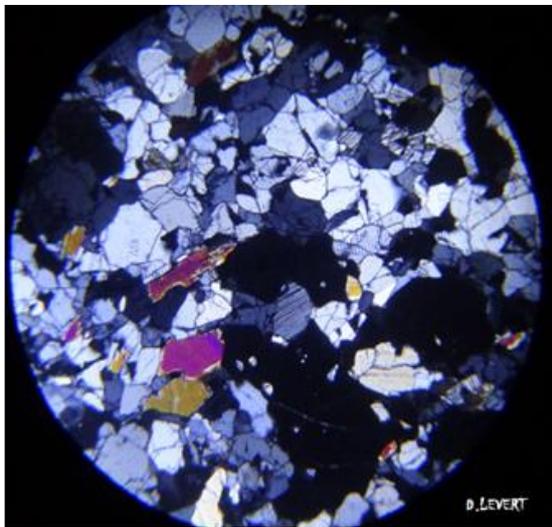


Figure 9. B 21. Base 4 mm, LPA. Grenats sur matrice grano-blastique recristallisée de quartz, plagioclase et pyroxènes.

Figure 10. B 22. Base 2 mm, LNPA. Transformation du disthène (Ky) en sillimanite (Sill).

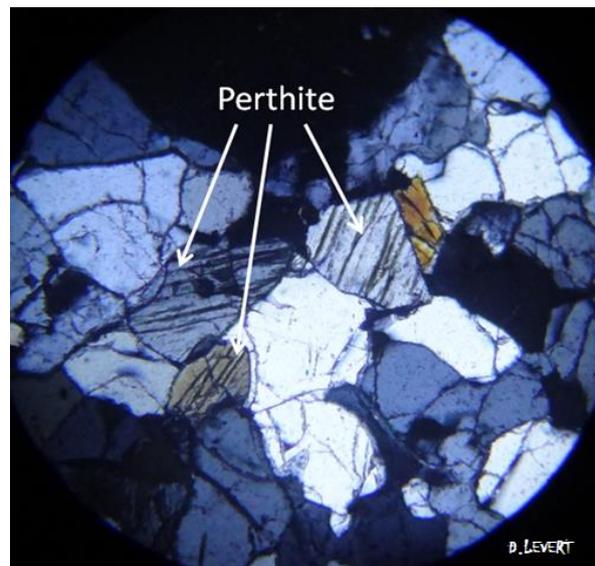
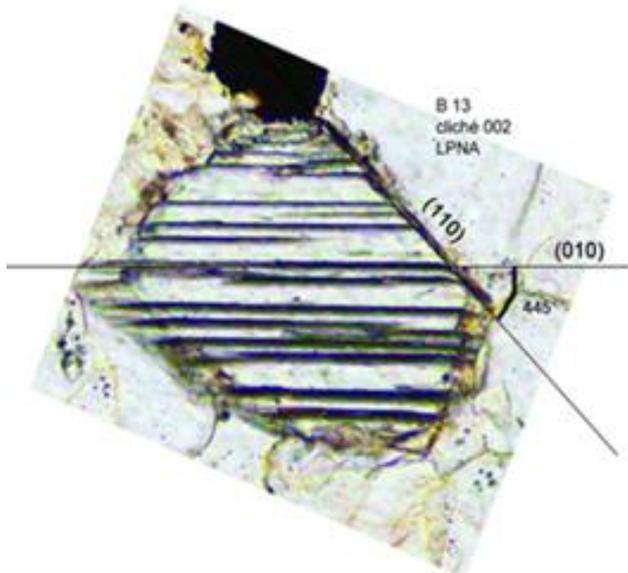


Figure 11. B 22. Caractérisation de la sillimanite par les propriétés géométriques du cristal (par D. Rossier).

Figure 12. B 21. Base 2 mm, LNA. Feldspaths alcalins perthitiques.

