

## Géologie dans les Maures : 29 mars 2010 – 02 avril 2010 : II

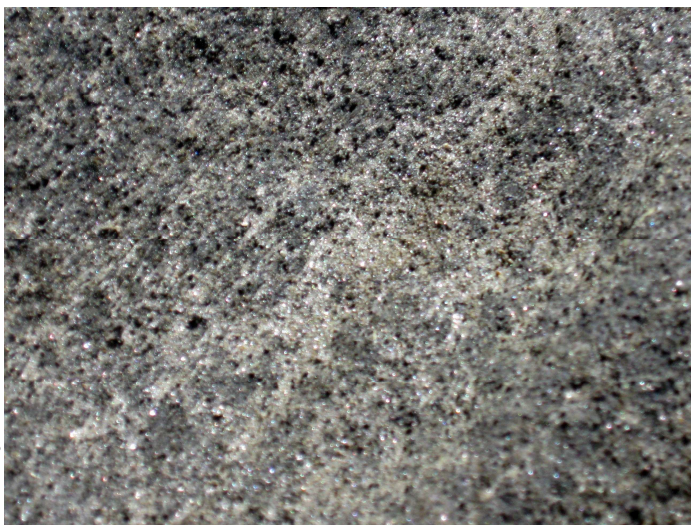
31 mars 2010

Après être passé de l'anchi zone de la plage du Four à Chaux à l'épi zone, nous partons à l'assaut de la méso zone à Brégançon.



Après avoir fait quelques pâtés dans le sable, Mathieu se retrouve avec un sable un peu "collant" avec plein de paillettes brillantes, essentiellement blanches et quelques noires. Les géologues intrépides se lancent à l'assaut des rochers et des flots.

En grattant, on arrache plein de paillettes : beaucoup de micas blancs : muscovite. Cela ne nous dit pas si nous sommes rentrés dans la méso zone, car le mica blanc apparaît déjà dans l'épi zone avec la chlorite et la séricite. Ici il n'y a pas de chlorite, ce qui est un petit indice puisqu'il n'y a plus de chlorite dans la méso zone. Il faut trouver un autre minéral. On distingue aussi des paillettes noires, certes moins nombreuses, de mica noir, la biotite. Cette poussée d'acné nous dit que nous sommes au début de la méso zone avec l'apparition du mica noir, minéral ferromagnésien en feuillets. Certaines roches sont rouges : cela vient de l'altération de ces micas noirs. L'altération explique aussi qu'ils ne brillent pas forcément. Nous sommes dans les micaschistes à deux micas : redondance, le terme micaschiste impliquant la présence des deux micas.



La biotite a été créée aux dépens de la chlorite. Nous avons franchi l'isograde de la chlorite. Cette présence de micas noirs nous dit que nous (enfin plutôt les roches) avons franchi les 450°. Nous ne sommes qu'au début de cette méso zone, les minéraux annexes apparaissant à plus haute température ne se manifestant pas encore : micas noirs de plus en plus nombreux, grenats, staurotides, disthène : voir le dessin d'hier.

Au détour d'une petite avancée, de belles couches. Ces belles alternances de quartzites, certains bien boudinés (dû à la compression) avec des roches plus fines et plus ou moins claires, des micaschistes, sont l'occasion d'un long arrêt.



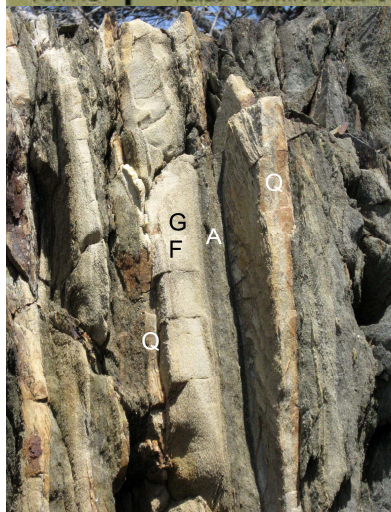
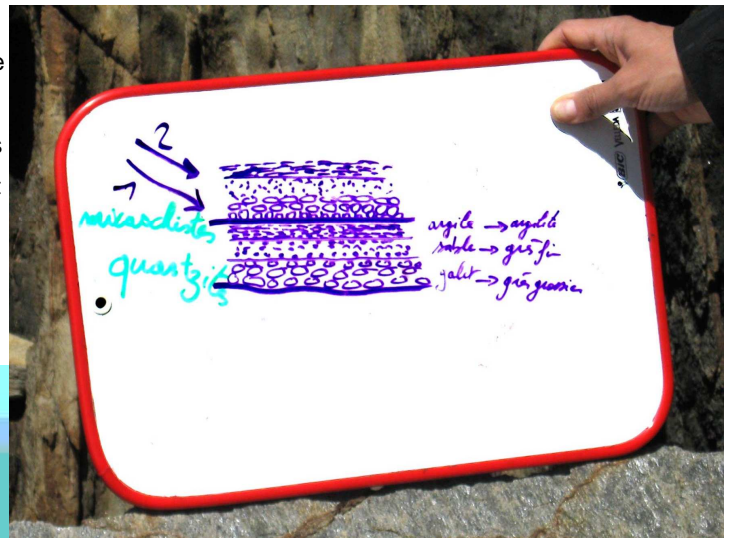
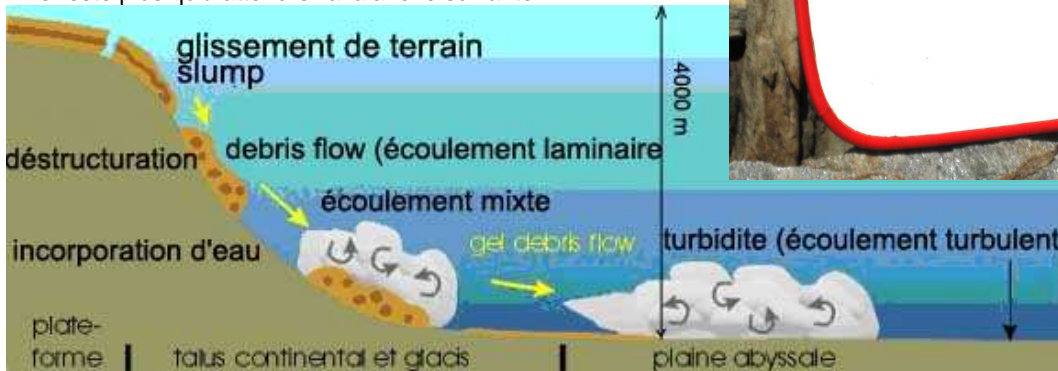
On rappelle que le quartzite provient d'un grès sédimentaire alors que les micaschistes viennent d'une pelite, mélange d'argile et de sable.



