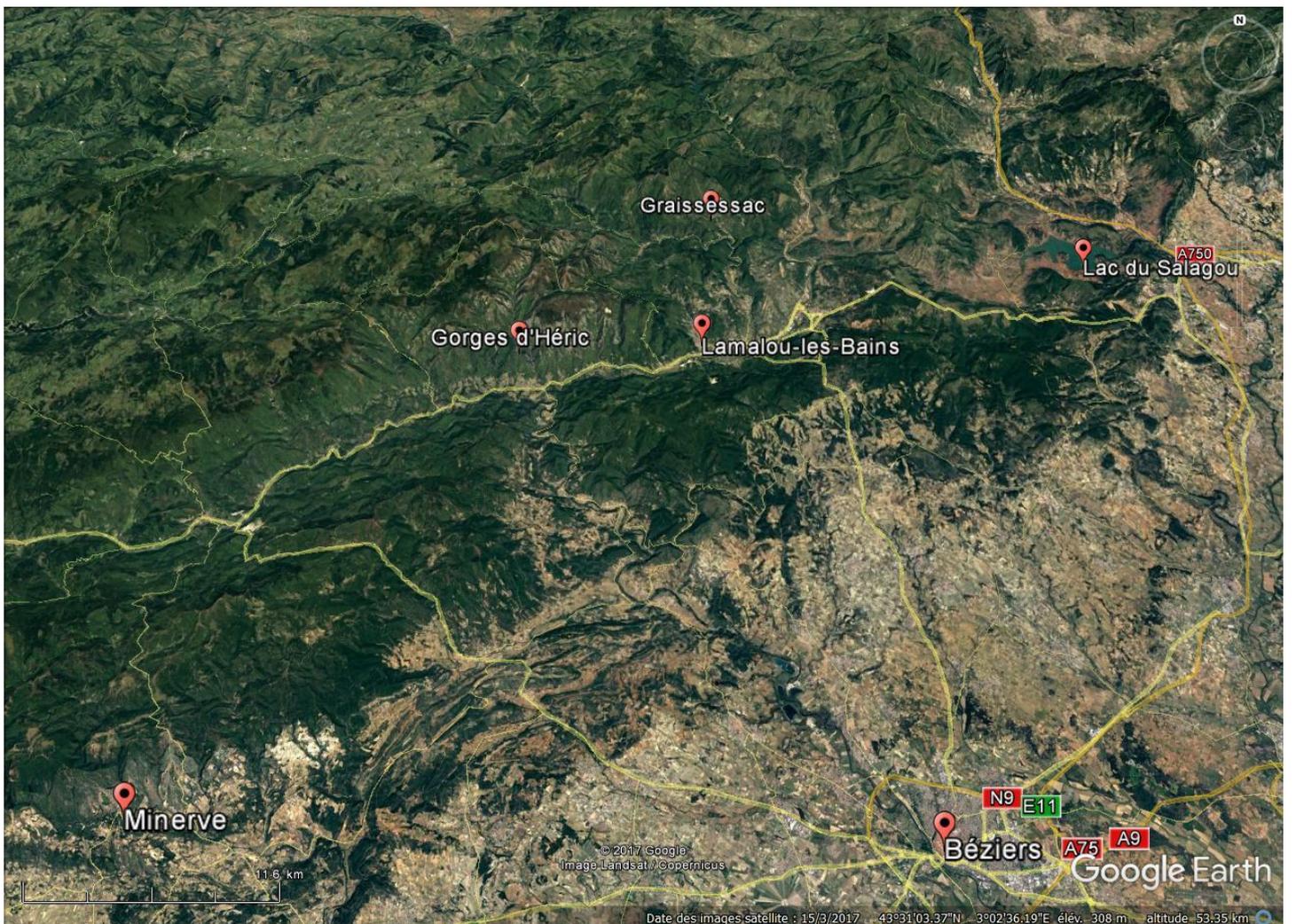
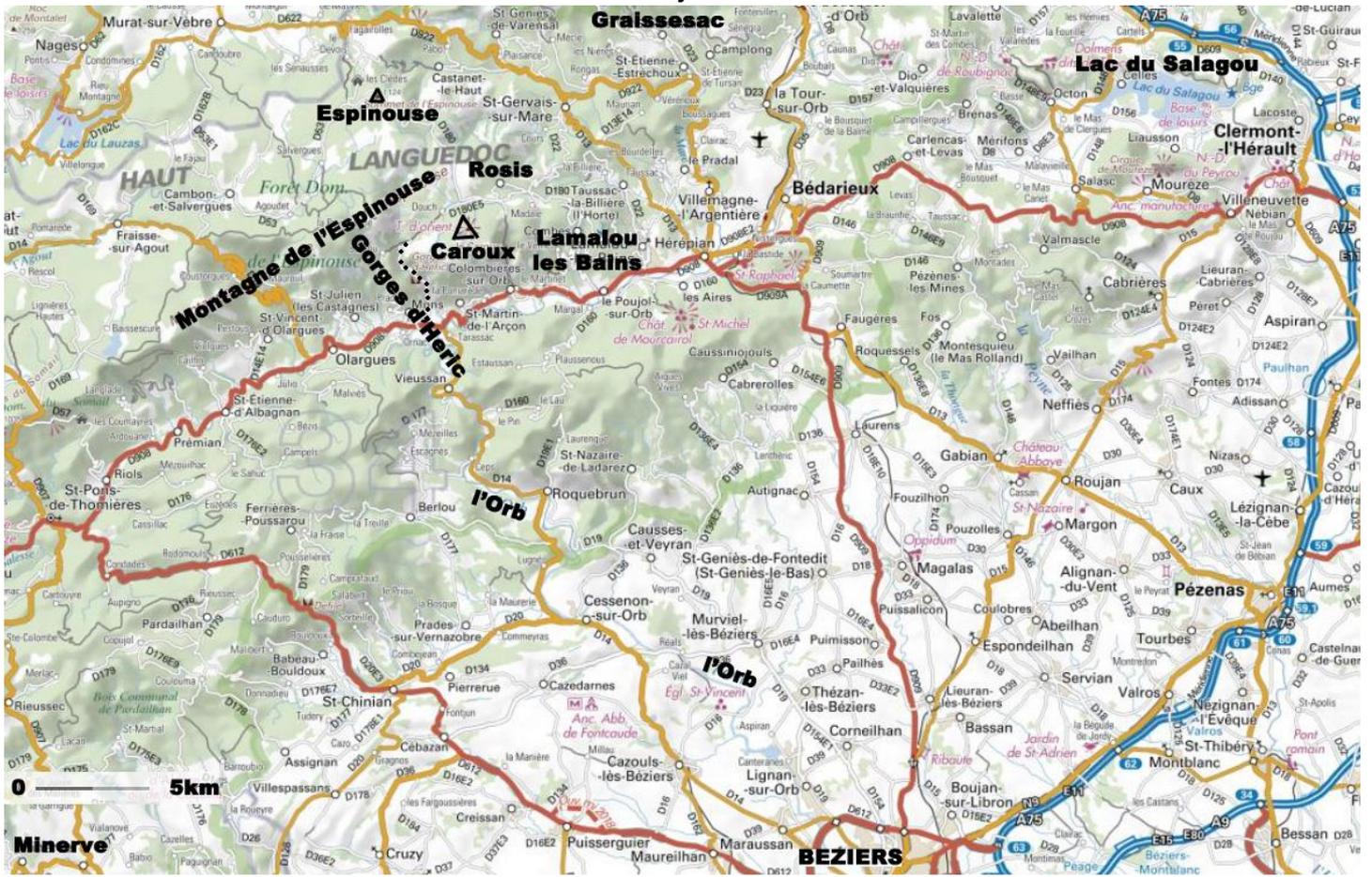