Les cristaux de sillimanite prismatique sont fréquents (environ 3 %) et bien repérables par leurs caractéristiques cristallines : clivages uniques (110) à 45° par rapport aux faces (010) du prisme orthorhombique en section basale (figure 11). La réfringence est forte et la biréfringence en position parallèle aux plans de la zone (110) est moyenne (0,023).

Les perthites sont composés de cristaux de Kfs (orthose) dans lesquels précipite à l'état solide, dans certains plans cristallins, de l'albite, feldspath sodique.

Ces roches métamorphiques ont atteint de hautes températures, entre 800 °C et 1 000 °C. Habituellement les roches, lorsqu'elles sont hydratées, devraient fondre dans ces conditions ; cependant, les roches de la croûte inférieure (catazone) sont fortement anhydres et leur liquidus est repoussé vers de plus hautes températures. Dans notre xénolite B22, nous observons le phénomène de démolition rectangulaire des cristaux, déjà signalé par Lacroix en 1893, comme étant le préalable à leur fusion (figure 13). Cette roche était donc au voisinage immédiat de son liquidus.

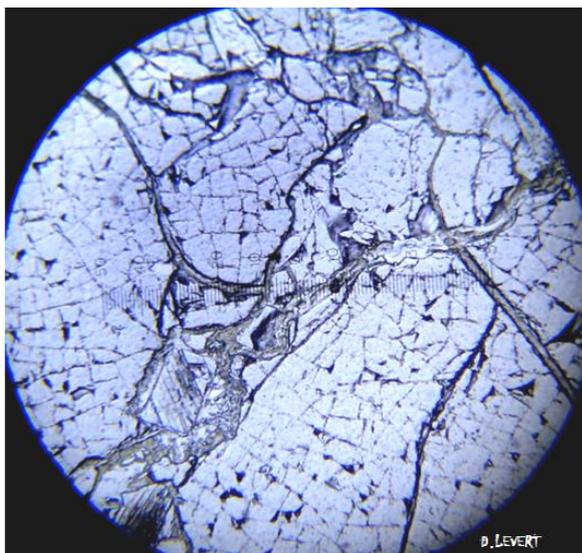


Figure 13. B 22. Base 2 mm, LPNA. Démolition rectangulaire des cristaux, préalable à leur fusion.

### Conclusion pour le Groupe 1 des xénolites

C'est un groupe de xénolites granulitique de haute température et moyenne pression passé par le point B (figure 7). En raison de la présence de grenats  $Fe_3Al_2(SiO_4)_3$ , contenant de l'aluminium, le protolithe devait être méta-sédimentaire.

La transformation métamorphique très avancée de la plupart des cristaux de cyanite indique que la roche a connu le domaine de la cyanite mais aussi une seconde phase de métamorphisme vers les hautes températures au point d'approcher son liquidus avec pour conséquence la démolition rectangulaire.

Cependant, cette roche anhydre, qui manifeste une légère kélyphitisation des grenats, n'a pas évolué vers un rétro-morphisme poussé.

Dans la classification d'André Leyreloup, c'est un gneiss khondalito-kinzigitiques (figures 6, *id.* pages 30 et 31) car à forte teneur en quartz, avec de beaucoup plus faibles teneurs en feldspath alcalin et plagioclase.

### Examen micrographique des roches du Groupe 2

L'examen des roches et des lames minces (figure 14) révélait une couleur brun-vert particulière à ce Groupe 2. L'examen en lame mince apporte deux informations d'importance sur cette roche exposée initialement aux conditions du faciès granulite :

- 1, les minéraux sont en état d'évolution métamorphique rétrograde très marqué ;
- 2, les minéraux brun-vert sont des néo-amphiboles.