Ces couches étaient bien sûr horizontales et proviennent d'avalanches sous marines : ce sont des flyschs. On parle aussi de turbidite, dans laquelle se produit un tri des différents matériaux : les galets se déposent immédiatement, les plus gros en bas, suivis des sables de plus en plus fins pour finir par les argiles, qui restent très longtemps en suspens.

Les argiles donneront des argilites, les sables donneront des grès fins ou des grès grossiers, les galets donneront les quartzites.

Il ne reste plus qu'à attendre l'avalanche suivante.



On parle de séquences de Bouma même si ici on n'a pas distingué les 5 parties minimales ! On peut ainsi même proposer l'ordre initial des couches.

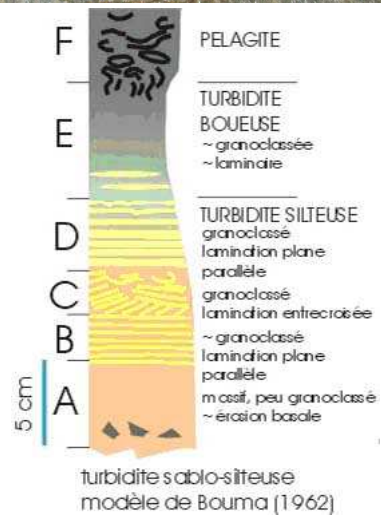
Q : quartzite

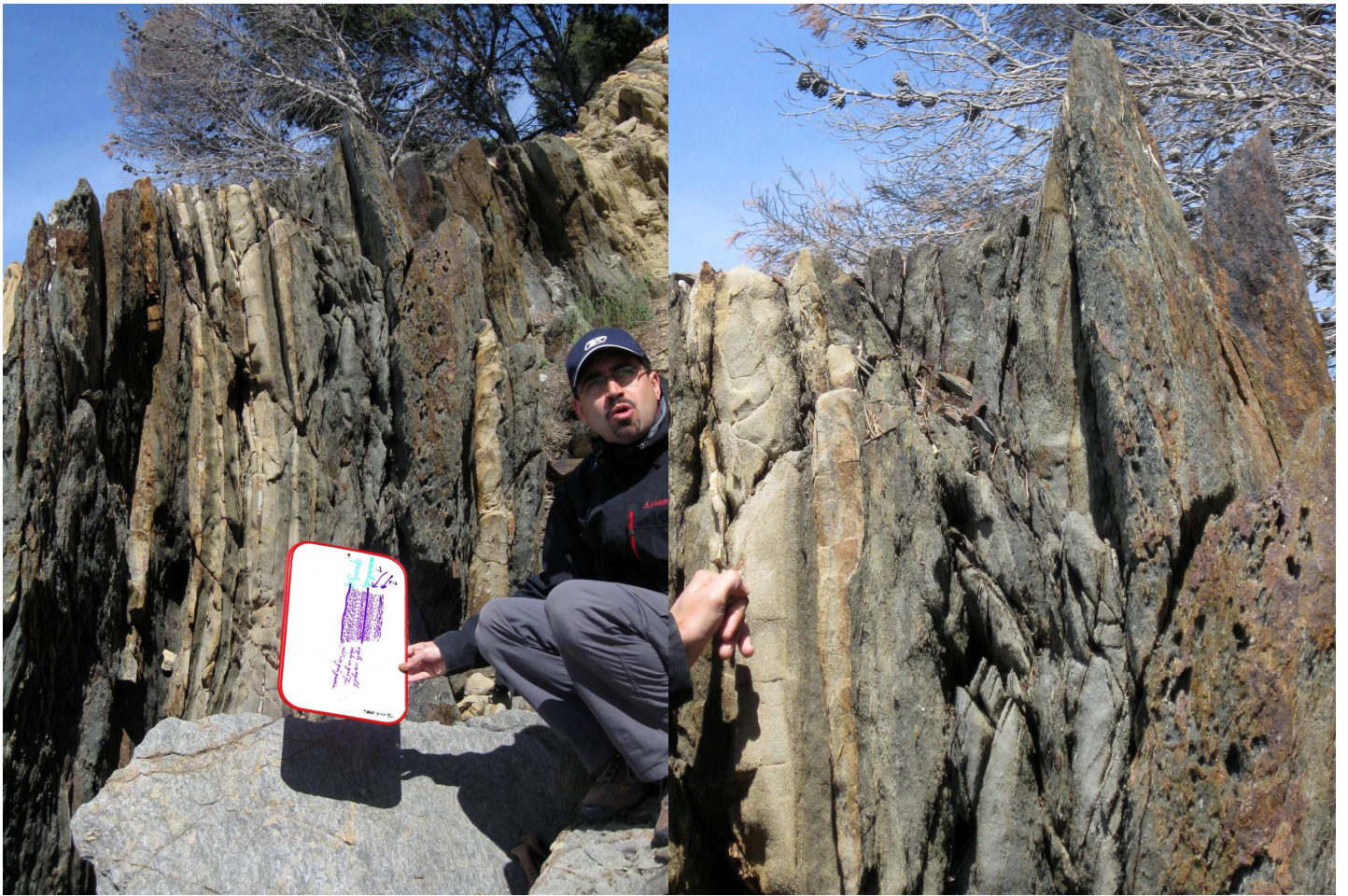
GF : grès fin

A : argilite

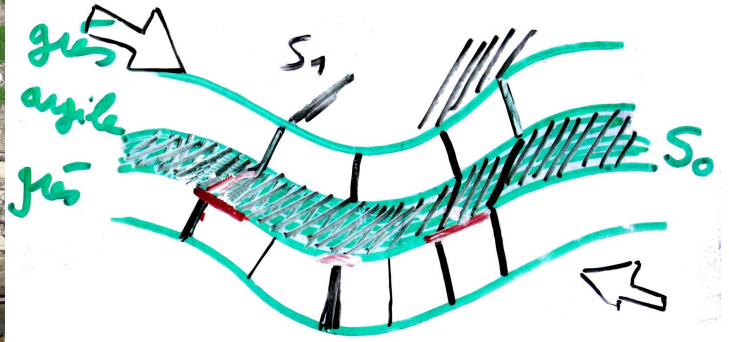
Replaçons le tableau devant les couches.

Selon les couches, on trouve des grès plus ou moins grossiers





Arrêt suivant devant des plis où il semble y avoir des aspects contradictoires.



A part la faille, on voit de la schistosité mais dans d'autres couches les "lignes" ne sont pas du tout les mêmes : la schistosité affecte les couches d'argile et est, en gros, perpendiculaire à la contrainte alors que dans les grès les cassures sont en éventail, en gros perpendiculaires à la couche.



Deux choses encore à remarquer : le niveau de plissement important et, en page suivante, la présence de roches très vacuolaires.





Ces roches sont "mangées" par les embruns, l'eau qui pénètre en profondeur ainsi que par le sable présent dans le vent : on trouve le même genre de chose en Corse dans les aiguilles de Bavella qui ne sont pas en bord de mer. Le point faible de ces micaschistes est le mica noir qui s'oxyde. Celui-ci est plus ou moins abondant selon que le niveau est plus ou moins argileux : il y a plus de trous dans les niveaux sombres alors les quartzites sont sans trous. On a au sens non géologique un tuf (taffoni en Corse), une roche vacuolaire, ici seulement en surface. Au fond des trous on peut trouver du sable.

