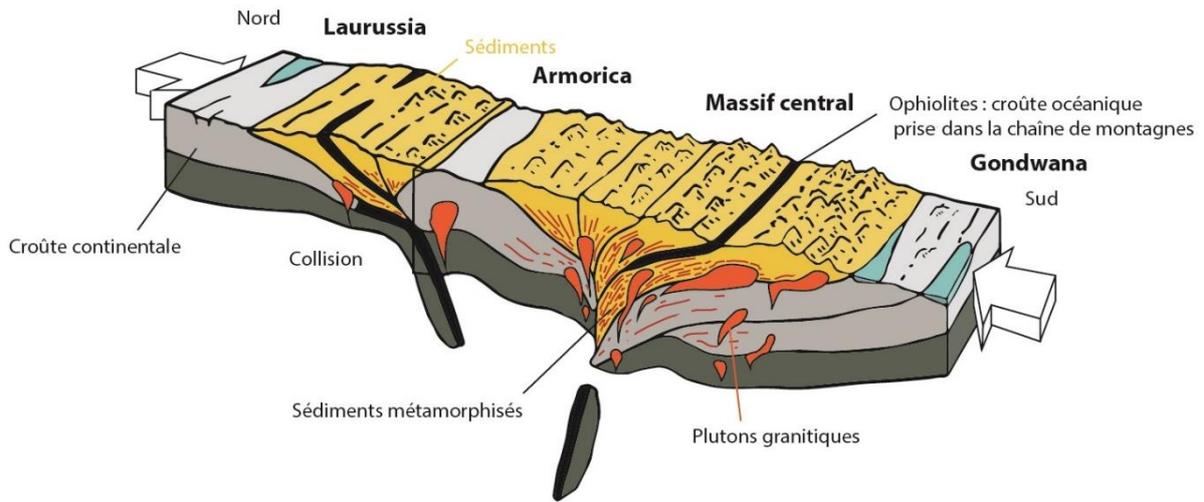
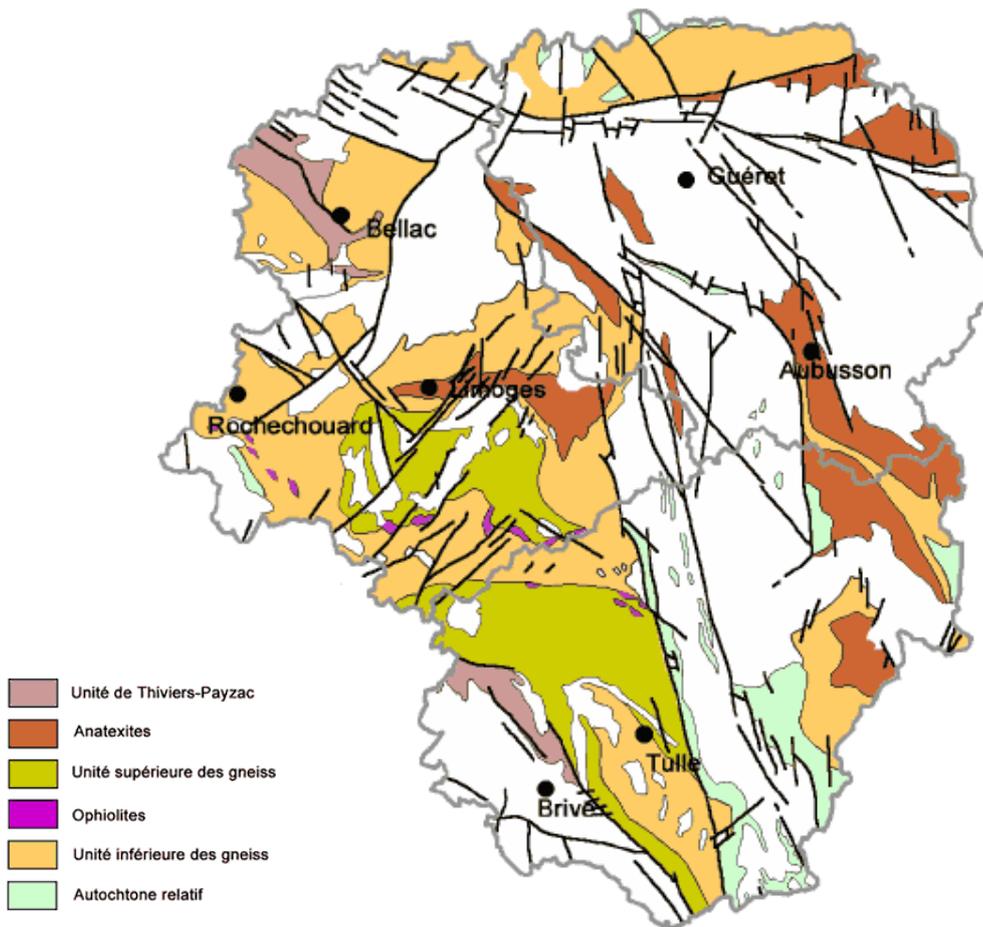


- seconde phase au Carbonifère supérieur (330-300 Ma) fermeture de l'océan Rhéique au nord. Il y a charriage de l'ensemble USG/UIG sur un autochtone relatif.

