Géologie dans les Maures : 29 mars 2010 – 02 avril 2010 : I

29 mars 2010

Le voyage se déroule plutôt dans le silence au départ. Sans doute le départ matinal. Il faut attendre d'avoir dépassé Cavaillon pour que Mathieu se réveille : nous venons de passer à côté d'Orgon, le haut lieu de l'urgonien !

Nous allons donc descendre et vers le sud et dans le temps. Au départ, les belles falaises blanches du crétacé sont les témoins d'une mer peu profonde et aérée : Barrémien – Aptien (115Ma). Plus au sud, vers Aix, la montagne Sainte Victoire nous vieillit brutalement : nous passons dans les calcaires plus sombres, tithoniens, du Jurassique (150Ma). En fait on retrouve aussi de l'urgonien plus au sud : calanque de Cassis. Toujours vers Aix, on passe dans des niveaux déjà bien rouges : serions-nous déjà dans le Trias ? Bien sûr que non. Ce n'est pas parce que les grès du Trias sont rouges que tout ce qui est rouge est grès triasique. Les niveaux de calcaires sont ici un peu plus argileux, avec un lessivage en règle dans les karsts.

A la fin du Crétacé supérieur le Sud Est connaît une phase d'emersion ; elle est marquée par le développement de karsts et leur remplissage par de la bauxite (le nom vient des Baux-de-Provence, dans le Vaucluse : http://jfmoyen.free.fr/IMG/pdf/poly-france.pdf).

Nous passons ensuite dans la zone permotriasique. On quitte donc la Provence calcaire vers Cuers, avec sa végétation calcicole de garrigue pour arriver dans des régions de maquis aux espèces silicicoles. On parle de Permotrias parce que la limite entre Permien et Trias est souvent mal définie, sauf évidemment dans l'exemple qui va venir ! Au Permien, dans un grand delta, vont s'accumuler les grès, les conglomérats et les argiles issus de l'érosion de la chaîne hercynienne (aussi appelée chaîne varisque) dont la formation au Dévonien et au Carbonifère (400 à 300Ma) va beaucoup nous occuper. Petit rappel :

Cambronne, l'ordurier, S'il eut été dévot, n'eût point carbonisé son père.

Cambronne **ordo**nna **sil**ence et **dévo**uement à ses **car**abiniers **perm**issionnaires.

Il en résulte la pénéplaine post-hercynienne après érosion.

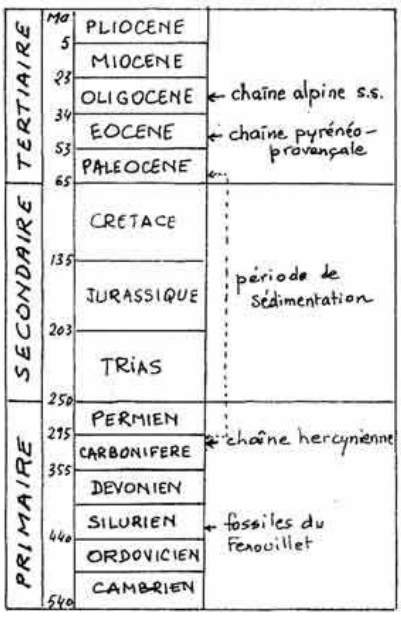
La mer revient au Trias, amenant des argiles marines.

Les terres rouges correspondent à la ceinture du Permien et aux dépôts sédimentaires détritiques sur Pangée, dans un climat chaud et humide.

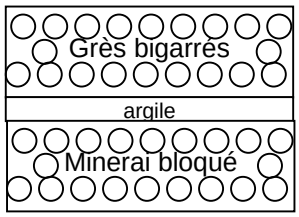
On trouve un peu partout cuivre, argent, plomb, or. D'où viennent ces minéraux ?

Dans les fissures et fractures circulent des fluides, gaz et liquides, qui lessivent les roches.

L'origine n'est donc pas à chercher dans un gisement primaire, comme c'est le cas à La Gardette avec ses filons, mais dans une concentration de sulfates et sulfures, tels que chalcopyrite $CuFeS_2$ et galène PbS dans les grès et les conglomérats. Pas de cuivre ou