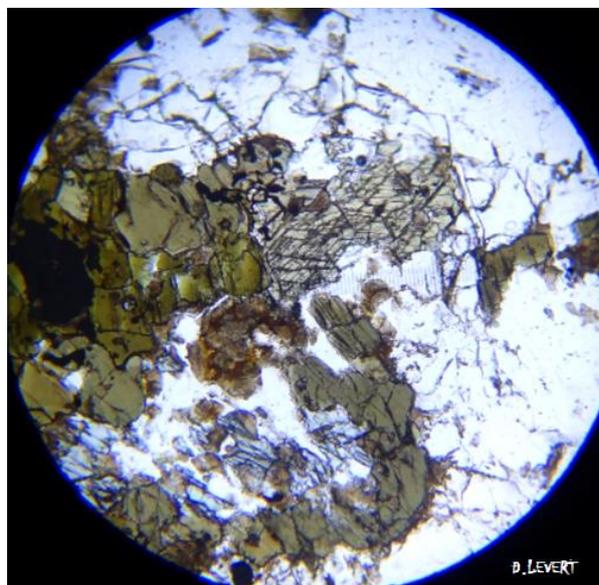
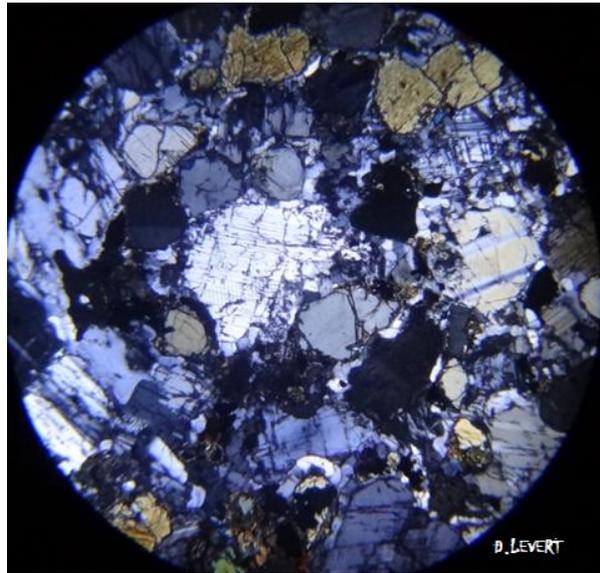
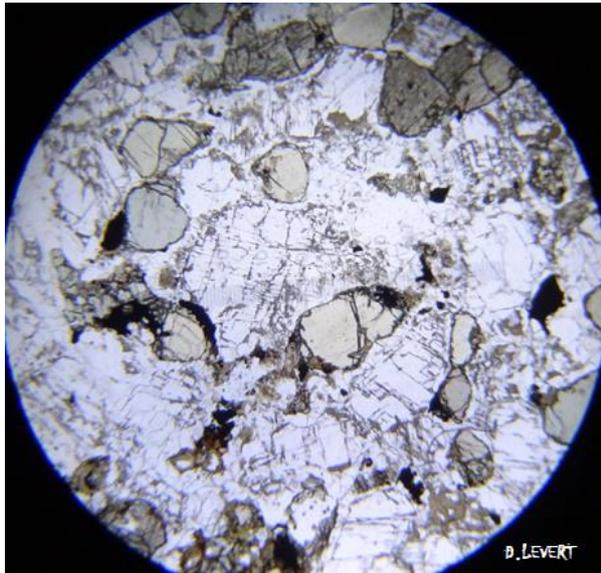


Figure 14. B17. Base 2 mm, LPNA. L'angle de clivage des amphiboles à 120° est particulièrement bien visible sur une section basale.

