

Roche 12 : Eclogites de la Gerbaudière – Saint-Philbert-de-Bouaine (85)

Âge du métamorphisme de HP-BT : 436 Ma (Llandovery – Silurien inférieur)

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

12

Éclogite

Catégorie : Métamorphique

Commune : St Philbert de Bouaine (85)

Ère : Paléozoïque

Période : Carbonifère



12

Éclogite

Catégorie : Métamorphique

Commune : St Philbert de Bouaine (85)

Ère : Paléozoïque

Période : Carbonifère



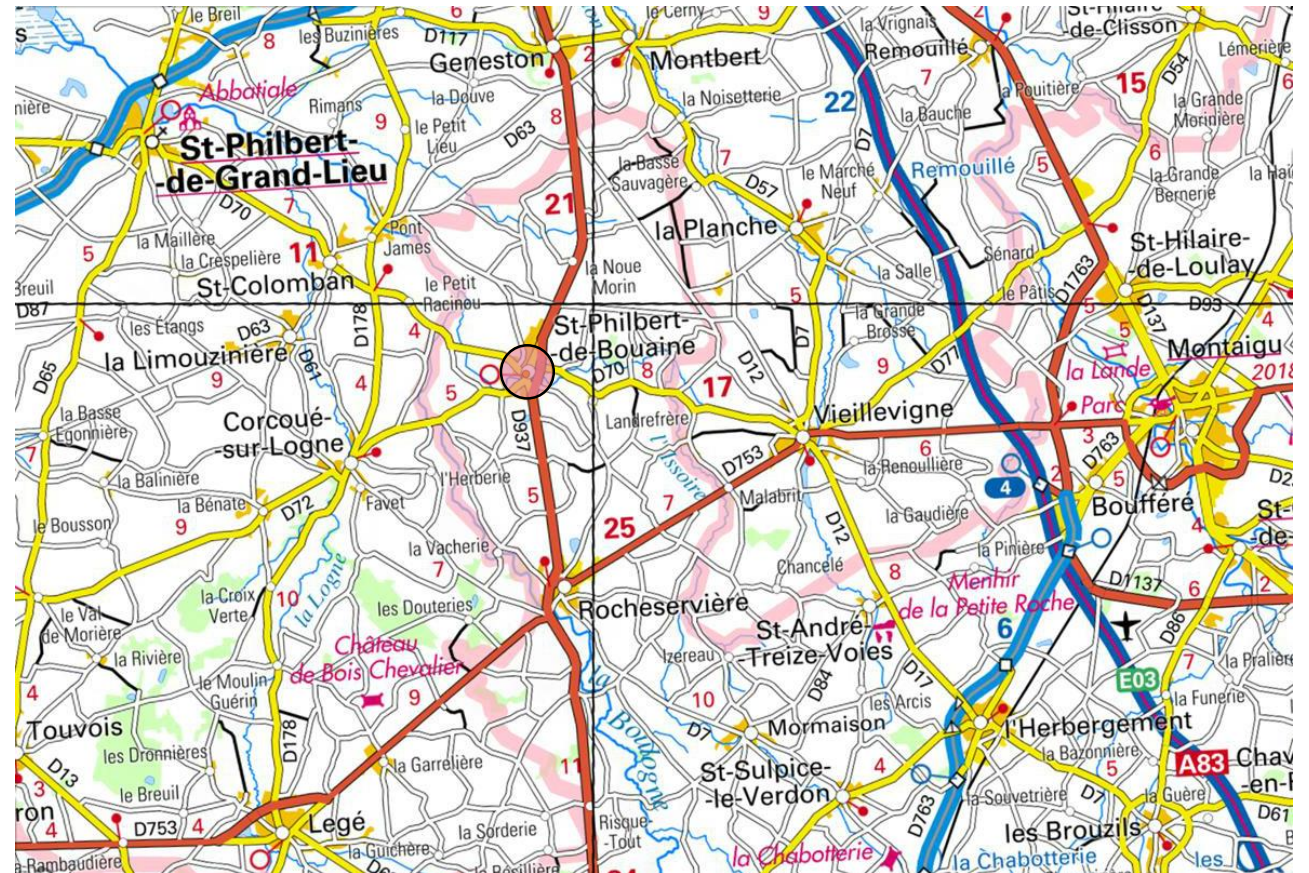
Situation géographique

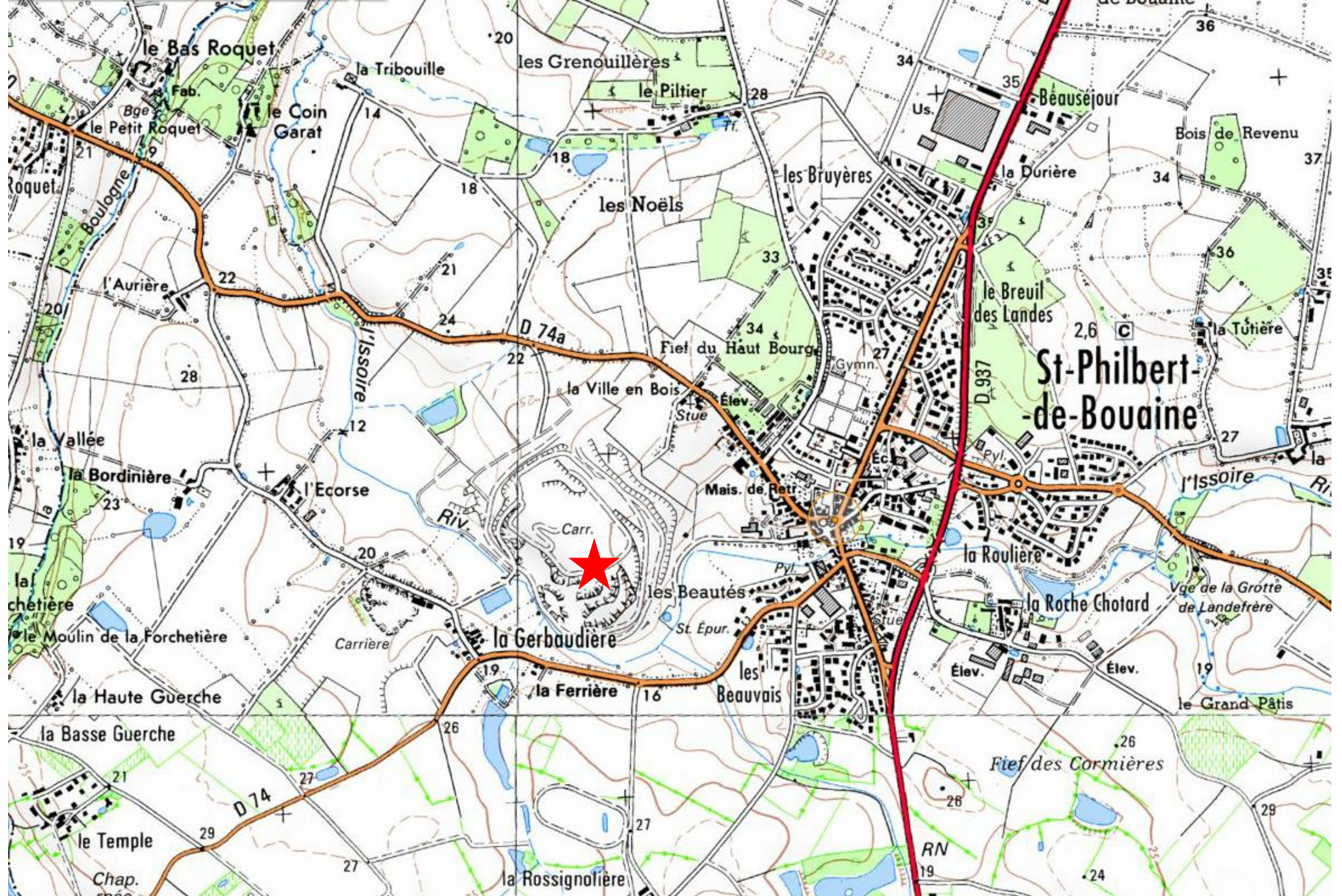
Située sur la commune de Saint-Philbert-de-Bouaine (85), la carrière de la Gerbaudière est exploitée par la Société Lafarge.

Elle constitue le principal affleurement d'éclogite en France.

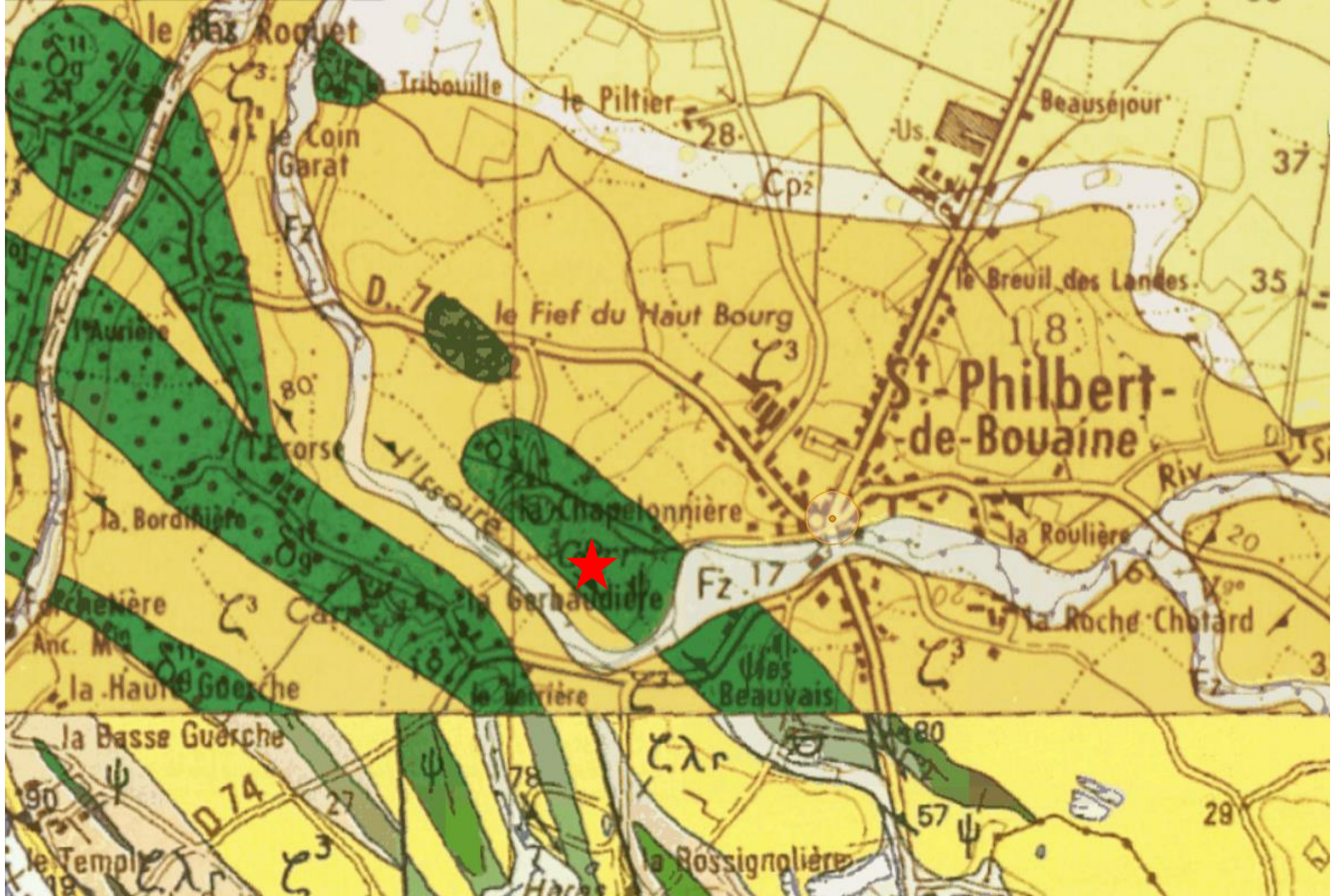
L'affleurement d'éclogite dessine cartographiquement un boudin, une lentille allongée de direction Sud-Armoricaine NW-SE de 4 à 5 km de long sur à peine 0,5 km de large.

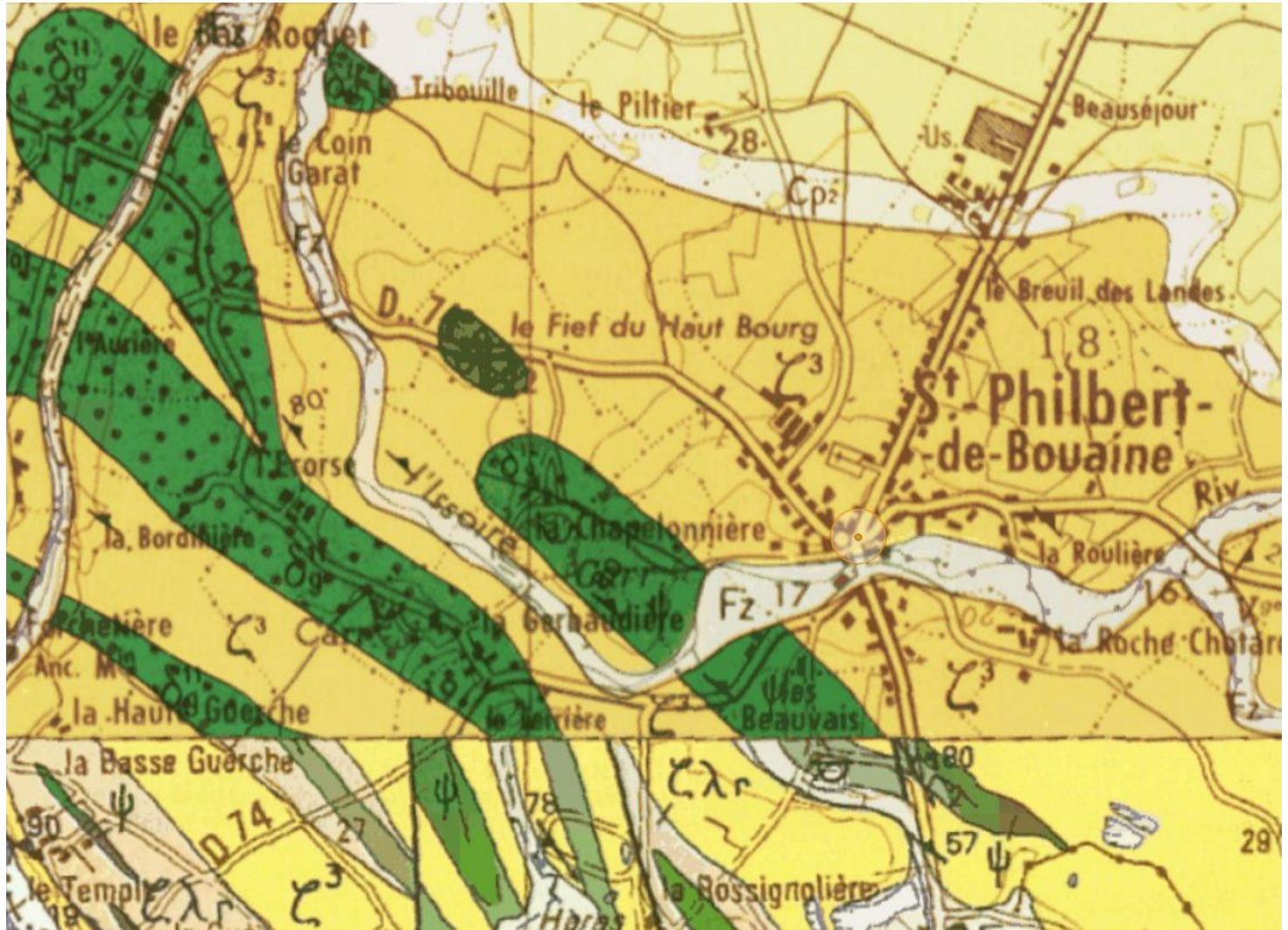
L'éclogite est le résultat de la subduction et du métamorphisme prograde de HP-BT de la croûte océanique de l'Océan Centralien avant son exhumation (métamorphisme rétrograde) au Carbonifère.











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



δ_{11} Amphibolites



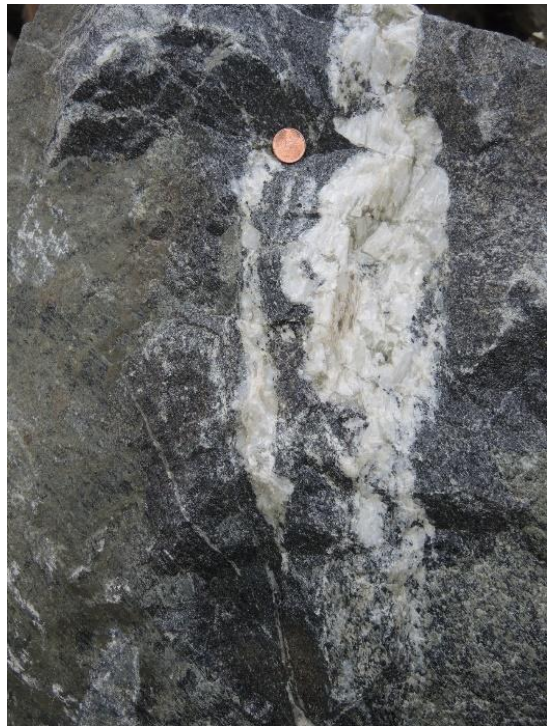
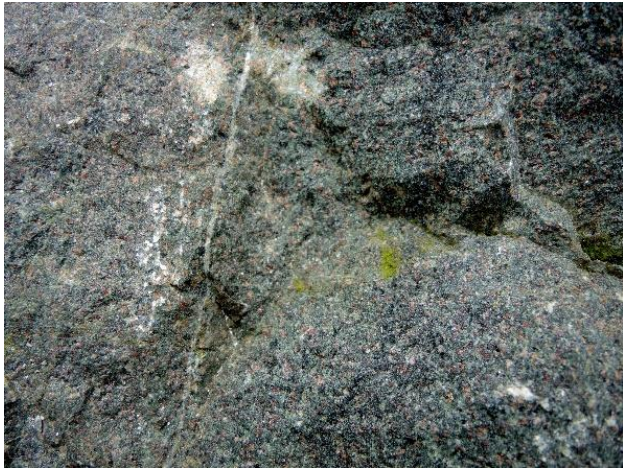
Ψ Eclogites plus ou moins amphibolitisées



Carrière de la Gerbaudière - Photo A. Pouclet





















Les éclogites

En fait, on trouve dans la carrière de la gerbaudière 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 rutile (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 rétromorphosées à omphacite** déstabilisée vert pâle et à grenats entourés d'une couronne de kélyphitoïde.