De retour sur le parking, en attendant le car, de quoi pourrait-on discuter ?

De géologie par exemple. Mathieu nous trace rapidement l'esquisse de la région avec un point intrigant qui sera abordé le dernier jour.

Nous venons de l'anchi zone, avons traversé l'épi zone et sommes au début de la méso zone.

Pourtant, vers Bormes (et on verra demain, un peu sur Port Cros) on trouve du gneiss c'est à dire une roche qui devrait normalement se situer dans la cata zone.

Sur le schéma, la méso zone est indifférenciée, c'est à dire sans différence entre la zone à micaschiste, celle à micaschiste à grenat, celle à micaschiste à staurotite et celle à micaschiste à disthène. Dans cette zone un gneiss ne peut pas venir d'une argile métamorphisée. Il faut donc lui trouver une autre provenance.

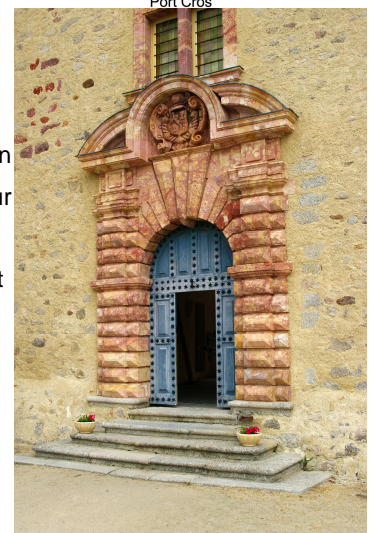
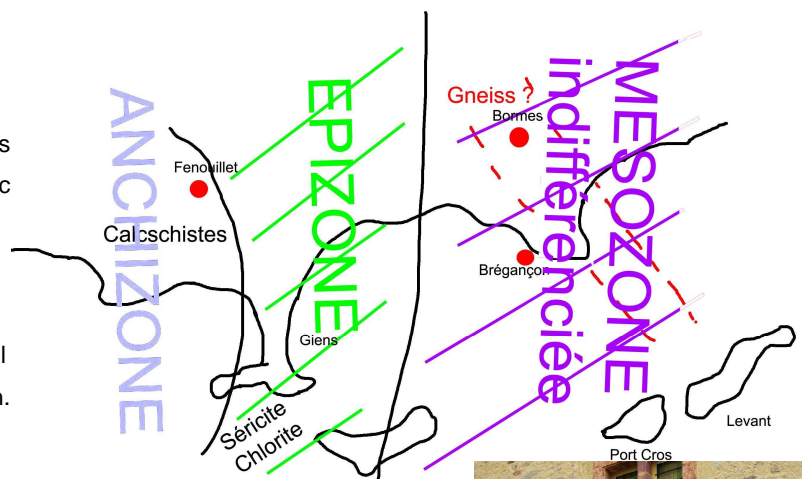
Différentes hypothèses :

- un pluton de granite se frayant un chemin entre les argiles et métamorphisé par la suite; Mais d'où viendrait-il ? De plus, les gneiss n'épousent pas une forme de pluton.
- Une bande de rhyolite peu visqueuse, genre obsidienne, venant s'épancher au silurien, recouvrant des niveaux d'argile avant d'être recouverte par d'autres argiles. Cela expliquerait bien la bande en question mais, manque de chance, il n'y a pas eu de volcanisme au silurien dans la région !

L'hypothèse retenue est celle d'une couche de sédiments détritiques issus de granite : arkose, qui un grès feldspathique donc très proche d'un granite. A droite, l'entrée du château musée de St Alban sur Limagnole (Lozère, dans le Gévaudan!) qui est justement réputé pour ses carrières d'arkose.