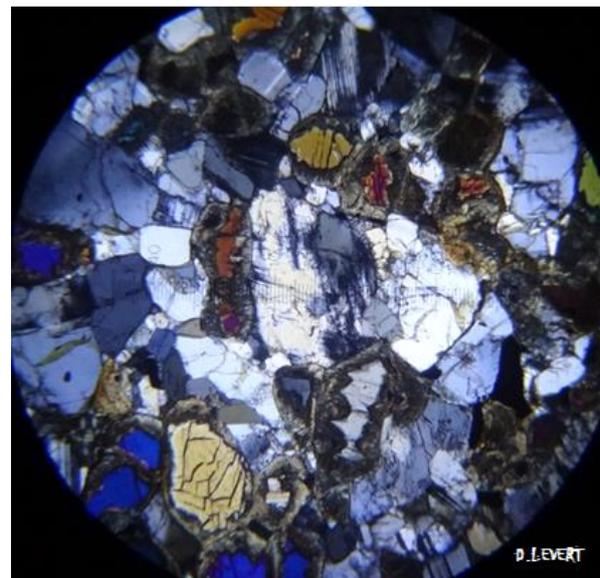
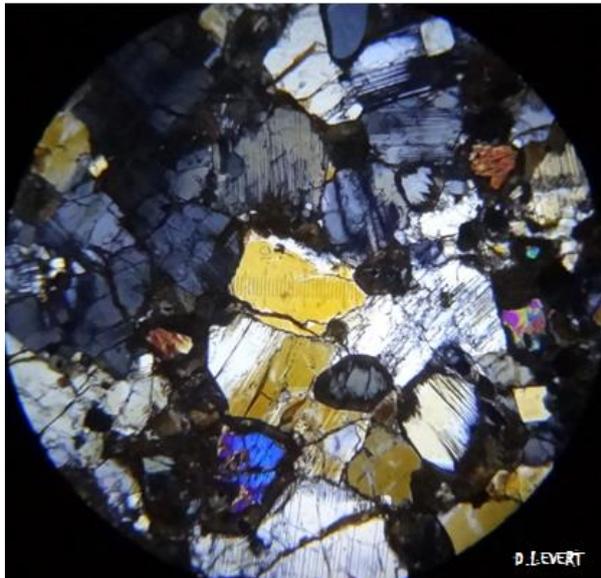
Comme l'amphibole ne pouvait pas exister dans les conditions du faciès granulite, elle ne peut résulter (figure 15) que de réactions métamorphiques rétrogrades ; on doit noter que ces néo-amphiboles sont très présentes.

Il y a abondance de cristaux millimétriques de feldspath plagioclases altérés, non pas céricitisés, qui présentent les macles polysynthétiques généralement marquées par des brisures. Ces grands plagioclases, estimés à 40 % du volume, sont en voie de résorption à leur périphérie qui est garnie de très nombreux néo-cristaux polyédriques de petite taille (figure 16).

La dégradation des grands plagioclases, puis l'apparition de toute une population de petits néo-cristaux



Figures 15. B17. Base 4 mm, LPNA et LPA. Les plagioclases millimétriques sont tous altérés et entourés de petits néo-cristaux polyédriques, ainsi que de plus gros cristaux de pyroxènes.



Figures 16. B03. Base 4 mm, LPA. Les plagioclases sont altérés et de plus gros cristaux de pyroxènes (Cpx), dont des augites altérées, sont visibles au voisinage du centre des photos.