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

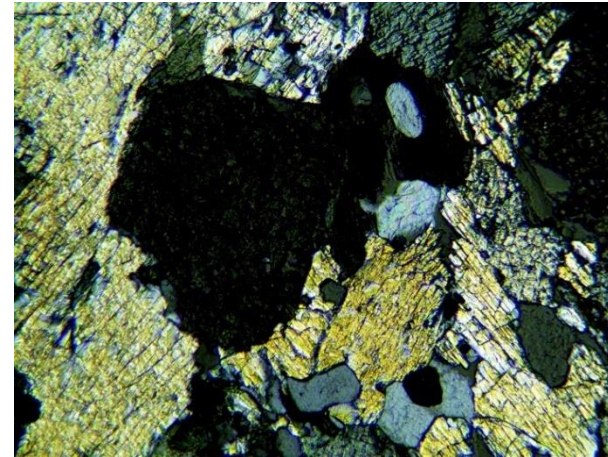
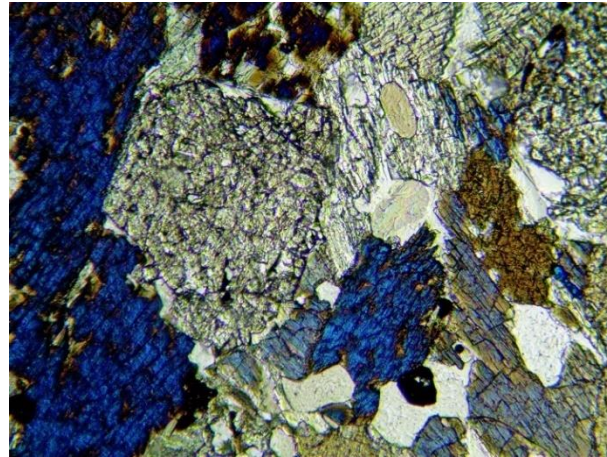
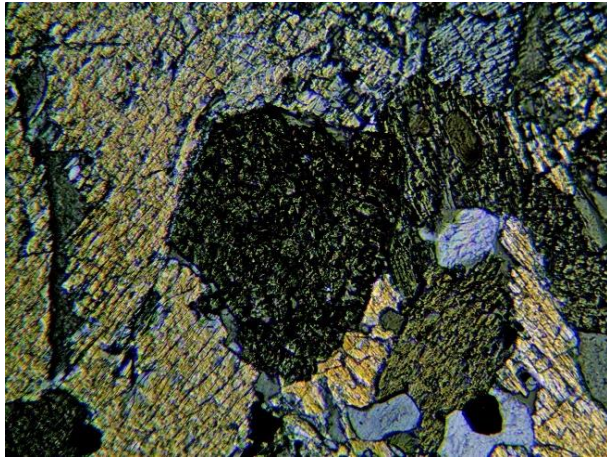
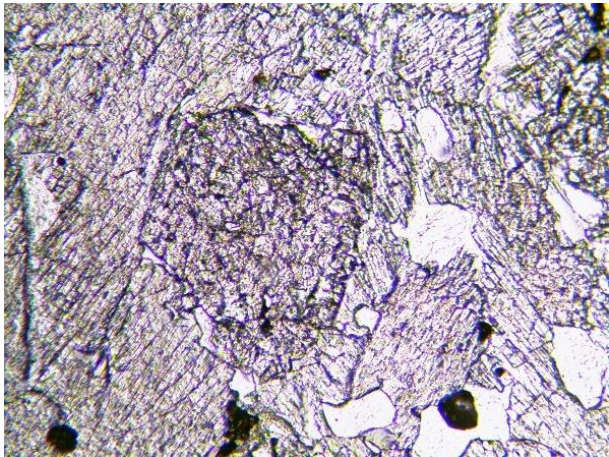
Le fait que ces dernières soient intimement associées aux éclogites au sein du même gisement et que l'on peut observer dans la carrière tous les termes de transition entre éclogites et amphibolites conduit à admettre que les amphibolites dérivent des éclogites.

L'amphibolitisation des éclogites est due à la réaction :

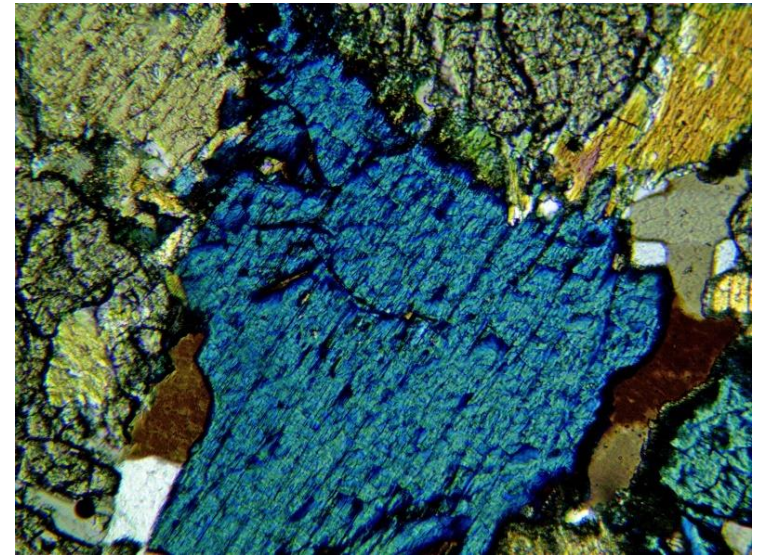
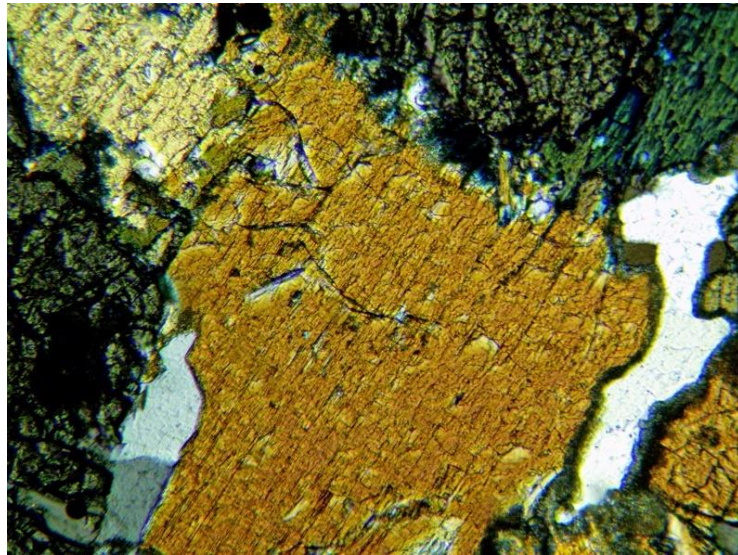
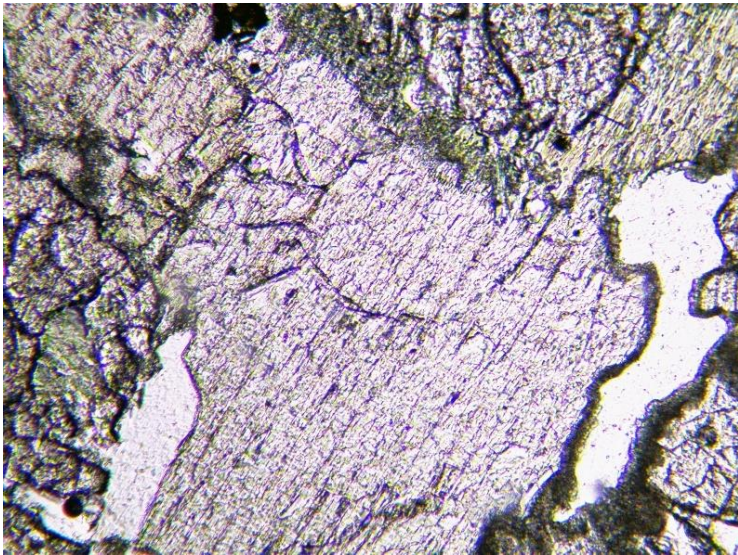


Elle nécessite donc de l'eau. Voilà pourquoi on peut observer sur certains blocs d'éclogite un début d'amphibolitisation le long de microfractures par lesquelles l'eau a pu s'infiltrer.

L'amphibolitisation des éclogites est essentiellement tardive et postérieure à la rétromorphose 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 naturel (forêt, champ...) peut être défini par sa réflectance pour différentes longueurs d'onde du spectre de la lumière et par conséquent caractérisé par une signature spectrale spécifique qu'on exploite en imagerie satellitale.

En procédant de façon analogue, par analyse d'images multispectrales de cartes d'éléments chimiques obtenues en MEB, on peut générer 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 les 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.

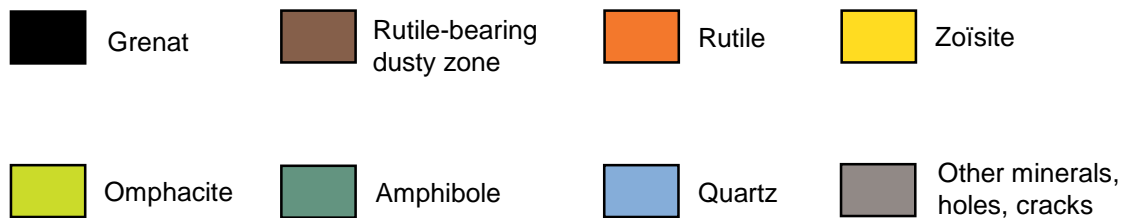
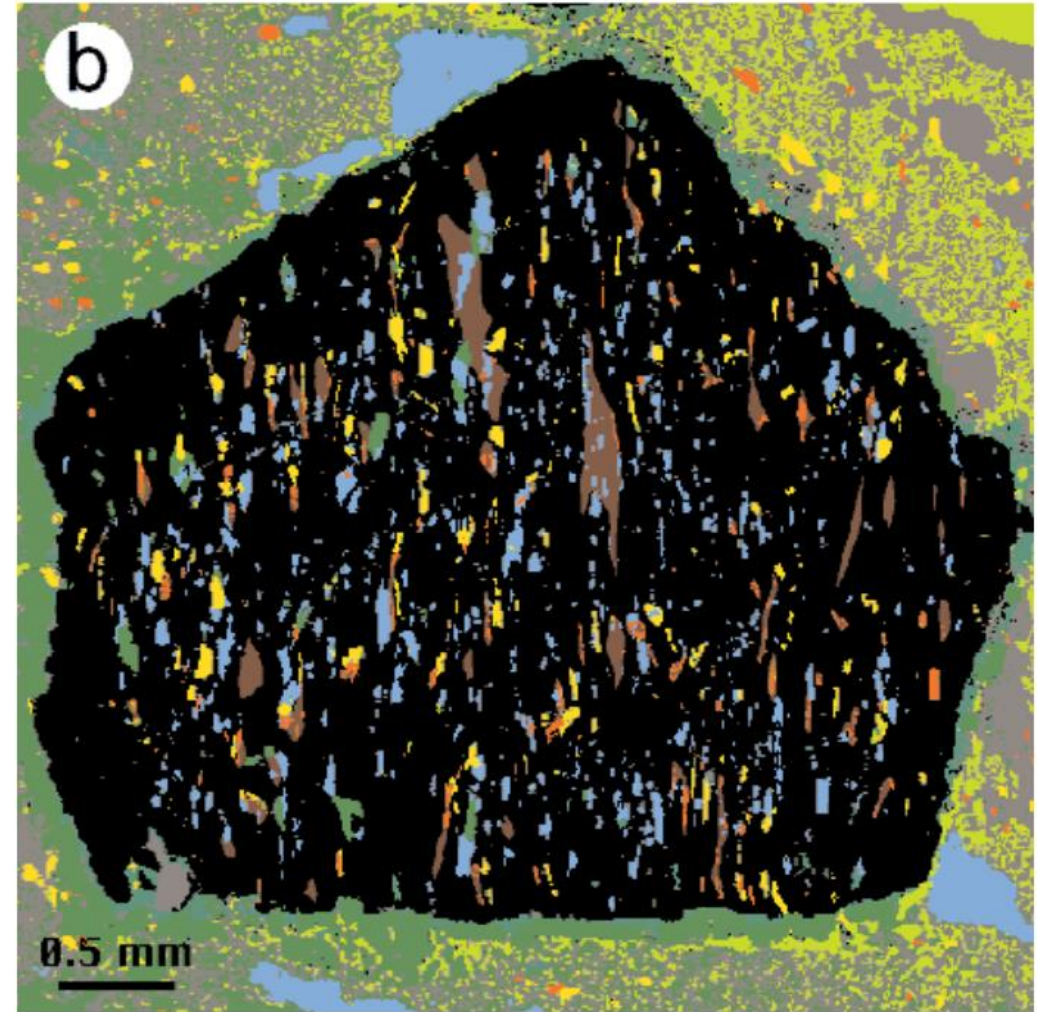
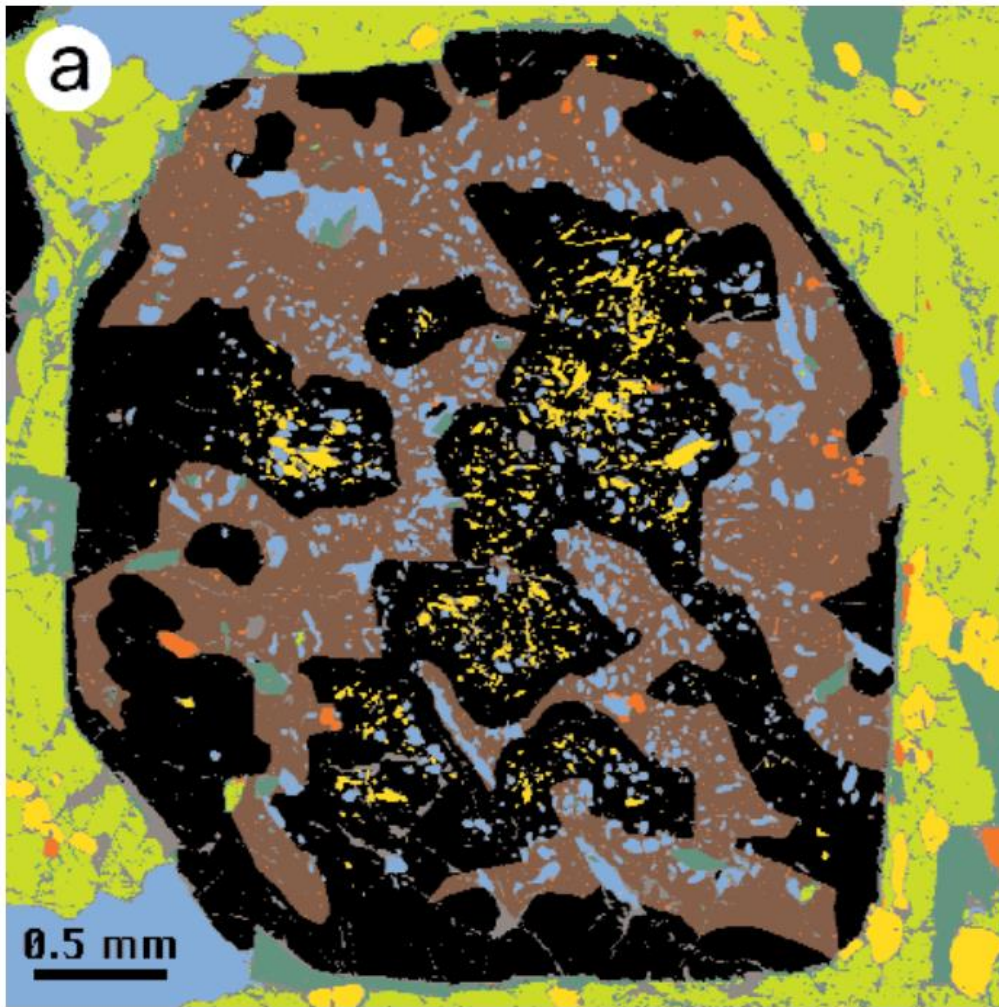
Rutile et zoïsite semblent donc s'exclure.

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 amphibolitisé et saussuritisé.



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) montrent clairement que l'ensemble des éclogites de la région nantaise s'inscrit nettement dans le domaine des roches à composition gabbroïque et à différenciation tholéiitique, 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 tholéiitique dans une chambre magmatique.

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

Une birbirite est une roche de couleur brune, d'aspect scoriacé et vacuolaire, plus ou moins riche en fer (limonite) et très riche 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 aujourd'hui directement surmontées par les 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 Compoirie et de la Gerbaudière sont des reliques d'une ancienne croûte océanique de part leur composition chimique globale de type MORB ; leur rubanement, conséquence d'une différenciation tholéiitique entre un pôle magnésien (l'éclogite de « La Piltière ») et un pôle ferreux (les éclogites ferro-titanées de la Gerbaudière) dans une chambre magmatique et le voisinage des birbirites, ex-péridotites serpentinisées puis altérées.

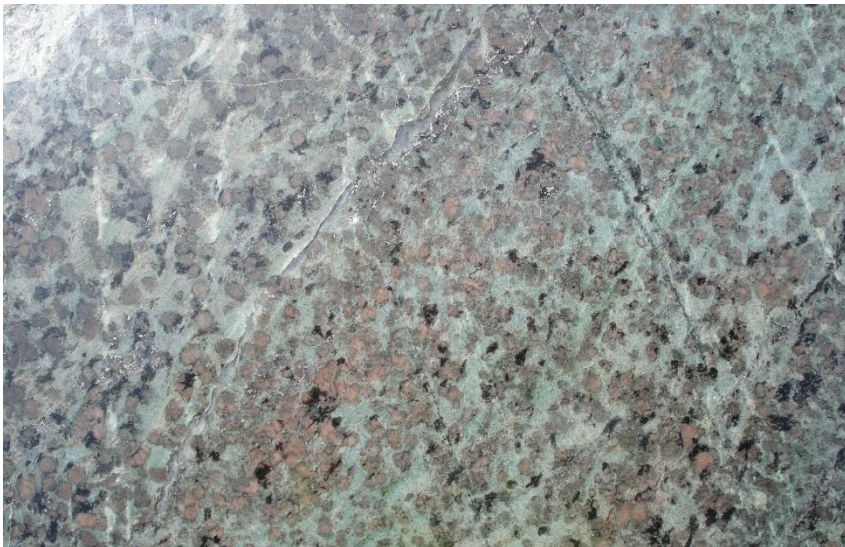
Remarque : Les lentilles d'éclogites de la Gerbaudière sont emballées dans des gneiss. Ces gneiss à *quartz + plagioclase + mica noir + grenat ± muscovite*, très alumineux et très pauvres en feldspath K, seraient des métapélites océaniques, c'est-à-dire d'anciens sédiments argileux déposés sur la croûte océanique lors de l'expansion 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 tholéiitique.

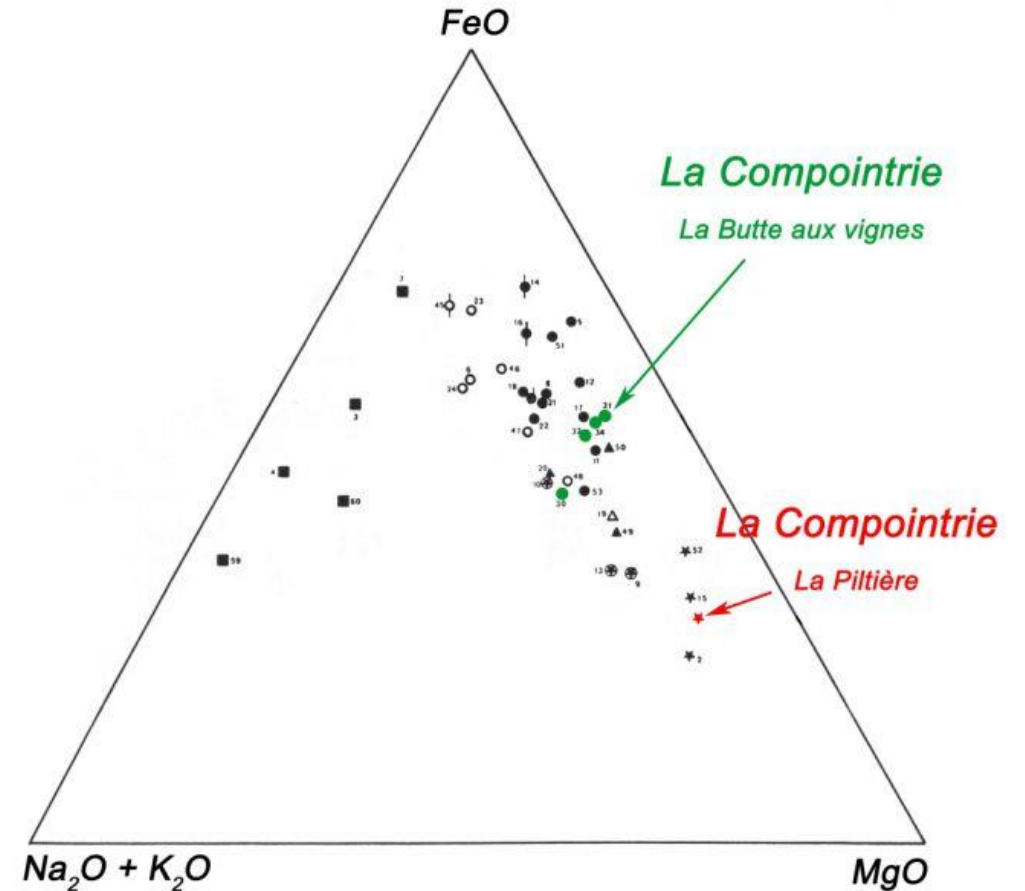
Le fait également que les éclogites de la Piltière (ou Piletière), magnésiennes, se trouvent topographiquement sous les éclogites de la Compointerie, plus ferreuses, est un argument en faveur d'une différenciation au sein d'une chambre magmatique.

Ceci est confirmé par le fait que dans certains blocs d'éclogite de la Gerbaudière, on peut voir un rubanement des grenats qui serait la conséquence de la sédimentation des cristaux dans une chambre magmatique.

Ce rubanement doit être interprété comme un héritage anté-éclogitique : il s'est produit au cours de l'accrétion océanique.



Rubanement dans une éclogite de la Gerbaudière - Surface polie



Composition des éclogites de la Compointerie 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.