Argile + quartzite → micaschiste
Grès à feldspath → paragneiss
Argile + quartzite → micaschiste

La pelite, les flyschs sont des roches détritiques provenant de l'érosion de montagnes de 600-700Ma, la chaîne cadomienne (?), du début du primaire. L'apport détritique change selon le degré d'érosion de la montagne : si on érode les Alpes, on aura des roches très différentes. Le grès à feldspath peut très bien venir de l'érosion d'un pluton granitique. Le mica étant le maillon faible du granite, le grès à feldspath sera

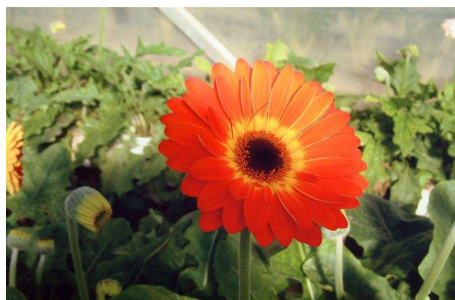


pauvre en mica (ce qu'on vérifiera à Bormes les Mimosas) contrairement à un gneiss directement issu d'un granite.

Petit rappel sur les roches détritiques : un classement est fait selon la taille des grains : on passe de l'argile à un grès puis à un conglomérat. Pour les grès la classification dépend de la nature du sable et du ciment.

Grains de quartz liés par un ciment calcaire : molasse. Grains de sable liés par un ciment siliceux : quartzite (>85% de quartz), un sable calcaire lié par du calcaire : un calcschiste. Si les grains sont du mica : grès micassé ou psammite. Grès glauconieux, de couleur verte qui, lessivé et oxydé, donne dans le Colorado provençal des couleurs rouges. Grès à feldspath : arkose.

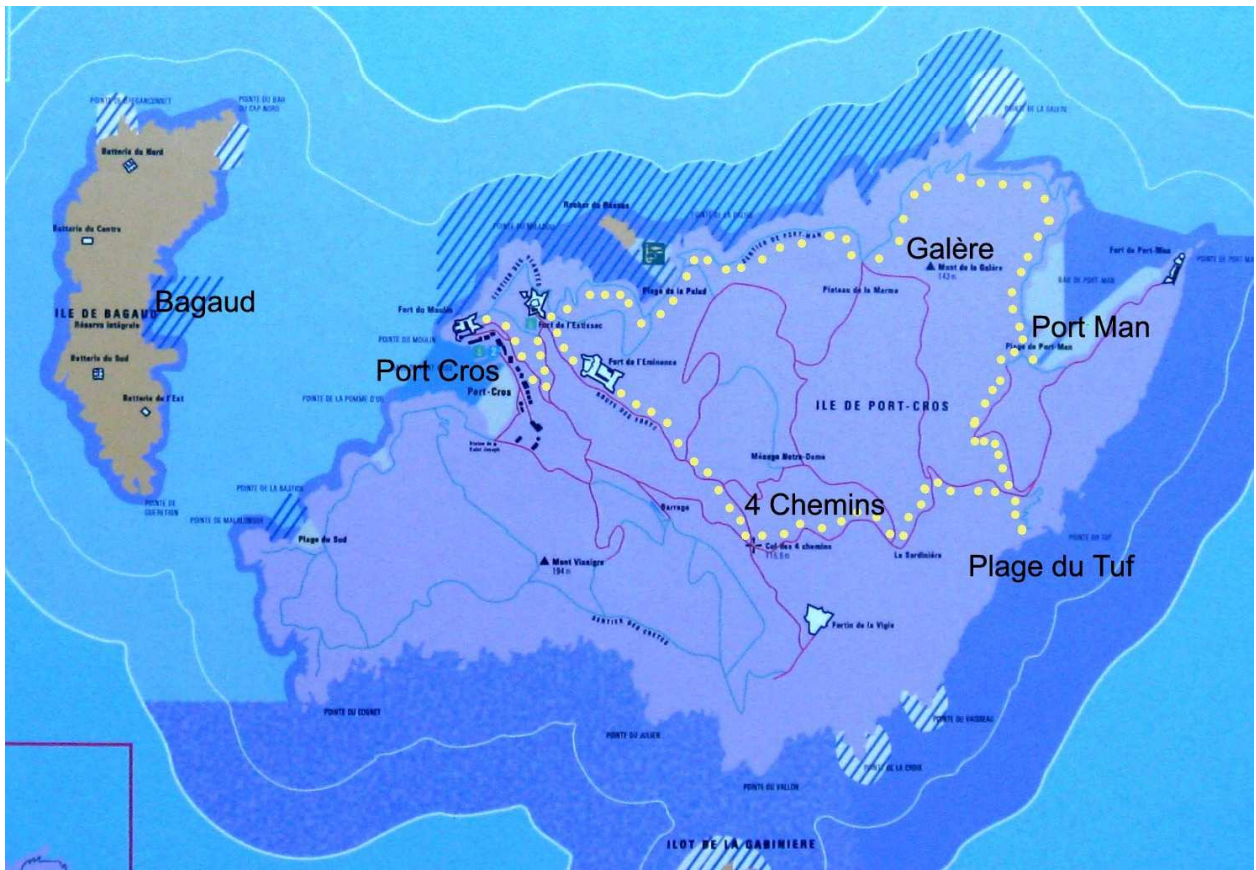
Un oubli : un géologue ne se nourrit pas que de pierres.



**01 avril 2010**

En route pour Port Cros ! Port Cros, c'est canon !





Dès le départ les micras noirs se font plus nombreux



de plus en plus nombreux !



Dans les plis, on voit que la matière flue : le quartzite qui reste est plus mince dans les flans du pli que dans le pli lui-même : le pli n'est plus isopaque mais anisopaque.



Petit coup d'œil sur l'île Bagaud.