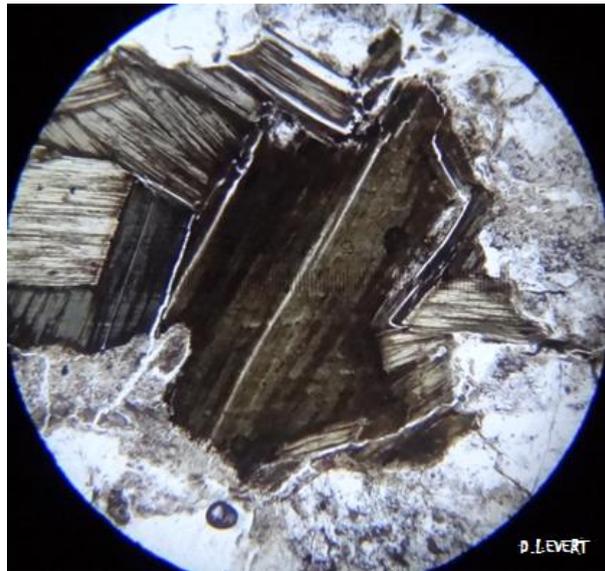
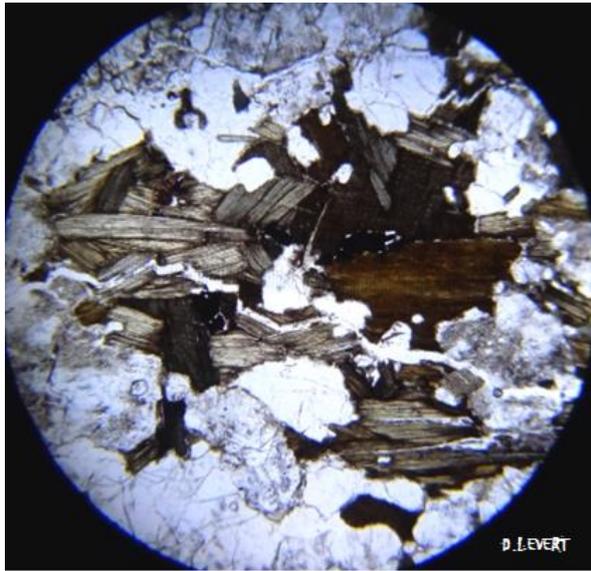
polyédriques, peuvent être interprétées comme la conséquence du métamorphisme prograde, puis rétrograde dans un métagabbro ante-varisque. La présence d'augites altérées par des brisures conforte cette analyse. Des feldspaths ante-tectoniques subsistent en phénoclastes rélictuels.

### Conclusion pour le Groupe 2 des xénolites

Le protolithe de ces xénolites n'est pas méta-sédimentaire comme celui du Groupe 1. La présence de phénoclastes rélictuels de plagioclases, de clinopyroxènes dont augite, semble démontrer que le protolithe est méta-igné. La dégradation des macles poly-

synthétiques des plagioclases et l'apparition d'amphibole indique que le protolithe a subi un trajet prograde qui a brisé les plagioclases, suivi d'un trajet rétrograde au cours duquel l'amphibole est apparue dans le domaine PT du faciès amphibole ; le protolithe semble être un métagabbro ante-varisque présent dans la croûte inférieure au voisinage de la chambre magmatique du volcan de Bournac.

Bien que cette roche fût exposée aux conditions du faciès granulite, le fait qu'elle résulte de la solidification très lente d'un basalte lui a permis de garder sa paragenèse de roche méta-ignée mais a quand même subit les effets prograde et rétrograde qui ont altéré ses plus anciens cristaux, dont les plagioclases.



Figures 17. B18. Base 4 mm (gauche), base 2 mm (droite), LPNA. Amas de plaquettes de biotite néoformée. Curieusement, seul le xénolite B18 montre un liseré blanc qui détoure les plaquettes de biotite, semblable à une propagation de rupture.

### Examen micrographique des roches du Groupe 3

Les roches de ce groupe ont en commun des alignements grossiers de minéraux sombres. Ces minéraux sont des plaquettes de grosses biotites regroupées en amas comportant quelques amphiboles (fig. 17 et 18). Ces amas alignés forment à grande échelle un litage métamorphique sommaire (voir macros Groupe 3).