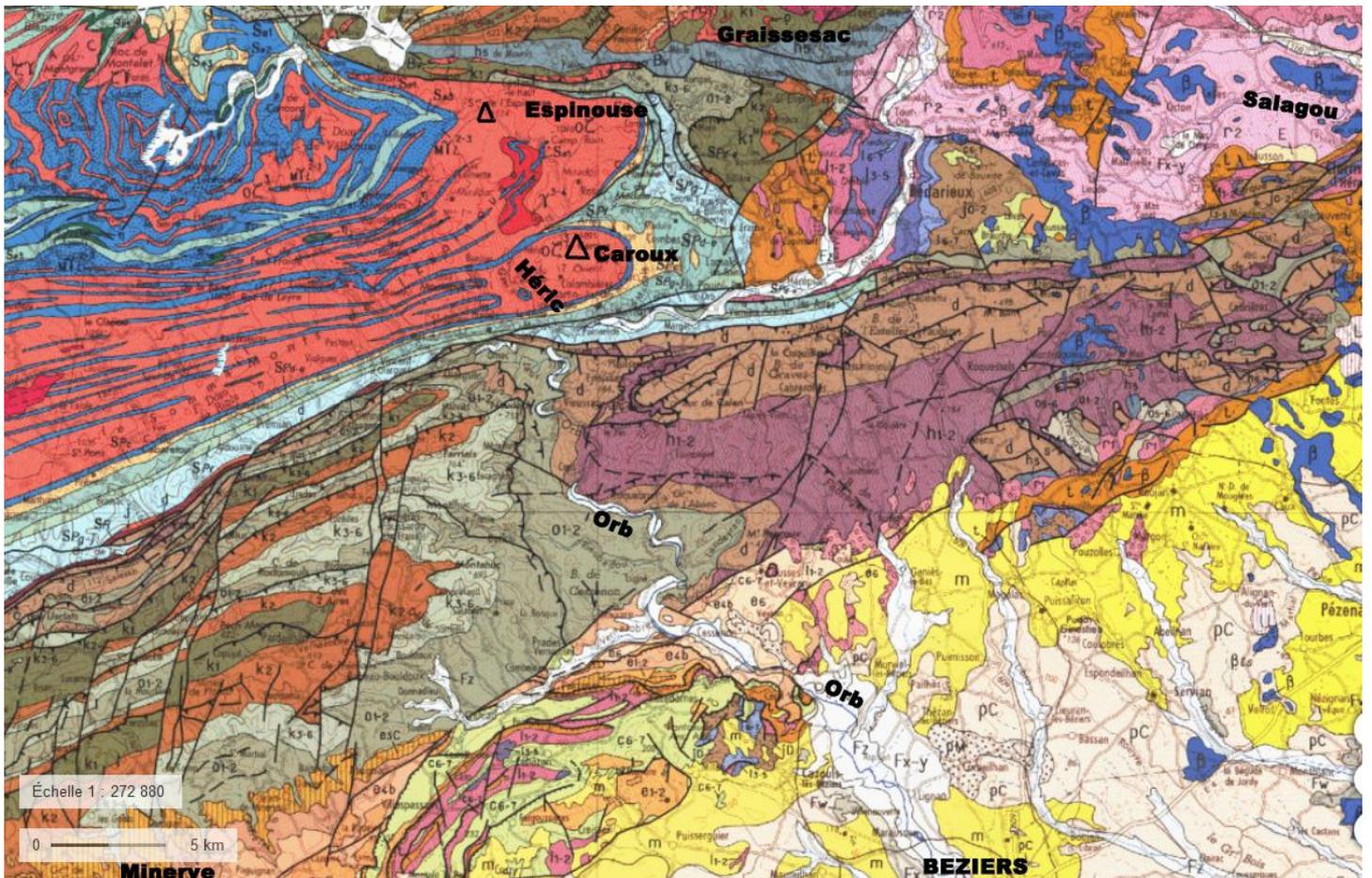


