

Roche 8 : Les Éclogites de la Gerbaudière – Saint-Philbert-de-Bouaine (85)

Âge du métamorphisme de HP-BT : 440 Ma (Silurien inférieur-Llandovery)

Âge du rétro-morphisme : 360 Ma (Limite Dévonien-Carbonifère)

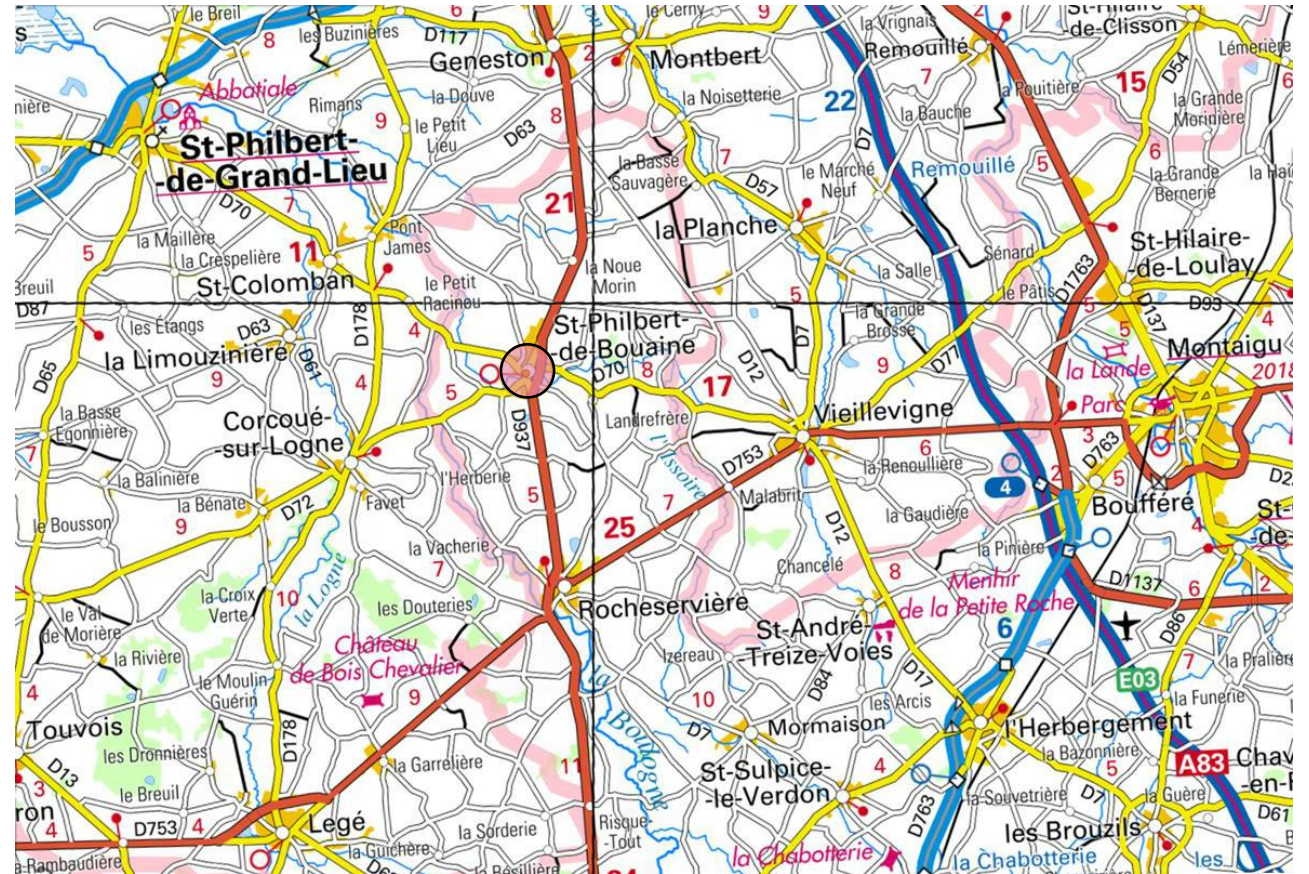
Situation géographique

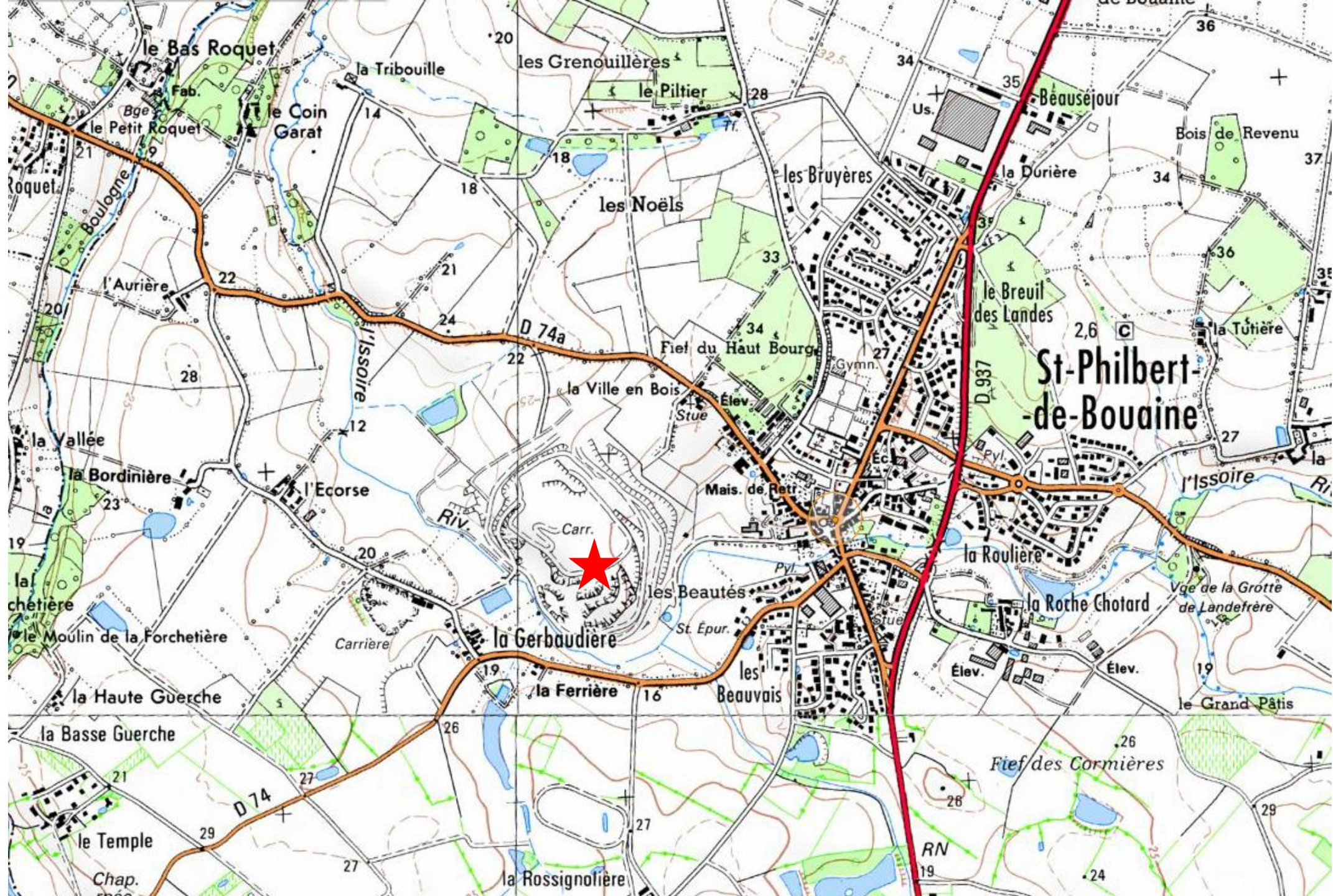
Située sur la commune de Saint-Philbert-de-Bouaine (85), la carrière de la Gerbaudière est exploitée par la Société Lafarge.

Elle constitue le principal affleurement d'éclogite en France.