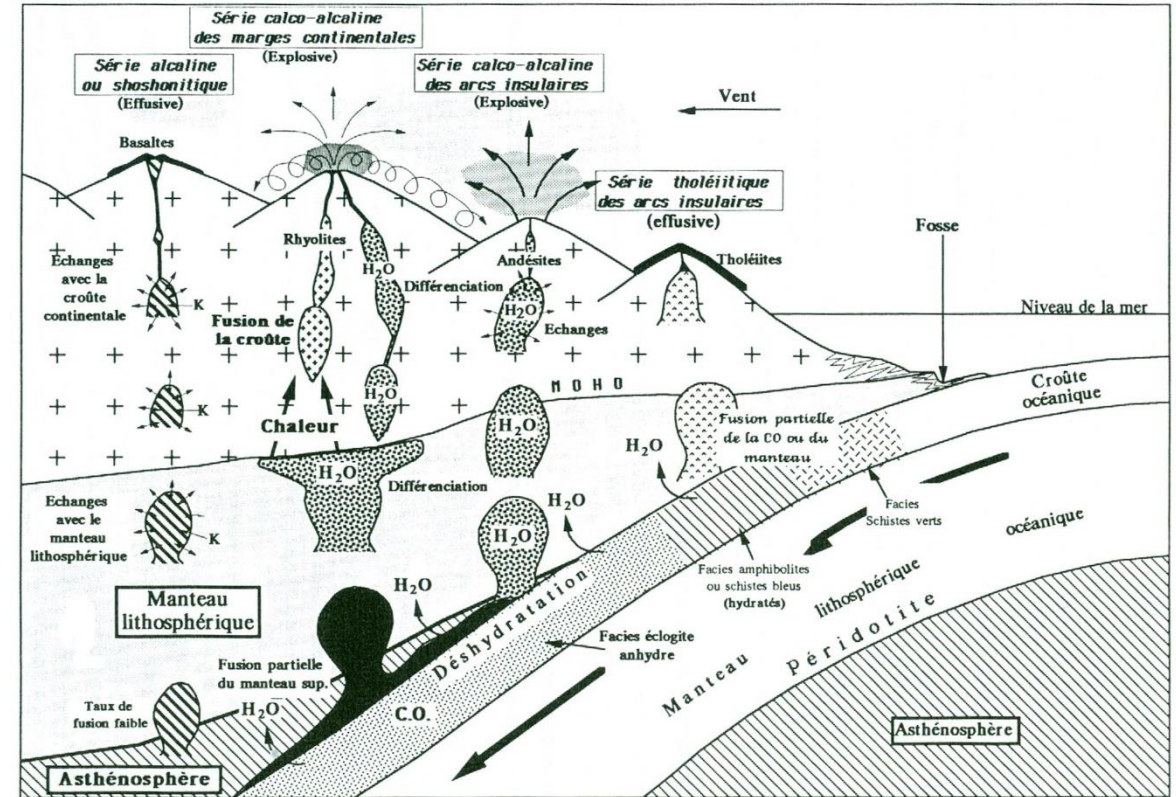
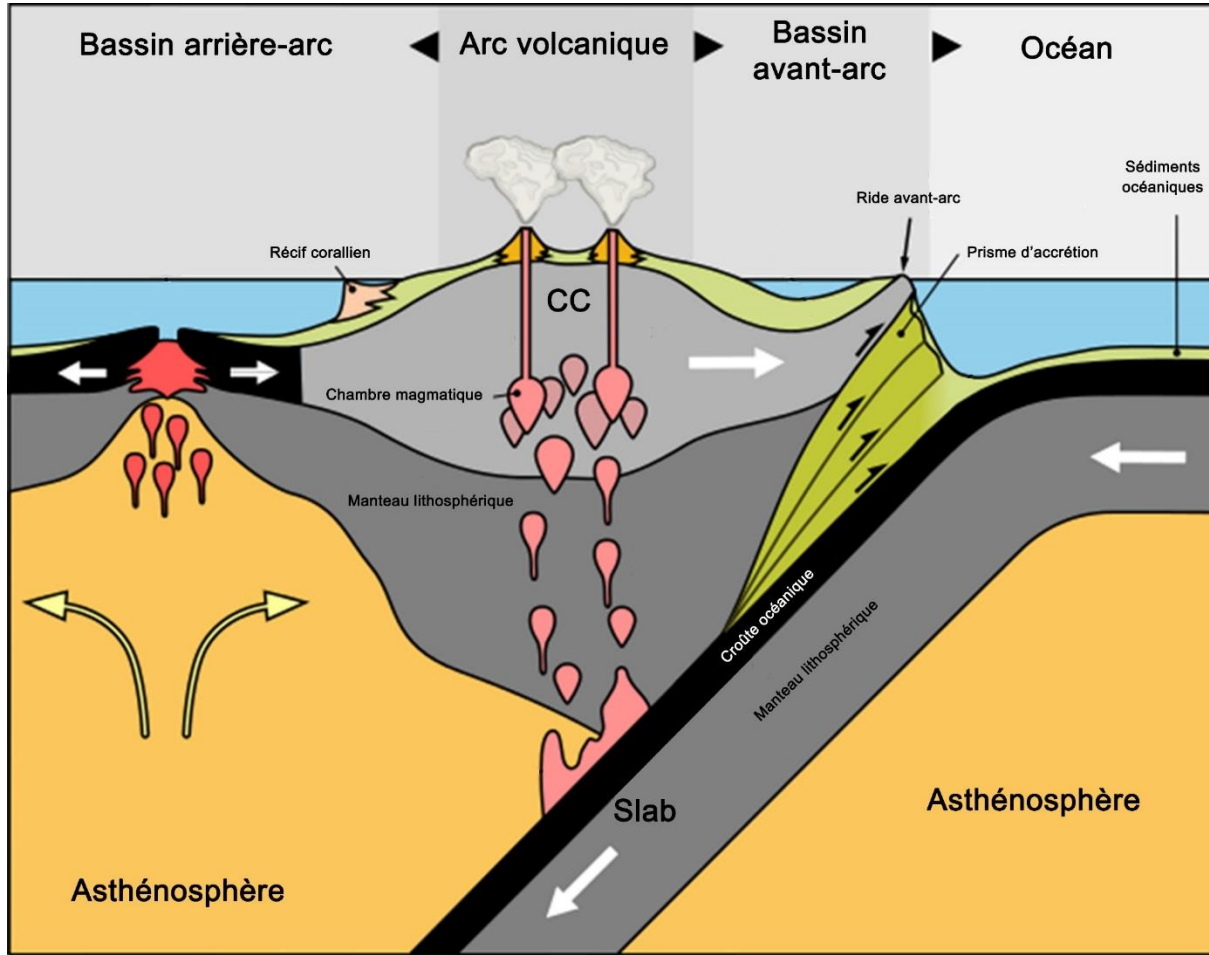
Les éclogites se sont formées lors de la fermeture de l'Océan Centralien par subduction de sa croûte océanique gabbroïque sous Armorica puis ont subi un métamorphisme de HP-BT : une température de l'ordre de 650-750°C et une pression de l'ordre de 14-20 kbar, ce qui équivaut à une profondeur de 45 à 60 km). Ce métamorphisme a été daté à 436 ± 15 Ma (PEUCAT, datation U/Pb sur Zircon), c'est-à-dire de la limite Llandovery-Wenlock (Silurien moyen).

Ensuite, elles ont été ramenées vers la surface au cours de la collision (Dévonien moyen-supérieur ?). 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 du Stéphanien, près de Chantonay.

C'est au cours de cette exhumation que les éclogites ont été rétro-morphosées. Elles ont subi une baisse de température et surtout une importante chute de pression, accompagnées d'une réhydratation de la roche.

En conséquence, de nombreuses transformations statiques, plus ou moins complètes, ont déstabilisé certains minéraux éclogitiques et induit la cristallisation d'amphibole et de plagioclase, traduisant 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 à 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 Compoirie 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 tholéiitique 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 Compoirie.*
- la répartition des inclusions dans les grenats rappelle la structure des gabbros originels.*

Cette appartenance à une série tholéiitique 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.

L'accrétion de la croûte de l'Océan Centralien a sans doute débuté au Silurien moyen (436 Ma).

**Roche 13 : Métarhyolites de Saint-Paul-Mont-Penit (85)-
« Porphyroïdes de Mareuil et de La Sauzaie »**

Âge Ordovicien : 480 Ma

Âge du métamorphisme : 370-360 Ma (Limite Dévonien-Carbonifère)

13

Volcanite
acide
métamorphisée

Catégorie : Métamorphique

Commune : St Paul Mont Pénit (B5)

Ère : Paléozoïque

Période : Carbonifère

360 Millions
années

13

Volcanite
acide
métamorphisée

Catégorie : Métamorphique

Commune : St Paul Mont Pénit (B5)