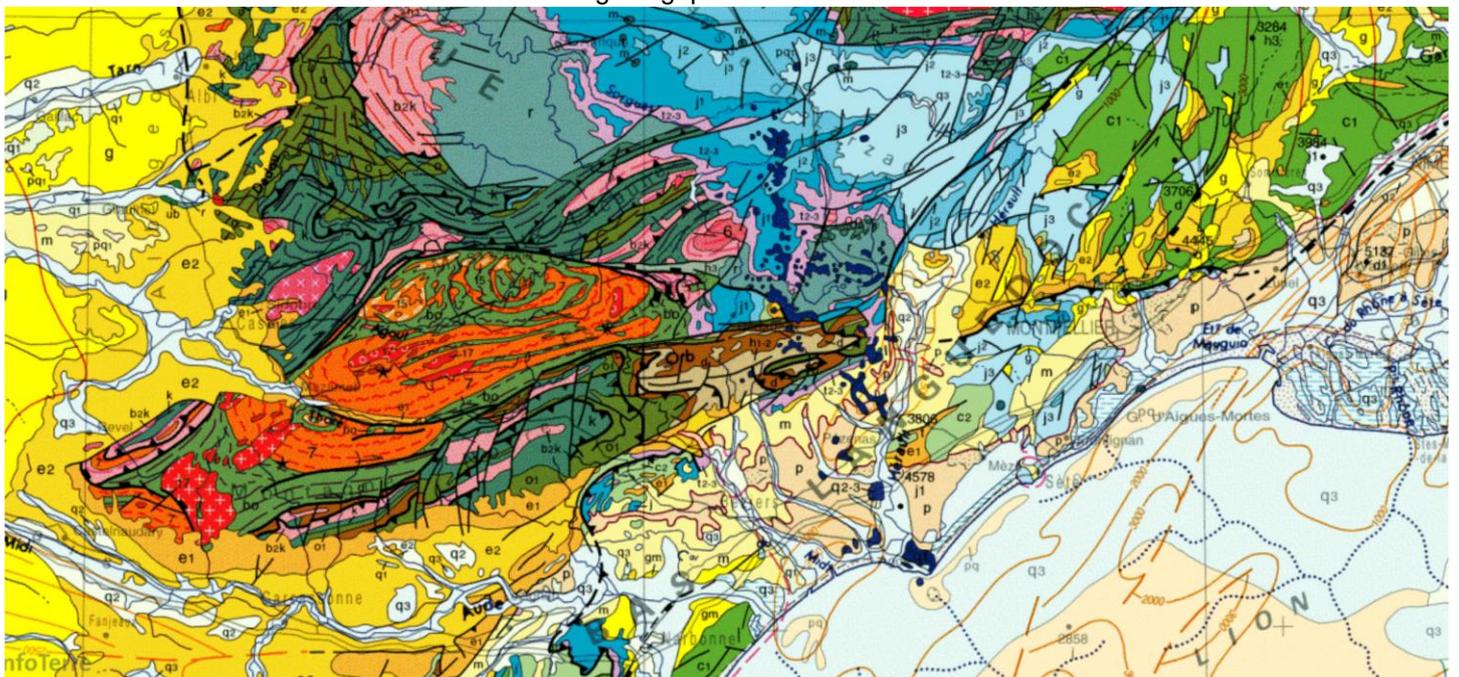
Stage en Montagne Noire du 19 au 22 juin 2017