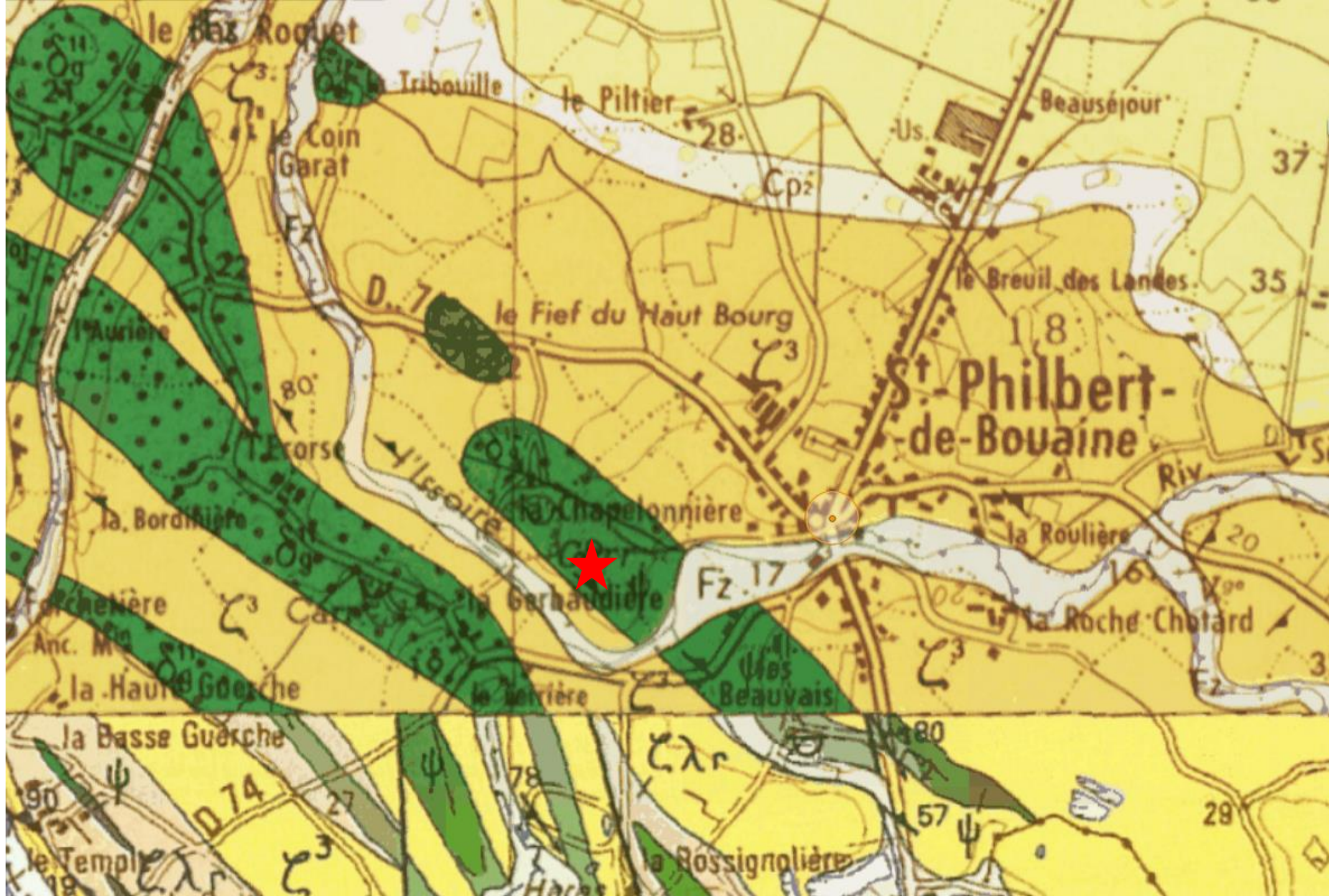
L'affleurement d'éclogite dessine cartographiquement un boudin, une lentille allongée de direction Sud-Armoricaine NW-SE de 4 à 5 km de long sur à peine 0,5 km de large.

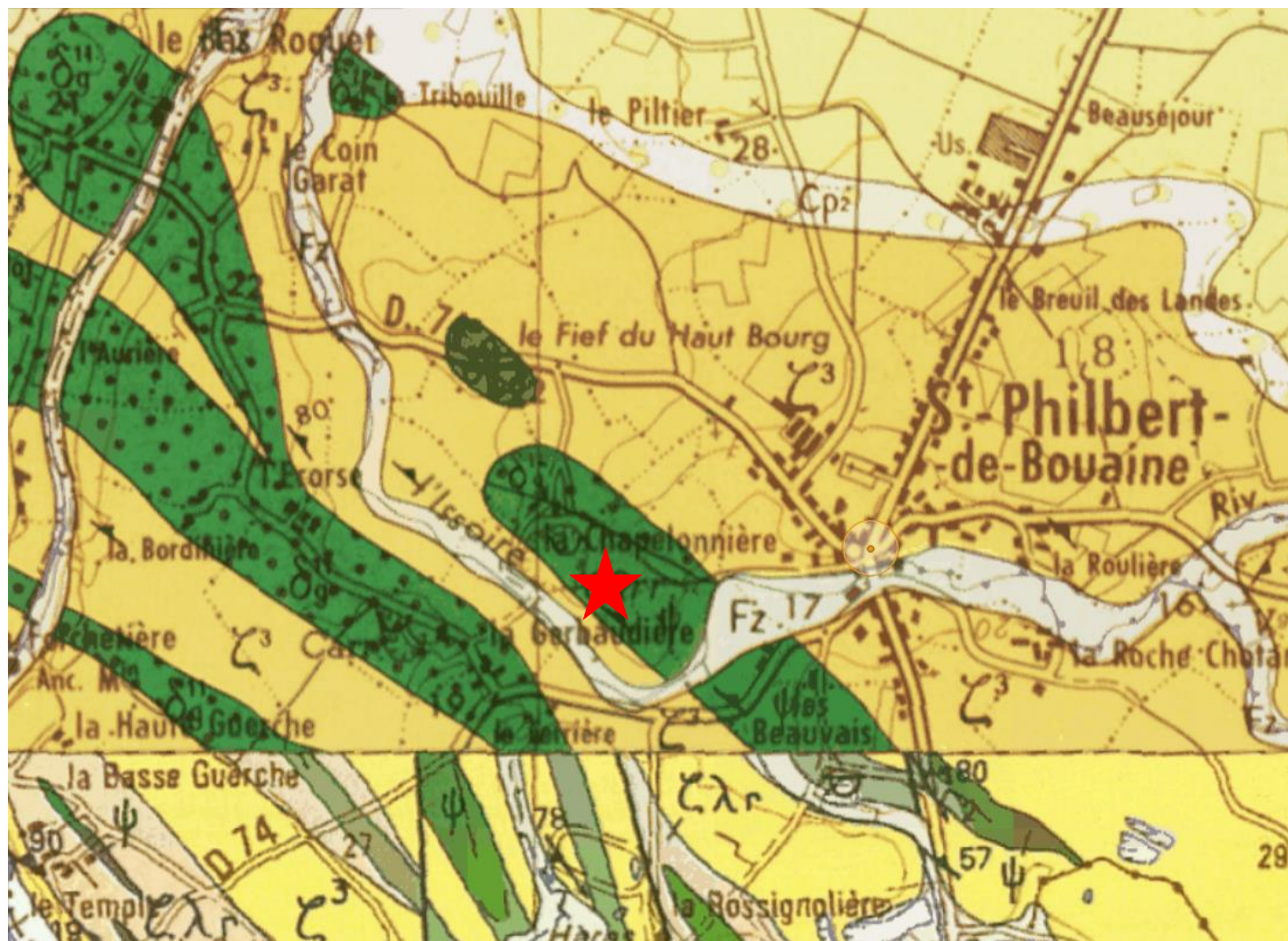
L'éclogite est le résultat de la subduction et du métamorphisme prograde de HP-BT de la croûte océanique de l'Océan Centralien avant son exhumation (avec métamorphisme rétrograde) au Carbonifère.