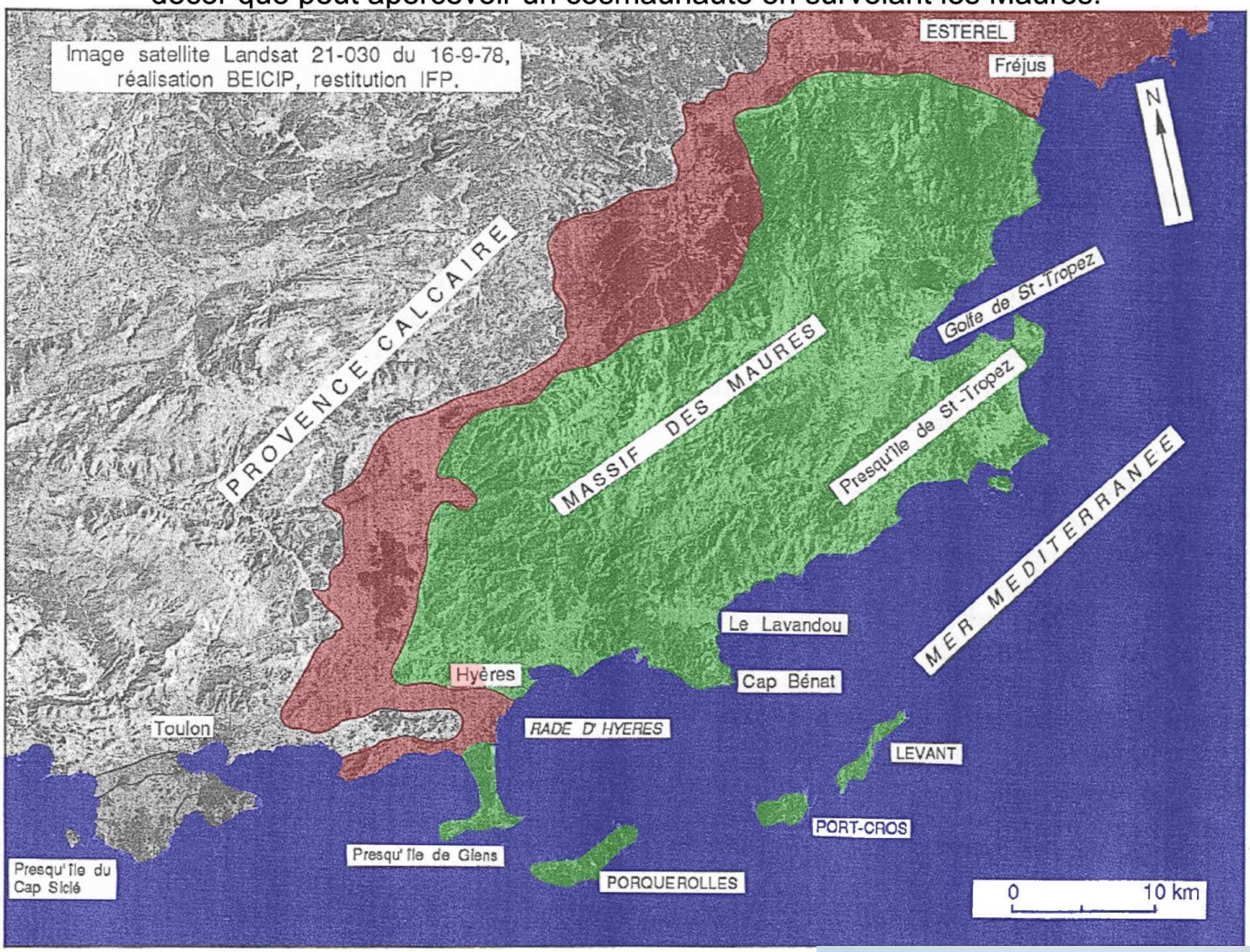


d'argent natif. Par-dessus ces sédiments détritiques on trouve un gros niveau de conglomérats, les grès bigarrés avec de grosses "dragées" de quartz. Les minerais primaires sont lessivés par des eaux d'infiltration qui, remontant par capillarité, donnent des sulfates, des carbonates, des arséniates. Les minerais secondaires sont arrêtés par une couche d'argile. Avant d'en venir à la mine, annonçons la suite.



Les roches de ce schéma sont plus jeunes que les Maures : ce sont les produits d'érosion des Maures. Si on regarde l'autoroute entre Soliès et Toulon, elle fait une virgule qui suit cette ceinture permotriasique, ce grès plus facile à éroder que les roches métamorphiques des Maures.

Un noyau vert, une ceinture rouge, une enveloppe blanche : tels sont les éléments du décor que peut apercevoir un cosmaunaute en survolant les Maures.



Vers Le Pradet, peu avant Toulon, on aperçoit le petit massif du Fenouillet (à droite). Ce massif présente une particularité : ses roches correspondent aux Maures pour ce qui est de l'âge : des carbonates datés du silurien (480Ma, milieu du primaire) donnant des argiles sableuses, des pelites. On verra que le métamorphisme qui s'exprime dans les Maures va croissant vers l'est.

Ici l'enfouissement a été si peu profond que l'on peut trouver des fossiles d'environnement profond, les graptolites qui sont des petits gastéropodes vivant en colonie : photo ci-dessus.

Peu après, dominant Toulon, on voit le mont Faron, du secondaire : nous venons de franchir 200Ma !

Deux minéraux emblématiques : la Pradétite, $(Cu,Co)_5\ (AsO_3)_2\ (OH)_2\ (AsO_4)_2\ 10H_2O$ et la Capgaronite, HgSAg(Cl,Br,I) nous attendent à l'ancienne mine de Cap Garonne au Pradet. Plus courants: la malachite, verte, $Cu_2(CO_3)(OH)_2$ et l'azurite, bleue, $Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$.

On continue à trouver de nouveaux minéraux dans cette mine. Ci-dessous le mont Faron depuis la mine.