19 juin





Carte géologique de l'endroit visité



A plus grande échelle

Ce stage s'est donc déroulé dans la Montagne Noire.

Première question : où est la Montagne Noire. Naïvement, on se dit que c'est là où nous étions, quelques dizaines de km au nord-ouest de Béziers. Si on est curieux et qu'on cherche sur le net, on se rend compte qu'en fait nous avons fréquenté la bordure orientale de cette montagne ! Les 2 cartes qui suivent nous montrent où est la Montagne Noire : la région étudiée ne figure même pas sur la carte.

Rassurons-nous : comme d'habitude, géo/logues/graphes ne sont pas d'accord.

Les détails du désaccord ainsi qu'une esquisse géologique wikipédienne suivent.

Conclusion : nous ne sommes pas allés dans la Montagne Noire des géographes (celle de presque tout le monde) mais de manière plus distinguée dans la Montagne Noire des géologues.

Nous nous arrêterons ensuite à la première étape, le lac du Salagou.



La montagne Noire est partagée entre quatre départements, l'Aude et le Tarn en sont les principaux tandis que la Haute-Garonne et l'Hérault en sont les bordures. Le massif, orienté est-ouest, présente deux visages : le versant nord abrupt est couvert de forêts sombres de chênes, de hêtres, de sapins et d'épicéas. La ville de Mazamet est située au pied de ce versant. Le versant sud est moins abrupt et comprend deux principaux pays : le Cabardès au sud qui s'étend jusqu'à Carcassonne, le Minervois à l'est et une partie du Lauragais à l'ouest. De nombreux endroits de ce versant permettent d'observer de beaux panoramas de la chaîne pyrénéenne (Pradelles-Cabardès, Saissac, Cuxac-Cabardès).

Son point culminant est le pic de Nore, à 1 211 mètres d'altitude dans le département de l'Aude ; le sommet est couronné d'une importante antenne TDF de 100 mètres. La montagne Noire est incluse pour partie dans le parc naturel régional du Haut-Languedoc.

Mise en place du relief

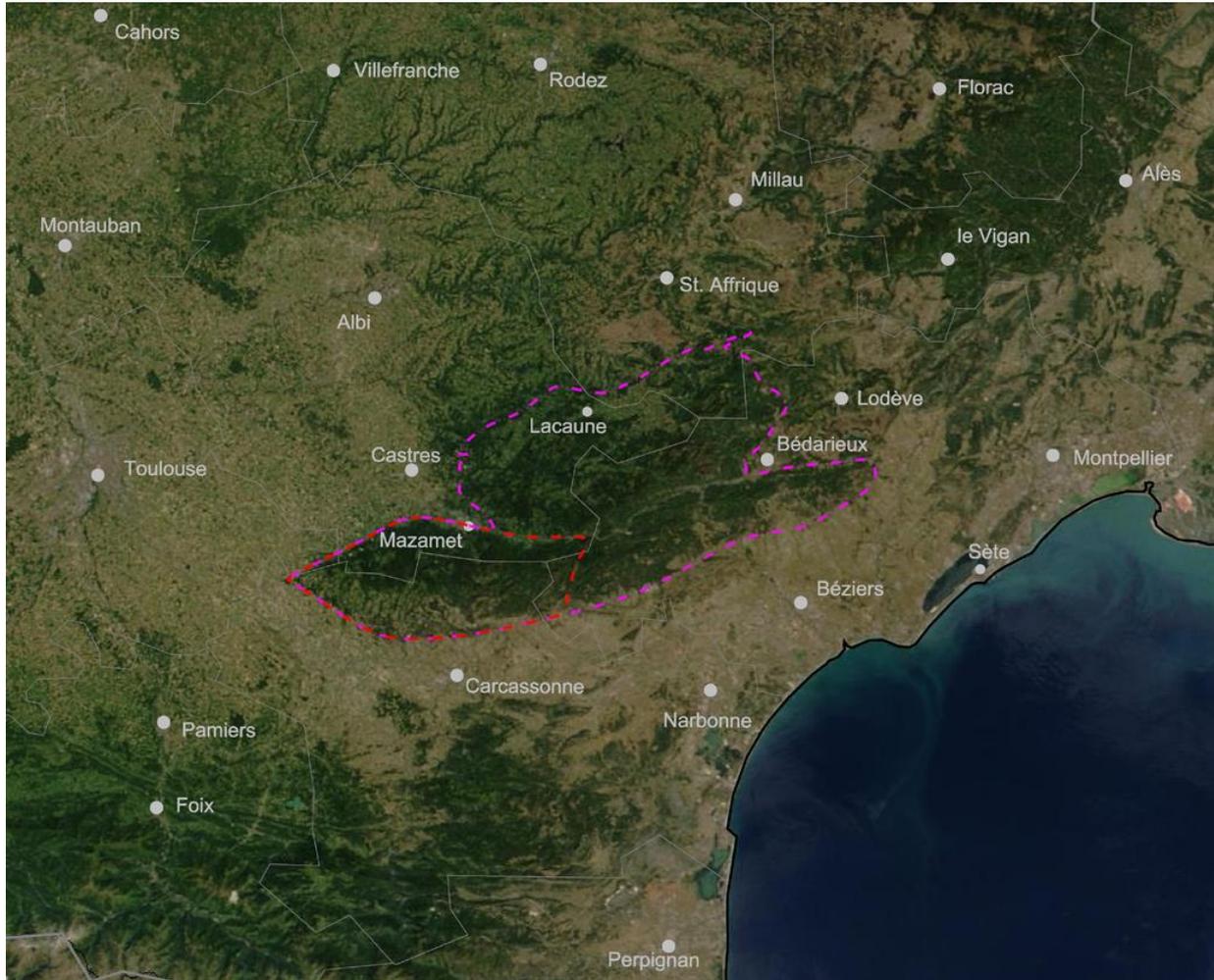
La montagne Noire au sens strict, s'élève à la fin de l'Éocène, à cause de la compression due au rapprochement de l'Ibérie et la formation des Pyrénées. C'est la faille de Mazamet qui permet cette érection sur 1 200 mètres.