ζ^3 Orthogneiss et paragneiss d'aspect micaschisteux à reliques de faciès éclogite



δ_{11} Amphibolites



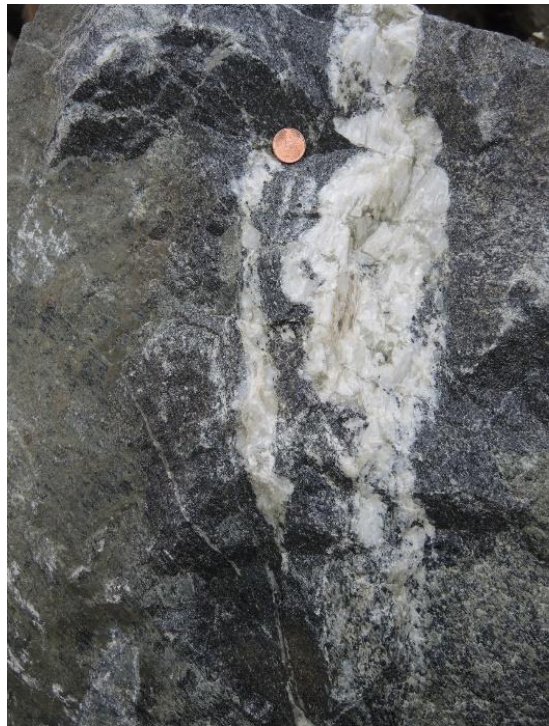
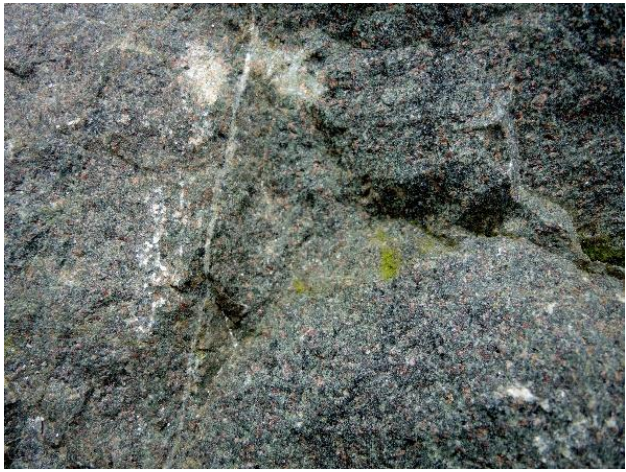
Ψ Eclogites plus ou moins amphibolitisées



Carrière de la Gerbaudière - Montage Photo A. Pouclet





















Les éclogites

En fait, on trouve dans la carrière différents types de roches :

- des **éclogites à quartz et sans disthène à belle omphacite fraîche** vert bouteille et à petits grenats rouge foncé.

Les grenats sub-automorphes ont un diamètre moyen de 3-4 mm. La matrice est formée de cristaux de quartz et surtout d'omphacite dont la taille atteint en moyenne 1 à 2 mm ; ceux-ci sont souvent allongés et dessinent une foliation nette.

Certaines éclogites à quartz et sans disthène sont particulièrement foncées avec du pyroxène vert soutenu et du grenat rouge très vif. Ces teintes sont attribuables au caractère exceptionnellement ferrifère de ces minéraux. On note en même temps une abondance relative de rutil (TiO₂) observable à la loupe sur certains échantillons dont la quantité peut atteindre 4% du volume de la roche. De telles éclogites sont dites **ferro-titanées**,

- des **éclogites rétro-morphosées à omphacite** déstabilisée vert pâle et à grenats entourés d'une couronne de kelyphitoïde,

- et des **amphibolites sombres presque noires** constituées de l'association paragénétique hornblende verte + plagioclase, les grenats pouvant être absents.

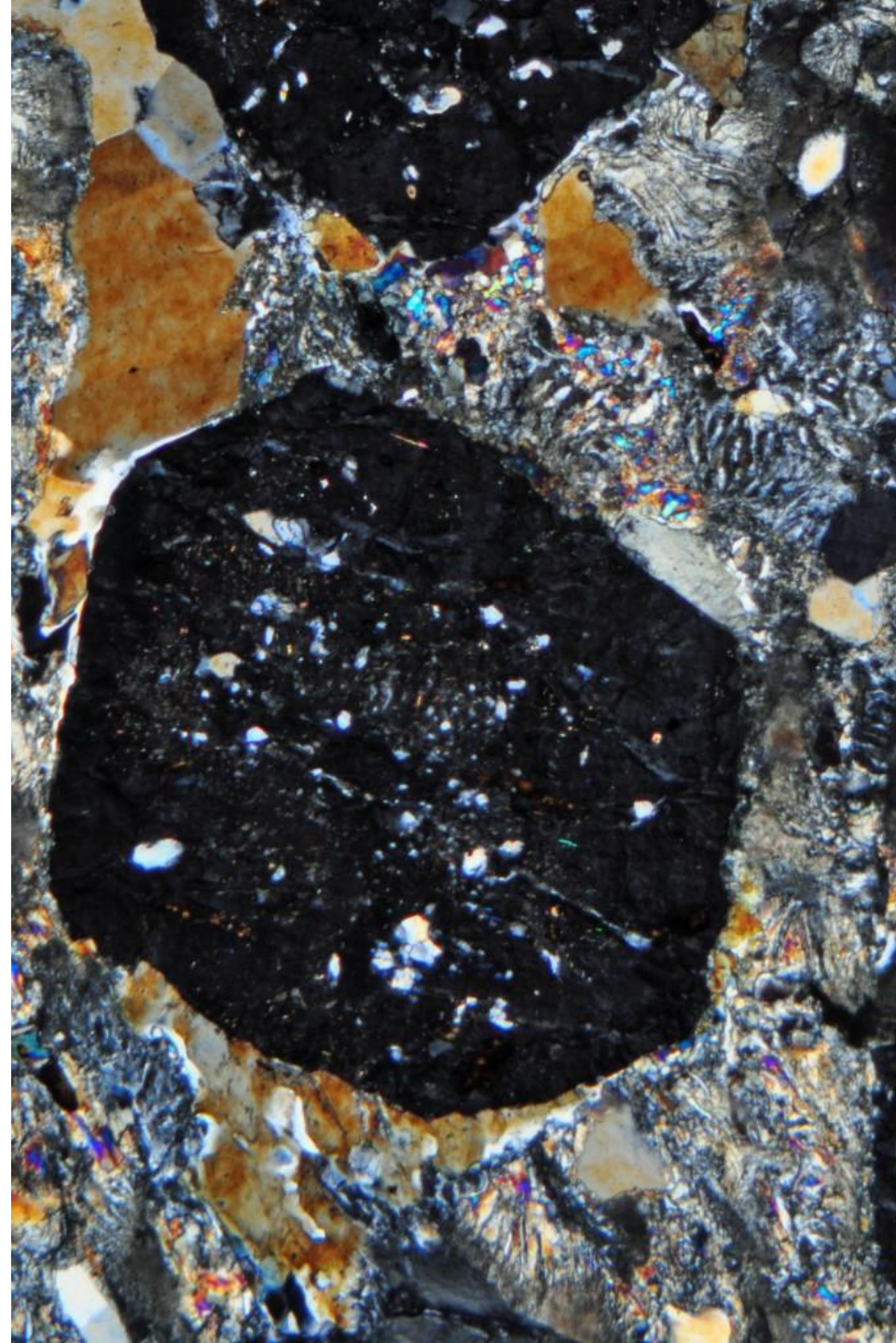
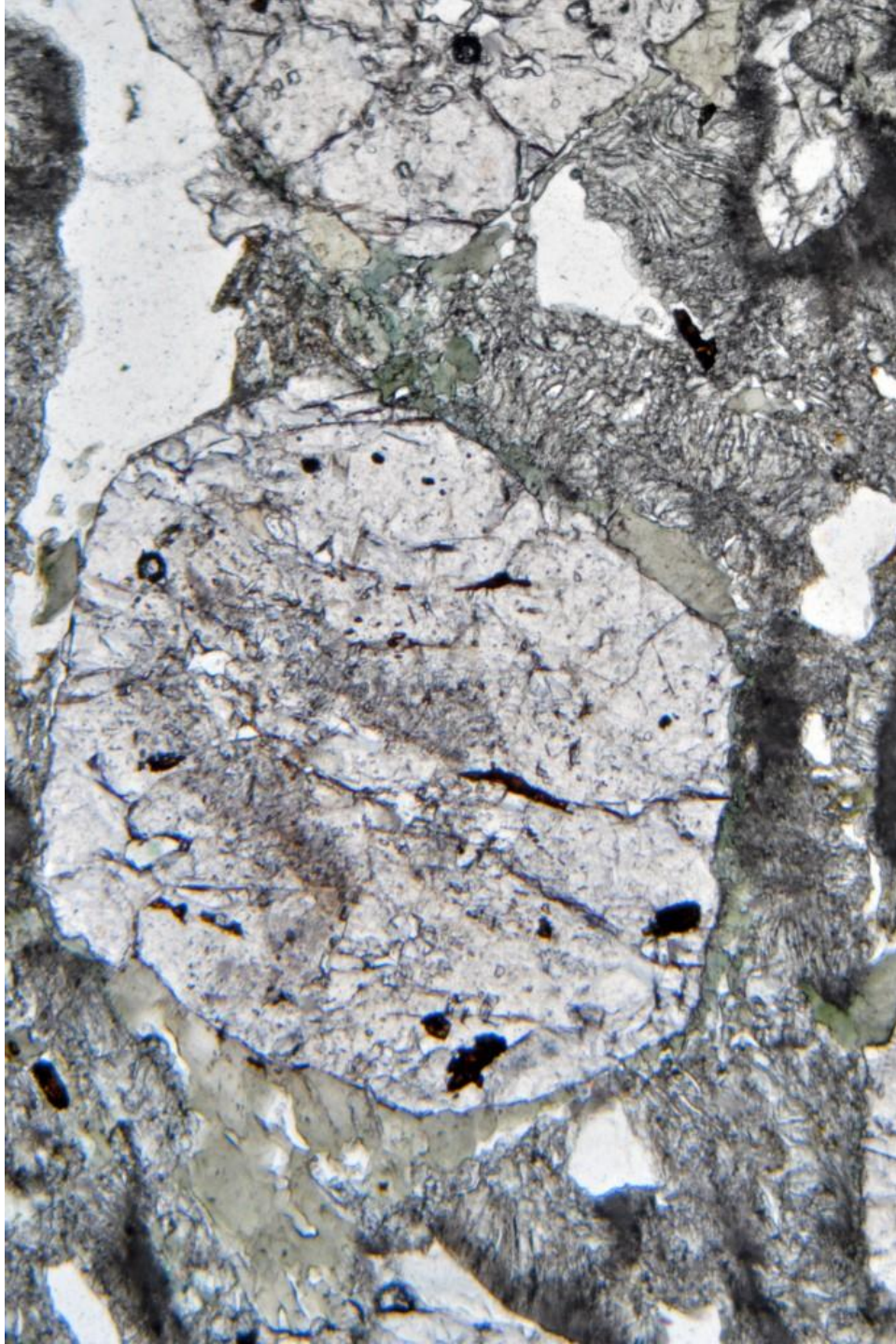
Le fait que ces dernières soient intimement associées aux éclogites au sein du même gisement et que l'on peut observer dans la carrière tous les termes de transition entre éclogites et amphibolites conduit à admettre que les amphibolites dérivent des éclogites.