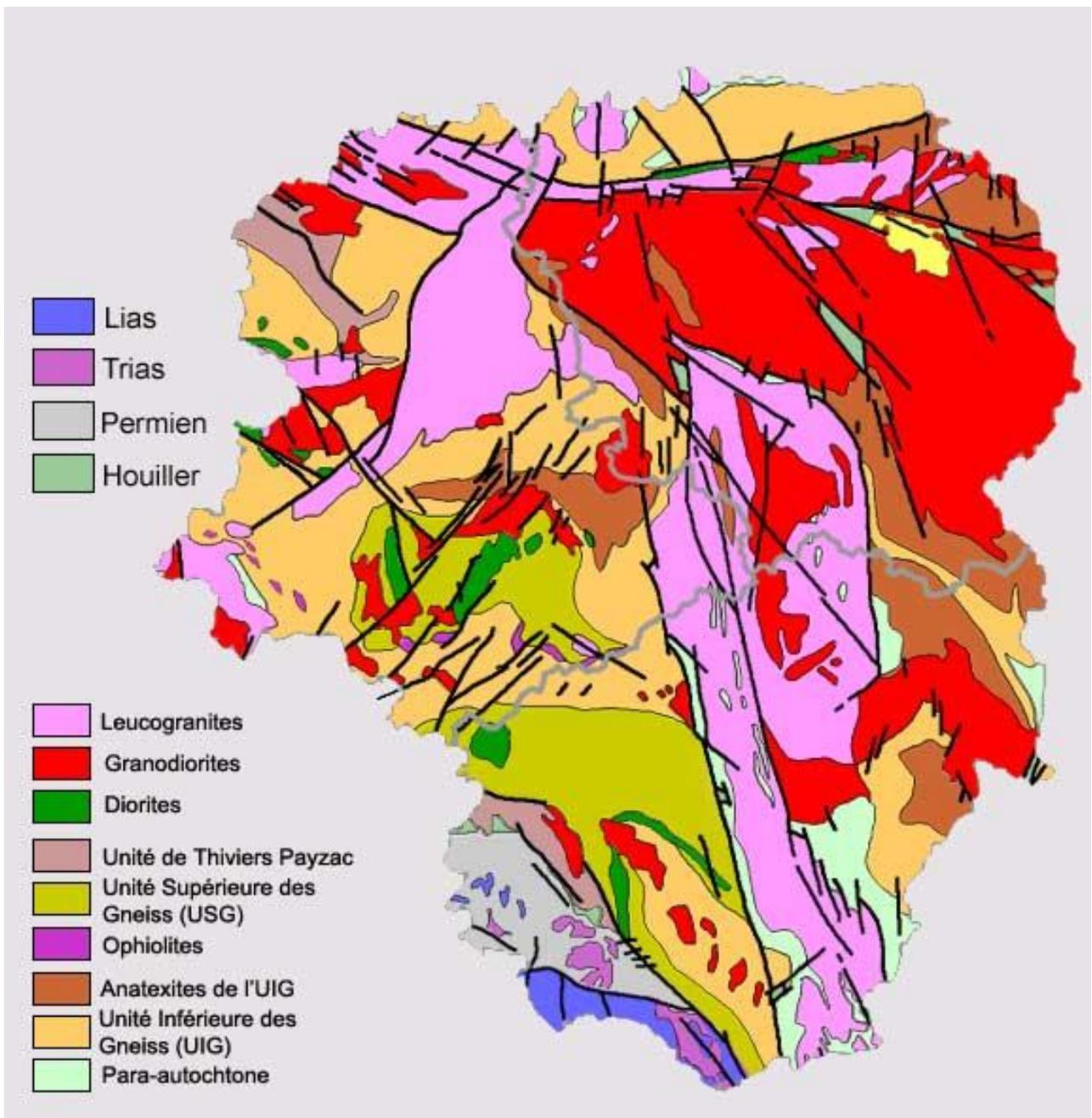


Coupe synthétique il y a 300 Ma (Dessin : C. Lansigut, Geologis)

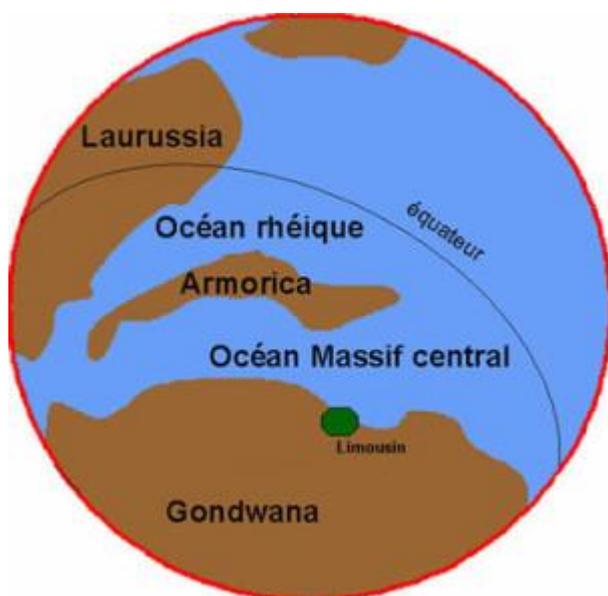
Géologie simplifiée du Limousin : les granitoïdes ne sont pas représentés