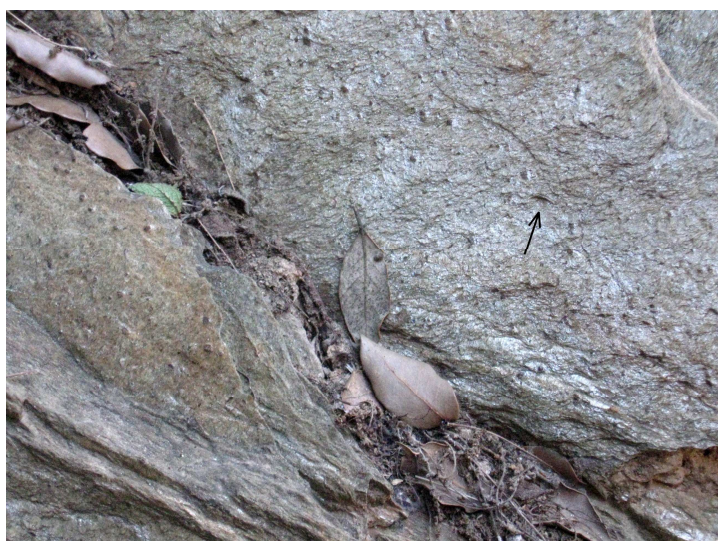


Certains micaschistes paraissent avoir différentes couches : les failles et l'érosion font apparaître des plans différents qui, présentant des angles différents, n'ont pas le même aspect à la lumière. Et arrivent les premiers grenats, vers le fort de l'Eminence.



On sent les petites billes sous le doigt, pas forcément rouges car elles peuvent être drapées de micas. Le quartzite disparaît maintenant car le quartz va être mobilisé pour le grenat et d'autres minéraux, sauf quelques gros "rognons".

Vers 10h du matin, nous franchissons les 600° puisqu'apparaît le premier staurotide (quelques mm et si maigrichon qu'il est judicieux de le montrer) suivi de beaucoup d'autres peu de temps après. Non, ce ne sont pas des vers ni des fourmis !



Nous venons de passer des micaschistes aux micaschistes à grenat puis aux micaschistes à grenat et staurotide (tout juste, il y a quand même beaucoup plus de grenats).

Pour le moment on est plutôt sur une pente douce. Après la Sardinière on va plonger par une pente raide vers la plage du Tuf, le long



d'un plan de faille qu'on espère pouvoir dater. Dans la descente plein de staurotides, certains peut être maclés. Elle se présente sous la forme d'un prisme brun, très souvent maclé en croix. La macle à 60° ("croix de saint André") est plus fréquente que la macle à 90° ("croix grecque"). Son nom vient du grec *stauros*, croix.



Viens chez moi, je te montrerai mes staurotides !

Sur la plage, surprise, le spectacle a complètement changé : on a une roche vacuolaire (d'où le nom de plage du Tuf), en strates, visiblement un grès constitué de grains de sable, une arénite. Quartzite, arkose, psammite ? La roche est rayée par la monnaie pour certains grains mais raye la monnaie pour d'autres grains. Elle réagit à l'HCl. C'est un grès calcaire et siliceux à ciment calcaire. Certaines couches sont plus fines ou plus sombres ou plus dure. On peut retrouver des petits débris de coquillages, brisés, roulés et des micro fossiles de gastéropodes d'environnement froid. Ce grès date de l'ère glaciaire. La mer était pourtant plus basse. En fait le sable peut remonter sous l'effet du vent. Il s'agit d'une dune éolienne datant du dernier épisode glaciaire (Würm), qui descend à 50m sous l'eau et qui s'est adossée au continent.

Cette dune va permettre de dater un peu le basculement de bloc qui a donné naissance à cette pente raide. Le basculement a eu lieu avant l'édification de la dune. En effet le basculement donne lieu à des éboulis et on voit bien que la dune englobe ces éboulis comme on peut le voir sur la photo. Les plus vieux sédiments méditerranéens (du bassin liguro provençal) ont 25Ma alors que cette dune a entre 30 000 et 40 000ans.

La structure en marche d'escalier des blocs basculés a été vue par la sismique, montrant aussi un océan vite très profond (2500m).



Adieu la plage du Tuf. En route pour la plage de Port Man : plus de grenats, que des staurotides, énormes. Et de belles échappées sur la mer, et de beaux plis.



A la pointe de la Galère, de gros yeux de quartz noyés dans ce qui ne ressemble plus trop à du micaschiste : là aussi, une bande gneiss, plus difficile à éroder (on est au point culminant).





Oxalis pied de chèvre ci-dessus et griffe de sorcière tombant du mur.

**02 avril 2010**

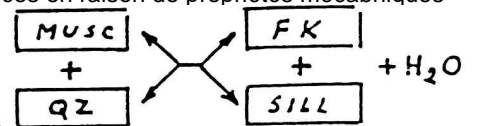
Faute de pouvoir accéder à la plage de Prasmousquier, nous allons sur celle de Canadel. Nous sommes passés devant les roches sombres du Cap Nègre. Sur la plage, Mathieu se met à creuser fébrilement. Le trou montre différentes couches de sable clair ou foncé, dues à une séparation gravitaire, le sable noir étant plus lourd que le clair.

Dans le sable clair, de petites billes grises de quartz et quelques paillettes de mica.