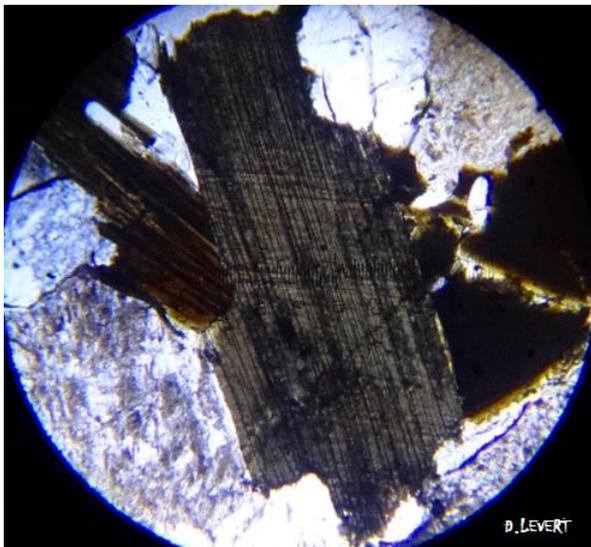
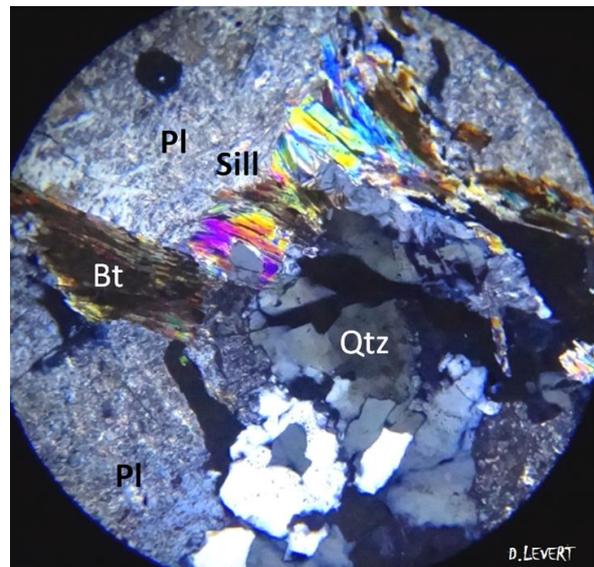
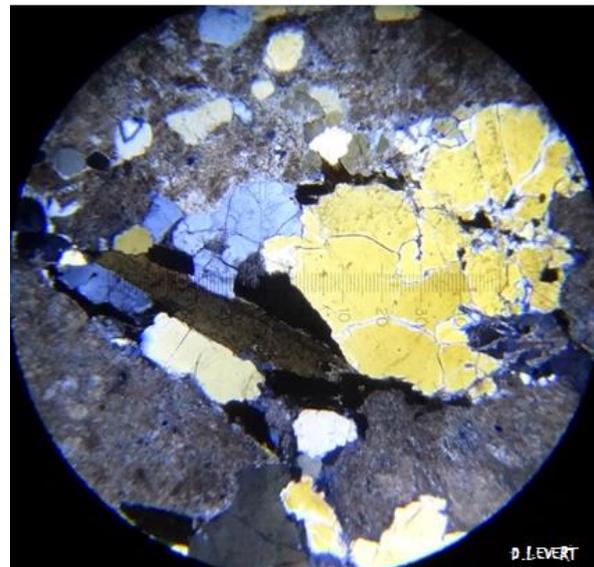


Figure 18. B16. Base 2 mm, LPA. Présence de quelques amphiboles.



Figures 19. B1. Base 4 mm (gauche), base 5 mm (droite), LPA. Les cristaux millimétriques de plagioclases (Pl), très fortement séricitisés, occupent 80 % du volume de la roche. Le minéral en aiguilles flexueuses polychromatiques pourrait être de la sillimanite. Nombreux néoblastes de quartz.

Les macles polysynthétiques des grands plagioclases non déformés ont souvent totalement disparu. Ces feldspaths plagioclases sont envahis par un minéral de recristallisation métamorphique : la séricite.

L'origine métamorphique de la paragenèse de la roche montre qu'elle a bien été soumise aux trajets : prograde, avec présence abondante de séricite métamorphique dans les plagioclases et sillimanite en aiguilles flexueuses, puis rétrograde, avec apparition tardive de biotite néoformée en amas (figures 19).

Le métamorphisme de ce groupe de roche n'a pas atteint le domaine des granulites car il n'y a pas eu de recristallisation polygonale.

### **Conclusion pour le Groupe 3 des xénolites**

Si nous respectons l'affirmation d'A. Leyreloup, dont les observations excluent tout « ramonage » de la cheminée dans les roches de la croûte supérieure du volcan de Bournac, nous aurions affaire à un gneiss à biotite-sillimanite de l'encaissant provenant d'un septum très anhydre.