(Source : <http://pedagogie.ac-limoges.fr/svt/accueil/html/litho/histoire.htm>)



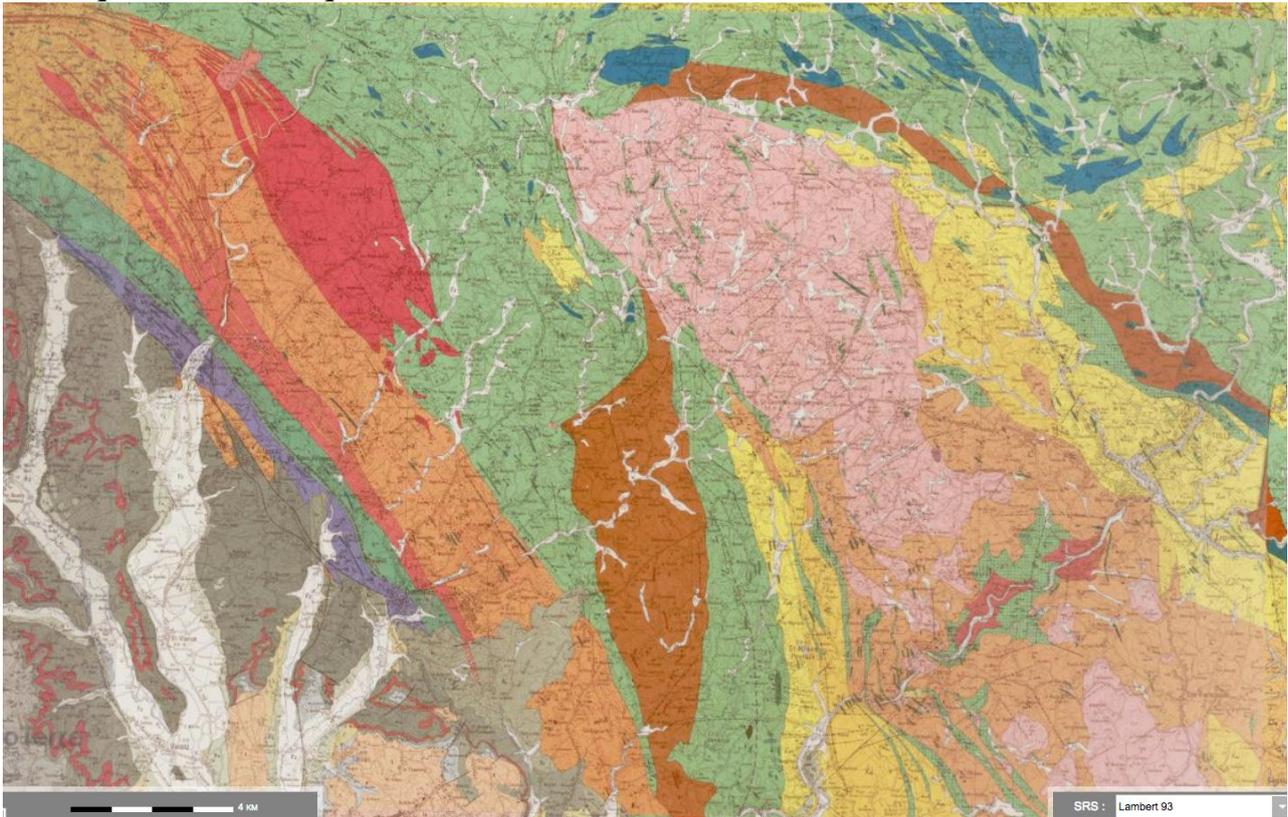
(Source : <http://pedagogie.ac-limoges.fr/svt/accueil/html/litho/histoire.htm>)



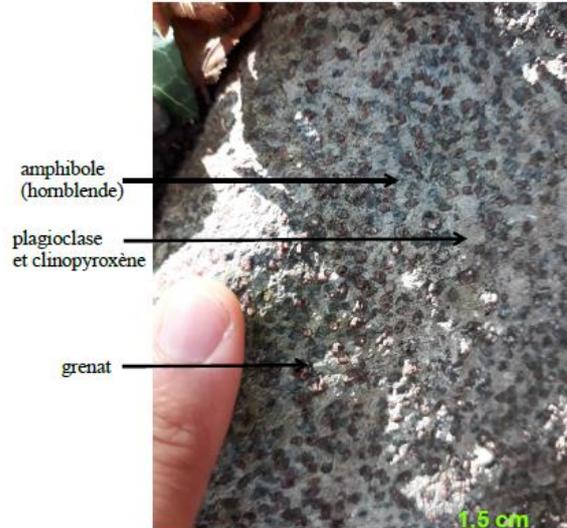
Localisation du Limousin dans le monde il y a 450 Ma
 (Source :
http://www.unilim.fr/musee_geologique_de_plein_air)

ARRET 1 : Seilhac , le puy des ferrières. “éclogites” à grenats, rétrotransformées (ce sont en fait des éclogites amphibolitisées et non des ‘éclogites vraies’)

Ce site est une grosse lentille de métabasites intercalée dans les gneiss, comme on en trouve de taille métrique à kilométrique sur un axe SE-NO vers Tulle Uzerche.