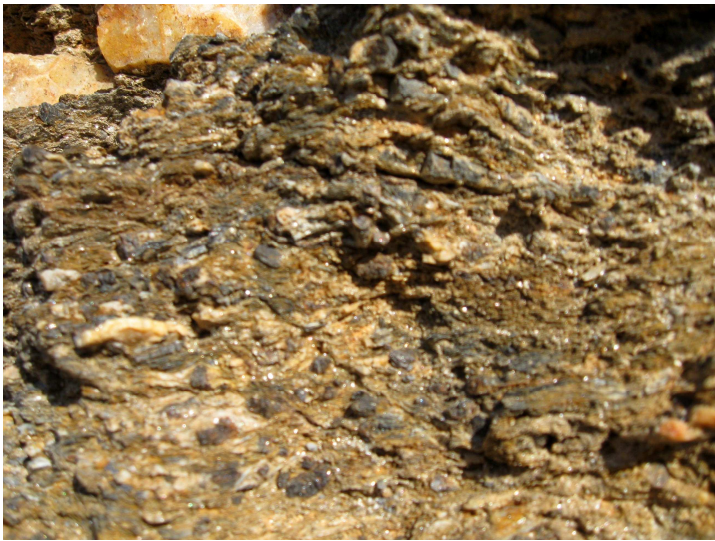
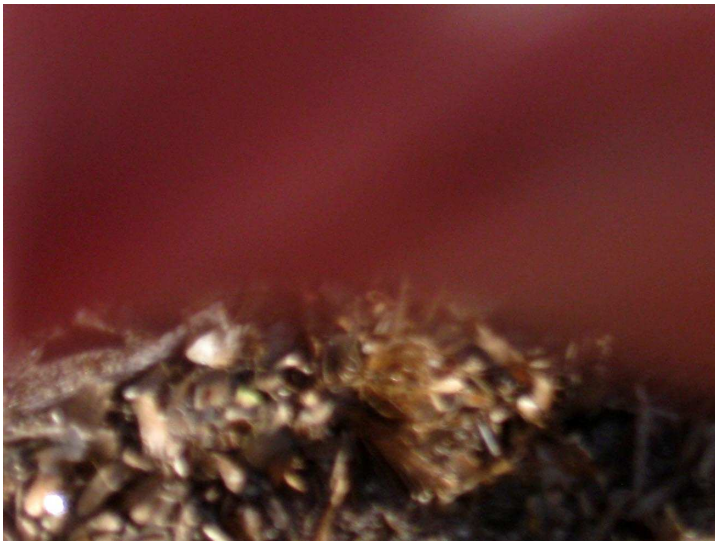
Dans le sable sombre, des grains noirs de grenats et de micas (noirs bien sûr) et des grains brun rouge de staurotides ainsi que de petites aiguilles gris bleuté de disthène. Le disthène existe : nous venons de le rencontrer.

Sur les rochers, sombres eux aussi, des staurotides énormes, quelques grenats assez gros et des disthènes plus modestes.

Nous sommes à la fin de la méso zone. Faute d'apport extérieur, tous les ferro magnésiens ont disparu, pompés par les micas et les staurotides. La nature se rabat sur des silicates d'alumine tel le disthène (étymologie : 2 forces en raison de propriétés mécaniques très différentes selon deux faces) ou cyanite ou kianite. Si le métamorphisme augmente encore, le quartz va être mobilisé, avec la muscovite, dans des feldspaths et, peu avant St Tropez, on passe dans les gneiss de la cata zone, à l'origine à donc très différente de ceux de Bormes (à droite, extrait du polycop de 1<sup>e</sup> année).



Page suivante : grenat, disthène sur la main, indigestion de staurotides, les roches sombres de la plage et un peu d'histoire.



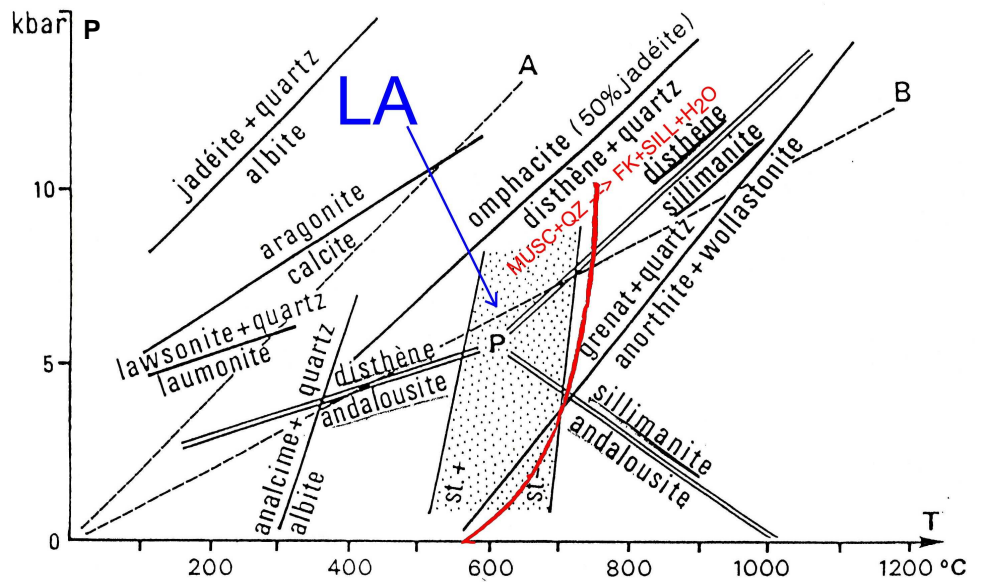
et presque 66 ans plus tard, les philolites.

Un poil de théorie :

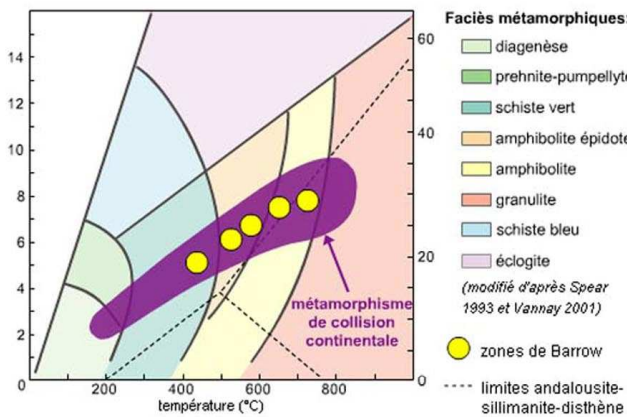
La courbe de la page 43 du polycop de 1<sup>e</sup> année. Le trajet B est en gros le nôtre, MP, HT pour une subduction continentale. Il y a des staurotides et du disthène. Cela ne laisse plus beaucoup de choix ! Mathieu fait remarquer que la courbe d'équilibre du grenat avec ? serait la bienvenue.

Merci aux amis suisses.

Le joli schéma ci-dessous confirme, bien sûr, les propos de Mathieu : on se trouve dans le faciès à amphiboles alors que lorsqu'on a rencontré la chlorite, on était dans celui des schistes verts.