Roches et terrains

Les roches constituaient un ancien massif hercynien (-360 millions d'années à -300 millions d'années). Les nappes de charriage inversées (les roches les plus anciennes se trouvent au-dessus des roches les plus jeunes) au sud-ouest du massif sont très célèbres.

La montagne Noire au sens large (des géologues)

La montagne Noire des géologues est nettement plus large que celle des géographes. Elle s'étend presque jusqu'à Castres et Camarès et incorpore ainsi les Monts de Lacaune, le Sidobre et les Monts de l'Espinouse¹. Ce massif montagneux se décompose en trois zones. Un versant septentrional, constitué d'écaillés déversées vers le sud-est. Un versant méridional composé d'un empilement de nappes-plies couchés très complexe. Et enfin une zone axiale constituée de dômes gneissiques (ortho et paragneiss) et de granites encadrés par des métasédiments (sédiments métamorphisés).



Limites géographiques (en rouge) et géologique (en magenta) de la montagne Noire

Lac du Salagou



Ruffes permiennees et basaltes quaternaires du Lac du Salagou.

Nous découvrirons à pied les paysages uniques du bassin de Lodève en parcourant la rive sud du lac du Salagou. Cet itinéraire de 4km et de 150m de dénivelé positif traverse les terrains rouges du Permien dénommé localement les "Ruffes", mais aussi des basaltes à enclaves de péridotites ayant traversé le secteur il y a quelques milliers d'années seulement.



Avec un petit topo préliminaire.

On va voir le fonctionnement du sud de la chaîne hercynienne à la fin du cycle orogénique. Les Alpes, elles, ne sont pas en fin de cycle, sauf qu'on est peut-être au début de la fin du Queyras. Classiquement on dit que la fin d'une montagne correspond à une érosion qui la mène à une pénéplaine.

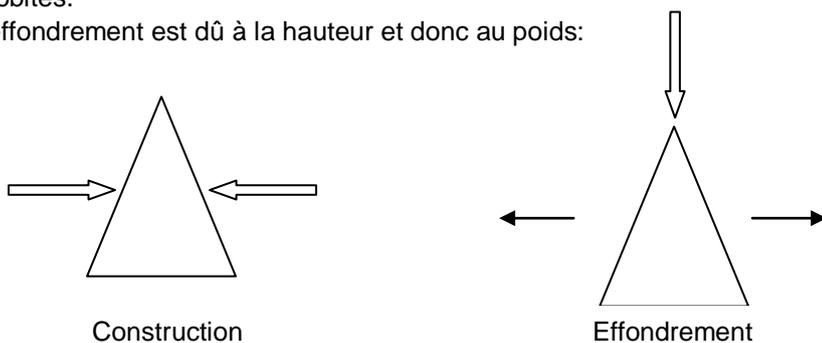
En fait, il y a d'autres mécanismes essentiellement étudiés par les géologues américains. L'Ouest américain par exemple n'est plus en compression mais en faille coulissante et loin d'être érodé.

La Montagne Noire a été étudiée par des universitaires du sud et des spécialistes américains spécialistes de l'effondrement des montagnes. Les mêmes questions se posent dans les Andes et au Tibet (mais pas dans les Alpes) où la croûte est très épaisse. La concentration (?) en produits radioactifs donne de la chaleur. Il s'en suit un ramollissement voire une fusion partielle. C'est ainsi que l'on sait que l'intérieur du Tibet est très chaud et que cela conduit à des effondrements par endroit.

Le fait que les roches soient chaudes conduit à des déformations ductiles, comme on le verra dans les gorges d'Héric.

Ici (Salagou), nous voyons la couverture sédimentaire du primaire avec des trilobites.