L'entrée de la mine

Les couches de grès au-dessus de la mine

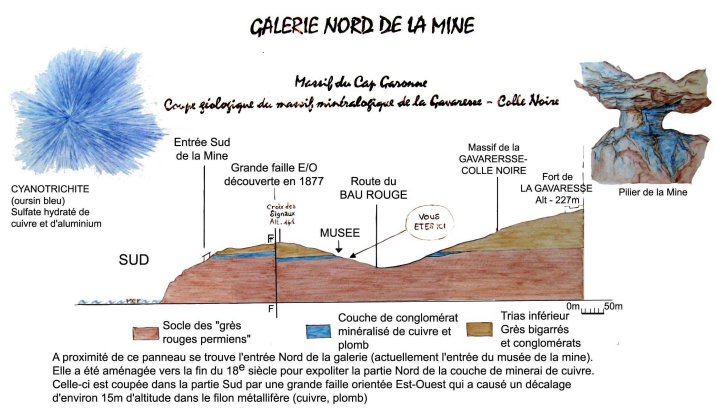
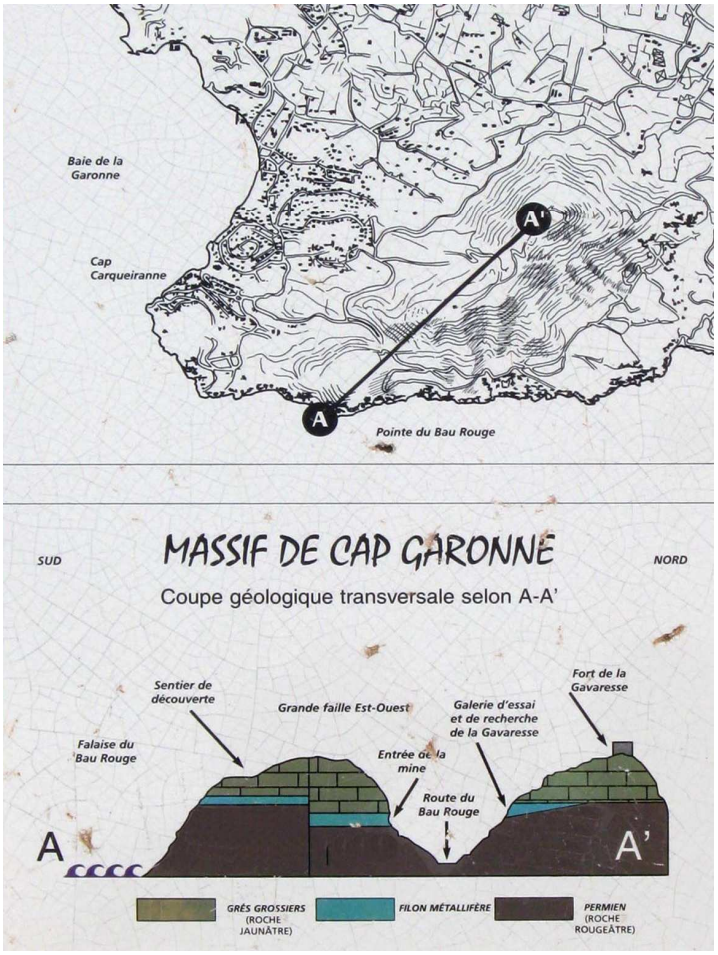