Carte géologique de Tulle (1/50 000 ème) dans son ensemble (Source : InfoTerre)



(doc. C. Proch)

On observe une roche avec rubanement de lits \pm riches en grenats pluri-millimétriques, roses à brun-rouge, dans une matrice grise-verdâtre à beige constituée d'amphiboles magnésiennes et de feldspaths plagioclases. Les grenats sont auréolés d'une fine couronne noire constituée d'amphibole (hornblende verte). Sur des cassures fraîches, on note la présence de sulfures (pyrite) et chalcopirite (fer et cuivre). La couronne est le résultat de la réaction entre le grenat et un pyroxène vert qui a totalement disparu (jadéite).

Cette roche extrêmement résistante a une très forte densité : 3,3 ! (héritée de son origine très profonde). L'analyse chimique correspond à la composition chimique d'un magma basaltique de dorsale océanique (magma tholéitique).

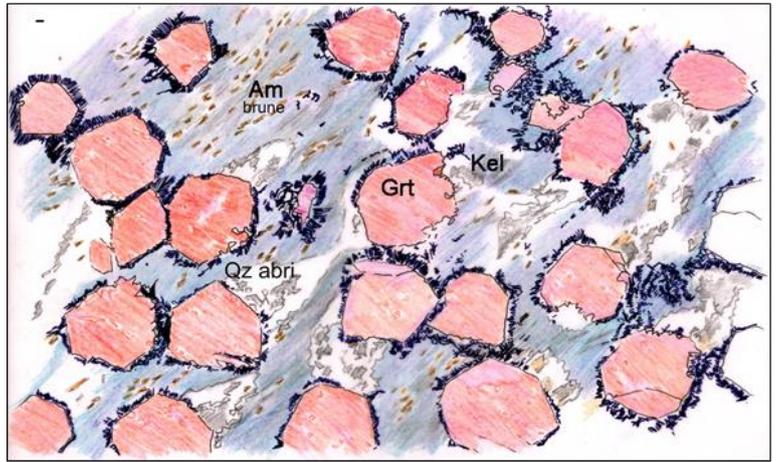
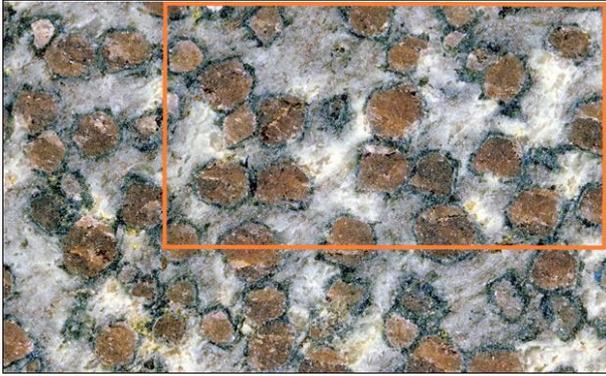


Photo et schéma D. Rossier

Les grenats pyropes Grt sont entourés d'une trame fine de kélyphite Kel.

La linéation d'entraînement, liée au boudinage des corps éclogitiques, est soulignée par la disposition des amphiboles brunes : Am brune. L'orientation de la déformation est aussi visible sur les « zones abritées » des grenats, de forme triangulaire typique, où le quartz cristallise : Qz abri.

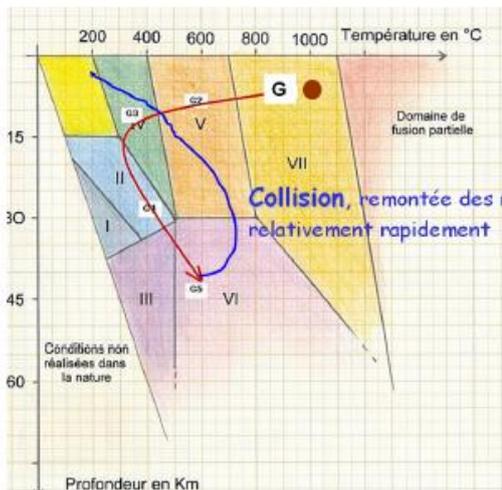
La présence de grenat témoigne d'un passage à haute pression et relativement haute température donc d'un contexte d'enfouissement par **subduction** d'une croûte océanique lors de la fermeture d'un océan. Le protolithe est sans doute un gabbro de la lithosphère océanique de "l'océan Massif Central".

L'auréole autour des grenats prouve qu'à un moment, le grenat et le clinopyroxène n'étaient plus en équilibre. L'observation microscopique de lame mince montre que le clinopyroxène est transformé en un agrégat de hornblende (amphibole) et de plagioclase.

grenat + clinopyroxène vert (jadéite) + quartz → hornblende + plagioclase

Cette auréole autour des grenats témoigne de la remontée de ces éclogites, dans des conditions de plus basse pression et température plus froide. On parle de rétromorphose avec réaction coronitique (en couronne) du métamorphisme. Les grenats (silicates alumineux) sont parallèlement enrichis en pyrope (Mg) vers la périphérie et appauvris en almandin (Fe). La réaction nécessite de l'eau et l'hydratation insuffisante lors de la remontée vers la surface a stoppé la rétromorphose.