L'effondrement est dû à la hauteur et donc au poids:



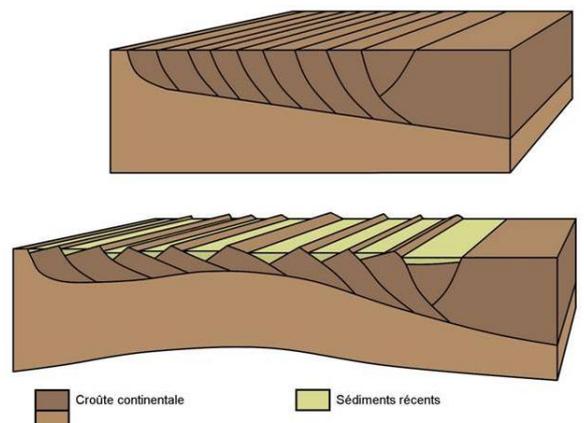
Dans le processus d'effondrement, on va trouver des failles normales et des grabens : exemple type : Basin & Range aux USA : (Segmentation and the coseismic behaviour of Basin & Range normal faults : exemples from east central Idaho and southwestern Montana. Nous sommes à la fin du Carbonifère, début du Permien (~310Ma). Au Carbonifère des bassins se forment dans la chaîne, où il y a accumulation de sédiments et de matière organique.

Ce qu'on appelle ici les "Ruffes" sont des argiles riches en matière organique qui ont connu un climat aride et très oxydant : des argillites très oxydées, mécaniquement fragile, imperméables et sujettes au ravinement (on retrouve cela à Digne, où elles sont noires). La sédimentation a été oxygénée : pour une conservation de la matière organique comme au Carbonifère il faut un milieu pauvre en oxygène.

Le Permien a-t-il été plus minéral que le Carbonifère ou la matière organique a-t-elle disparu ? on ne sait pas.

Depuis 50Ma, le climat se refroidit par diminution du CO₂, essentiellement liée à l'érosion : décomposition des silicates. L'altération des silicates, qui représentent 97% des roches de la croûte terrestre, est un phénomène majeur de la géologie. Il est à l'origine de la formation :

- des sédiments détritiques : argiles, silts, sables...



A.J. Crone et K.M. Haller. Segmentation and the coseismic behavior of Basin and Range normal faults: examples from east-central Idaho and southwestern Montana, U.S.A., in *Journal of Structural Geology* (1991)

- et, grâce à la mise en solution dans l'eau d'ions calcium, magnésium, sodium, potassium, fer ferreux, et (partiellement) silice, d'une grande partie des roches carbonatées, évaporitiques et siliceuses.

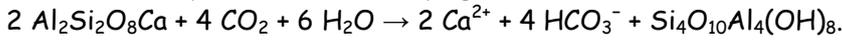
L'altération des silicates est une grande consommatrice de CO_2 (« pompe à CO_2 ») ce qui en fait un élément important pour comprendre l'évolution des climats du passé (paléoclimats) et actuels.

Processus

C'est un processus qui se fait essentiellement en phase aqueuse. L'eau chargée de dioxyde de carbone (CO_2), d'acides humiques devient acide et attaque les silicates au niveau du sol et du sous-sol en particulier aux endroits où l'eau stagne (contact sol/sous-sol, fissures du sous-sol...). Par altération, les ions des minéraux silicatés (calcium, magnésium, sodium, potassium, fer ferreux...) sont en partie remplacés par des ions H^+ . Les ions non remplacés (aluminium, fer ferrique et une partie de la silice) recristallisent sur place.

L'altération des silicates comme "pompe à CO_2 "

En prenant l'exemple d'un minéral silicaté de la croûte, appartenant à la famille des feldspaths, le plagioclase, et en considérant le plus calcitique des plagioclases, l'anorthite ($Al_2Si_2O_8Ca$), le bilan de son altération est le suivant :