Schéma à l'entrée de la mine

La limite franche Permien - Trias

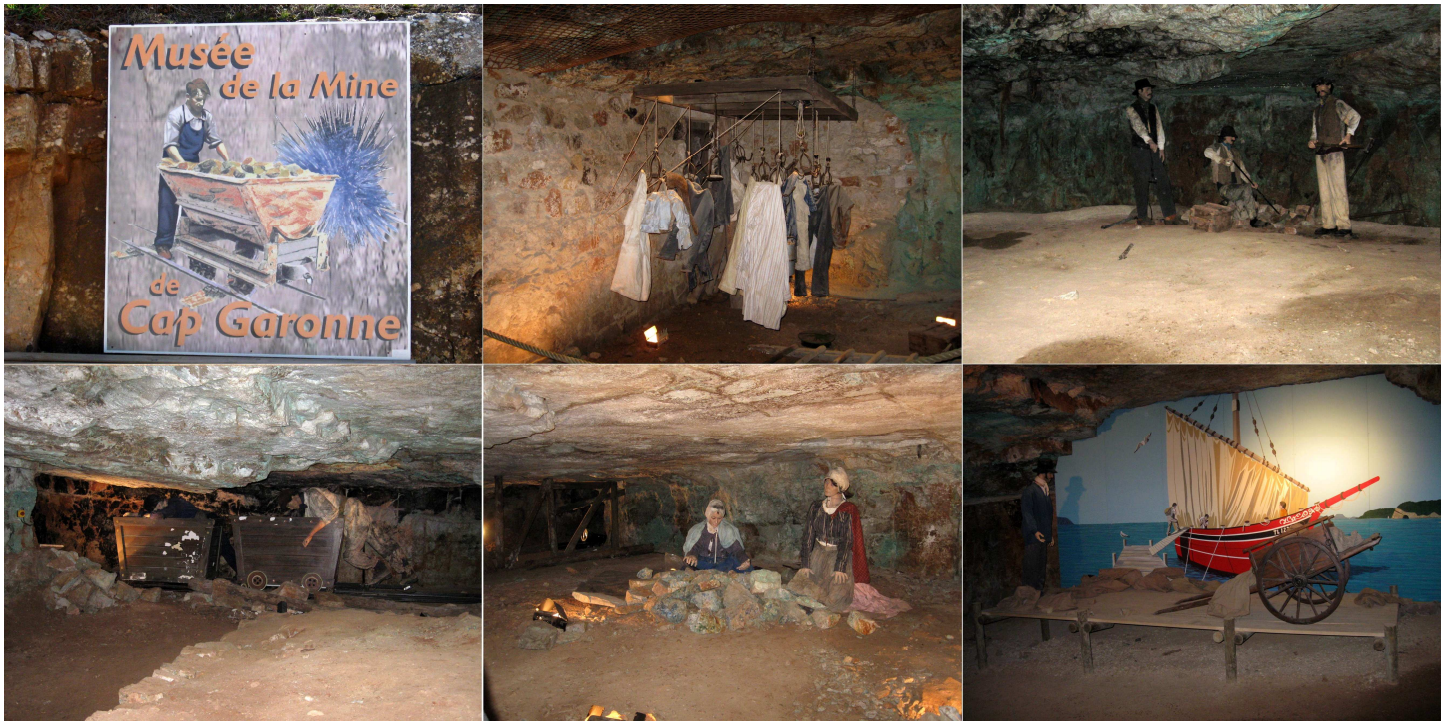
Les grès continentaux rouges du Permien



Autre schéma à l'entrée de la mine

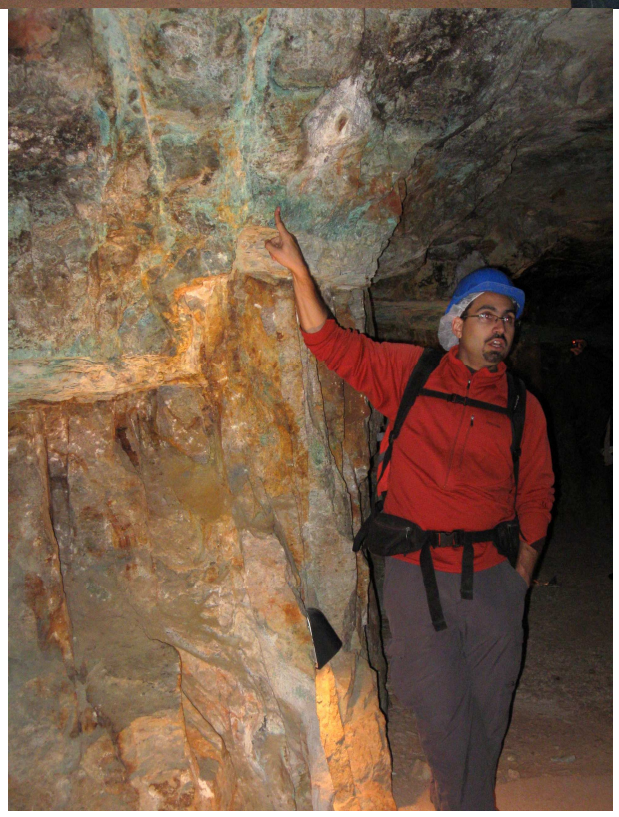
Il y a grès et grès

Malachite et azurite

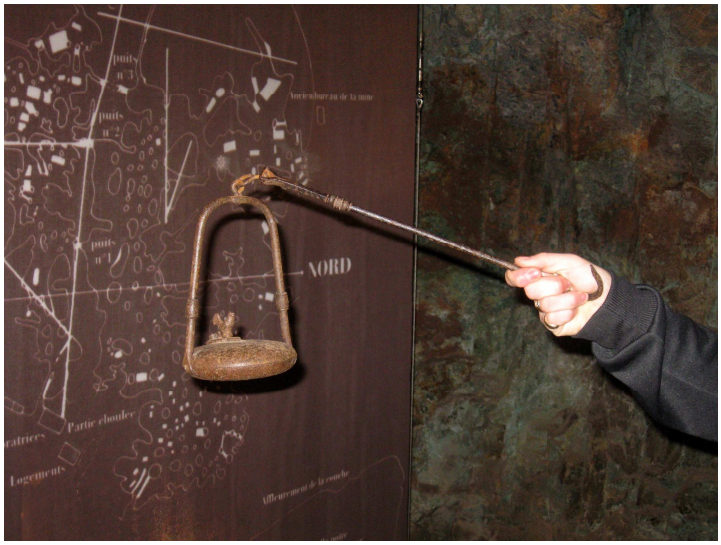


De la salle des pendus au départ du minerai en passant par l'extraction et le tri

Une faille

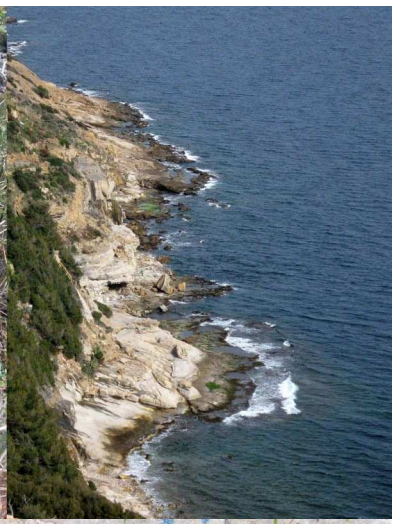


Le minerai est particulièrement abondant au niveau des failles. Il y a eu un gros problème quand les exploitants sont arrivés sur la grande faille : où se trouvait la suite ? La mine n'a pas été rentable et a été abandonnée en 1917 après avoir produit en 60 ans autant de cuivre que les mines du Chili actuelles en 11h ! Sur la photo de gauche ci-dessous, la faille avec le petit niveau d'argile. En dessous, la lampe de St Etienne. On trouve ensuite une belle collection de minéraux, certains de la mine(azurite ci-dessous).



On termine par différents objets en cuivre ou en bronze : alambic, pompe à incendie, rouleau d'imprimerie, cloches.

Au retour, des murs avec des couleurs bleues et vertes naturelles !