En résumé, dans cette roche, les grenats sont les témoins du premier métamorphisme dû à la subduction océanique (métagabbro dans faciès éclogite, métamorphisme HP-BT) et les amphiboles (hornblende) sont les témoins de la rétromorphose (métagabbro rétromorphosé dans le faciès amphibolite) lors de l'exhumation des roches suite à une collision.



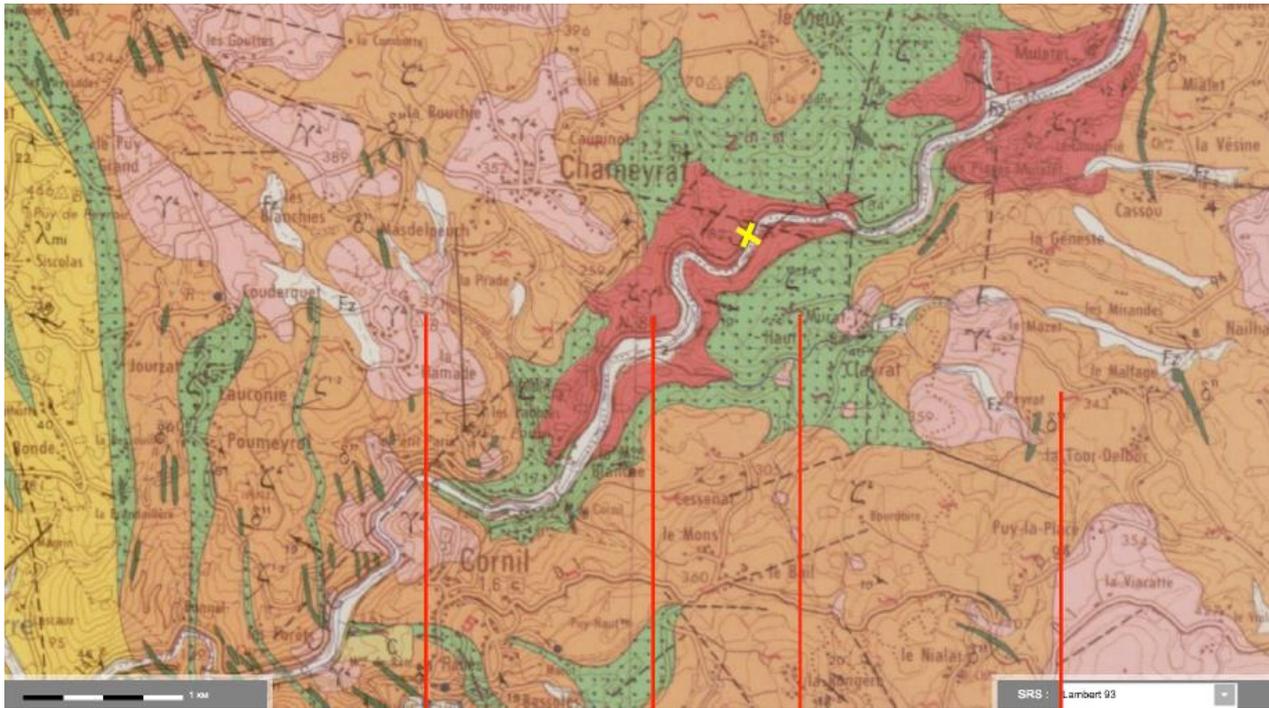
- Domaines de stabilité des minéraux :
- I = association à glaucophane + jadéite
 - II = association à glaucophane + plagioclase.
 - III = association à grenat + jadéite +/- glaucophane.
 - IV = association à chlorite + actinote + plagioclase.
 - V = association à hornblende + plagioclase
 - VI = association à grenat + jadéite
 - VII = association à pyroxène + plagioclase

Trajet P-T simplifié

La profondeur atteinte par les éclogites rétro-morphosées de Seilhac devait être de l'ordre de 70km, lors de la subduction entre le Gondwana au sud et l'Armorica au nord à la fin du Silurien (il y a 420 Ma). La collision et la remontée de morceaux de croûte océanique subductée avec hydratation et rétro-morphose partielle se produit au Dévonien, puis la mise à l'affleurement remonterait à 250 Ma environ.

Une publication récente (2021) fournit une datation à 471 Ma pour le protolithe et 364 ± 3 métamorphisme de haute pression.

ARRET 2 : Site de Mulatet-Chameyrat



γ Granite de la zone migmatitique de l'anticlinal de Tulle

ζγ Orthogneiss à biotite et noyau granitique relique

ζ Gneiss gris du bas Limousin

ζ Leptynite

(Extrait de carte annoté et photos suivantes, C. Proch)



Affleurement de Chameyrat, bas de falaise



On observe une roche leucocrate qui présente une alternance de lits sombres riches en micas noirs et de lits clairs riches en quartz et feldspaths. On a donc une foliation bien visible qui résulte des contraintes subies par la roche initiale lors d'une recristallisation : la croissance des

grains s'effectue parallèlement à la foliation et on obtient une texture granoblastique orientée (bien marquée dans les queues de recristallisation des 'amygdales' de quartz et rubanement marqué par les lits de biotite). Certains feldspaths centimétriques (microcline) persistent sous une forme non aplatie, on parle d'yeux de feldspath.