Ère : Paléozoïque

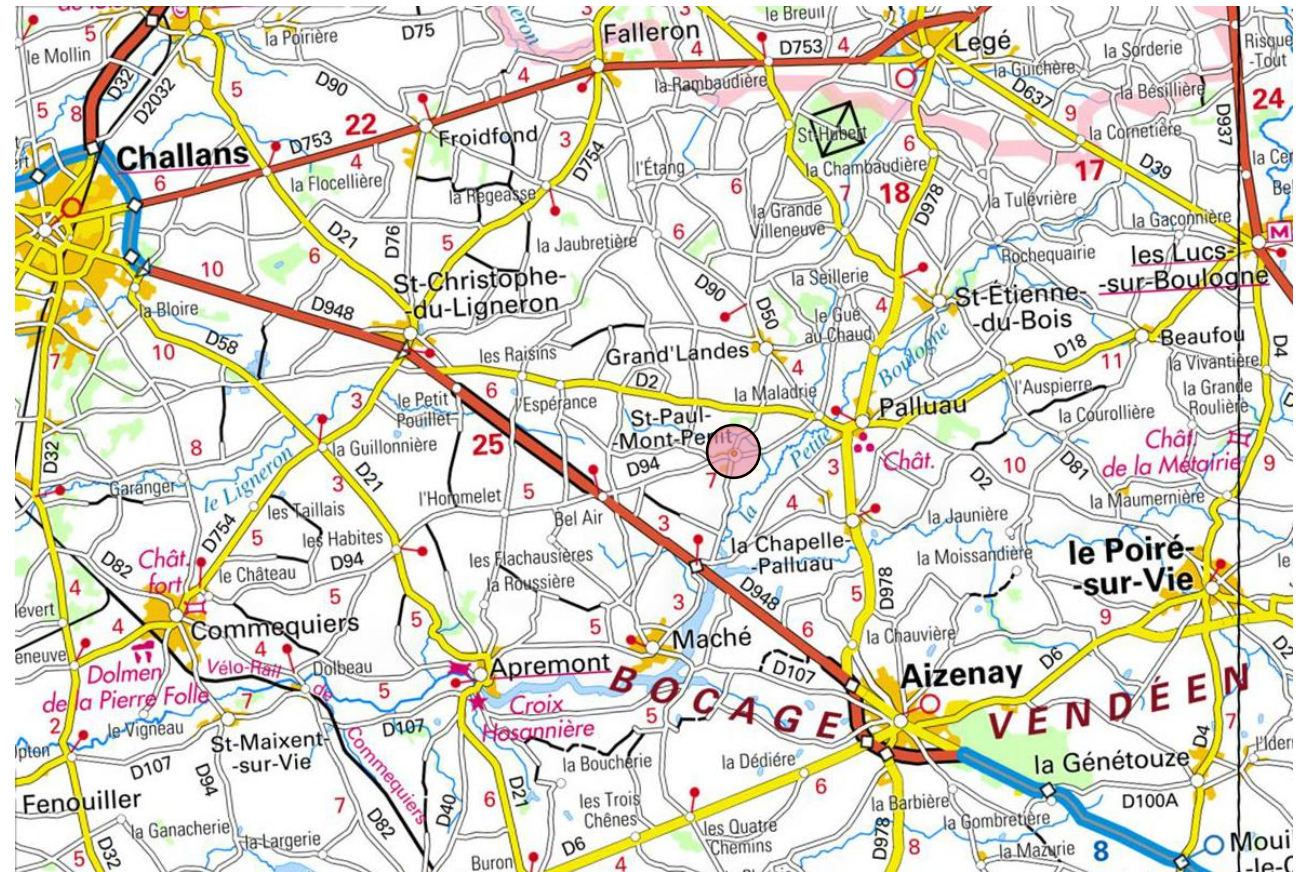
Période : Carbonifère

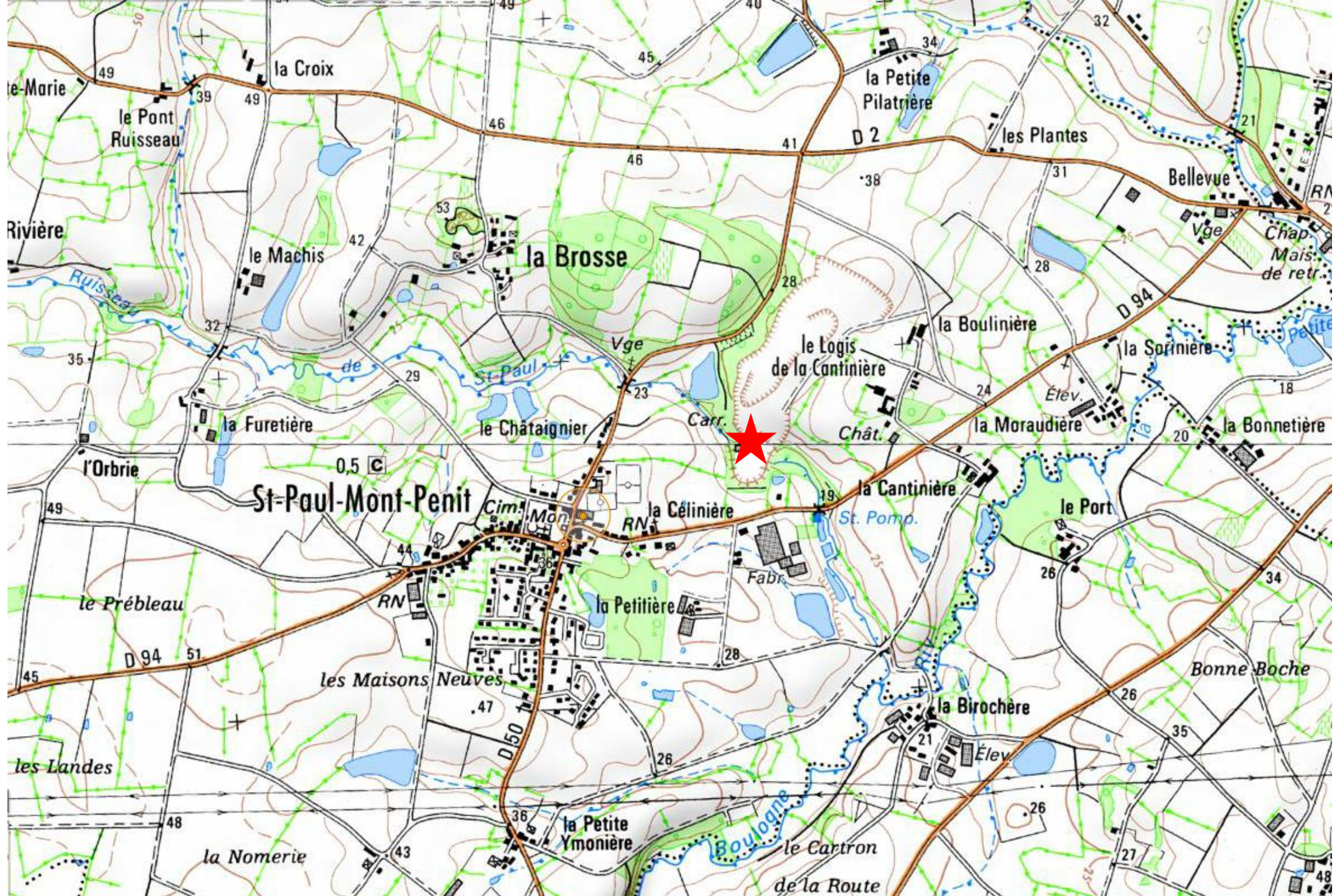
360 Millions
années

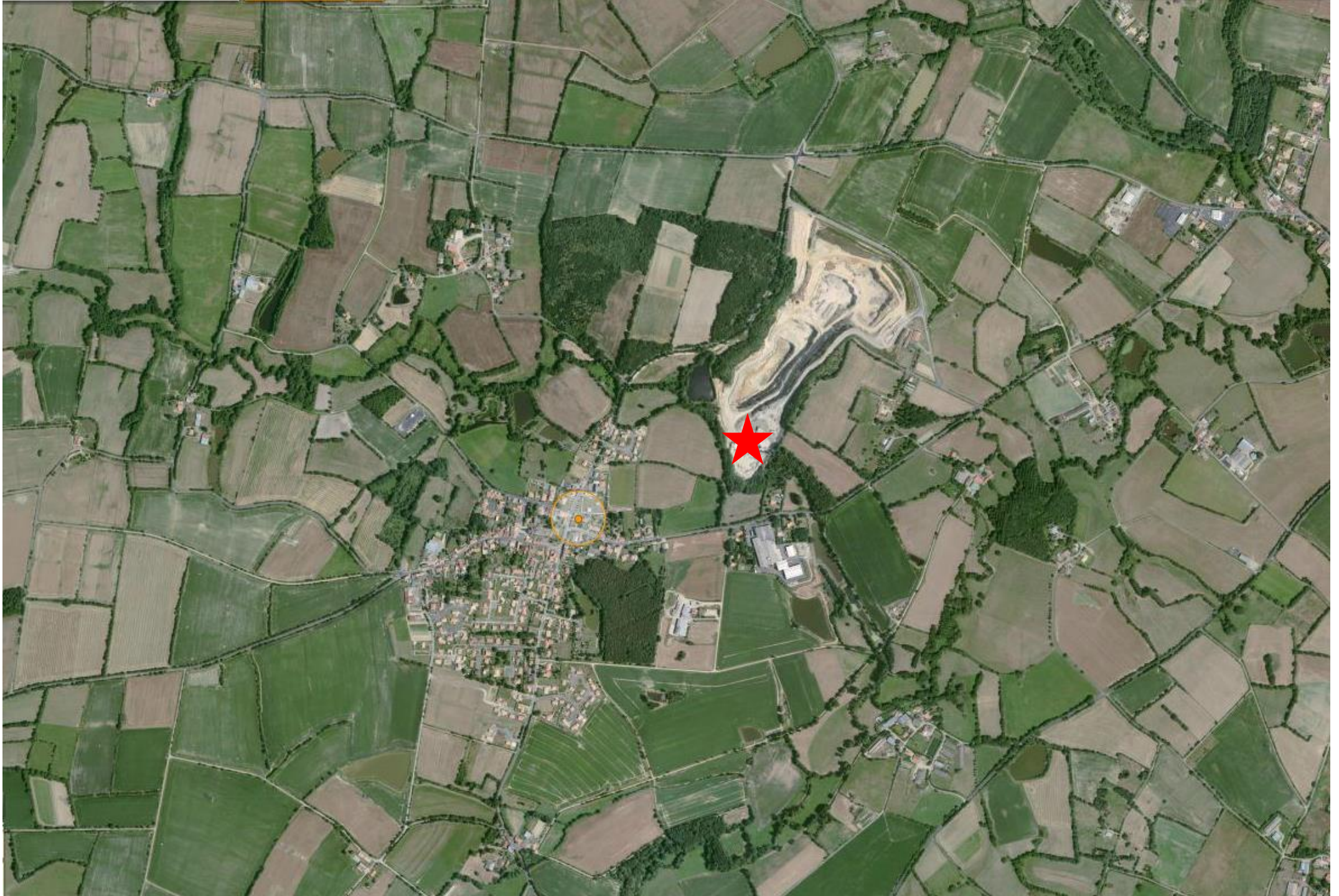
Situation géographique

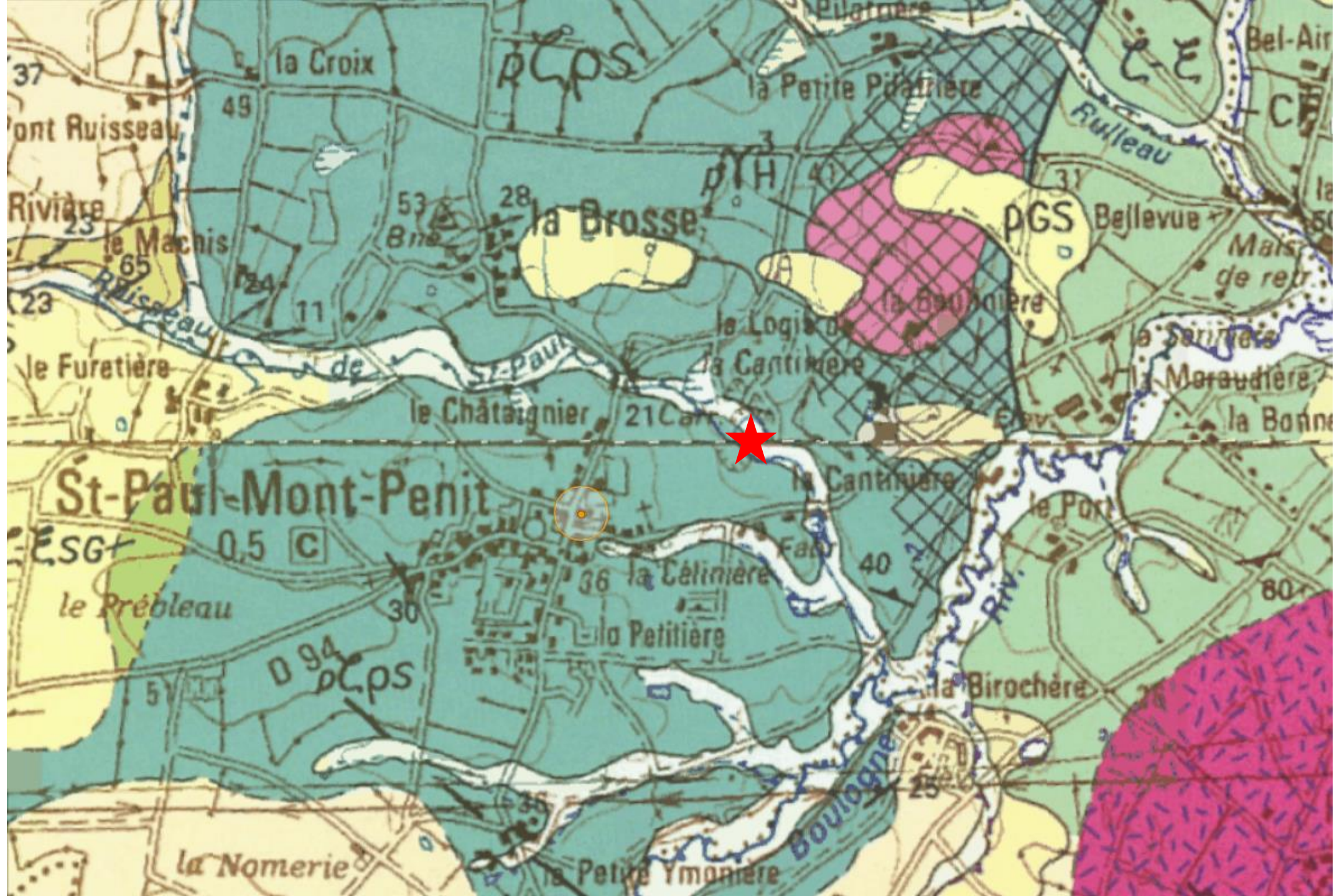
La carrière de la Boulinière, également appelée carrière du Logis de la Cantinière, est située sur la D50, au N-E de Saint-Paul-Mont-Penit. Elle est exploitée par le Groupe Merceron.

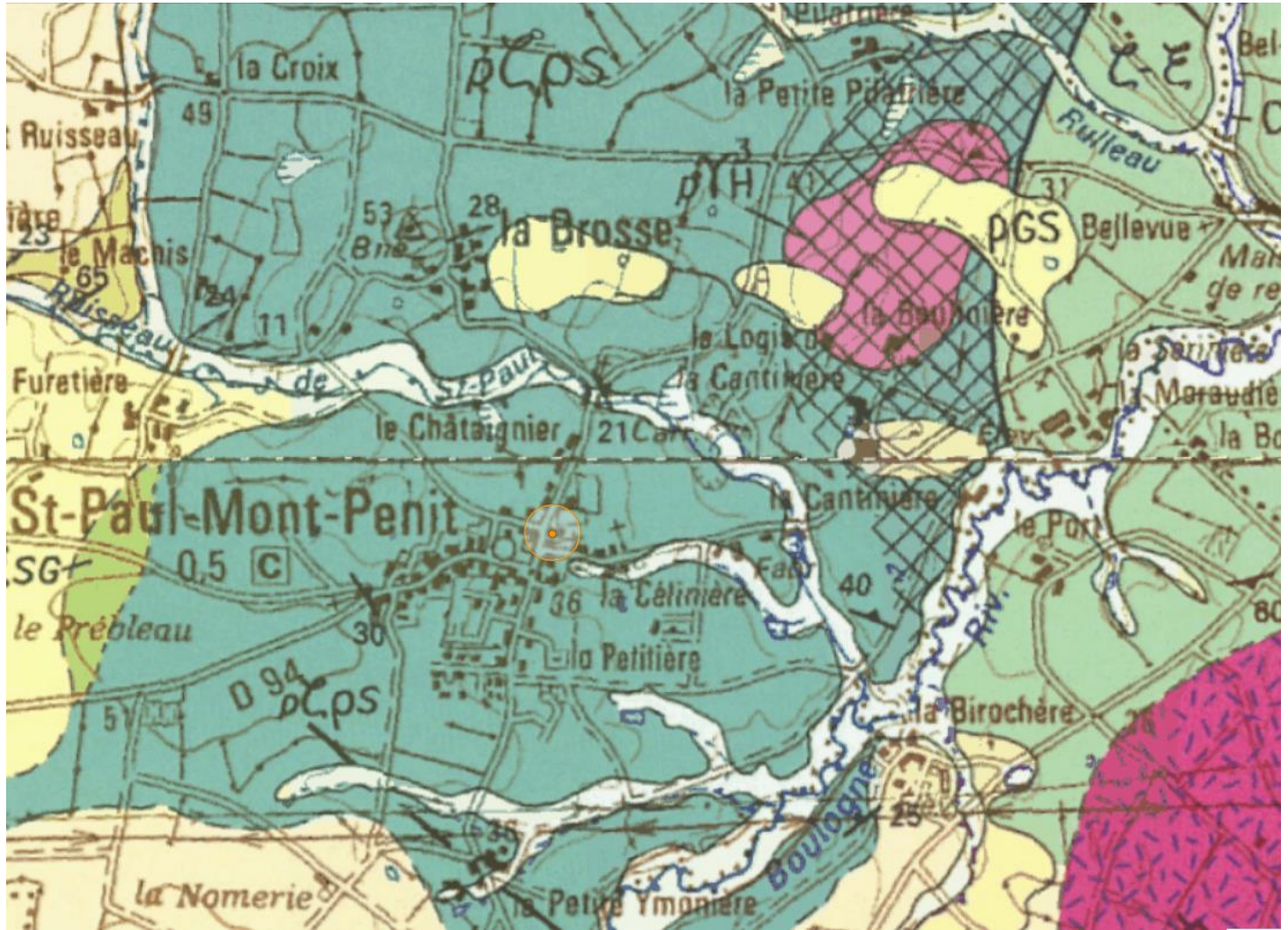
Cette carrière en gradins permet d'observer en 3D le contact entre les gneiss porphyroïdes de la Formation des « Porphyroïdes de la Sauzaie » et le monzogranite d'une apophyse du massif granitique d'Aizenay.











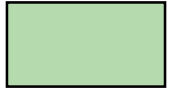
pCps Gneiss micacés leucocrates à porphyroclastes de quartz rhyolitiques et de feldspath



pγ³ Granite porphyroïde à deux micas



pγ³H Monzogranite porphyroïde à biotite, hydrothermalisé



ζ-ξ Paragneiss micacés et micaschistes indifférenciés, localement anatectiques (Unité de la Roche-sur-Yon)



ζ-ξSG Micaschistes et gneiss fins micacés (Formation de Saint-Gilles)









Géologie

Les gneiss porphyroïdes de la carrière de la Boulinière (**pcpS**) appartiennent à la Formation des « Porphyroïdes de la Sauzaie » datée à 477 ± 7 Ma et 481 ± 14 Ma (Béchenec *et al.*, 2008) soit de l'Ordovicien inférieur (Trémadocien).

Mais les blocs présentés dans le « Jardin de roches » sont difficiles à interpréter, d'analyse compliquée pour deux raisons essentielles :

- sur le terrain, à l'affleurement, les gneiss porphyroïdes de la Boulinière sont en effet intrudés par une apophyse, un corps du massif granitique d'Aizenay (γ^3H), massif qui a été daté de 335 ± 5 Ma (méthode U/Th/Pb sur monazite) donc d'âge Carbonifère inférieur (Viséen),
- et en même temps, ils sont en contact par faille avec les formations métasédimentaires (ζ - ξ) du groupe de Nieul-le-Dolent de l'Unité de la Roche-sur-Yon.

Cette faille subverticale de direction N-S s'est formée tardivement, peut-être au cours d'une phase compressive Carbonifère supérieur.

En conséquence, les gneiss porphyroïdes de la Boulinière ont été affectés par une foliation mylonitique subméridienne et ont subi, tout comme le monzogranite porphyroïde à biotite du massif d'Aizenay, une cataclase importante, accompagnée d'une altération hydrothermale avec mise en place d'un stockwork (ou stockwerk) de veines à minéralisations sulfurées (sphalérite, galène, stibine, molybdénite et chalcopryrite).

Il en résulte qu'ils peuvent présenter des faciès variés : parfois très schistosés, parfois foliés avec une foliation soulignée par des cristaux de quartz matriciel aplatis associés à des opaques.

Les feldspaths sont généralement de grande taille (2-3 cm au plus). Dans les faciès les plus déformés, ils sont étirés et fragmentés.

Des phénocristaux de quartz, d'une belle couleur bleue, sont localement associés aux feldspaths.

Les analyses chimiques réalisées sur les « Porphyroïdes de la Formation de La Sauzaie » sur les feuilles voisines du Poiré-sur-Vie et de Saint-Gilles-Croix-de-Vie montrent que ces roches ont :

- une composition acide à très acide,
- des teneurs faibles en CaO,
- des teneurs variables en Na₂O et K₂O avec une prédominance toujours très nette du K sur le Na,
- et un indice d'aluminosité élevé.

L'ensemble de ces caractères conduisent à considérer les « Porphyroïdes » comme d'anciennes rhyolites peralumineuses fortement à très fortement potassiques.

Ces rhyolites se sont formées à l'Ordovicien inférieur (Trémadocien) par fusion partielle de séries métapélitiques pauvres en calcium de la croûte continentale supérieure.

Remarque : On distingue classiquement la Formation des « Porphyroïdes » de celle des « Schistes de Saint-Gilles » qui la surmonte, la chevauche. En fait, on observe parfois une alternance de ces deux formations. On peut donc les regrouper dans un même ensemble à caractère volcano-sédimentaire qui a été qualifié de « méta-tuffo-ignimbrite porphyrique rhyolitique » !

Les porphyroïdes représentent la partie méta-rhyolitique ou méta-ignimbritique franche tandis que les niveaux plus fins (« Schistes de Saint-Gilles »), tuffacés, sont interprétés comme des faciès de remaniement des roches volcaniques pendant une période d'accalmie du cycle éruptif.

Les porphyroïdes de la Boulinière appartiennent à la formation des « Porphyroïdes de la Sauzaie ».

Cette dernière est un ensemble volcano-sédimentaire daté de l'Ordovicien inférieur (Trémadocien) mis en place en contexte de rifting par fusion partielle de matériel sédimentaire métapélitique de croûte continentale. Une autre formation lui est contemporaine et présente les mêmes caractères : la formation des « Porphyroïdes de Mareuil ».

Aujourd'hui, ces deux formations présentent une grande extension cartographique qui s'explique par le fait que ce sont deux nappes.

Cartographiquement, l'allochtonie des « Porphyroïdes de La Sauzaie » est argumentée par trois observations que l'on peut faire sur la côte dans la région de Brétignolles-sur-Mer :

- son contact avec le « Bassin dinantien de Brétignolles-sur-Mer » apparaît très contourné,
- son pendage vers le Nord-Est est faible, de l'ordre de 30°,
- une forte linéation d'étirement vers l'Ouest matérialise la direction du déplacement de la nappe et son cisaillement par les autres unités qui l'ont chevauchée,

si bien que le contact des « Porphyroïdes de La Sauzaie » sur les « Phtanites de Sainte-Véronique » n'est pas une discordance stratigraphique mais un véritable contact tectonique souligné sur le terrain par la présence de nombreuses écailles dans les formations siluriennes.

Le « Bassin dinantien de Brétignolles-sur-Mer », à matériel silurien et carbonifère, est chevauché par la formation des « Porphyroïdes de La Sauzaie », ordovicienne donc plus âgée.







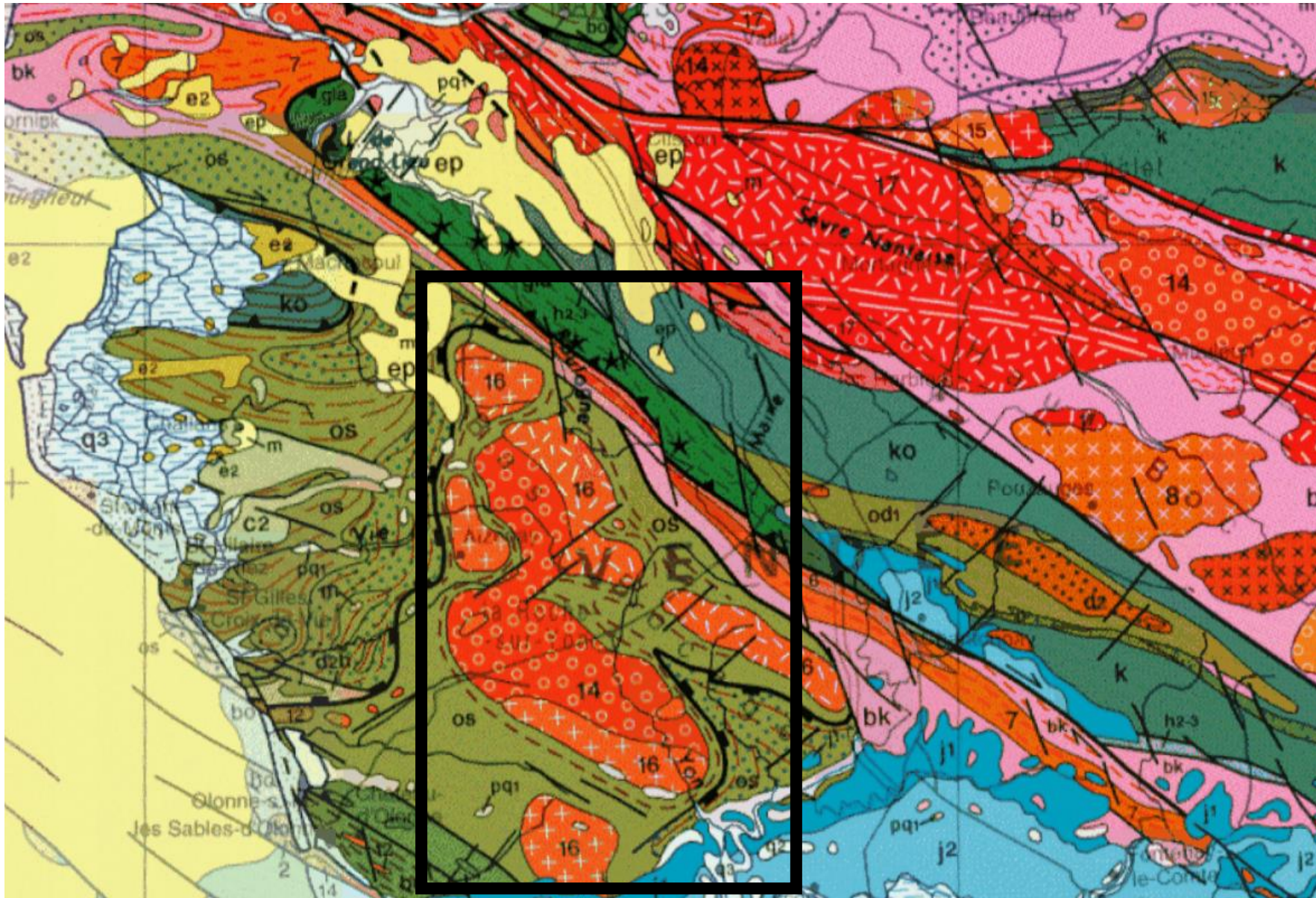




Quand la nappe des « Porphyroïdes » s'est-elle mise en place ?

- Elle a subi l'influence du métamorphisme général associé au « Complexe granitique du Bas-Bocage » (= « Dôme anatectique ») qui se serait mis en place entre le Viséen supérieur et le Namurien, vers 325 Ma ; elle est donc antérieure à cet événement.
- En même temps, les cisaillements Est-Ouest qui l'ont affectée montrent une importante composante extensive qui pourrait signifier que la montée en diapirs des dômes du Complexe granitique a entraîné son « étalement gravitaire » vers l'Ouest.

La nappe des « Porphyroïdes » se serait mise en place au Tournaisien-Viséen.



Dans l'encadré noir, les massifs granitiques de Bas-Bocage appartenant au « Dôme anatectique »

Exploitation

Type de roche : Granite gneissique de masse volumique réelle : 2,56

Applications : Matériaux pour couche de forme et couche d'assise (base et fondation)

Chantiers de référence : Port du Morin (Noirmoutier) - Voie nouvelle Challans - Saint-Jean-de-Monts - D948 Challans-Aizenay - Port de l'Herbaudière (Noirmoutier) - Digue de la louippe (Bouin).

<http://www.merceron.com/sites/default/files/MERCERON%20CARRIERE%20DE%20ST%20PAUL%20MONT%20PENIT.pdf>

Synthèse

Les « Porphyroïdes » témoignent d'un magmatisme acide (rhyolites, ignimbrites, tuffs, ...) qui a eu lieu à l'Ordovicien inférieur.

Si certaines rhyolites du Bas-Bocage n'ont pas été ou faiblement métamorphosées comme les rhyolites de Vairé (roche 7 du parcours du « Jardin de Roches ») , d'autres en revanche ont subi un métamorphisme à la limite des faciès « schistes verts » - « amphibolites » ($T^{\circ} = 400^{\circ} \text{ C}$, $P = 8 \text{ kb}$) par subduction continentale, sous-charriage.

Ces dernières ont été ensuite exhumées et sont venues chevaucher les rhyolites du para-autochtone du Bas-Bocage et les rhyolites de l'Unité de La Chapelle-Hermier (rhyolites de Vairé) au Carbonifère inférieur. La nappe des « Porphyroïdes » se serait mise en place au Tournaisien-Viséen.

Au Carbonifère supérieur, après la collision, tout le Bas-Bocage se détend : on parle d'extension post-collision.

Cette extension post-collision a une conséquence importante : elle est responsable de la fusion partielle ou anatexie de la croûte granitique.

Une partie des liquides anatectiques ainsi formés sont collectés en profondeur en de nombreux petits batholites qui migrent ensuite vers les niveaux plus superficiels. Ils sont à l'origine des nombreux massifs de granite du Bas-Bocage datés de 310 Ma environ.

Certains vont métamorphiser la nappe des « Porphyroïdes ». Cette ascension responsable de la formation d'un dôme va en même temps provoquer le glissement vers l'Ouest de la nappe des « Porphyroïdes ».

Aujourd'hui, cette nappe chevauche sur la côte vendéenne le « Bassin dinantien de Brétignolles-sur-Mer ».