<http://histoiredelavie.unil.ch/testprojs/objectif-roches/index.php?id=43>

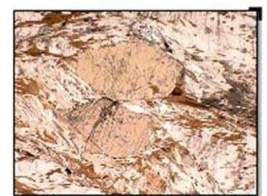


Les zones de Barrow placées dans un diagramme P-T des faciès métamorphiques. Ces zones correspondent à un gradient métamorphique observé sur le terrain, on en distingue cinq:

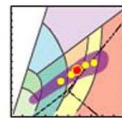
diagramme P-T



Echantillon macroscopique



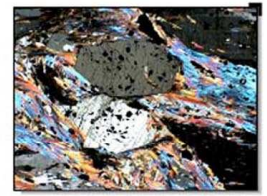
Lame mince en lumière naturelle



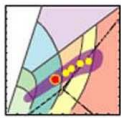
Photos: Y. Ringgenberg

La zone à staurotide est caractérisée par l'assemblage quartz-muscovite-biotite-grenat (almandin)-staurotide-oligoclase

zone à staurotide



Lame mince en lumière polarisée



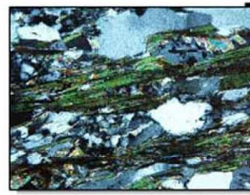
La zone à biotite est définie par la première apparition de biotite rouge-brune qui résulte de la réaction entre la muscovite et la chlorite.

Photos: Y. Ringgenberg

zone à biotite



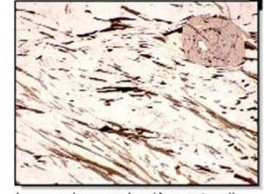
Lame mince en lumière naturelle



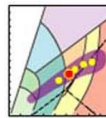
Lame mince en lumière polarisée



Echantillon macroscopique



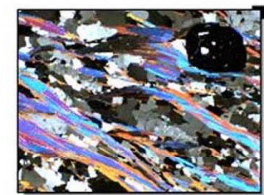
Lame mince en lumière naturelle



La zone à grenat est caractérisée par l'assemblage quartz-muscovite-biotite-grenat (almandin)-albite ou oligoclase.

Photos: Y. Ringgenberg

zone à grenat



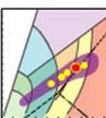
Lame mince en lumière polarisée



Echantillon macroscopique



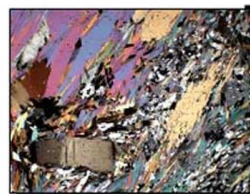
Lame mince en lumière naturelle



La zone à disthène est caractérisée par l'assemblage quartz-biotite-muscovite-oligoclase-grenat (almandin)-disthène.

Photos: Y. Ringgenberg

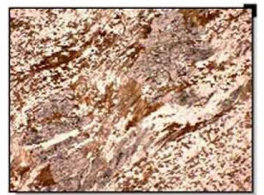
zone à disthène



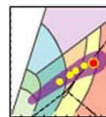
Lame mince en lumière polarisée



Echantillon macroscopique



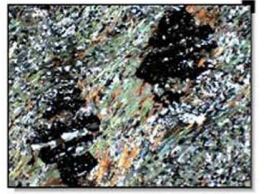
Lame mince en lumière naturelle



La zone à sillimanite est caractérisée par l'assemblage quartz-biotite-muscovite-oligoclase-grenat (almandin)-sillimanite

Photos: Y. Ringgenberg

zone à sillimanite



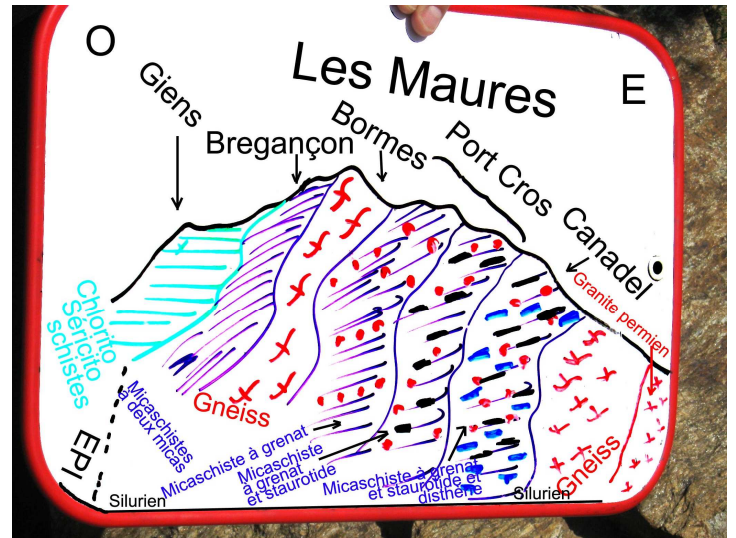
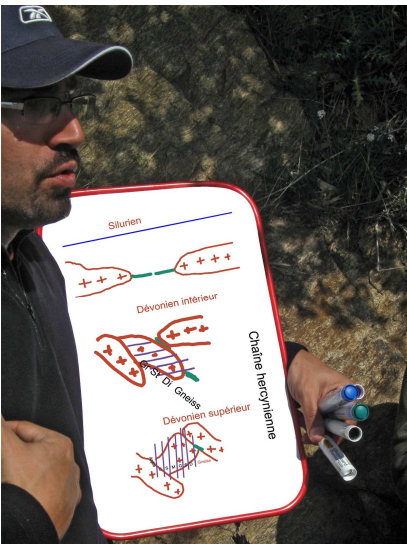
Lame mince en lumière polarisée

Il reste à aller faire une petite vérification du côté de Bormes les Mimosas.



Voilà de la roche cristallophyllienne, bien massive, avec quelques paillettes de mica, du quartz et des "yeux" blanchâtres de feldspath. C'est bien un gneiss, avec donc peu de micas, ayant subi les fractures alpines.