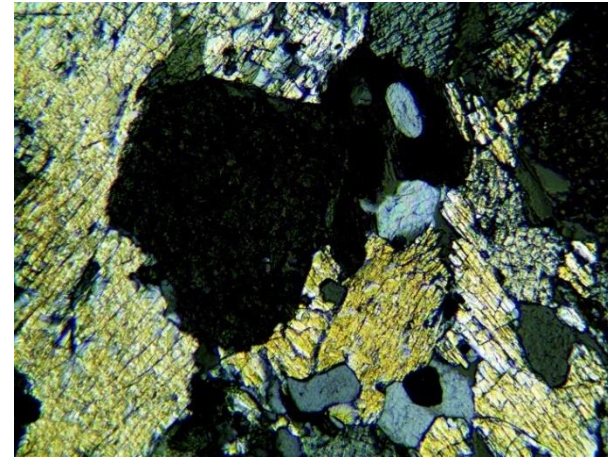
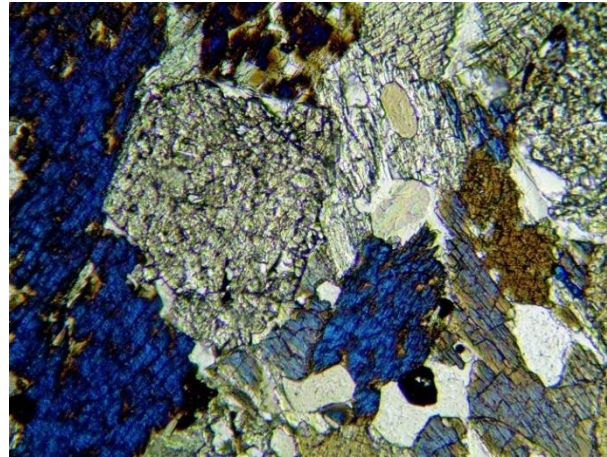
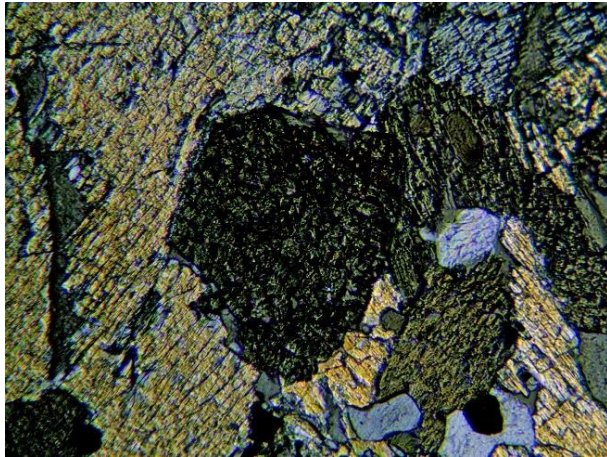
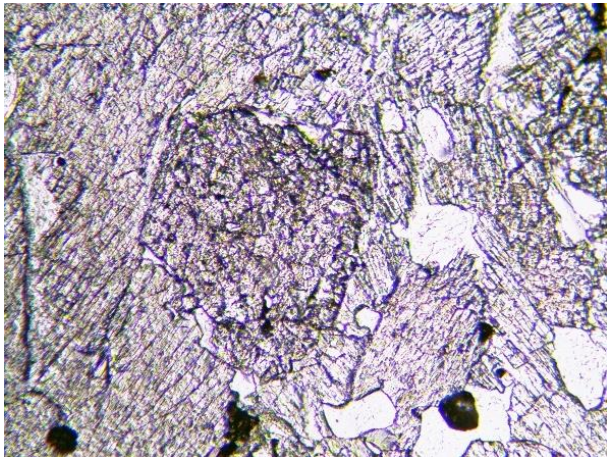
L'amphibolitisation des éclogites est due à la réaction :