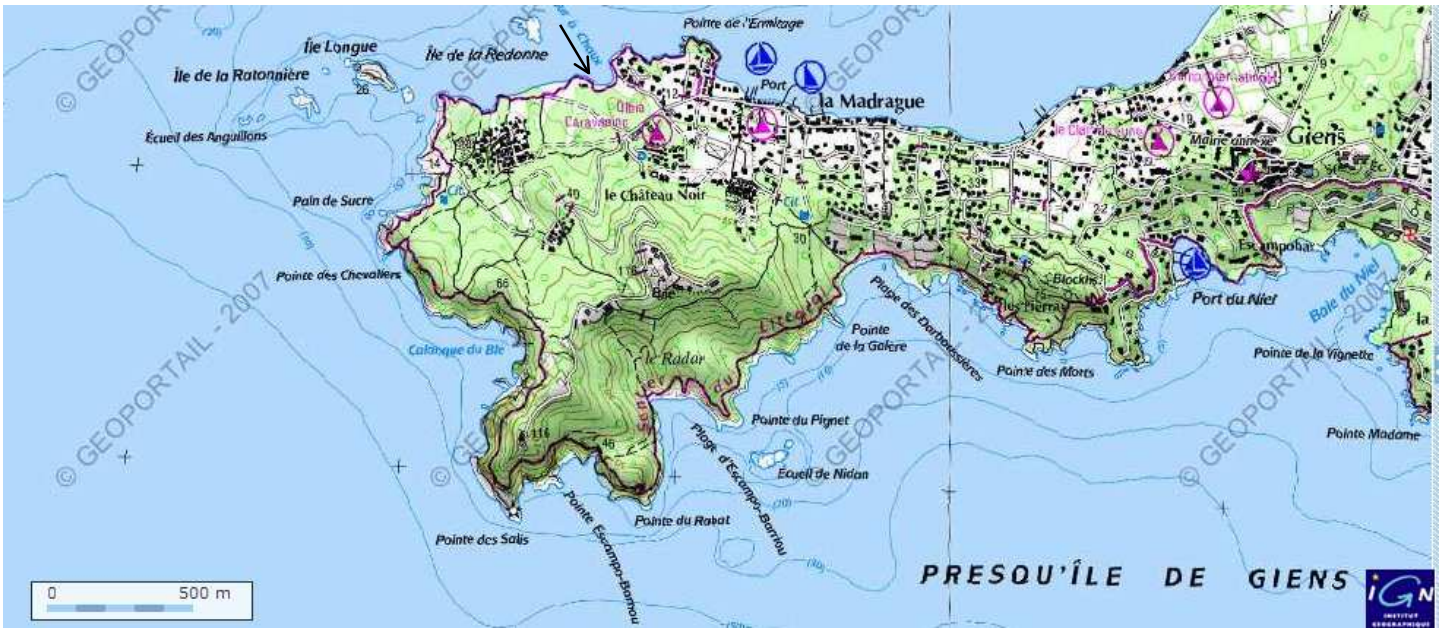


Sur la photo suivante, en haut à gauche olivénite et malachite.

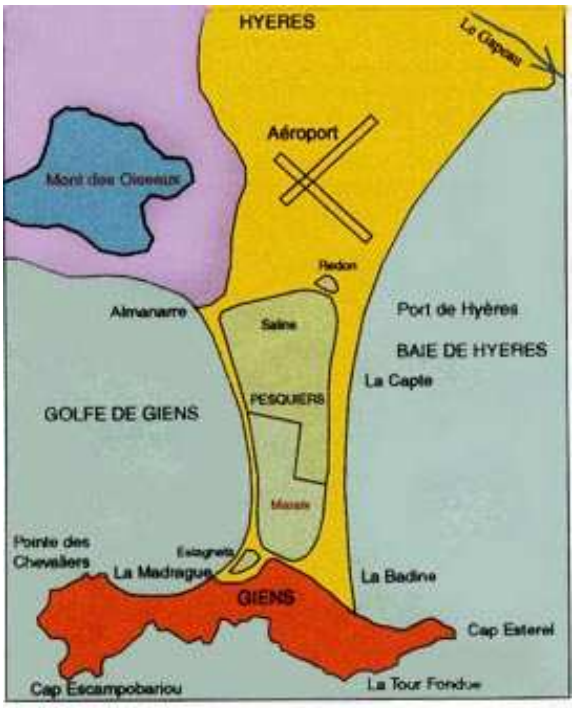
Pour finir sur une note mélancolique, la transition Permien → Trias a été marquée par la disparition de 90% des espèces animales, la plus grande crise de l'histoire, due à la pollution par l'oxygène.

30 mars 2010

Départ de la plage du four à chaux, à La Madrague sur la presqu'île de Giens. On va tourner le long de la presqu'île le long du sentier du littoral jusque vers la plage des Darboussières et revenir au point de départ en coupant à travers l'île.

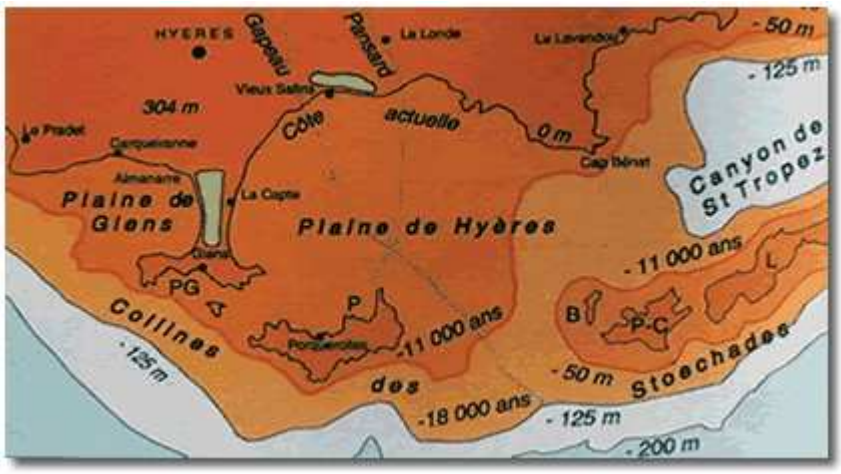


Comme le montre le schéma à droite, la presqu'île est reliée au continent par un double tombolo. Le rocher se trouve 60m plus bas. Au Würm, 20000A, le niveau de la mer se trouvait 100m plus bas, Giens, Porquerolles et Port Cros étaient reliés au continent. A la fonte des glaciers, la mer est remontée et, il y a 5000 – 10000A Giens a été isolé du continent. Le Gapeau, une rivière qui débouche à l'est d'Hyères (cf. carte au début) amène plein de débris. Un courant Ouest-Est entraîne ces débris vers l'Ouest où ils s'accumulent sur un haut fond, donnant ce rare double tombolo isolant un étang. C'est donc le sud de l'île qui est de même nature géologique que les Maures. http://www.apgiens.com/ile/geologie.html