Roche 14 : Gabbro du Pallet (44)

Âge : 370 Ma - Dévonien

14

Gabbro du Pallet

Catégorie : Magmatique de profondeur

Commune : Gorges (44)

Ère : Paléozoïque

Période : Dévonien



14

Gabbro du Pallet

Catégorie : Magmatique de profondeur

Commune : Gorges (44)

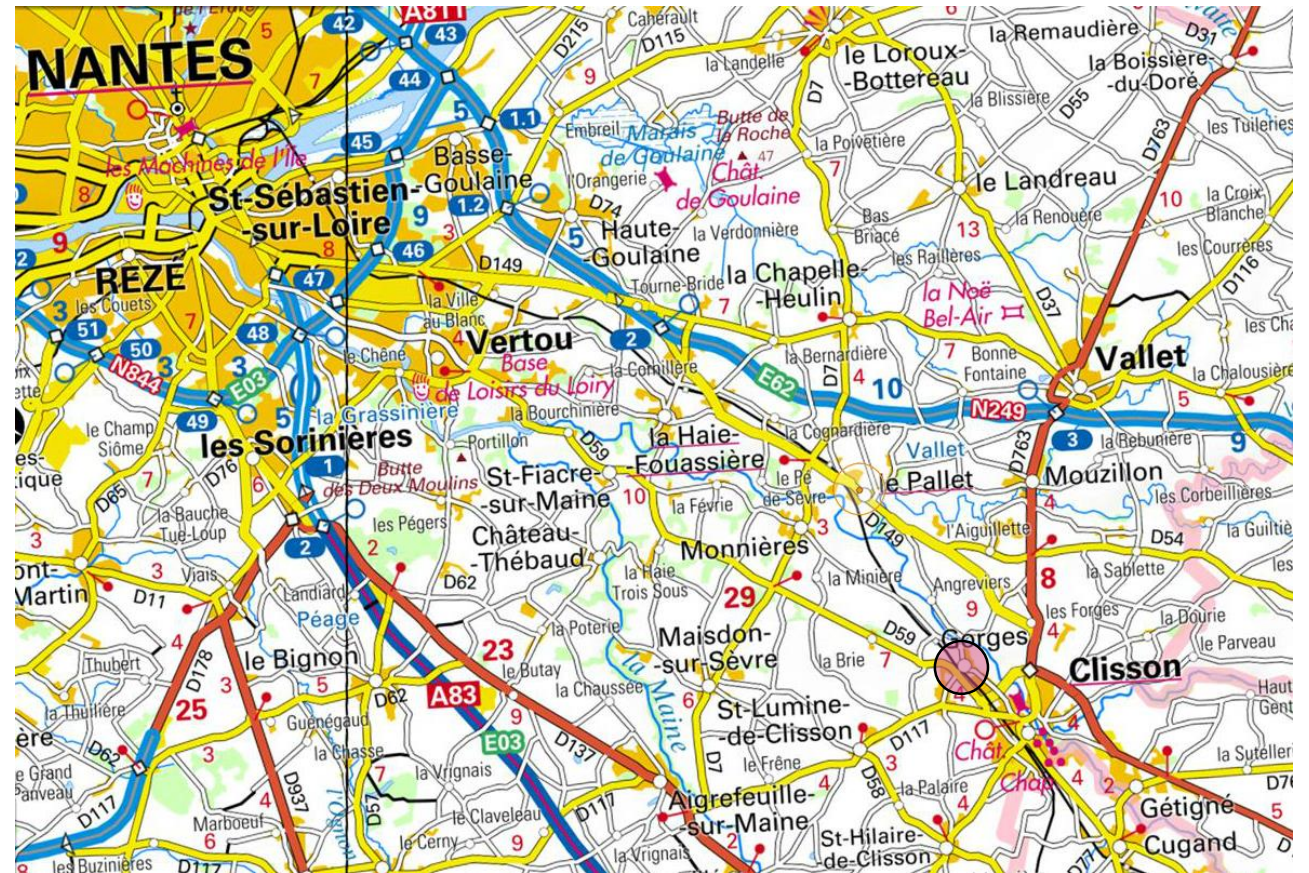
Ère : Paléozoïque

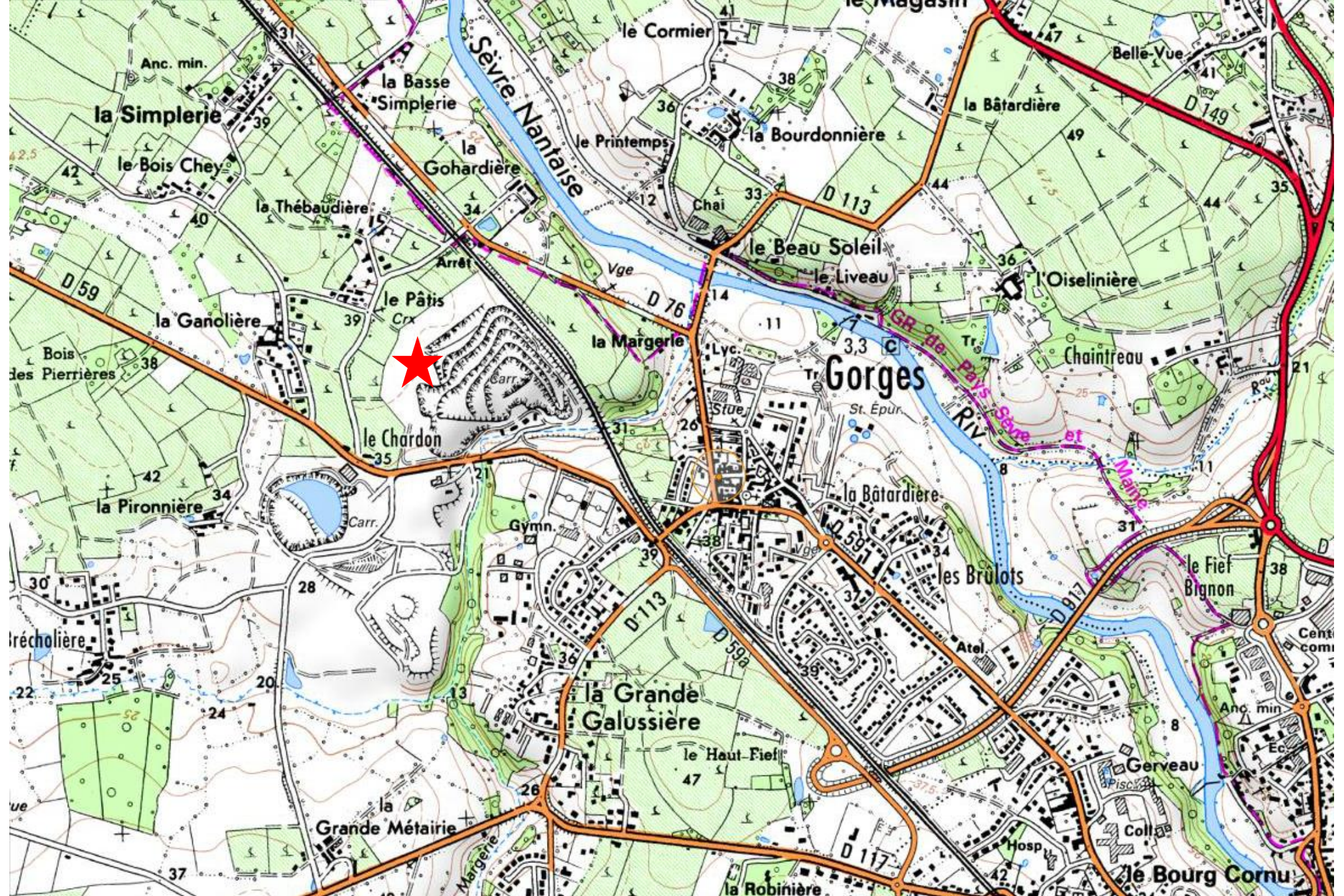
Période : Dévonien



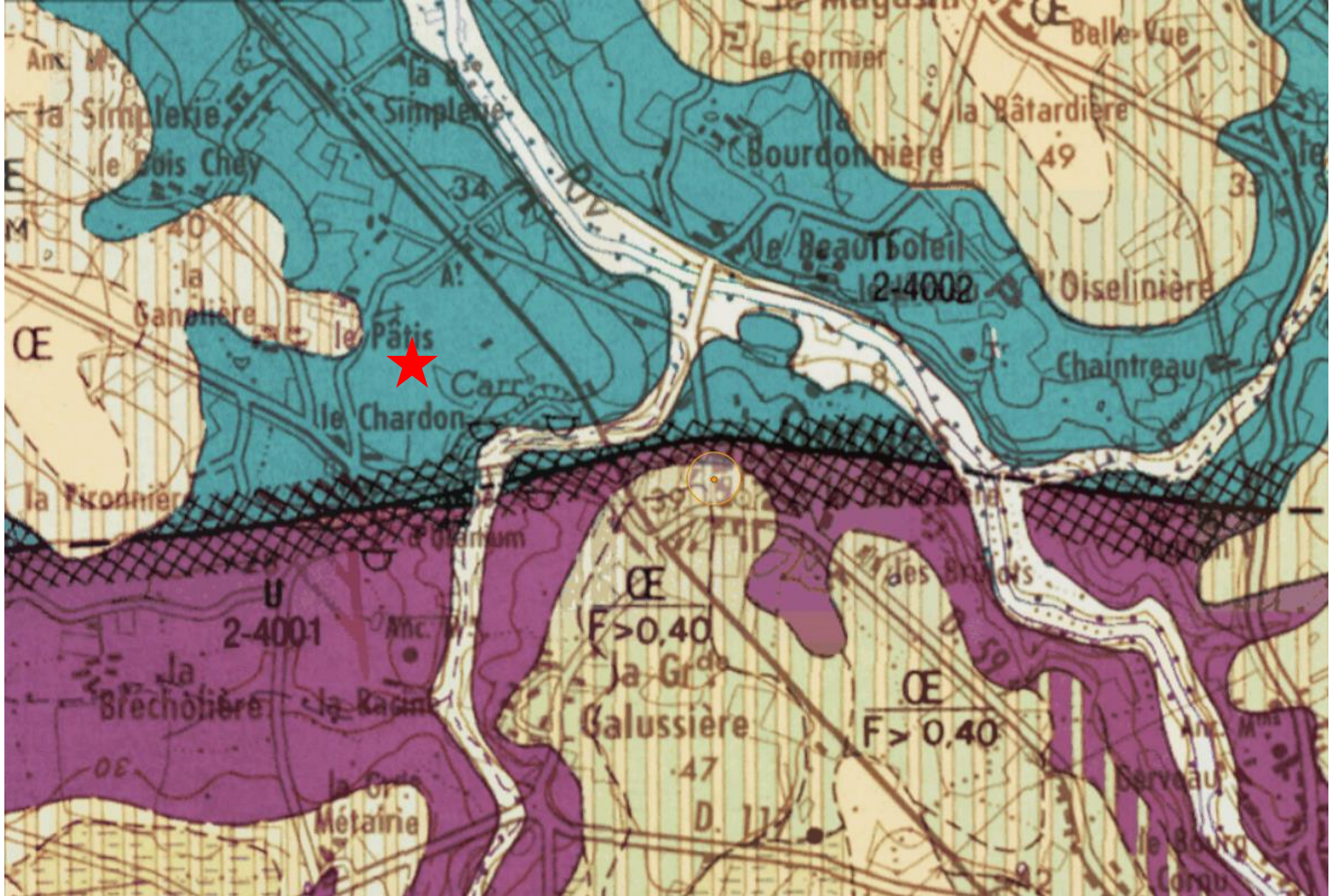
Situation géographique

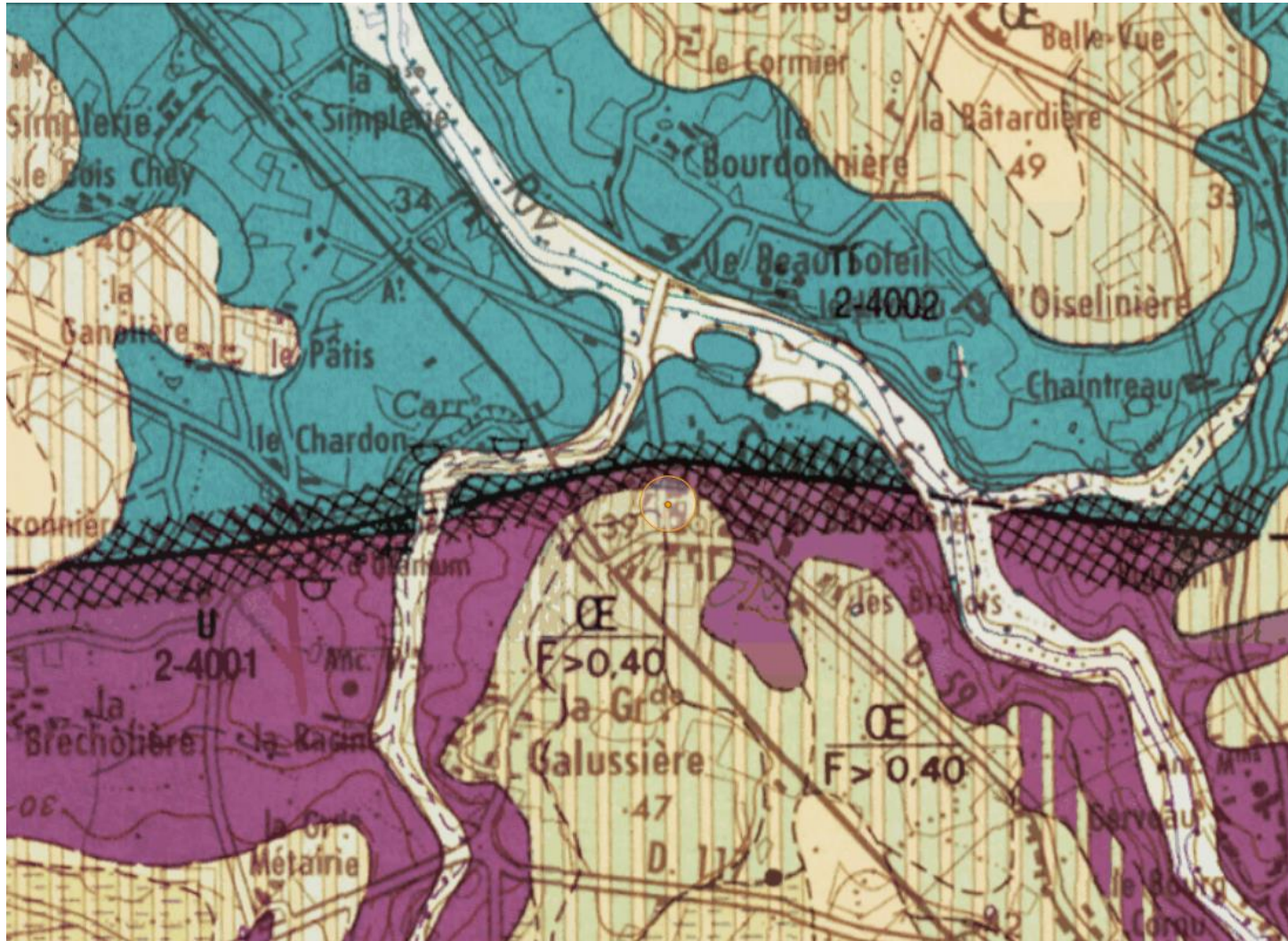
La carrière Aubron-Méchineau de la Margerie est située le long de la D59, au lieu dit « Le Chardon », sur le territoire de la commune de Gorges, à proximité immédiate de la carrière et de l'ancienne mine d'uranium du Chardon. Cette carrière exploite la Formation des « Gabbros du Pallet et de Montfaucon ».











Œ Limons éoliens



py¹⁻² Granite de Clisson-Mortagne



Θ²⁻³ Gabbro coronitique à olivine du Pallet, de Montfaucon ; faciès doléritiques de Tillières

Photo P.
Bouton













Géologie

Le « Gabbro coronitique à olivine du Pallet » est l'une des unités géologiques principales de la feuille Clisson.

Les contours de ses affleurements dessinent un quadrilatère aux sommets arrondis dont le diamètre va de 9 à 11 km (voir diapositive suivante).

Au Sud, il est interrompu par l'accident bordier Nord du batholite de granite de Clisson-Mortagne qui lui est postérieur. A l'Est et au Nord, il est en contact avec la série cristallophyllienne des Mauges ; à l'Ouest, il est séparé du groupe des gneiss à deux micas de Monnières par une lame de granite à grain fin qui prend un développement laccolitique sur la feuille de Vallet. Un diverticule orienté E-O paraît « s'échapper » du massif principal en direction de Tillières vers l'Est ; sa largeur n'excède pas 1 km, son contact Nord est faillé.

Le contact Est du massif du Pallet avec la série des Mauges est presque entièrement masqué par des formations superficielles, mais la direction générale des foliations de cette série paraît buter perpendiculairement contre le gabbro (par faille ?). Le contact Nord (feuille Vallet) est au contraire concordant dans l'ensemble mais masqué par les recouvrements. A l'Ouest, les gneiss de Monnières ont une direction Nord-Sud épousant le contour du gabbro.

Les cartes gravimétriques (en densité 2,7) ne montrent pas d'anomalie positive calquée sur les contours du massif du Pallet, comme l'on pourrait s'y attendre, sachant que les roches qui le composent ont des densités voisines de 2,9. Cette caractéristique fondamentale devrait servir de guide pour l'interprétation du massif ; elle indiquerait qu'il n'est pas « enraciné », c'est-à-dire qu'il ne présente pas une masse suffisamment puissante et profonde pour engendrer une anomalie positive appréciable.



Les roches de ce massif sont de coloration très sombre et souvent d'apparence holomélanocrate.

Cette coloration est due :

- à la teinte foncée des pyroxènes riches en minéraux de démixtion,
- à la teinte brune et gris violacé des plagioclases.