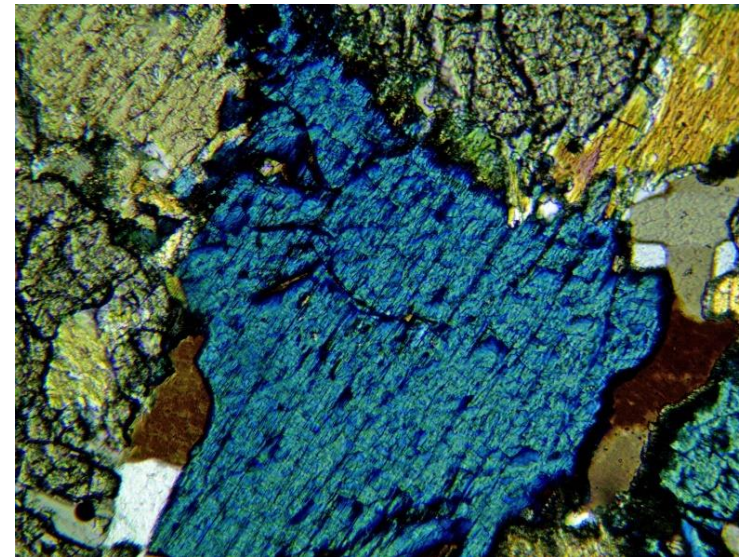
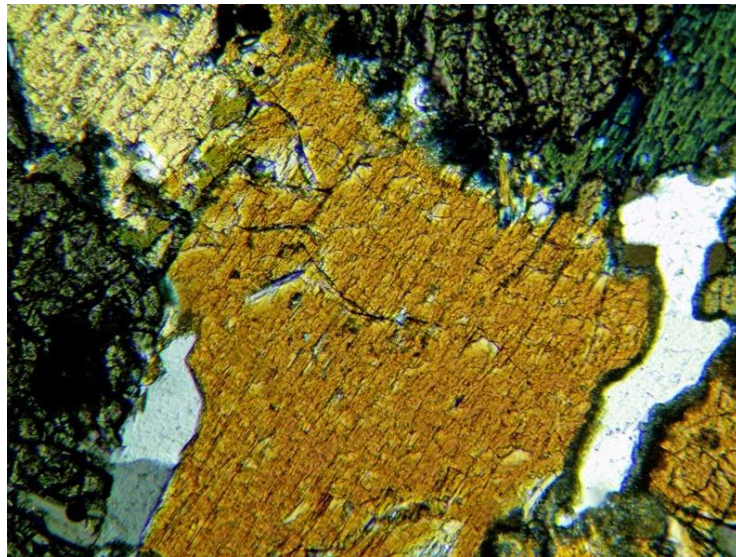
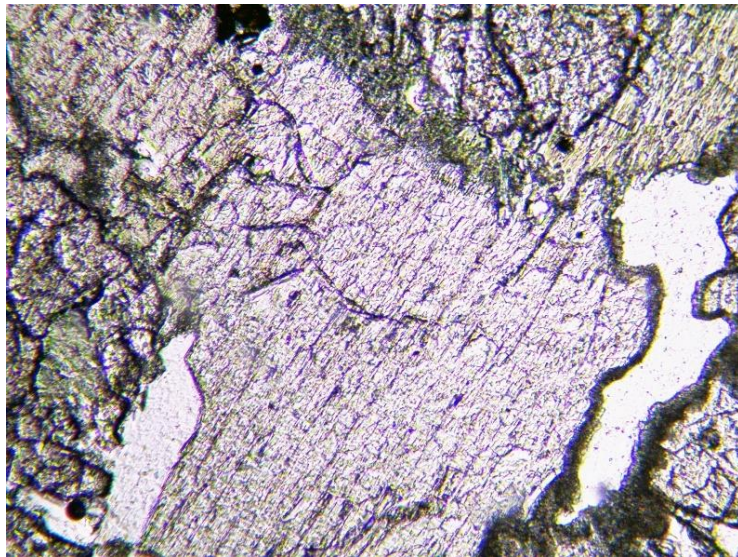
Elle nécessite de l'eau. Voilà pourquoi on peut observer sur certains blocs d'éclogite un début d'amphibolitisation le long de microfractures.

L'amphibolitisation des éclogites est essentiellement tardive et postérieure à la rétro-morphose anhydre contemporaine de la remontée des éclogites.





Grenat de l'éclogite de la Gerbaudière



Pyroxène de l'éclogite de la Gerbaudière

Apport des grenats sur l'origine de l'éclogite

Chaque milieu végétal (champ de colza, de blé...), chaque substrat (dune, reg...) peut être défini par sa réflectance pour différentes longueurs d'onde du spectre de la lumière et en conséquence, par une signature spectrale spécifique qu'on exploite en imagerie satellitale.

En procédant de la même façon, mais à l'échelle du cristal, on peut générer par analyse d'images multispectrales de cartes d'éléments chimiques obtenues en MEB, des documents en fausses couleurs comme celui représenté sur la diapositive suivante.

Il s'agit d'un grenat automorphe. Les différentes inclusions minérales sont particulièrement mises en évidence par ces fausses couleurs et l'on peut s'intéresser alors à la répartition de ces inclusions.

On observe nettement 2 groupes d'inclusions dans le grenat :

- des zones à zoïsite et quartz sans rutile et amphibole. La zoïsite apparaît davantage concentrée au cœur de ces zones.
- et des zones à rutile et quelques amphiboles sans zoïsite.

Rutile et zoïsite semblent donc s'exclure.

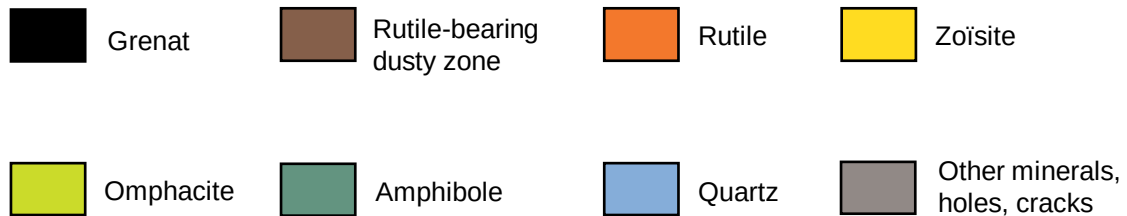
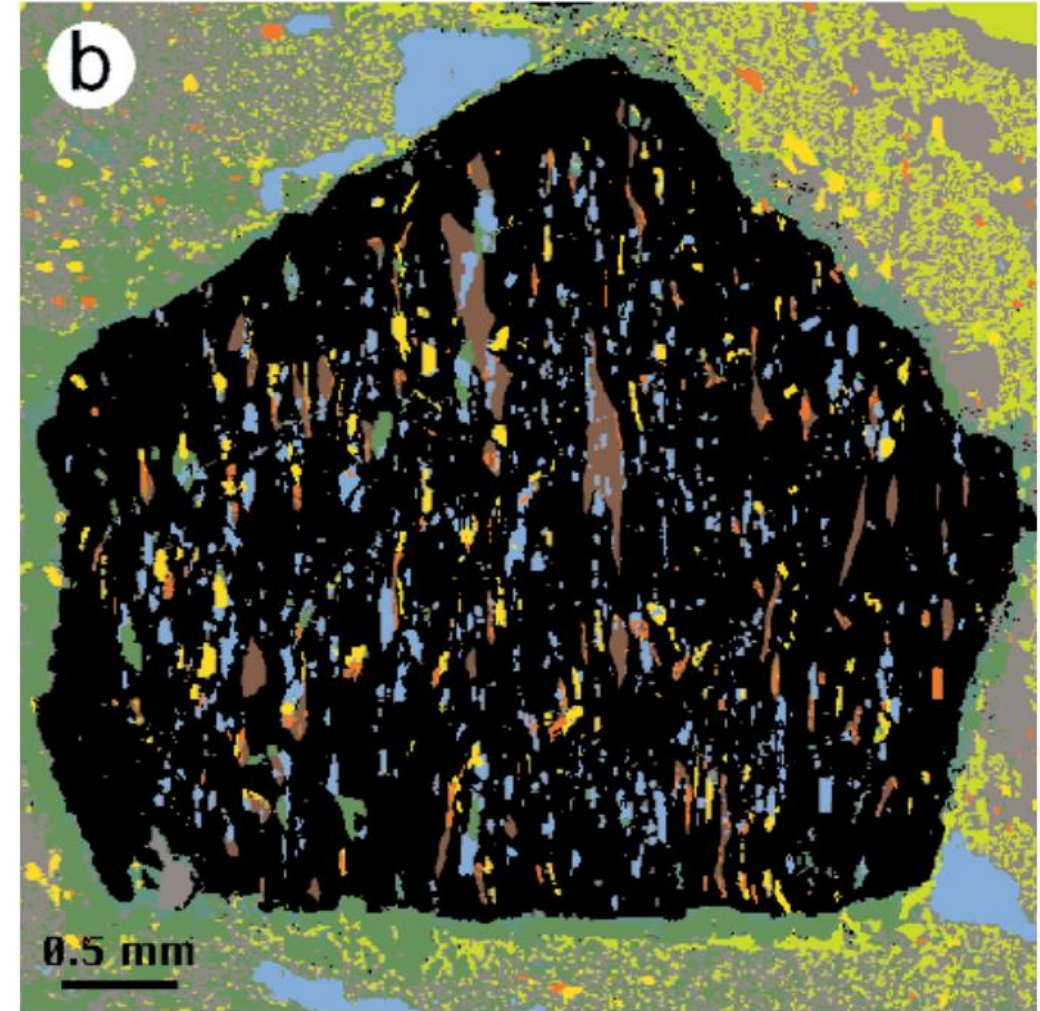
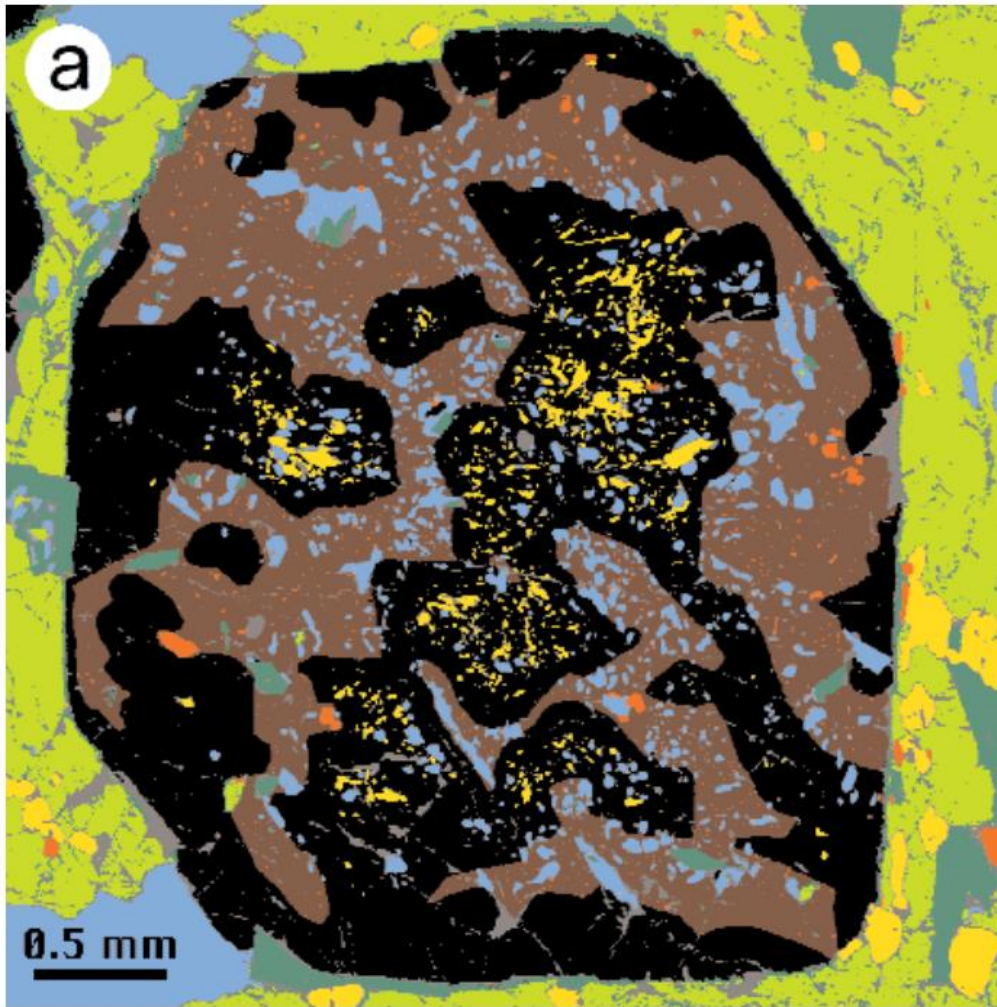
Ces zones à zoïsite et à rutile dessinent d'autre part des plages plus ou moins étendues et régulières qui font penser à une structure grenue.