Sur un plan de coupe perpendiculaire au plan de foliation, on observe une texture en taches rappelant le granite.

L'affleurement est constitué d'orthogneiss oeilé, intercalé dans l'unité inférieure des gneiss du Limousin (série sédimentaire déposée sur la marge passive du Gondwana). La présence des yeux de feldspath prouve la nature plutonique du protolithe.

La datation de cet orthogneiss a donné un âge de 530-535 Ma (Cambrien inférieur) pour la mise en place du granite formant le protolithe tandis que l'âge de la déformation et du métamorphisme est Dévonien moyen. Ainsi, cet orthogneiss est issu du métamorphisme d'un pluton intrusif dans l'ancienne série sédimentaire (MP - MT).

ARRET 3 : Cornil, site d'escalade et environs vers RD 1089.

Le site d'escalade naturel est sur un massif granitique leucocrate dont la forte proportion de feldspath plagioclase permet de le classer dans les granodiorites. Vers l'ouest, on distingue des zones moins homogènes avec des parties grises foncées et des zones claires mélangées.



partie grise
parfois foliée

partie
blanche
entièrement
cristallisée

(Photo C. Proch)

Les zones grises sont entièrement grenues avec des petits feldspaths et des micas. Les zones claires sont recristallisées avec des enclaves surmicacées qui peuvent être altérées (présence de rouille) et sont essentiellement formées de quartz et de feldspaths. On observe également des filons de même composition mais à gros cristaux : ce sont des pegmatites.

Le 'granite de Cornil' = granite de Chanteix est situé au cœur de l'antiforme de Tulle dans l'unité inférieure des gneiss. C'est un granite en filon ou en massif, donc intrusif, associé à des gneiss migmatisés à son contact (voir le site suivant !).

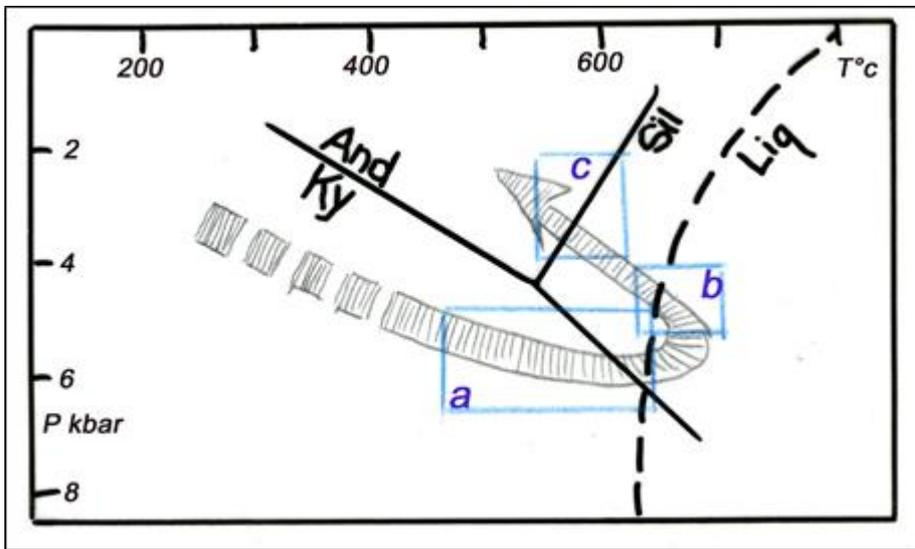
Migmatites



On observe des roches qui à première vue pourraient être assimilées à des gneiss ; en observant de près les alternances de lits, on distingue des zones surmicacées et d'autres plus claires, blanches, témoignant d'un début de fusion attesté par les filonnets sécants dans les fissures : les différentes espèces minérales n'ayant pas la même température de fusion, certaines passent à l'état liquide tandis que d'autres sont encore à l'état solide, et sous la pression régnant en profondeur, il y a ségrégation des phases (on parle de mélanosome, mésosome et leucosome [néosome], d'éventuelles reliques en îlots de la roche d'origine constituant le paléosome). On dit que la fusion partielle est incongruente, c'est-à-dire que quelque soit la roche d'origine, dès les premières gouttes de liquide qui se forment, on a une composition proche de celle 'standard' d'un granite alcalin. Ce phénomène de fusion est dépendant pour partie d'une phase vapeur (qui abaisse la température de fusion) provenant de la déshydratation des minéraux hydroxylés (Chlorite, staurolite, etc).

Le leucosome est donc la phase fondue recristallisée quartzo feldspathique en lits clairs, alternant avec les lits noirs de ferromagnésiens (plus réfractaires) du mélanosome (ce résidu solide après extraction du liquide anatectique est également qualifié de restite).