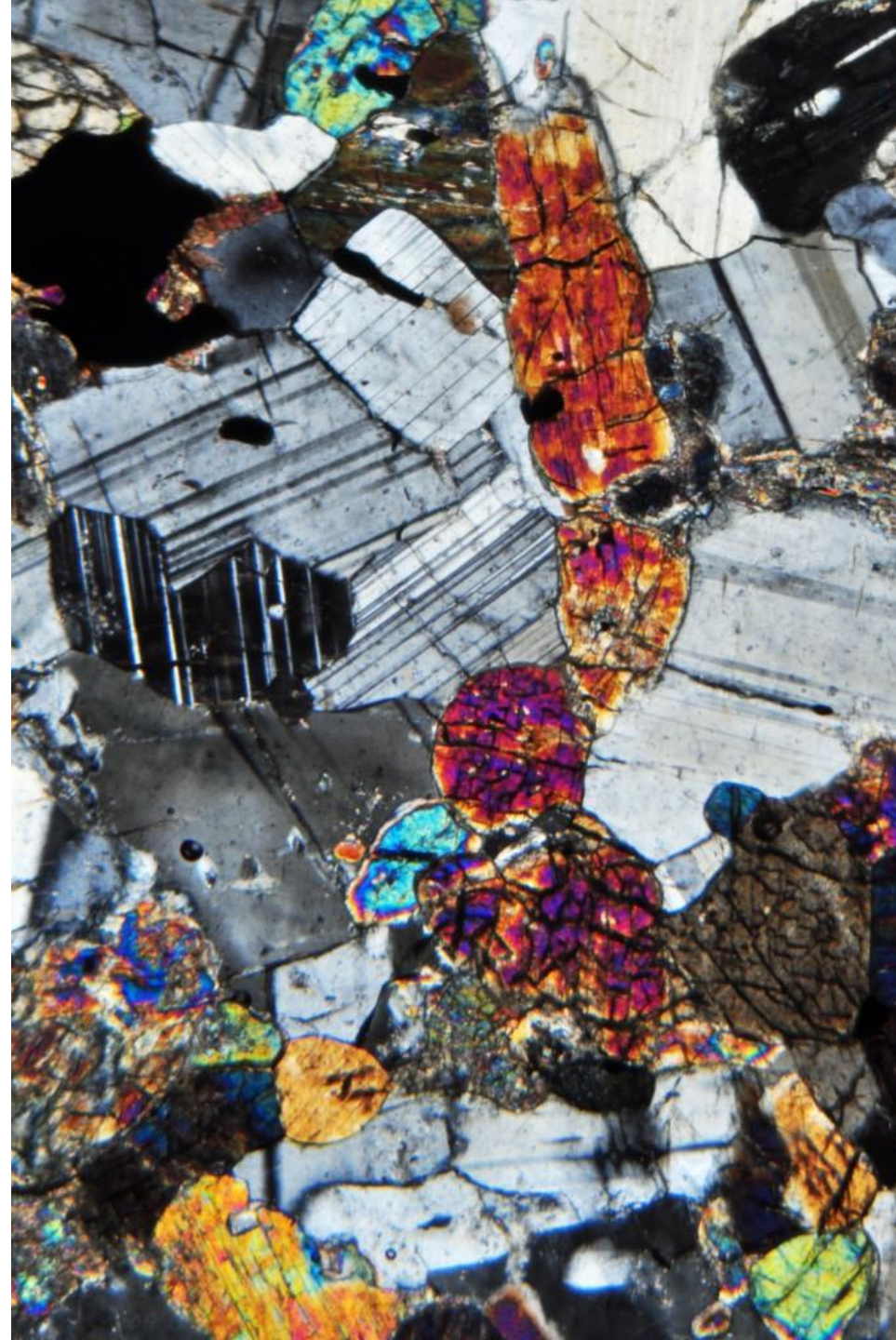
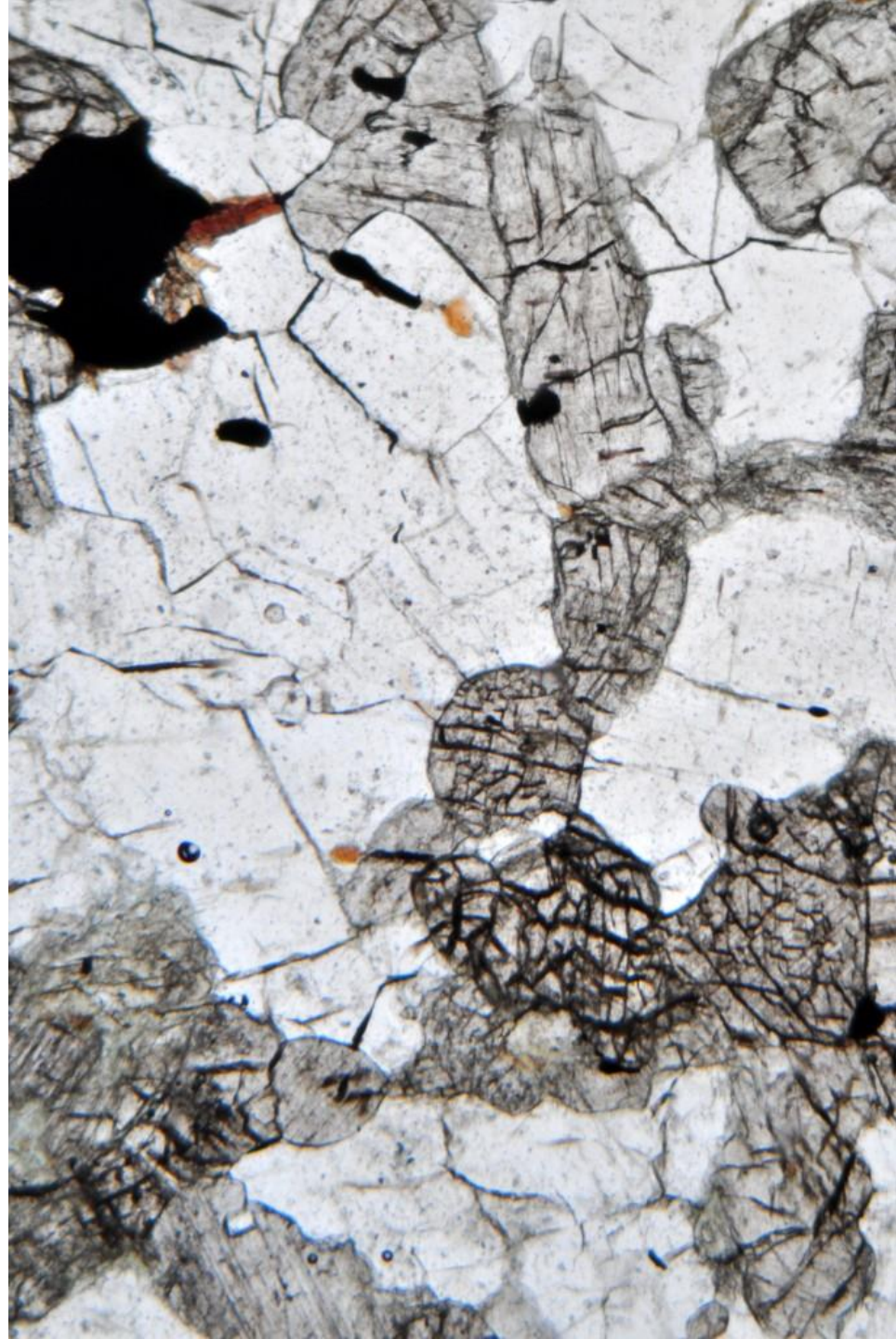
Ce massif de gabbro fut rendu célèbre par les études détaillées de A. Lacroix (1887, 1889, 1899, 1918) qui y mentionne l'existence de structures coronitiques autour des olivines. A. Brillanceau (1964) montra qu'il est possible de délimiter des secteurs dans lesquels ces structures sont plus ou moins développées. B. Lasnier (1970), à qui est empruntée cette description, précisa la minéralogie des couronnes qui comportent autour de l'olivine :

- une auréole interne d'orthopyroxène, en fibres radiales centripètes mal définies,
- une auréole externe à deux constituants en association symplectitique (une amphibole ou un pyroxène presque incolore et un spinelle vert en bouquets de canalicules arborescents divergeants vers l'extérieur).

L'auréole interne se développe jusqu'à remplacer totalement l'ancien grain d'olivine. On n'observe pas de grenat lié à ces couronnes.

D'autres couronnes existent aussi dans la même roche autour des minerais et des pyroxènes primaires (auréoles de hornblende brune et de biotite brun-rouge) ; elles ont été décrites par A. Lacroix. Si A. Lacroix liait le phénomène coronitique observé ici à des processus purement magmatiques, B. Lasnier le rapporte à un métamorphisme de haut degré « granulitique » subi par cette roche, car la structure de recuit (en pavés) partout observée à la périphérie du massif et autour des enclaves emprisonnées au sein du massif, témoigne d'un événement métamorphique.

La mise en place de ce massif serait, selon B. Lasnier, postérieure ou contemporaine du déclin d'un épisode métamorphique, de type catazonal, ayant affecté la série encaissante.



L'ensemble aurait été ensuite rétro-morphosé dans le faciès amphibolite... « Le corps principal du massif gabbroïque n'est que peu affecté par cette rétro-morphose ».

Puis une granitisation pénètre profondément le massif à la faveur d'un réseau compliqué de fissures et de diaclases. Les pegmatites graphiques et les filons granitiques sont remarquablement développés et résistent mieux à l'altération superficielle qui affecte profondément le gabbro. Celui-ci est débité en blocs arrondis extrêmement durs (« rubis ») conservés dans l'arène gabbroïque brune remaniée en surface par les cultures. Ces roches acides sont souvent, de ce fait, les seuls éléments pétrographiques consistants observés en surface et leur extension réelle a pu être abusivement extrapolée.

La rareté des restites granulitiques dans cette région conduit cependant à se demander si une hypothèse intermédiaire attribuant la coronitisation de ce gabbro à un processus tardi-magmatique en climat granulitique suivi de la mise en place définitive à un niveau supérieur de l'écorce, ne rendrait pas mieux compte des faits observés.

Le gabbro du Pallet contient très localement d'assez nombreuses enclaves. Elles ne peuvent s'observer que dans les rares zones dégagées de tout recouvrement éluvial et ne sont pas cartographiables au 1/50 000^{ème}. A. Lacroix (1899) qui les a étudiées le premier distinguait dans les parties noritiques du gabbro :

- des enclaves schisteuses, riches en graphite,

« Les schistes amphiboliques sont assez fréquents sous forme de lambeaux au milieu du gabbro ou à sa bordure, ... beaucoup de ces schistes amphiboliques doivent leur origine à un écrasement du gabbro ».

- des enclaves rubanées (carrière de Prineaux maintenant abandonnée, au Sud-Est du Pallet, en bordure de la Sèvre). Ces enclaves « passent insensiblement aux norites qui les englobent ». « D'extrêmes variations s'observent dans leur composition, selon les proportions relatives de plagioclase, de cordiérite, d'hypersthène et de spinelle vert qui les constituent ».

A Montfaucon et entre cette localité et Saint-Germain-sur-Moine au Nord, affleure un gabbro, satellite probable du massif du Pallet. Il s'y trouve des zones coronitiques et surtout un chevelu de filons microgrenus basiques et peut-être de paléolaves à structure porphyrique dont on recueille des échantillons isolés dans les champs. La rareté des affleurements ne permet pas d'en percevoir les rapports mutuels.

Exploitation

La carrière de La Margerie propose une ressource en matériaux principalement destinée à approvisionner les chantiers routiers, les centrales à enrobés et les centrales à béton.

Synthèse

La formation du gabbro du Pallet pourrait être un prolongement de la ligne tonalitique du Limousin passant au Nord du Massif de Clisson-Mortagne (diorite quartzifère du Châtillonnais et du Tallud).

Roches 15 : Granite à deux micas de Nantes (44)

Âge : 315 Ma – Carbonifère supérieur

15

Granite à
deux micas

Catégorie : Magmatique de profondeur

Commune : Nantes (44)

Ère : Paléozoïque

Période : Carbonifère



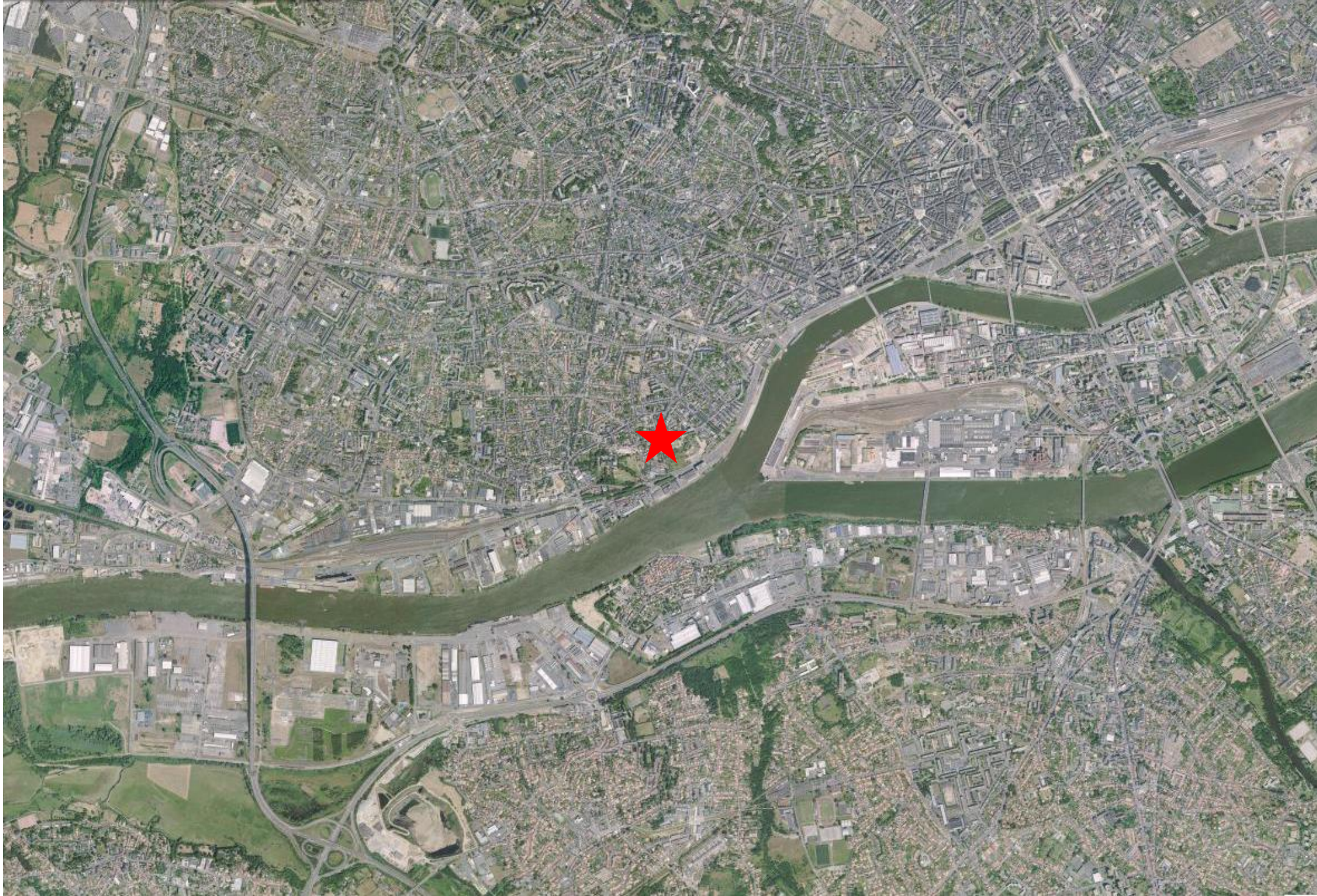
Situation géographique

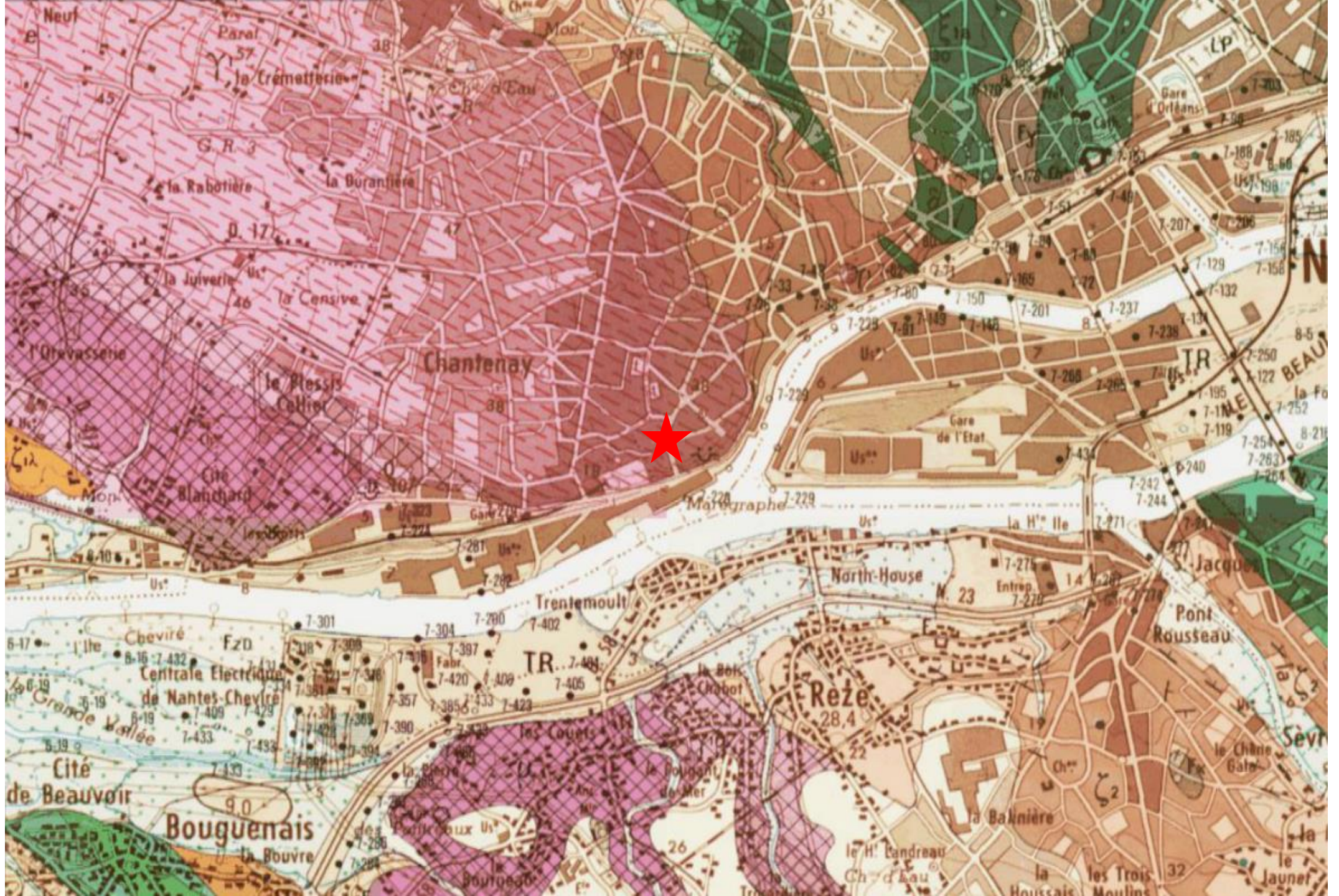
Les pavés couvrant une surface de 7 m² ont été récupérés dans la ville de Nantes. Ils proviennent de la carrière de Misery située au pied de la Butte Sainte-Anne, quartier de Chantenay à Nantes.

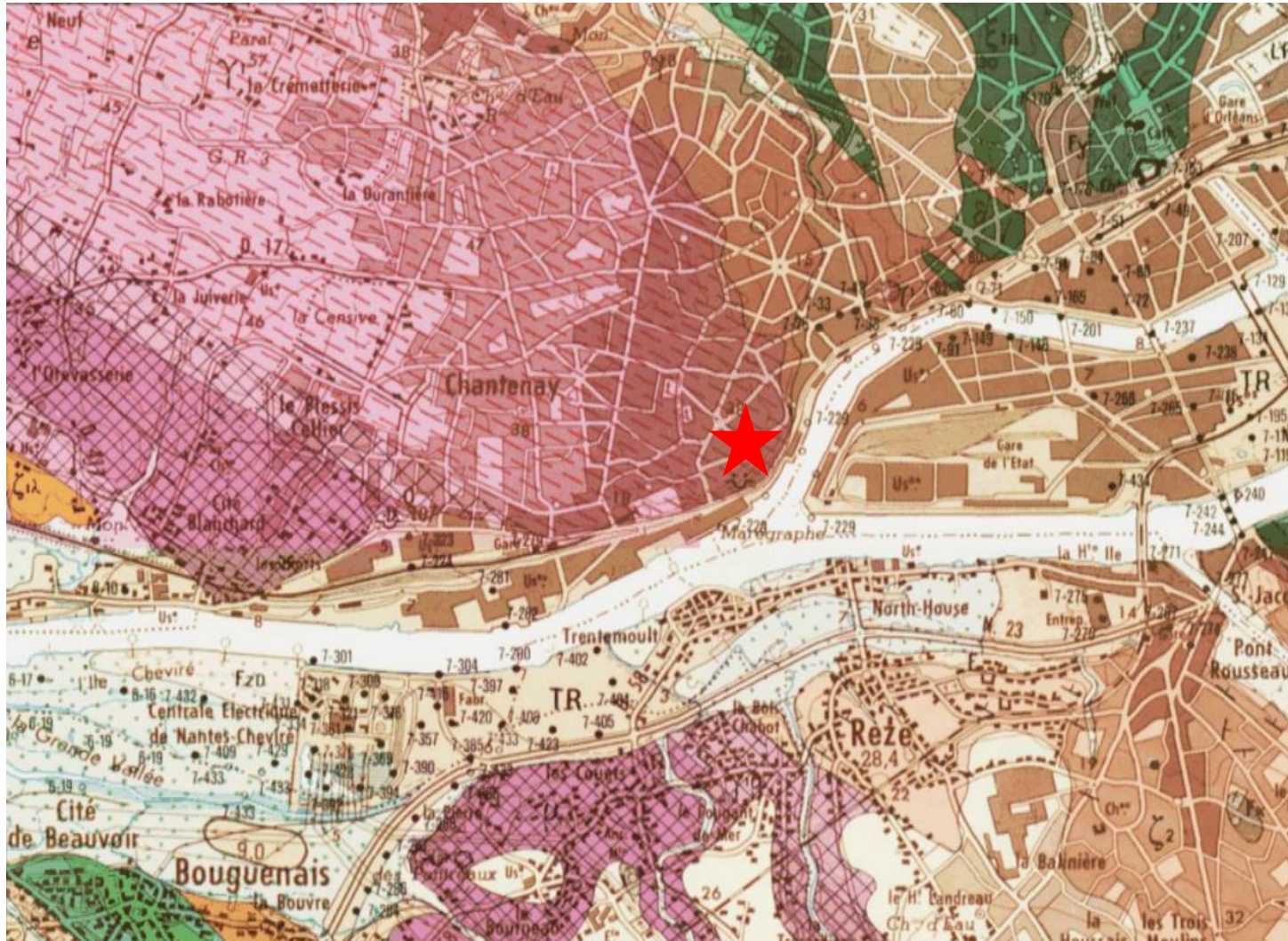




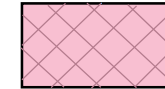








μ mylonites fluidales, ultramylonites



$\gamma 1 \mu$ Granite à deux mica laminé



$\gamma 1$ Granite à deux micas orienté



δ Amphibolites



ζ_2 Micaschistes et gneiss à deux micas et oligoclase (gneiss de Rezé)



$\xi 1a$ Micaschistes albitiques à deux micas (biotite partiellement chloritisée).

Géologie

Dans l'ancienne carrière de Misery au pied de la Butte Sainte-Anne, affleure un granite à deux micas orienté. Bien connue par les études de J. Cogné, cette bande syntectonique de Saint-Étienne-de-Montluc à Nantes, orientée N 120°, fait partie d'une vaste entité qui se poursuit jusqu'à la Pointe du Raz.