Cela suggère que les zones à zoïsite pourraient être des reliques de cristaux de plagioclase et la concentration plus importante de zoïsite au cœur de ces zones refléterait la zonation de ces plagioclases. En effet, les zones périphériques des plagioclases sont toujours riches en Na, le cœur riche en Ca et la zoïsite est riche en Ca.

Les zones riches en rutile seraient au contraire d'anciennes amphiboles riches en titane (le rutile est un oxyde de titane).

La roche initiale, le protolithe des éclogites, devait donc être un assemblage de plagioclases et d'amphiboles c'est-à-dire un gabbro qui a été ensuite amphibolitisé et saussuritisé par métamorphisme (hydrothermal) du pyroxène.

Saussurite = mélange d'épidote et parfois de lawsonite se formant par transformation hydrothermale ou altération, aux dépens des plagioclases basiques.



Figures extraites de « The Les Essarts eclogite-bearing metamorphic Complex (Vendée, southern Armorican Massif, France) : Pre-Variscan terrains in the Hercynian belt ? » - Gaston GODARD - « Géologie de la France », N° 1-2 Spécial Vendée, 2001

Bien d'autres arguments viennent conforter cette hypothèse :

- les analyses minéralogiques (voir triangle AFM - diapositive suivante) le montrent aussi clairement. L'ensemble des éclogites de la région nantaise s'inscrit nettement dans le domaine des roches à composition gabbroïque et à différenciation tholéitique, laquelle se caractérise avant tout par une forte variabilité du rapport FeO/MgO. L'éclogite de la Piltière est très magnésienne, celle de la Butte aux Vignes plus ferreuse.
- Certaines éclogites présentent un rubanement, un litage minéralogique caractéristique.

Les grenats sont bien alignés et semblent granoclassés.

Une analyse poussée montre que ces rubans n'ont pas la même composition chimique globale et que l'on peut y voir les différents termes d'une différenciation tholéitique dans une chambre magmatique.

- Dans le voisinage des lentilles d'éclogite, dans les vignes, on peut trouver de-ci de-là en pierres volantes des **birbirites**.

Les birbirites sont des roches de couleur brune, d'aspect scoriacé et vacuolaire, plus ou moins riches en fer (limonite) et très riches en calcédoine. Il s'agit d'une ancienne péridotite à grenat, serpentinisée et totalement silicifiée aujourd'hui.

La roche renferme en effet des reliques de **grenat pyrope** et, en abondance, de la **fuschite** et de l'**anthophyllite** (amphibole ferro-magnésienne présente surtout dans les roches magmatiques ou métamorphiques à chimisme basique) . Les vacuoles correspondraient à l'emplacement des anciennes olivines de la péridotite.

La silicification responsable de la transformation de la serpentinite en birbirite aurait eu lieu à l'Eocène. En effet, les éclogites de la Gerbaudière sont recouvertes par des sédiments éocènes abandonnés par le fleuve Ypresis. Or, à l'Eocène, le climat était chaud et humide, de type équatorial. Sous ce climat très agressif, la serpentinite, silicate hydraté de magnésium, s'est décomposée en oxydes et hydroxydes de magnésium qui ont été lessivés. En revanche, la silice, moins soluble, est restée sur place ce qui explique la présence de calcédoine. Sont également restés les oxydes de fer responsables de la couleur brunâtre et de l'aspect scoriacé de la birbirite.

Tout laisse donc à penser que les éclogites de la Compaintrie et de la Gerbaudière sont des reliques d'une ancienne croûte océanique de par leur composition chimique globale de type MORB, leur rubanement, conséquence d'une différenciation tholéitique entre un pôle magnésien (l'éclogite de « La Piltière ») et un pôle ferreux (les éclogites ferro-titanées de la Gerbaudière) et le voisinage des birbirites.

Remarque : Les lentilles d'éclogite de la Gerbaudière sont emballées dans des gneiss. Ces gneiss à *quartz + plagioclase + mica noir + grenat ± muscovite*, très alumineux et très pauvres en feldspath K, seraient des métapélites océaniques, c'est-à-dire d'anciens sédiments argileux déposés sur la croûte océanique lors de l'expansion de l'Océan Centralien puis entraînés en profondeur dans le « chenal de subduction ». Ces gneiss sont donc des paragneiss. Ils ont connu la même histoire que la croûte océanique gabbroïque mais n'en ont pas conservé la mémoire.