Carte géologique schématique de la Presqu'île de Giens

Quaternaire : dunes et alluvions
Secondaire
Primaire et Secondaire
Primaire métamorphique



Il y a 18 000 ans, avec le niveau marin à -125 m, la côte était à 3 km au sud des îles qui étaient alors de simples collines. On pouvait aller à pied de Hyères au Levant ! A -15 000 ans (trait rouge) la mer, remontée à -50 m, commençait à passer entre Porquerolles et l'île unique de Bagaud - Port-Cros - Le Levant. Les rivières, comme le Gapeau, le Pansard et le Maravenne, devaient obligatoirement atteindre la mer et d'ailleurs le tracé de leur lit a été partiellement reconnu en géophysique.

Hyères, Giens et les îles correspondent à un bâti géologique varié dont on peut lire l'histoire à travers les pierres et les paysages, de 500 millions d'années à nos jours. Sur les trois chaînes qui se sont formées lors de l'affrontement de plaques continentales en Europe, les deux dernières sont présentes dans la commune : la chaîne hercynienne (320-300 Ma) et la chaîne alpine (70-30 Ma).

Cette variété des terrains entraîne une grande diversité des sols et donc de la végétation naturelle et des cultures.

Hyères se situe à la limite de la Provence cristalline et de la Provence calcaire (et argileuse). La première, d'âge primaire, est constituée de sédiments formés entre 500 et 350 Ma, ensuite enfouis, métamorphisés et fortement déformés vers 320 Ma lors de l'élaboration de la chaîne hercynienne. Elle constitue tout le Massif des Maures dont la terminaison ouest se situe justement dans la

commune, au Château de Hyères, au Fenouillet et dans les Maurettes. On retrouve ses schistes et ses quartzites à Giens et dans l'ensemble des îles. Les quartzites du Fenouillet et ceux identiques du Cap des Mèdes à Porquerolles constituent de vives arêtes dans le paysage. Les seuls fossiles primaires des Maures (430 Ma) ont été trouvés au Fenouillet. A Giens les plis complexes dus aux déformations hercyniennes, repliés plusieurs fois, sont spectaculaires. En fait ces terrains anciens se prolongent à l'Ouest sous la Provence calcaire, plongeant progressivement jusqu'à 6-8 km sous le Rhône et la Camargue, réapparaissant ensuite dans le Massif Central, remontés par une succession de failles.

Le deuxième ensemble, fin primaire et secondaire, à l'Ouest de la commune surtout, comporte une couverture sédimentaire d'abord de grès et argiles continentaux provenant de l'érosion de la chaîne hercynienne, entre 290 et 210 Ma (Permo-Trias) et dont les affleurements rouges, propices aux vignobles, affleurent bien de l'Almanarre à Carqueiranne, comme dans toute la dépression qui s'étire de Toulon au Luc. Pendant le reste du Secondaire (Jurassique et Crétacé), la mer alpine occupe la région d'où des dépôts calcaires marins et récifaux comme au Coudon et au Faron près de Toulon. A la fin du secondaire, vers 70 Ma, commencent les grandes déformations de la chaîne alpine qui ont laissé des traces au Mont des Oiseaux et au Paradis où les calcaires ont été déplacés en nappes venant manifestement d'ailleurs.

Au Tertiaire puis au Quaternaire la chaîne alpine à son tour est vouée à la destruction érosive. Les Maures voient s'écarter l'axe Corse-Sardaigne et se creuser une mer profonde dans l'intervalle, les fonds marins face à Giens descendant vite à -2500 m.

Premier arrêt sur la plage : la roche que nous découvrons est composite avec deux niveaux :

- un niveau clair, très dur, qui raye la pièce de monnaie, assez clairement du quartz.
- un niveau sombre et plus tendre, feuilleté et qui est rayé par la pièce de monnaie, dans lequel, au microscope, on peut trouver des graptolites, fossiles du Silurien (430Ma) et qui réagit à HCl. On est ici dans la continuité du massif du Fenouillet.

On a donc du quartz alterné avec un calcaire schistosé, un calcschiste, plus vraiment sédimentaire mais pas encore métamorphisé sinon le quartz serait remobilisé dans d'autres minéraux. On a une alternance de quartzite et de phyllade.
Alors que le (ou la selon les dictionnaires) quartzite ne renseigne pas sur le degré de métamorphisme, la phyllade nous enseigne que l'on n'est pas vraiment rentré dans le métamorphisme.
Dans l'épi zone, l'épi métamorphisme apparaîtra et les µmicas blancs donneront de la chlorite et de la séricite (en quelque sorte de la micro muscovite). Les calcschistes proviennent d'une argile sableuse et calcaire. La zone avant l'épi zone étant l'anchi zone, on peut parler de calcschiste de l'anchi zone.
Rappelons les différentes zones : anchi zone, épi zone, méso zone (grenats, jadite, disthène ou kianite ou cyanite) et cata zone (gneiss).
Les différentes roches que l'on verra provenant de roches sédimentaires, ce seront des para roches.
En résumé, le quartzite vient de sables, de grès, le calcschiste vient de sables, d'argile et de calcaire.