C'est un granite alcalin leucocrate à deux micas, très voisin de celui de Vigneux-Orvault, mais à grain moins grossier, avec quartz, myrmékite à cœur souvent séricitisé, microcline xénomorphe assez abondant, parfois veiné d'albite perthitique, muscovite en cristaux fuselés, biotite déchiquetée peu abondante.

Dans la région de Nantes, il renferme des filons de barytine, fluorine et pyrite, ainsi qu'apatite, almandin, grossulaire, tourmaline, blende et galène. Des pegmatites renferment béryl et cassitérite ; des filons de quartz sont minéralisés en mispickel, parfois en wolframite, avec indices de molybdénite. Peu marquée sur la bordure Nord, l'orientation de ce granite devient plus nette lorsque l'on s'approche du flanc Sud ; elle se traduit par une orientation des micas qui tendent à se disposer en feuillets discontinus.

Sur le flanc Sud passe la « Zone broyée armoricaine » (J. Cogné); le passage du granite orienté aux mylonites et aux ultramylonites se fait rapidement ; la foliation est subverticale ou très inclinée et de direction N 120 à 130°. Les phénomènes d'écrasement se traduisent par une disparition rapide de la biotite ; la muscovite se présente soit en grands cristaux tordus, soit en petits débris formant litage; les feldspaths résistent bien à la cataclase tandis que le quartz se présente en bandes fluidales de cristaux à extinction onduleuse, allongés suivant la direction structurale. C'est lui qui engendre l'aspect folié de la roche, mais la nature granitique de celle-ci est encore très visible.

Un degré d'écrasement plus important encore est atteint dans une roche d'aspect fluidal et rubané, souvent plissotée. L'orientation de la pseudo-schistosité est parallèle à l'allongement de la bande. On observe des structures à résidus dans une pâte fluidale (carrière des Pontreaux, à l'Est de Bouguenais, carrière des Maraudières à l'Est de Saint-Herblain) où des restes de feldspaths potassiques, arrondis ou étirés, sont inclus en désordre dans une pâte dont l'anisotropie peut être totale. On observe localement une ultramylonite noire formée d'un fond quartzo-sériciteux dans lequel ont disparu tous résidus notables. Ce faciès semble localisé au contact des mylonites fluidales et du granite laminé et correspondrait au terme ultime de l'écrasement.

C'est également le long de ce contact que s'observent les indices du filon de quartz du Sillon de Bretagne.

L'âge de la mise en place des massifs granitiques de l'axe Nantes – Savenay et d'Orvault, qui s'est accompagnée de grands cisaillements, a été établi par les recherches du C.E.A. et du C.R.R. de Nancy (M. Renard, MM. Leutwein et Sonet).

Comme pour le granite de Clisson-Mortagne ou celui de Vigneux, la phase principale de granitisation se situe vers 300 MA (fin du Westphalien).

Roches 16 : Le Chaos granitique de Chaillé-sous-les-Ormeaux (85)

Âge : 315 Ma - Carbonifère supérieur

16

Granite
(Chaos)

Catégorie : Magmatique de profondeur

Commune : Chaillé sous les ormeaux (85)

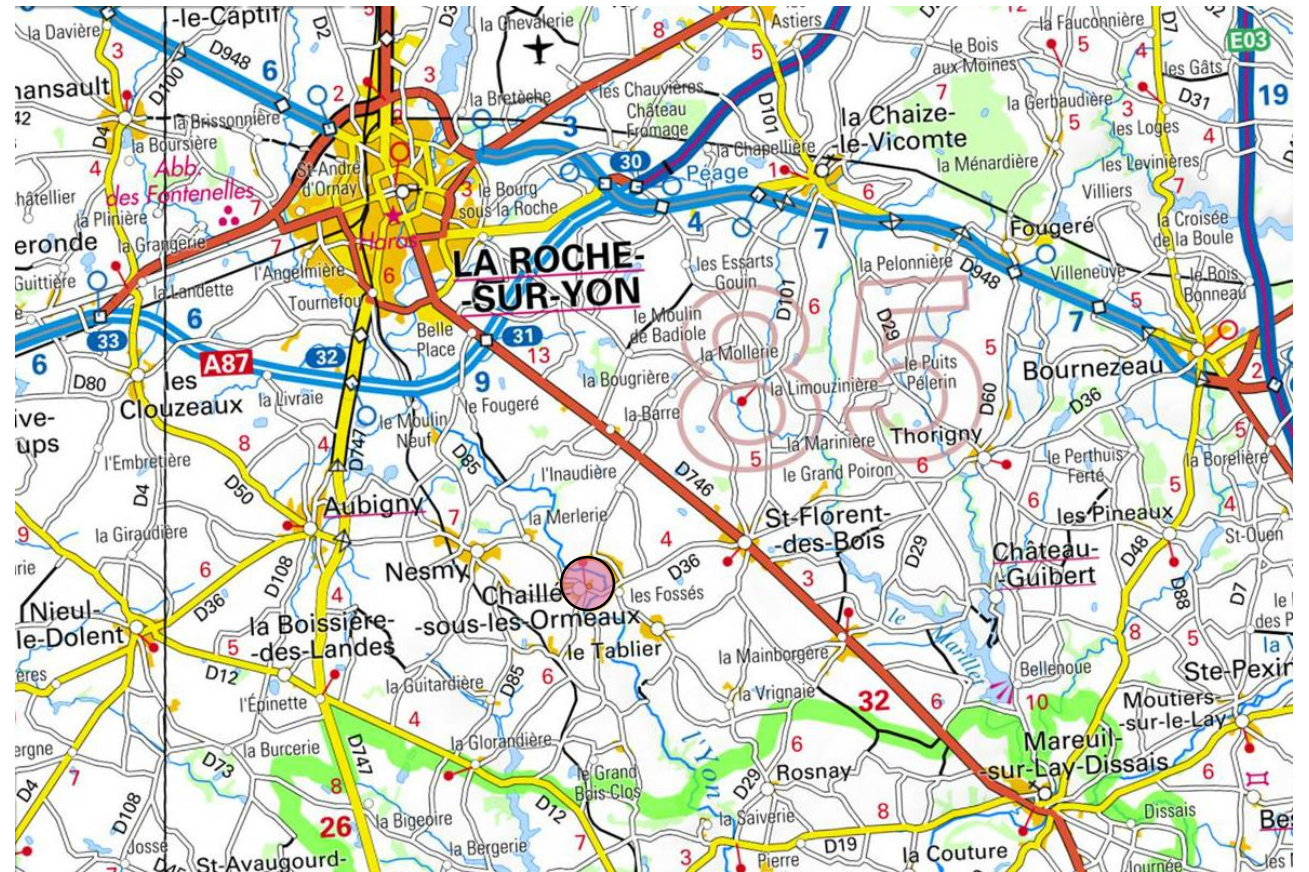
Ère : Paléozoïque

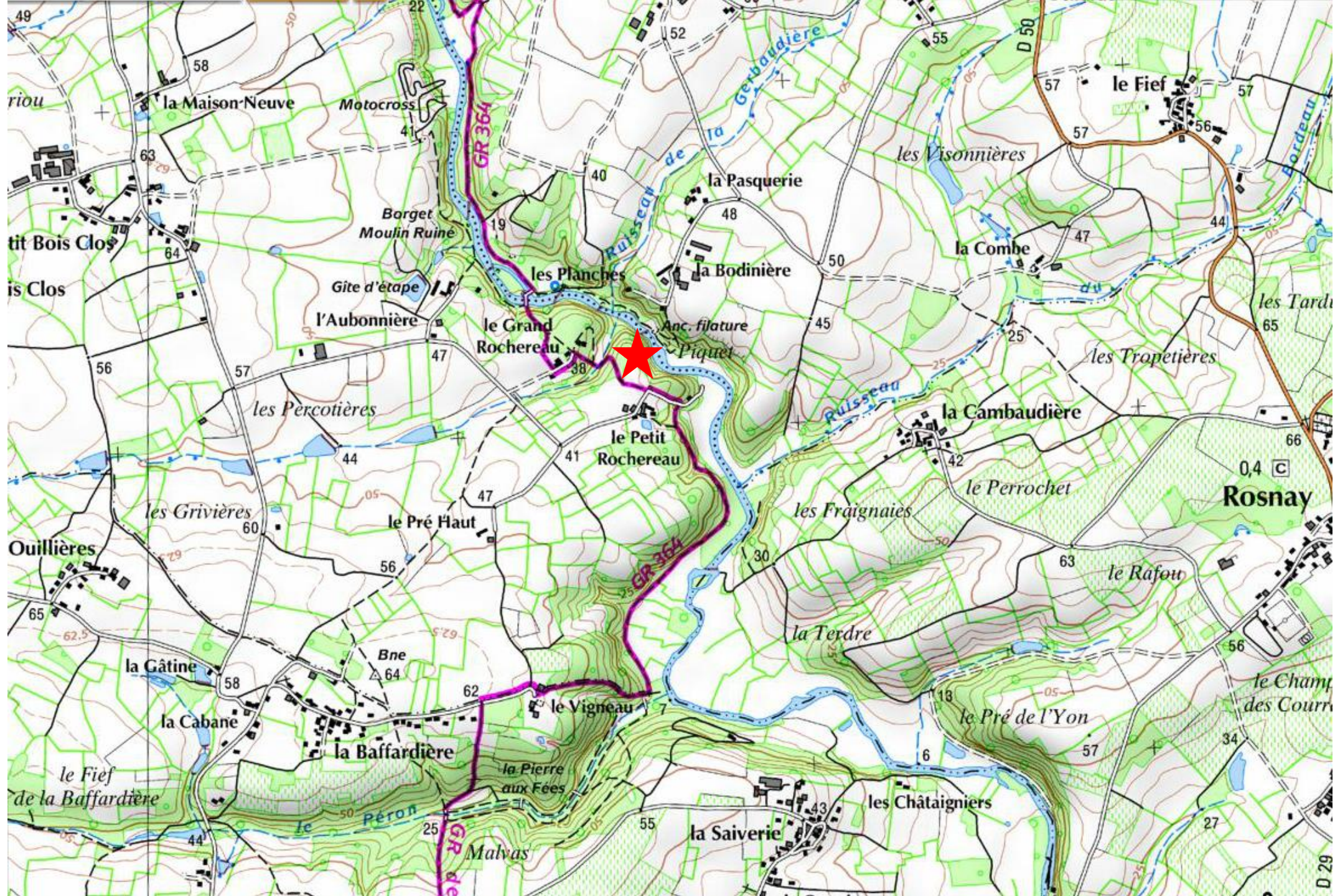
Période : Carbonifère



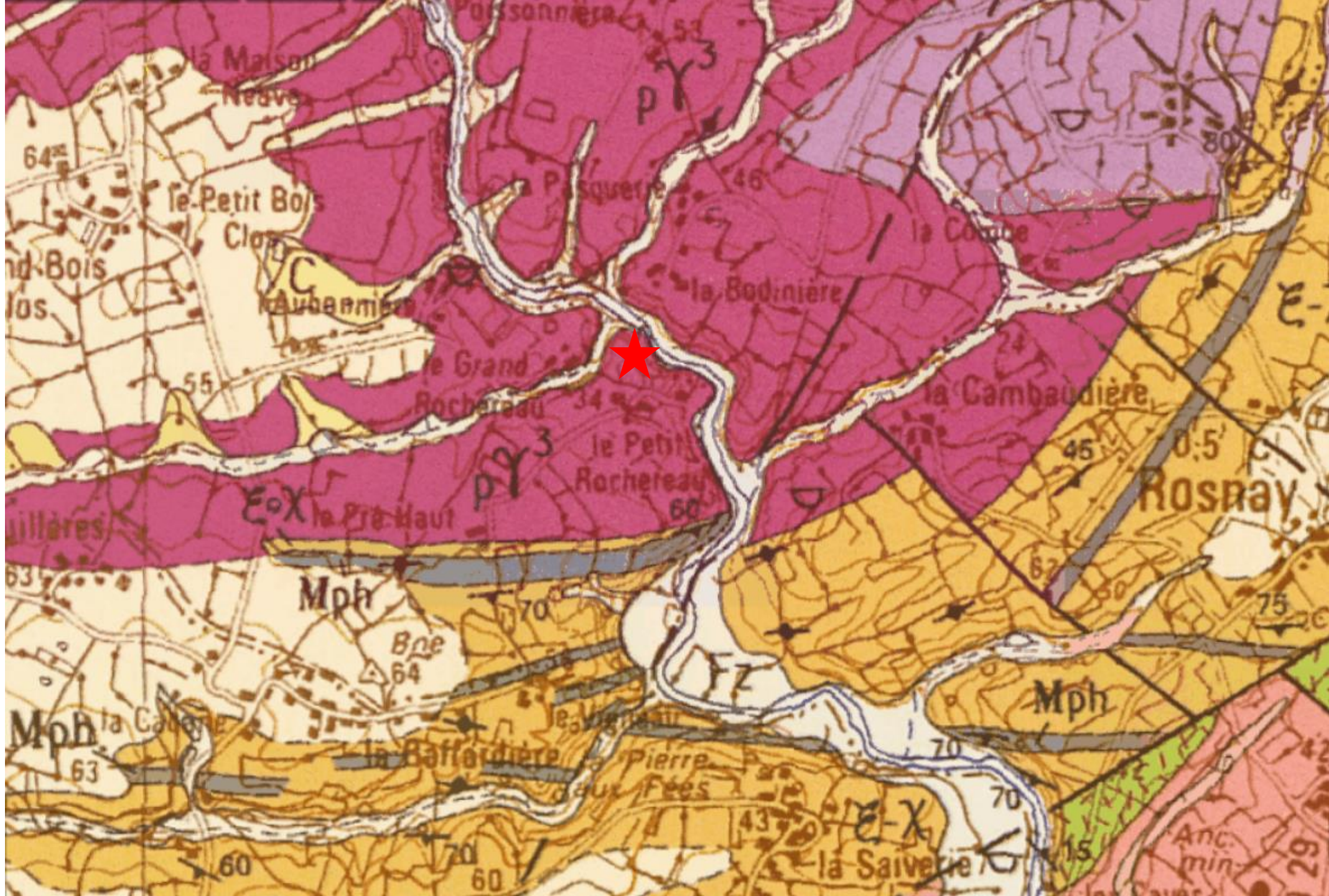
Situation géographique

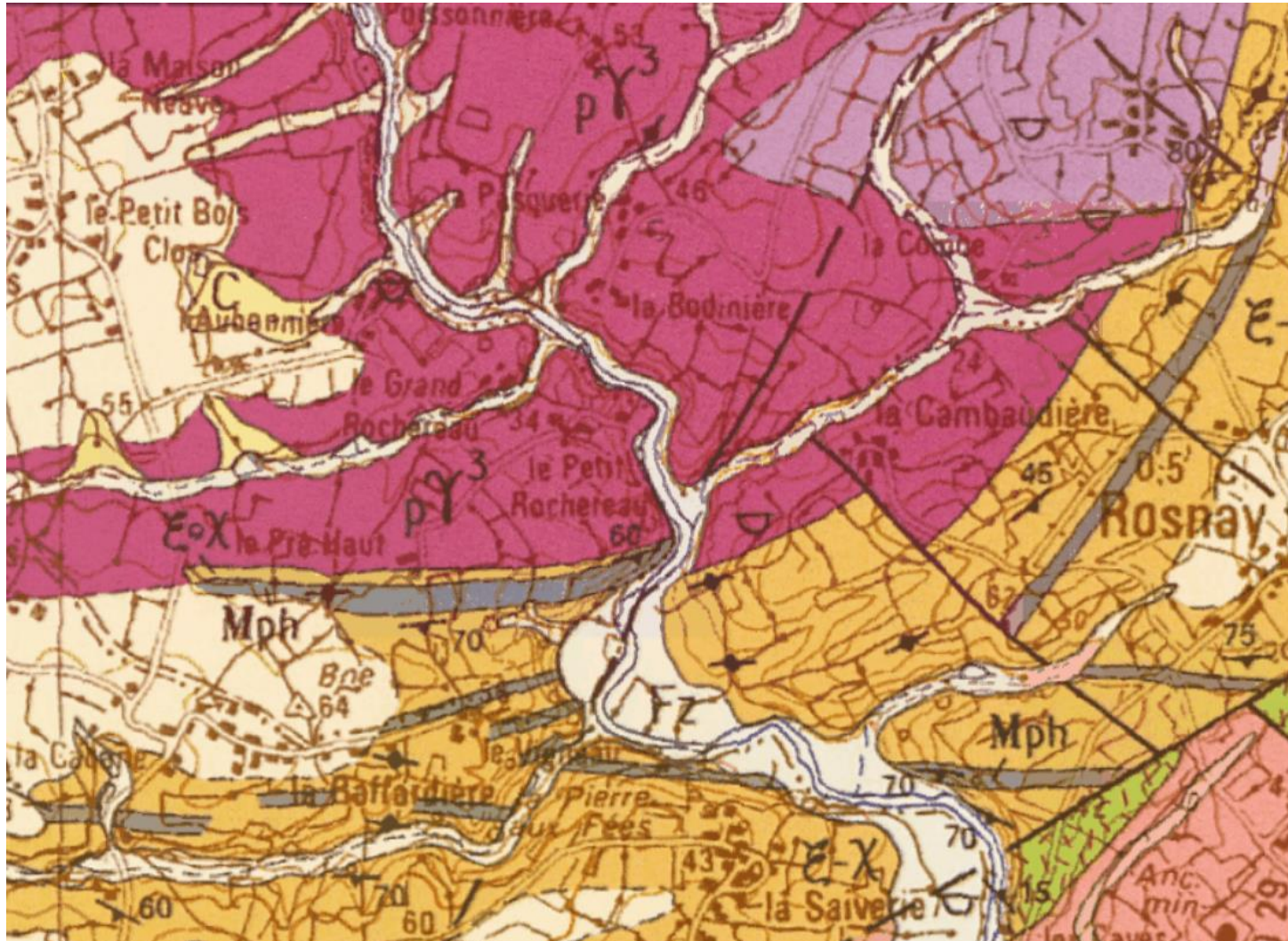
Sur la commune du Tablier, de l'Aubonnière à Piquet, l'Yon a incisé une vallée étroite dans le granite. Le chaos granitique de Piquet est le témoin de cette érosion : la rivière court entre des blocs et boules granitiques de toutes dimensions. La roche en place forme des seuils naturels que le rivière franchit en cascades.