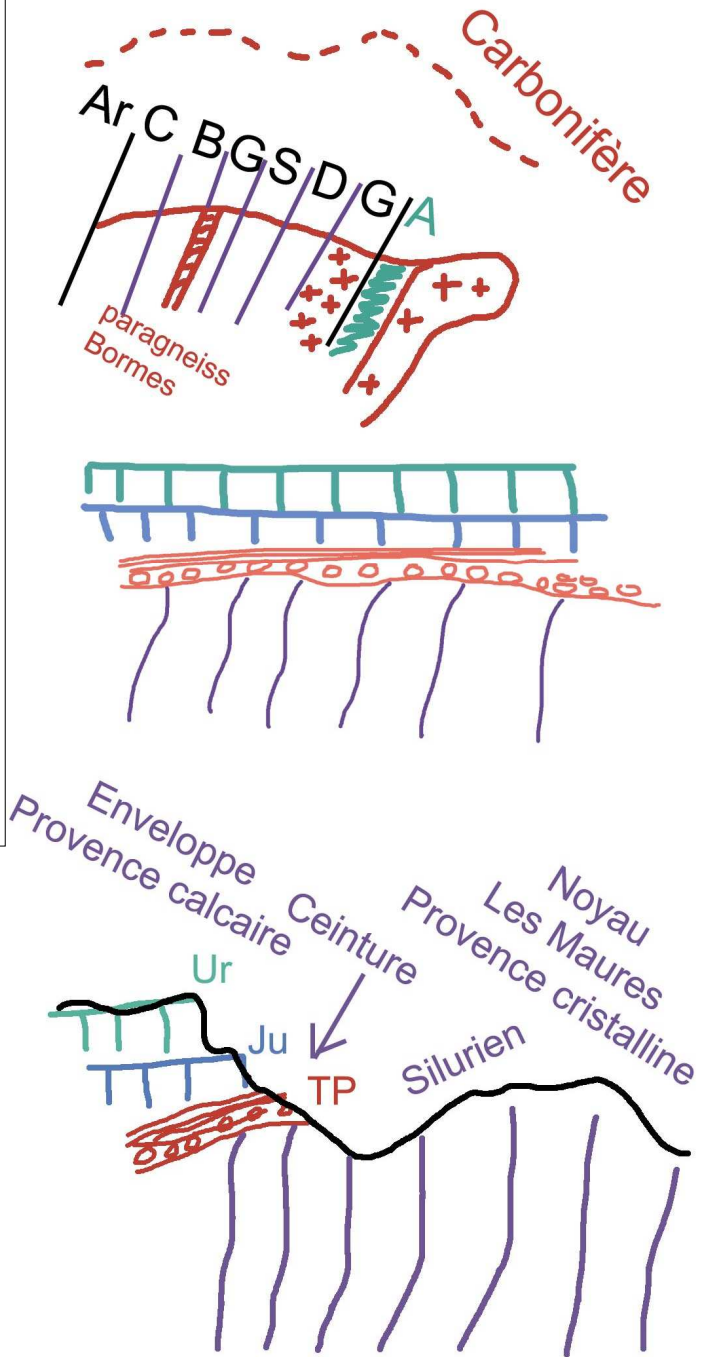
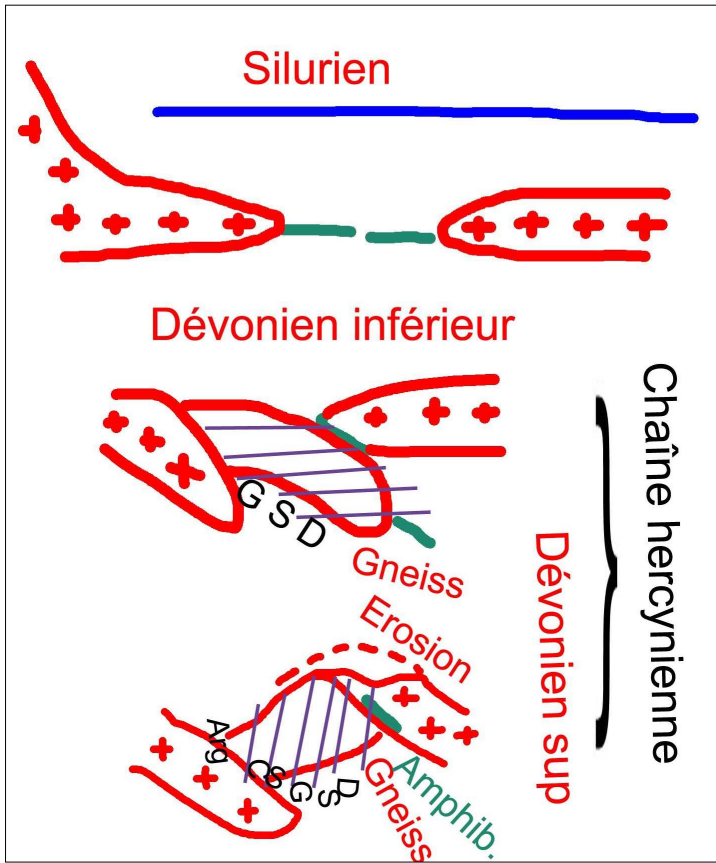
Comment toute cette région a-t-elle pu se former ?



On reconnaît les différentes zones avec un symbolisme de couleur très marqué : les grenats en ronds rouges, les staurotides et les disthènes en baguettes noires et bleues, les micaschistes feuilletés.

L'histoire débute au Silurien avec les dépôts de sédiments détritiques, se poursuit au Dévotion avec une subduction lente. Pour verticaliser tout cela, il faut bloquer la subduction, casser la plaque plongeante pour qu'elle puisse pivoter lors de sa remontée par isostasie : une plaque de densité de l'ordre de 2,9 dans un manteau qui a une densité de l'ordre de 3,3.

On redépote des sédiments détritiques au Permien et au Trias (TP sur le dessin) puis les calcaires du Jurassique (Ju) et du Crétacé (Ur) pour obtenir la Provence calcaire. Il reste à éroder tout cela



Argile, Chlorite, Séricite, Grenat, Staurotide, Disthène sur la figure ci-dessus.

Sur la figure de droite, à droite des amphibolites issues de la métamorphisation d'un bout de plancher océanique, les granites du Plan de La Tour : pluton de granite dû à la baisse de pression lors de l'érosion.

Et tout se termine :