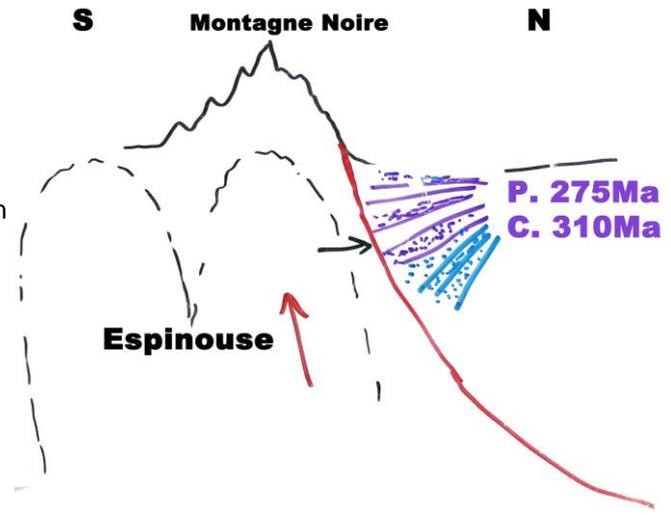
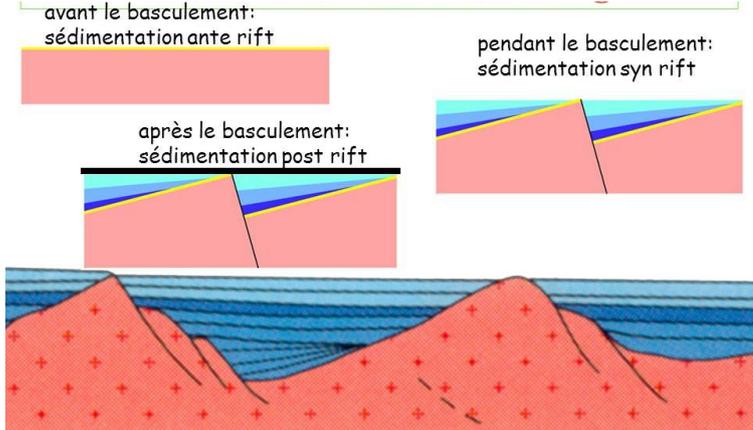
L'anorthite en consommant de l'eau et du CO_2 dissous dans l'eau produit des ions calcium, des ions bicarbonates et la plus simple des argiles, la kaolinite : $Si_4O_{10}Al_4(OH)_8$.

Il faut souligner que cette consommation de 4 CO_2 pour produire 2 Ca^{2+} est le double de celle nécessaire à la dissolution des carbonates : $CaCO_3 + CO_2 + H_2O \rightarrow Ca^{2+} + 2 HCO_3^-$, où un seul CO_2 est nécessaire à la formation d'un ion Ca^{2+} . De même, mais dans le sens inverse, la précipitation des carbonates, processus émetteur de dioxyde de carbone, ne produit qu'un CO_2 à partir d'un ion Ca^{2+} : $Ca^{2+} + 2 HCO_3^- \rightarrow CaCO_3 + CO_2 + H_2O$.

Cette forte consommation de CO_2 confère à l'altération des silicates un rôle majeur dans l'évolution des climats.

On vient de parler de failles : celle qui nous intéresse ici correspond à la vallée de l'Orb. Elle est anté triasique car le Permien plonge d'environ 20° alors que le Trias au-dessus est horizontal (sur la droite de la panoramique ci-dessous). Pendant que cette faille se développe et après les sédiments venant de la partie haute s'accablent mais sans former de strates horizontales puisque les dépôts se forment sur un fond en évolution permanente : dépôts syn-rift.

Traditionnelle figure des cours de géologie, en oubliant la mer !



On commence le long du lac puis nous montons plus haut : on trouve aussi un peu de basalte (les cailloux épars sur la panoramique précédente), transporté par l'argile et l'eau ainsi qu'un peu de dolomie. Quelques niveaux de silt (sable).



Pour les zones claires au niveau du lac : argile lacustre, carbonate d'évaporation ? simplement des herbes desséchées !

Vers le "sommet", affleurement de basalte du quaternaire (1,5Ma). C'est l'activité "récente" du sud de la France (0,6Ma pour la plus récente).
Volcanisme strombolien avec des successions de coulées et de scories (parties avec l'érosion).
Il subsiste des necks des dikes et des restes de coulées avec des prismes.

1.2. Volcanisme Plio-Quaternaire du Languedoc

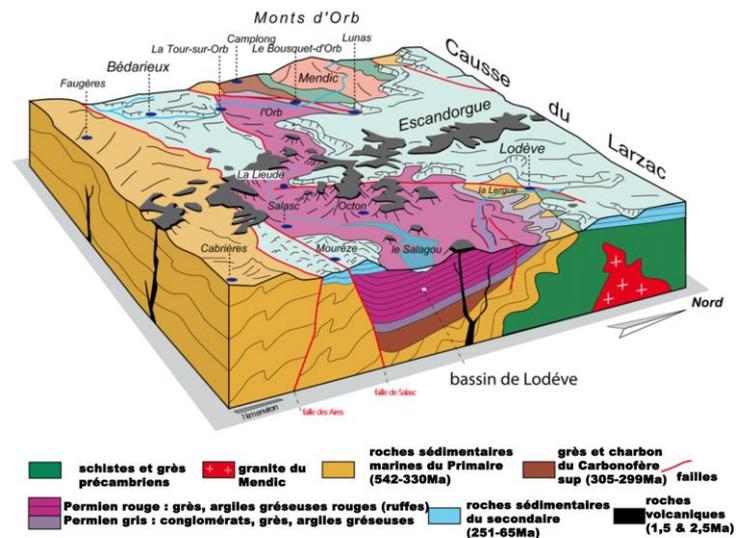
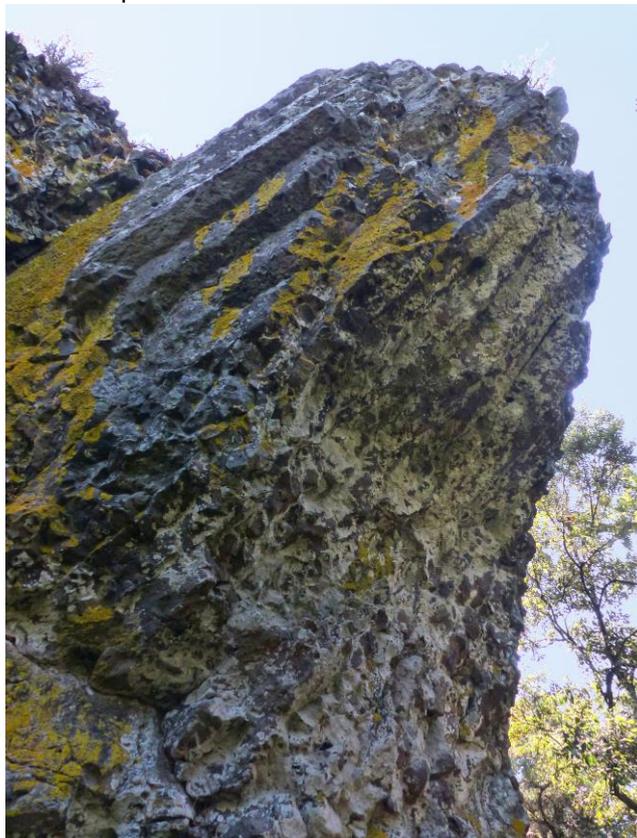