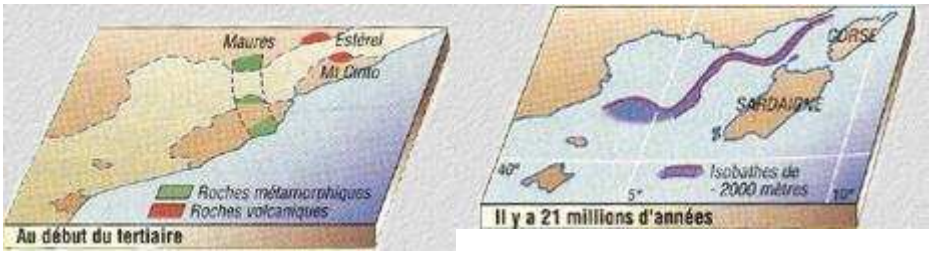
Les couches sont bien plissées comme le montre la photo de gauche.

On peut aussi de temps de temps quitter ce monde de ~~bru~~ géologues pour regarder les fleurs ! Ou le paysage…

A l'arrêt suivant, les déformations deviennent plus sensibles. Il apparaît par-ci, par-là, des traces verdâtres de chlorite. Le quartzite devient plus "torturé" : la température augmente et le matériau devient plus ductile, la tectonique n'est plus cassante.

L'allure générale des petites îles que l'on voit est la même que celle de la presqu'île, de Port Cros : une pente abrupte au sud (gauche de la photo) et une pente plus douce au nord. Si tout ce qui émerge a la même forme, ce n'est pas un hasard : on pense à des blocs basculés et des failles normales. Si tel est le cas, il y a eu un rift continental et on peut se demander où se trouve l'autre partie de ce rift.

Au large, le niveau des fonds descend très vite et très profondément : on a un océan. Le volcanisme de l'Estérel, proche, est de même âge que la Corse et la Sardaigne : l'autre côté du rift. Elles faisaient partie du continent il y a 30Ma, l'océanisation étant apparue il a 20Ma.



L'arrêt suivant confirme cette tendance à une déformation de plus en plus intense, avec de belles charnières de plis. De telles déformations supposent un matériau devenu assez ductile.

Des cassures alpines se mêlent aux plis, évidemment bien postérieures. La subduction a eu lieu bien avant ces cassures, au Dévonien et au Carbonifère, en pleine orogenèse hercynienne, les cassures vers 100Ma.

On est peut-être dans des chloritoschistes. Il y a encore de la schistosité mais déjà des chlorites. La "ductilité" apparaît vers 5-6km d'enfouissement.

On est bien entré dans l'épi zone puisqu'on trouve aussi de la séricite, roche gris clair et soyeuse comme l'indique son nom (soie). C'est la photo avec la main.

On est donc dans l'épi zone avec chloritoschistes et séricitoschistes.

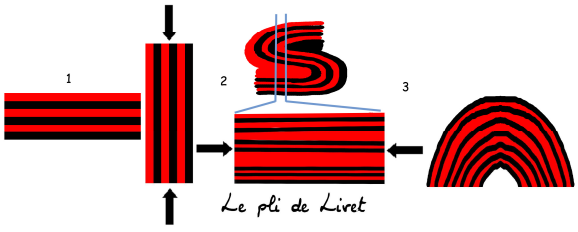
Et on arrive à la pointe des Chevaliers.

La mousse s'avère parfois être de la chlorite ! et cela plisse très fort.

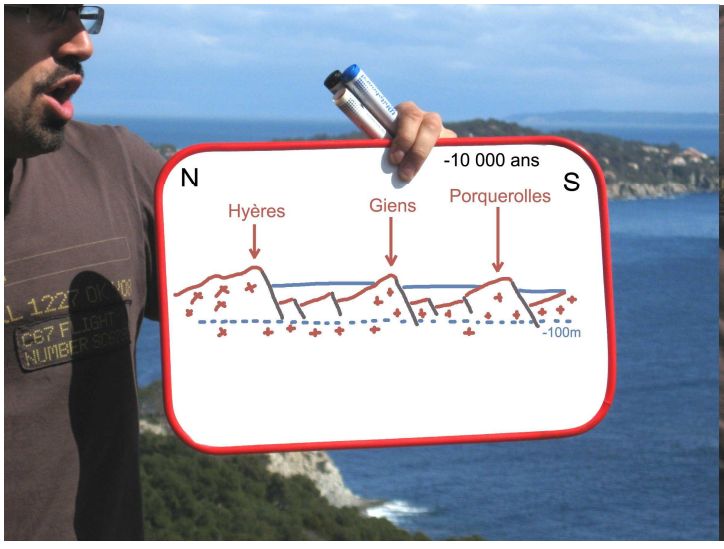
Ca plisse de plus en plus avec des plis croisés successivement dans 2 directions pour lesquels il suffit de ressortir le dessin fait à Livet.

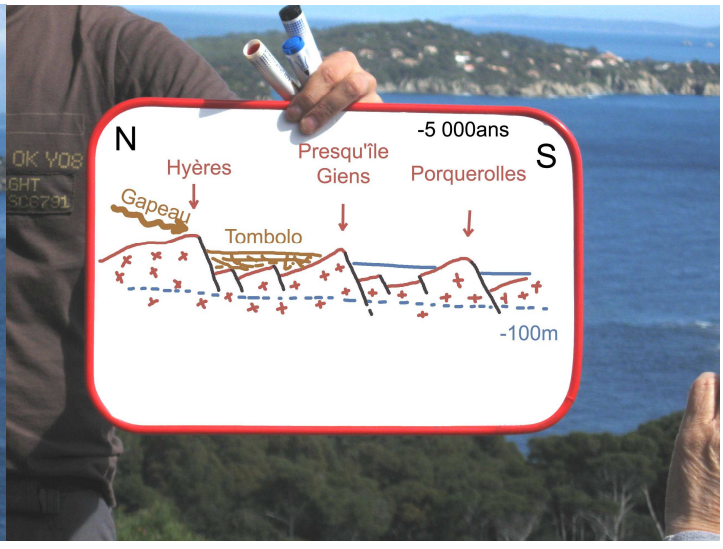
On peut suivre le pli sur le petit niveau de quartzite.