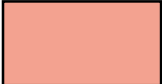













-  pY^3 Granite porphyroïde à deux micas
(Granite du Tablier)
-  mY^2 Granite à grain moyen à deux micas
-  $pSpCH$ Gneissranite porphyroïde à deux micas
-  $E-X$ Micaschistes (Ordovicien-Silurien)
-  **Mph** Métaphtanite (Ordovicien-Silurien)
-  ζ_{ff} Porphyroïdes de Mareuil

Voir feuille Luçon



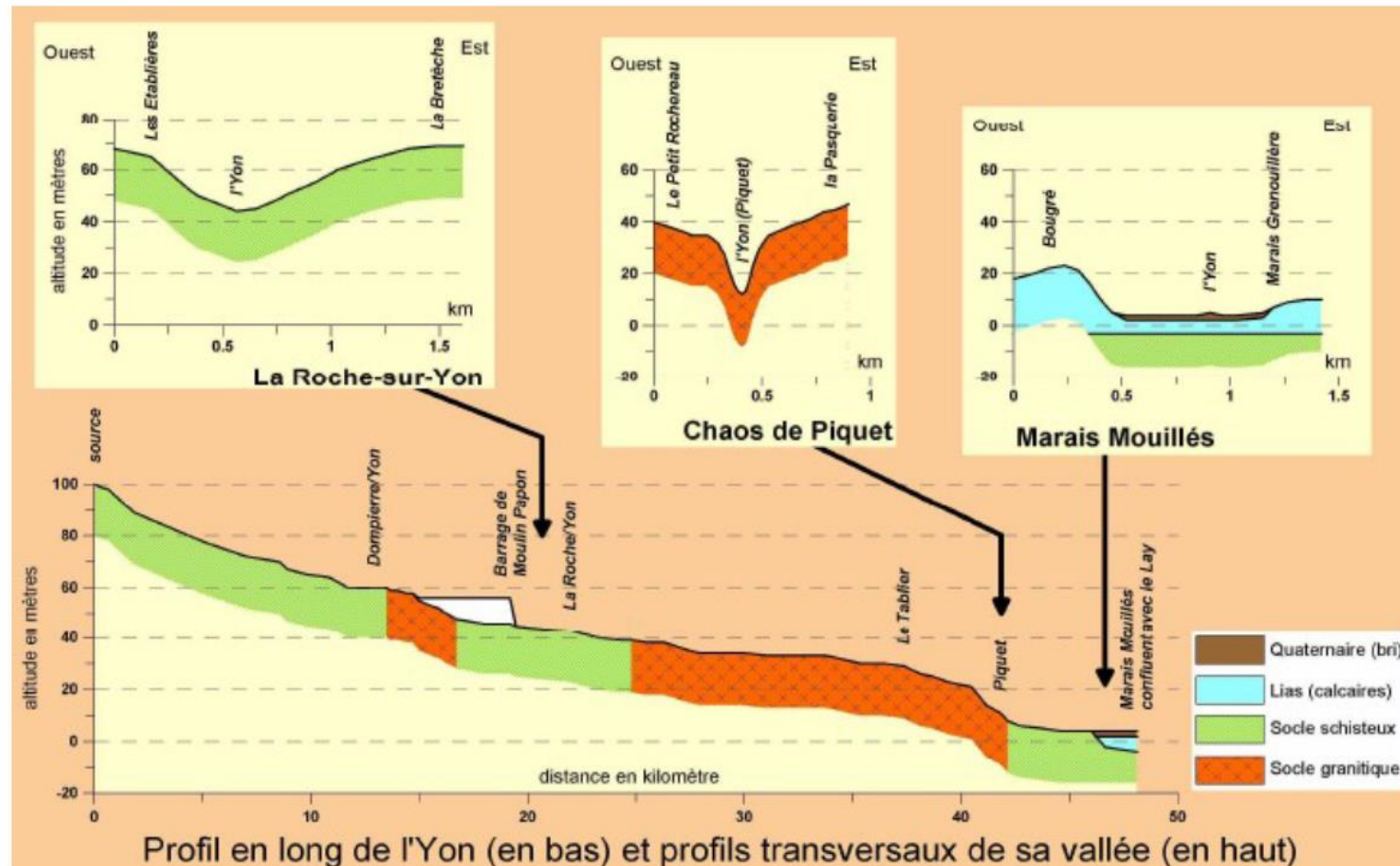


Les profils de l'Yon et de sa vallée

Avant d'atteindre son niveau de base dans les Marais Mouillés du Marais poitevin, l'Yon entaille profondément le granite du Tablier.

L'incision de la rivière à Piquet témoigne de cette érosion qui est à l'origine du chaos granitique. Elle contraste avec l'évasement de la vallée dans les schistes de La Roche-sur-Yon et avec le profil à fond plat des Marais Mouillés.

Les ressauts liés à la traversée des granites plus résistants sont bien visibles sur le profil en long.



Une vallée étroite et des chaos granitiques

Les premiers chaos granitiques apparaissent à partir de la Roussière (Moulin de Borget en ruines - voir carte topographique). Ils deviennent de plus en plus importants jusqu'à Piquet, formant ainsi un véritable verrou ou gorge, barrant la vallée et retenant une partie des eaux.

Certains seuils naturels formés par le granite en place ont été aménagés pour implanter les chaussées et les biefs. De nombreux moulins occupaient ce tronçon de l'Yon, profitant de l'augmentation de la vitesse d'écoulement due à la pente accrue du cours d'eau et au resserrement de la vallée.

Une ancienne filature, créée en 1861, dresse ses ruines imposantes dans cette partie de vallée.

La genèse d'un chaos granitique

Schématiquement, la genèse d'un chaos de blocs, processus long et complexe, comprend trois étapes successives, d'inégale importance dans la durée.

1- Formation des blocs par arénisation du granite

Les affleurements granitiques des versants de la vallée permettent d'apprécier le mode de formation des boules granitiques qui encombrant le lit de l'Yon.

La fracturation relativement régulière de la roche facilite un débit en blocs parallélépipédiques. L'eau de pluie pénètre dans le socle granitique en circulant le long de fractures horizontales et verticales (diaclasses) qui délimitent des blocs anguleux de taille variable.

En s'infiltrant, cette eau provoque la destruction partielle ou totale de certains minéraux du granite par hydrolyse (1). La roche perd alors de sa cohésion : elle se désagrège et évolue vers un matériau ayant la consistance d'un sable grossier, plus ou moins argileux : l'arène granitique (c'est le « granite pourri » des carriers). **On parle d'arénisation ou d'altération météorique du granite.**

En se maintenant au-dessus de la roche saine, les arènes granitiques qui retiennent l'eau comme une éponge permettent à l'arénisation de progresser vers le bas, plus ou moins rapidement (à une vitesse de quelques mm à 300 mm pour 1 000 ans selon le climat), parfois jusqu'à plusieurs dizaines de mètres de profondeur (2).

La désagrégation des blocs anguleux est centripète : elle se matérialise par une série d'écailles concentriques « en pelures d'oignon ». Les plus petits sont totalement décomposés, les plus importants s'arrondissent. Ce phénomène a pour conséquence d'isoler des noyaux rocheux cohérents, de forme ovoïde, dans une matrice arénacée.

(1) L'hydrolyse est une réaction chimique qui aboutit à la transformation ou à la destruction des minéraux d'une roche par l'eau. Dans le cas d'un matériau granitique, certains d'entre eux, comme le quartz, la muscovite et, dans une moindre mesure, les feldspaths potassiques sont peu ou très peu vulnérables à l'action de l'eau de pluie. En revanche, d'autres, à l'image de la biotite et des plagioclases y sont très sensibles. L'hydrolyse de ces minéraux est favorisée par le fait que l'eau de pluie est acide, car chargée de CO₂ dissous. L'hydrolyse de la biotite et, plus particulièrement, des plagioclases, donne naissance à des minéraux argileux dont la nature et la proportion dans les arènes dépendent des conditions climatiques (température et précipitations). Par exemple, sous climat chaud et humide des zones intertropicales, l'altération météorique d'une roche granitique donne naissance au kaolin, un matériau argileux blanc et friable qui entre dans la composition des porcelaines.

(2) L'arénisation est étroitement dépendante des conditions climatiques, en particulier de la température (la vitesse d'altération double pour une augmentation de température de 10°C) et de l'importance des précipitations qui conditionnent l'acidité du milieu. A titre d'exemple, les progressions verticales suivantes ont été estimées : environ 1 mm / 1000 ans sous climat continental froid ; de 1 à 30 cm / 1000 ans sous climat chaud et humide de la zone intertropicale. Les milieux froids à température trop basse et les milieux arides où l'eau est déficitaire sont défavorables à l'arénisation.

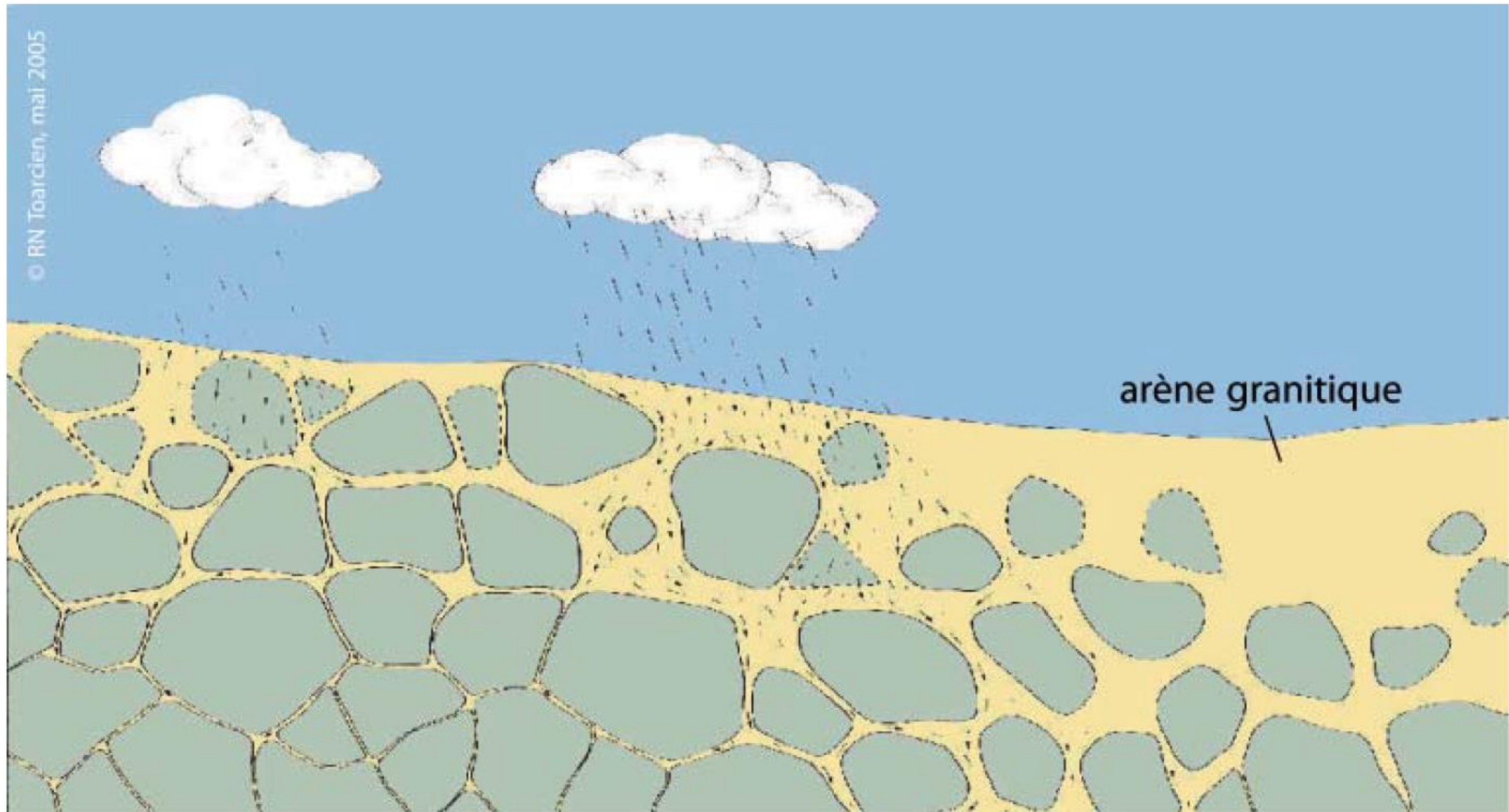


Figure 1 : Arénisation des granitoïdes

2- Transport des blocs dans les arènes granitiques

Sur un versant modérément incliné (30° au maximum), l'équilibre peut être rompu pour peu que le couvert végétal soit insuffisant et que l'ambiance soit humide : les arènes granitiques argilo-sableuses gorgées d'eau sont déstabilisées. Elles glissent en masse et entraînent les blocs qui s'accumulent en contrebas du versant, dans le fond d'une vallée.

Ce phénomène correspondant à un glissement de terrain est appelé **solifluxion**.

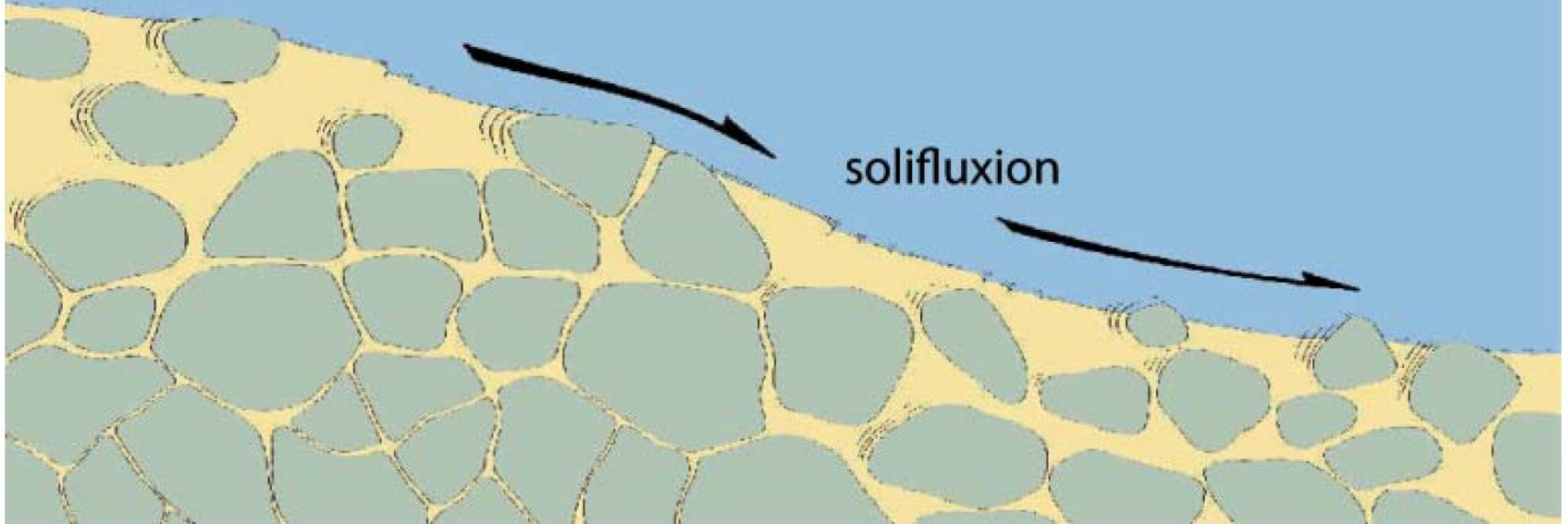


Figure 2 : Déplacement de blocs le long des versants

3- Déblaiement des arènes granitiques

Dans la vallée, les eaux courantes déblaient les arènes granitiques et dégagent un empilement chaotique de blocs. Parfois, deux d'entre eux sont en équilibre l'un sur l'autre : ils déterminent alors un rocher branlant, une « merveille ».

Sur le plateau, plus ou moins décapé des arènes granitiques, apparaissent des blocs arrondis, généralement non déplacés, parfois isolés : les « dos de baleine ».

A l'air libre les blocs sont très peu sensibles à l'action des agents atmosphériques. Toutefois, sous l'influence des alternances gel-dégel et hydratation-dessiccation, de petites écailles millimétriques à centimétriques peuvent se détacher de la face nue des blocs.

http://www.poitou-charentes.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/rapport_de_presentation_Chaos_granitique_cle7cbe1a.pdf

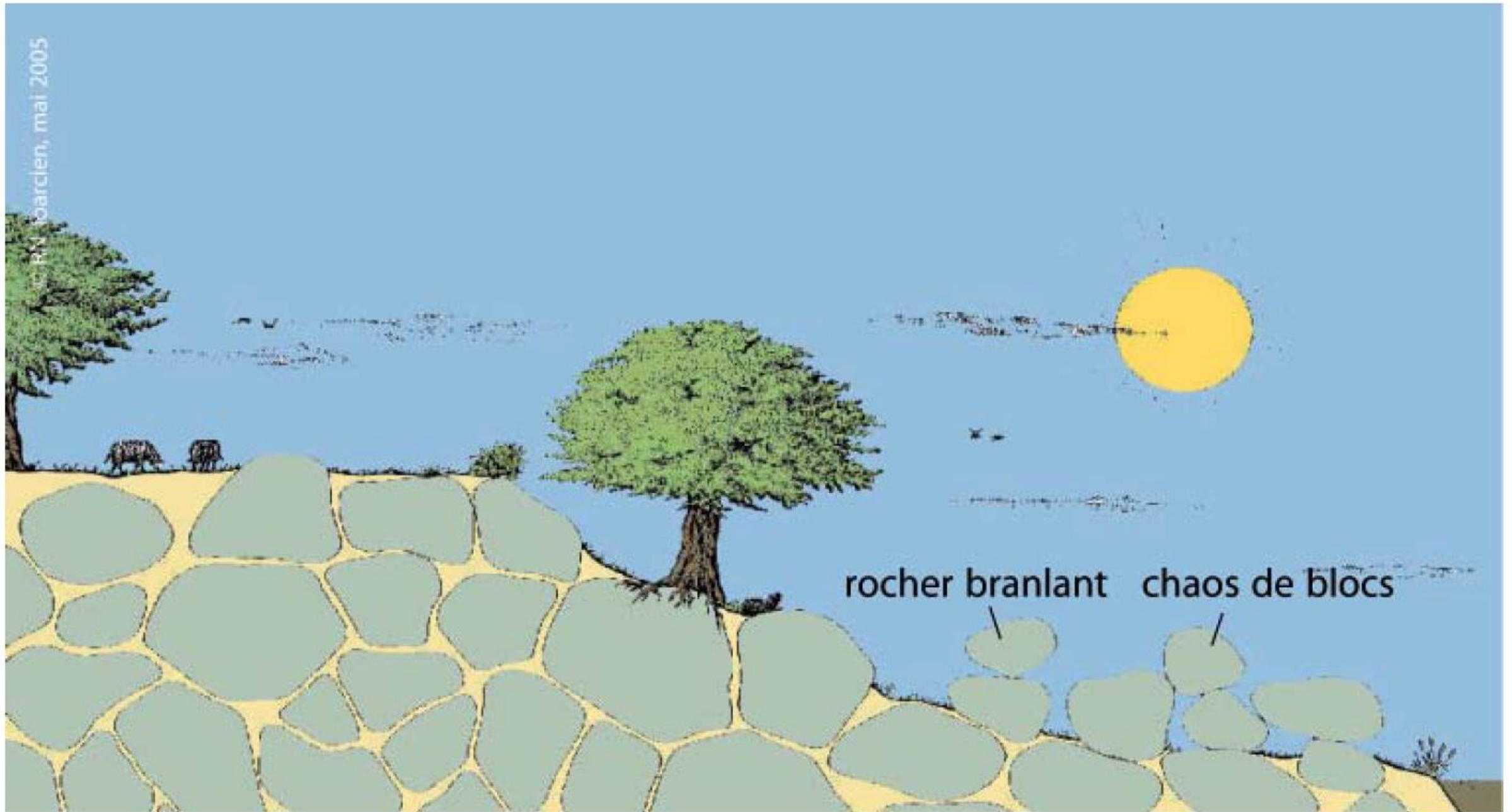


Figure 3 : Exhumation d'un chaos de blocs par les eaux courantes

Dans la mesure où le socle du Massif armoricain est exondé depuis au moins la fin du Crétacé supérieur (vers - 65 Ma), la formation des chaos de blocs dans notre région peut se résumer de la façon suivante :

- tout d'abord, au Paléogène et au Néogène, longue période dominée par un climat uniformément chaud et humide de type tropical, il y a eu arénisation des granitoïdes avec formation des blocs et des arènes granitiques (figure 1) ;

- puis, durant les épisodes froids et pluvieux du Quaternaire (*cf.* glaciations du Pléistocène), il y a moins de 1,65 million d'années, sous l'effet de la solifluxion, se sont produits les déplacements modérés le long des versants des blocs emballés dans leur matrice arénacée (figure 2). Durant les périodes interglaciaires humides, la fonte des neiges et le dégel du sol superficiel libèrent en effet des quantités d'eau considérables qui ne peuvent s'infiltrer complètement en profondeur en raison d'un sous-sol en partie gelé ; les blocs de granite glissent par solifluxion sur les pentes et beaucoup s'accumulent dans le fond de la vallée où s'installe une rivière.

- enfin, en continuité, il y a eu dégagement préférentiel des arènes granitiques par les eaux courantes (eaux de ruissellement et de la rivière) qui aboutit à l'exhumation des blocs plus ou moins bousculés (chaos) dans les vallées (figure 3). L'érosion fluviale intervient en dernier en réduisant la taille des blocs et en les arrondissant. L'abrasion de l'eau chargée de sables et de galets creuse, dans les plus gros blocs et dans le substratum rocheux, des cavités en forme de vasques et d'auges dites « marmites de géant ». L'importance de ces marmites laisse percevoir la force des débits torrentiels durant des millénaires dans cette partie de la vallée de l'Yon.

D'autre part, durant la dernière glaciation du Würm, de -100 000 à -10 000 ans, la mer est descendue à -120 m, la limite du rivage se trouvait entre 50 et 70 km à l'Ouest du littoral actuel. L'Yon a dû surcreuser sa vallée pour rattraper son niveau de base et retrouver son profil d'équilibre.

Le profil actuel de cette basse vallée de l'Yon a donc enregistré les changements climatiques importants du Quaternaire.

Figures d'érosion
en « pelure
d'oignon »
à la surface de
blocs de
leucogranite sain

Île Grande
(commune de
Pleumeur-Bodou)



Figures d'érosion
en « pelure
d'oignon »
à la surface de
blocs de
leucogranite sain

Île Grande
(commune de
Pleumeur-Bodou)