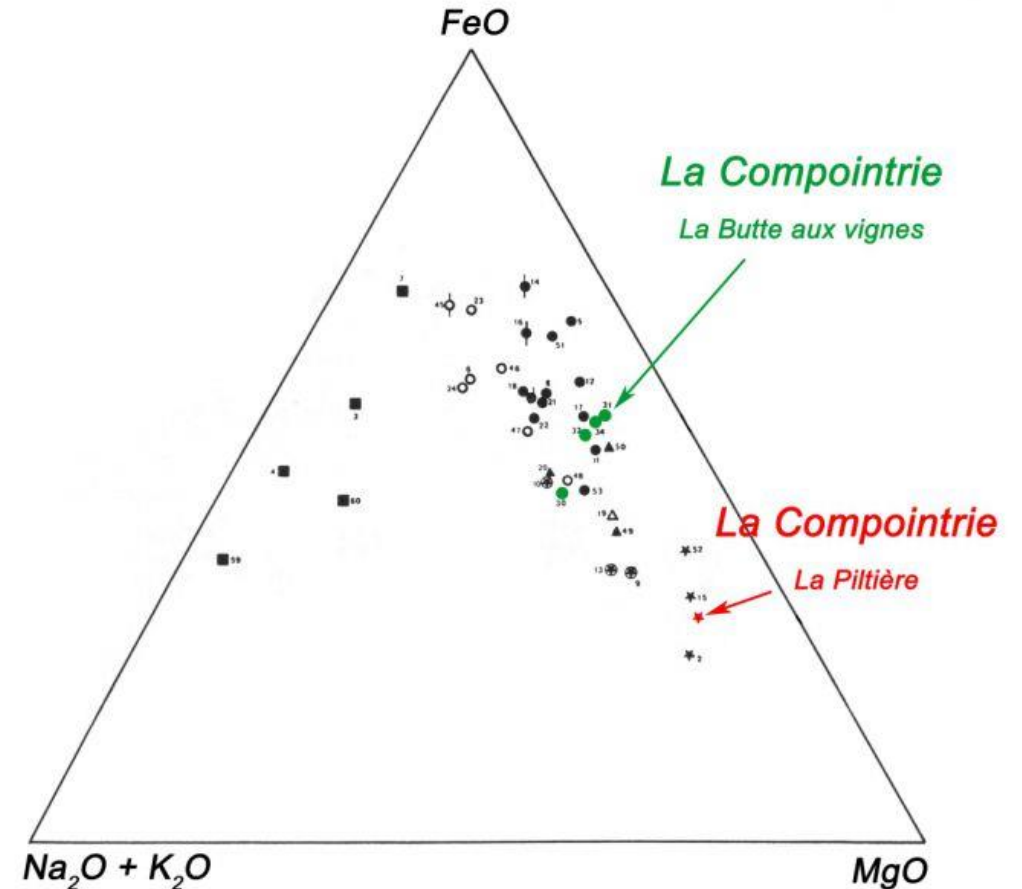
Les éclogites vendéennes possèdent une composition chimique qui varie entre un pôle magnésien et un pôle ferreux ce qui fait penser aux termes faiblement et moyennement évolués d'une série tholéitique.

Le fait également que les éclogites de la Piletière, magnésiennes, se trouvent topographiquement sous les éclogites de la Compointrie plus ferreuses est un argument en faveur d'une différenciation au sein d'une chambre magmatique.

Ceci est confirmé par le fait que dans certains blocs d'éclogite de la Gerbaudière, on peut voir un rubanement qui serait la conséquence de la sédimentation des cristaux dans une chambre magmatique, rubanement qui doit être interprété comme un héritage anté-éclogitique : il s'est produit au cours de l'accrétion océanique au niveau de la dorsale de l'Océan Centralien.



Rubanement dans une éclogite de la Gerbaudière - Surface polie



Composition des éclogites de la Compointrie dans le triangle AFM

D'après G. Godard

Conditions de l'éclogitisation

On peut retracer rapidement l'histoire des éclogites ! Elles présentent des caractères géochimiques de roches océaniques. Tout indique en effet que ce sont bien d'anciens gabbros de croûte océanique qui ont par conséquent été accrétés au niveau d'une dorsale : la dorsale de l'Océan Centralien, et qui ont été ensuite amphibolitisés, saussuritisés lors de l'expansion océanique par refroidissement et altération par l'eau de mer : ils ont donc subi un métamorphisme océanique de type hydrothermal dans le faciès schistes verts (BP-BT).

Et si ces gabbros sont aujourd'hui sous la forme d'éclogites à l'affleurement, cela implique obligatoirement qu'ils ont subi ultérieurement un métamorphisme de HP-BT par subduction.

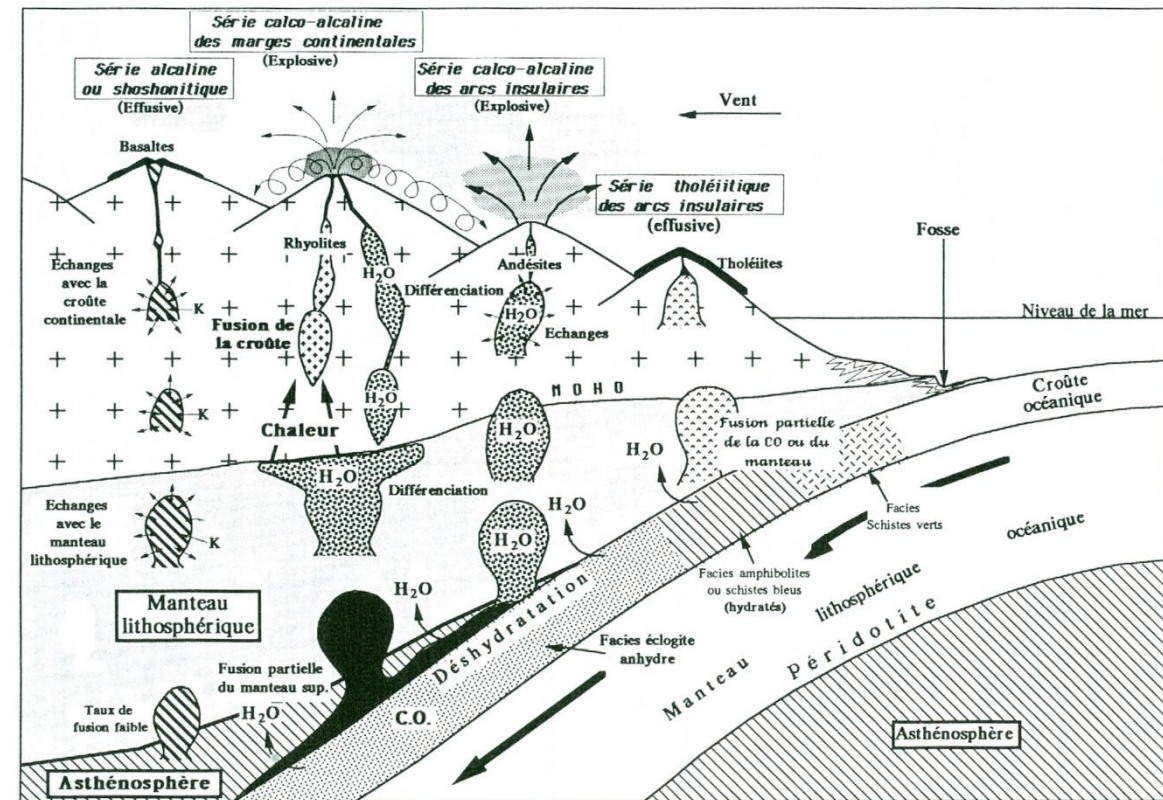
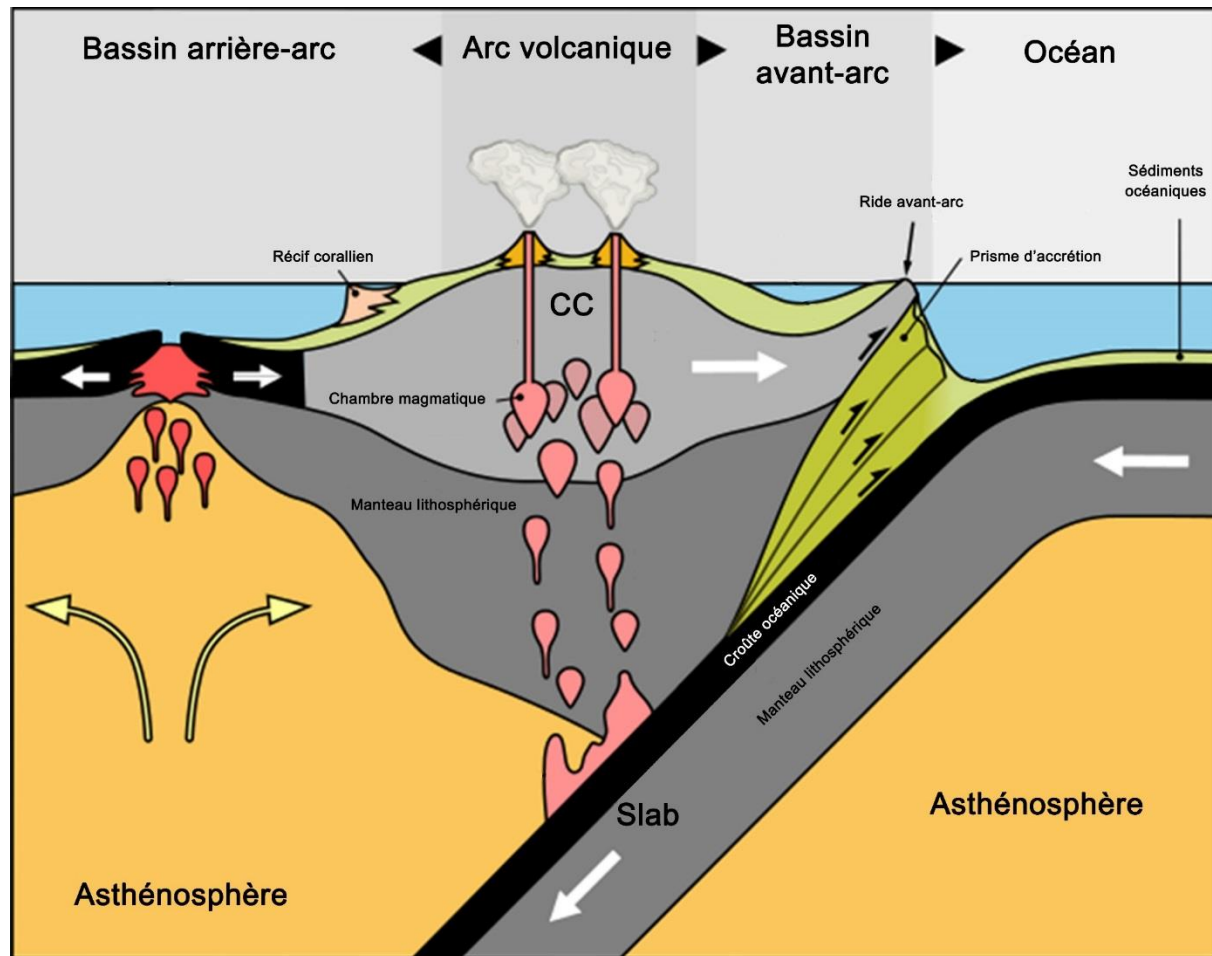
Les éclogites se sont formées lors de la fermeture de l'Océan Centralien par subduction de la croûte océanique gabbroïque de ce dernier vers le Nord sous Armorica. Ces gabbros ont subi un métamorphisme de HP-BT : une température de l'ordre de 650-750°C pour une profondeur de 45 à 60 km (pression supérieure à 15 kbar). Ce métamorphisme a été daté de 436 ± 15 Ma (PEUCAT, datation U/Pb du zircon des éclogites), c'est-à-dire du Silurien inférieur (Llandoveryien). Mais de nouveaux travaux montrent que la subduction pourrait être en réalité plus récente (voir roche 6 du sentier géologique).