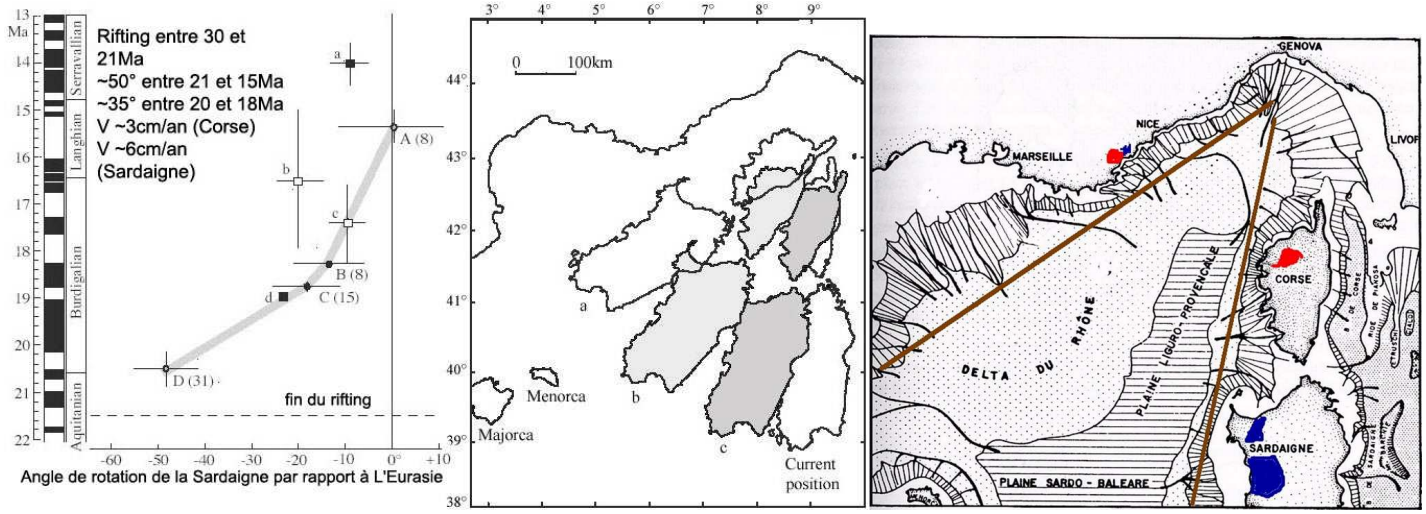
Le pli est hercynien mais la faille doit être alpine.



Au sud de la presqu'île, avant de repartir vers l'intérieur, nous prions Saint Thèse. En bleu plein, la mer actuelle. De l'endroit où nous sommes, Port Cros est "derrière" Porquerolles. On attendra Port Cros pour dater ces failles normales.





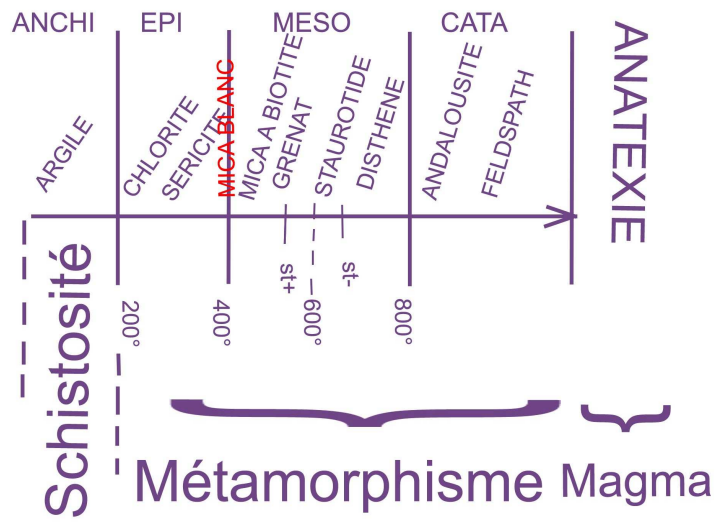


Le plancher océanique entre Corse – Sardaigne et continent est en train de se refermer. L'ouverture en biseau (pour faire savant, dites en sphénochasme) est due au poinçonnement de l'Europe par l'Apulie.

On termine par des plis.

Sur les plis de la page suivante, la technique avancée du lacet de chaussure permet d'estimer la compression à environ 40% : on compare la longueur du lacet qui a suivi le pli une fois le lacet déplié à celle du pli.

Petit rappel à côté d'une photo de chlorite :



Nous sommes dans un mécanisme de subduction lente où la température va donner son empreinte : HT, BP.

Quand nous passerons dans la méso zone, il y aura de plus de micas, à 600° apparaîtra le staurotide. En fin de méso zone, on aura le disthène, bleu. Si on passe dans la cata zone, pour laquelle il faut que les minéraux aient été déshydratés, il se formera des feldspaths et on aura des micaschistes à feldspath, c'est à dire des gneiss, qui donneront des magmas granitiques si l'anatexie est franchie.

Quand on parle de micaschiste, on sous-entend micaschiste à deux micas, mica blanc ou muscovite et mica noir ou biotite.

Si d'autres minéraux apparaissent, on précisera : micaschiste à grenat, micaschiste à staurotide, micaschiste à disthène.