Ce septum, possiblement situé à faible profondeur dans la croûte inférieure, n'a pas été métamorphisé en granulite de haute température, sinon la séricite aurait disparu. Son métamorphisme prograde aurait donc évité l'effet des hautes températures qui n'auraient pas fait disparaître les plagioclases qui se seraient alors fortement séricitisés. Lors du trajet rétrograde, la roche aurait atteint la pression et température de la formation de la biotite du point C dans la grille pétrogénétique (figure 7).

### **En guise de conclusion**

Il y a 300 Ma, lointain passé, c'est l'orogénèse varisque ; il y a 7 Ma : l'éruption d'un volcan ; aujourd'hui : des examens géologiques ! Voici donc la perspective chronologique des événements survenus à Bournac dont nous avons retrouvé ici quelques empreintes bien concrètes.

Les volumineux travaux des scientifiques révèlent l'ampleur et la complexité de la structure de la croûte terrestre inférieure et de son évolution.

Dans ce contexte d'accès difficile à la connaissance, l'amateur de géologie se considère comme un observateur privilégié qui peut glaner avec jubilation les grandes conclusions scientifiques en observant au microscope les beautés mystérieuses des paragenèses cristallines mouvantes sous l'effet des forces qui le dépassent.

### **Remerciements**

À Casimir Cortial, ancien président du Groupe géologique de la Haute-Loire, pour son accueil, son aide précieuse à trouver nos xénolites. Il nous a mis sur la piste de la thèse d'André Leyreloup.

À nos collègues Annie Cornée, du Muséum national d'Histoire naturelle, qui a sorti de la bibliothèque universitaire de Jussieu la thèse de Leyreloup, et Dominique Rossier qui nous a guidés en Velay et qui peut distinguer ici une pâle conséquence de ses riches enseignements géologiques.

### **Références documentaires**

- COUTHURES J., ABLIN D., CORNETTE Y., MAX N. (1991) – Polyphasage du dynamisme éruptif dans le rift du Velay : exemple du volcan de Bournac (massif du Mézenc, Massif central, France).
- DOSTAL J., DUPUY C., LEYRELOUP A. (1980) – Geochemistry and petrology of meta-igneous granulitic xenoliths in Neogene volcanic rocks of the Massif central, France. Implications for the lower crust.
- FORESTIER F.-H. (1961) – Métamorphisme hercynien et ante-hercynien dans le bassin du Haut-Allier (Massif central français). Géochimie. Fac. Sciences Univ. Clermont-Ferrand.
- LEYRELOUP A. (1973) – Le socle profond en Velay, d'après les enclaves remontées par les volcans néogènes. Son métamorphisme et sa lithologie : granites et série charnockitique (Massif central français). Thèse 3<sup>e</sup> cycle, univ. Nantes. 356 p.
- LEYRELOUP A. (1974) – Les enclaves catazonales remontées par les éruptions néogènes de France, nature de la croûte inférieure. Lithologie et structurologie. Contrib. Mineral. Pétrol. 4617-27.
- MARCHAND J. (2014) – Persistance d'une série granulitique au cœur du Massif central français, Haut Allier. Pétrographie. Univ. Nantes.
- MELLETON J. (2008) – Modalités du recyclage de la croûte continentale dans l'orogénèse varisque par traçage *in situ* des zircons hérités (mesures U-Pb/LA-MC-ICPMS). Univ. Orléans.
- NICOLLET C. (2014) – Origine et évolution de la croûte continentale. Bulletin APBG.
- ROSSIER D. (2018) – Les xénolites, messagers du manteau. Tribune libre à la SAGA (2 juin).
- SCOTT B., SMITHSON S., BROWN A. K. (1977) – Model for lower continental crust Earth and Planetary. Science Letters. Vol. 35, issue 1, p. 134-144. ◻ ◻