Ensuite, elles ont été ramenées vers la surface au cours de la collision (Dévonien moyen-supérieur ?) et la formation de la chaîne varisque dont le Domaine Sud-armoricain est aujourd'hui un témoin très érodé. Des éclogites sont déjà en surface au Carbonifère supérieur, il y a environ 310 Ma, puisqu'on en retrouve des galets dans les dépôts houillers de Vendée datés du Stéphanien.

C'est au cours de cette exhumation que les éclogites ont été rétrotransformées par baisse de la température et chute importante de la pression, accompagnées d'une réhydratation.

Elles ont subi de nombreuses transformations statiques, plus ou moins complètes, qui ont déstabilisé certains minéraux éclogitiques et induit la cristallisation d'amphibole et de plagioclase, traduisant ainsi une évolution métamorphique rétrograde.

Ainsi, l'omphacite a été partiellement remplacée par une symplectite crypto- ou micro-cristalline de clinopyroxène et oligoclase. Le grenat est systématiquement entouré d'une couronne sombre d'amphibole secondaire (kélyphitisation) développée à l'interface avec l'omphacite. Le disthène est partiellement remplacé ou entouré d'une couronne de micas sodiques peu usuels (preiswerkite et margarite).



Exploitation

Exploitée depuis les années 1970, elle produit essentiellement des granulats pour les routes et les bétons. La densité élevée de l'éclogite ($d = 3,3$) en fait également une roche très appréciée pour les travaux d'enrochements côtiers : digue de Noirmoutier et Port Bourgenay en Vendée ...

Sur le site, sont aussi exploitées deux installations clientes fixes : une centrale d'enrobés (Bodin TP) desservant les marchés routiers de Vendée principalement et une centrale à béton (Lafarge Bétons) pour la production de béton prêt à l'emploi.

La zone de chalandise s'étend sur 50 km : du Nord de la Vendée au Sud de la Loire-Atlantique. Les clients principaux œuvrent sur les marchés des routes, bâtiments, travaux publics, béton prêt à l'emploi, enrobés, aménagement portuaire. La Production annuelle maximale autorisée est de 1 million de tonnes.

L'environnement

Le site dispose d'un Arrêté Préfectoral d'autorisation suivant la réglementation française des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE). Une visite annuelle du site est effectuée par la DREAL, service technique de la préfecture spécialisé dans le contrôle des sites industriels (environnement, sécurité, droit du travail, biodiversité et paysages).

En fin d'exploitation, le réaménagement de la carrière prévoit la réalisation d'une zone naturelle aquatique comprenant un aménagement paysagé du pourtour du futur plan d'eau après mise en sécurité des fronts.

Le groupe Lafarge s'est engagé dans la Charte Environnement des industries de carrières, comprenant une visite annuelle du site pour le suivi de 80 questions qualifiantes et la mise en place d'un plan d'amélioration continue.

Les investissements réalisés durant les dernières années pour le respect de l'environnement comportent : la réalisation de bassins de décantation, l'arrosage des matériaux, l'arrosage des pistes, l'installation d'un séparateur d'hydrocarbures, l'amélioration des conditions de stockage, le lavage des roues de camion.



Vue d'ensemble de la carrière depuis le balcon qui devrait être aménagé en espace public d'information

Synthèse

Il est désormais acquis que les éclogites vendéennes du Complexe métamorphique de HP-BT des Essarts sont d'anciens gabbros océaniques :

- les éclogites de la Gerbaudière et celles voisines de la Compointrie ont une composition chimique globale de type N-MORB.*
- leur rubanement est la conséquence d'une sédimentation des cristaux précoces dans une chambre magmatique.*
- l'évolution du rapport FeO/MgO est le signe d'une différenciation tholéitique depuis un pôle magnésien représenté par l'éclogite de la Piletière jusqu'à un pôle très ferreux représenté par les éclogites ferro-titanées de La Gerbaudière en passant par l'éclogite ferro-magnésienne de la Compointrie.*
- la répartition des inclusions dans les grenats rappelle la structure des gabbros originels.*

Cette appartenance à une série tholéitique est confirmée d'autre part par la géochimie des terres rares :

- la distribution des terres rares (REE) observée dans les éclogites de Vendée est pratiquement identique à celle des tholéiites océaniques.*
- les rapports isotopiques de l'oxygène présentent une très forte dispersion que seules les séries ophiolithiques montrent, dispersion à mettre bien évidemment en relation avec l'altération hydrothermale de la croûte océanique.*

Enfin, l'existence dans le voisinage des éclogites de reliques de péridotites à grenat (birbirites) prouve la présence d'un manteau lithosphérique.

La croûte de l'Océan Centralien est apparue sans doute à partir de l'Ordovicien moyen (?).