En replaçant les observations dans le massif de taille kilométrique, on peut interpréter cet ensemble en considérant que la granodiorite s'est formée par fusion partielle de la base de la croûte continentale (constituée de gneiss) lors de la fin de la période de collision ou lors de l'extension tardi-orogénique de la chaîne hercynienne. Lors de la fusion soit le magma formé monte au travers de l'encaissant par différence de densité jusqu'à environ 15 km de profondeur où la température est suffisamment faible (environ 400°C) pour qu'il y ait cristallisation, soit le magma reste en place et recristallise, pouvant former des migmatites (gneiss transformés en migmatites). Le début d'anatexie remonte à la 2^e moitié du Dévonien, avec mise en place d'un essaim de migmatites intrusif dans la série puis une généralisation plus tardive à la fin du Dévonien. [voir schéma coupe synthétique il y a 300Ma]



Évolution prograde et rétrograde des unités dalradiennes du Bas Limousin, d'après l'ouvrage de J. Kornprobst (Métamorphisme et roches métamorphiques. Dunod).

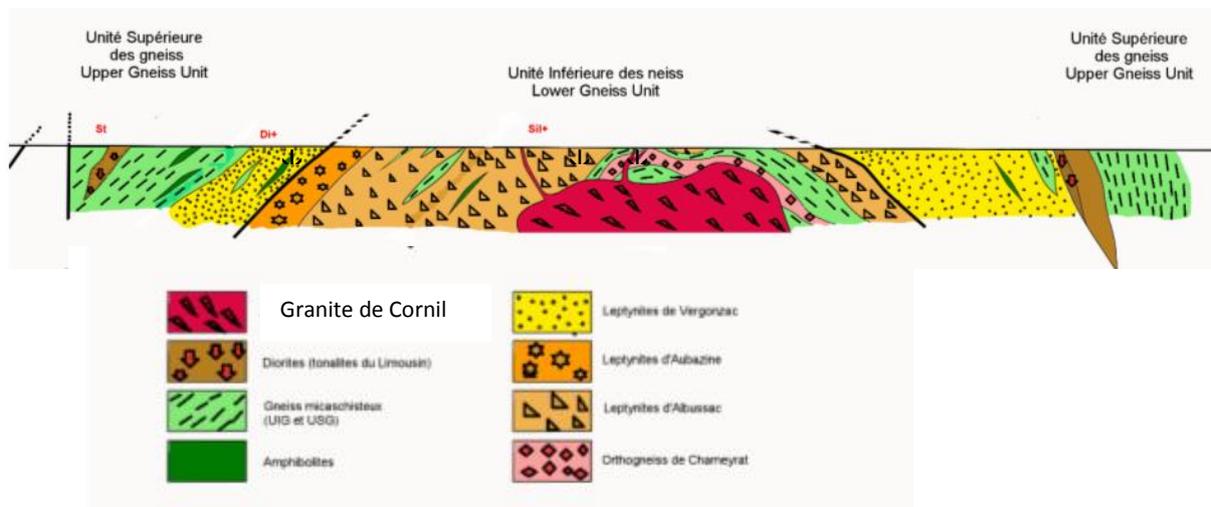
La trajectoire décrite dans le temps, à travers l'espace des pressions et températures, est schématisée par le trait épais hachuré, se terminant par la flèche. Trois domaines de pression/température sont traversés successivement :

a : lors de la phase prograde, l'unité connaît les conditions de transition de la cyanite vers la sillimanite ;

b : fusion partielle des métapélites, tardive par rapport au métamorphisme prograde, mais également début de la décompression et passage au maximum de température, favorable à la mise en mémoire de minéraux bien formés de la restite.

c : remontée à la surface et refroidissement.

Proposition de coupe de l'antiforme de Tulle



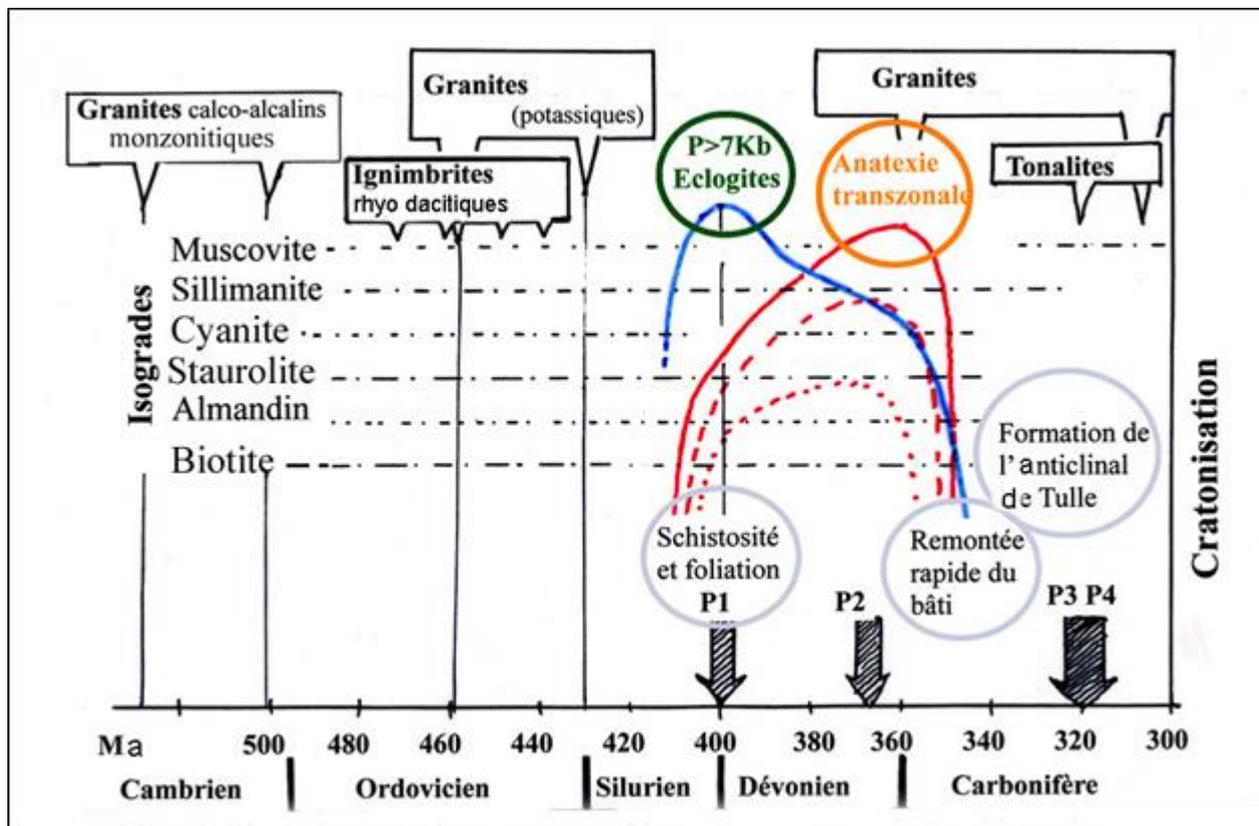


Schéma des évolutions tectonique, métamorphique et magmatique du Bas Limousin, au Paléozoïque, d'après A. Autran (1978). Ce schéma synthétique permet de visualiser, sur la même échelle de l'ère paléozoïque, les relations entre plusieurs types d'événements :

- en haut, dans les encadrés, la formation des roches d'origine, sédimentaires ou magmatiques ;
- les événements métamorphiques.

La variation de l'intensité du métamorphisme entre le Silurien et la fin du Dévonien est indiquée par les courbes, en bleu pour le Bas Limousin, et en rouge pour d'autres régions du Massif central. La courte phase précoce de haute pression (éclogites), au tout début du Silurien, est figurée dans le cercle de couleur verte. La phase finale d'anatexie transzonale est placée dans le cercle orange, elle est contemporaine de l'intrusion du granite au cœur de l'anticlinal.

- en bas du schéma, dans les cercles gris, les phases tectoniques, de P1 à P4, telles qu'elles peuvent être observées sur le terrain.

Remerciements à Céline Proch pour l'autorisation d'utilisation de ses documents, et à Dominique Rossier pour ses travaux sur le métamorphisme (du Limousin entre autres)

Petit lexique :

Anatexie. (Sederholm, 1907, du grec anateksis = fusion).

Processus par lequel des roches du métamorphisme général, soumises à des températures de plus en plus fortes, subissent une fusion partielle (ou différentielle) donnant des migmatites, puis une fusion totale ou presque, donnant un magma. Si celui-ci est de nature granitique, sa cristallisation conduira à un granite d'anatexie.

Le début de la fusion se produit à des températures dépendant du chimisme des roches et de la présence ou non de vapeur d'eau.

L'ordre de fusion des minéraux est inverse de l'ordre de la cristallisation fractionnée et des suites réactionnelles : une roche riche en albite et quartz commence à fondre à une température plus basse qu'une roche à plagioclases basiques.

Pour marquer le début d'apparition de l'anatexie dans une région métamorphique, on parle d'isograde d'anatexie.

Éclogite : roche métamorphique formée à hautes pressions, de même composition chimique globale que les basaltes, et composée d'un pyroxène et d'un grenat. Les éclogites non rétro-morphosées sont toujours dépourvues de plagioclase.

Fusion incongruente. Fusion de roche qui ne conserve pas la composition moyenne de la roche initiale et qui s'accompagne de séparation de phases.

Kélyphite : du grec kelyphos, écorce. Agrégat de petits cristaux apparaissant dans les auréoles réactionnelles – ou couronnes – autour des minéraux de la paragenèse initiale (éclogite saine). La kélyphite est en général un binôme de cristaux imbriqués, et elle finit par envahir la totalité du minéral primaire.

Migmatites : (du grec migma = mélange)

Ensemble qui, à l'échelle de l'affleurement, non du petit échantillon isolé, est un mélange de roches de type granite et gneiss, celui-ci en général à grain grossier et à foliation souvent peu marquée ou confuse, avec quartz, microcline et oligoclase, et, selon le cas, biotite, muscovite, andalousite, sillimanite, cordiérite et grenat.

Ces roches sont à la limite des roches métamorphiques catazonales et des roches magmatiques, et leur genèse est liée à une anatexie (voir ce terme, ci-dessus) partielle. Certaines parties de la roche fondent et constituent le mobilisat, qui est un magma de composition granitique. D'autres restent solides : c'est le restat, ou restites. Le mobilisat peut migrer et former des filonnets, souvent plissés suivant une forme caractéristique à charnières bien arrondies : les plis ptygmatiques.

Mobilisat : parties de la roche ayant fondu en magma à composition granitique.

Protolithe : un protolithe est une roche originale avant sa transformation par un phénomène géologique, comme le métamorphisme (mais aussi des déformations tectoniques ou autres).