Figure 5: Bloc diagramme du bassin du Lodévois (d'après Bousquet, 2008)



Il reste un petit morceau du flanc du volcan et, plus bas, au niveau du lac, le neck. On peut imaginer, partiellement, tout ce qui a été érodé. Vers le bas on voit des traces de cisaillement lié au mouvement. On distingue aussi plein de combes volcaniques.

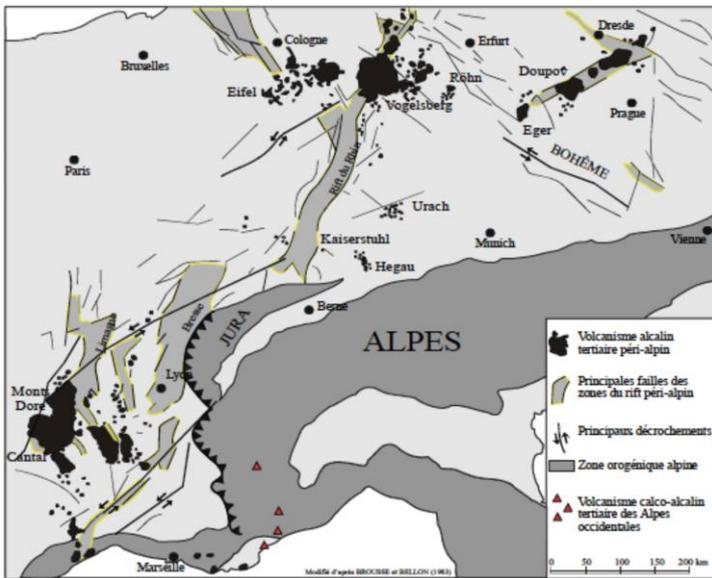


Figure 6: Carte du volcanisme européen et français.



Le "sometet" ...et la discordance IV^e en haut et I^e en bas



Coulées



C'est beau ...



Fentes de tension



Le neck



Ci-contre, polygone de dessiccation : dolomie avec du fer ferrique (vert !) non oxyde car cela se passe dans des petites mares peu oxygénées ou de plus la température est élevée.

Dans le neck, basalte avec enclave de péridotite (chambre magmatique vidée) puis le neck avec faune anthropocène.



Verre volcanique dans le basalte



le dike d'accès au neck.



designed by freepik.com

20 juin

Jour 2 : Karst et Trilobites du Minervois.

Lors de la deuxième journée de l'excursion, nous découvrirons le Minervois.

Le village perché de Minerve, ancienne cité cathare et parmi les plus beaux villages de France, sera le départ de notre excursion. D'abord, nous marcherons dans les gorges de la Cesse, qui juste en amont de sa confluence avec le Brian, devient deux fois souterraines en rentrant et en ressortant d'une barre calcaire par quatre porches majestueux. Ensuite, nous visiterons les gorges du Brian, site majestueux qui renferme deux pépites géologiques.

En effet, dans le fond de la gorge affleurent des roches datant du Cambrien présentant des fossiles de Trilobites. Ces animaux sont emblématiques du Paléozoïque, tout comme les dinosaures le sont pour le Mésozoïque. Ils ont fait la célébrité paléontologique de la Montagne Noire au 19ème siècle. Le sommet de la gorge est lui armé par la discordance de l'Eocène sur le Cambrien. Les deux ensembles ont presque 500 Ma de différence; il s'agit de l'une des plus fortes discordances de France.



village de Minerve - Paléo-méandre et amont du grand pont.

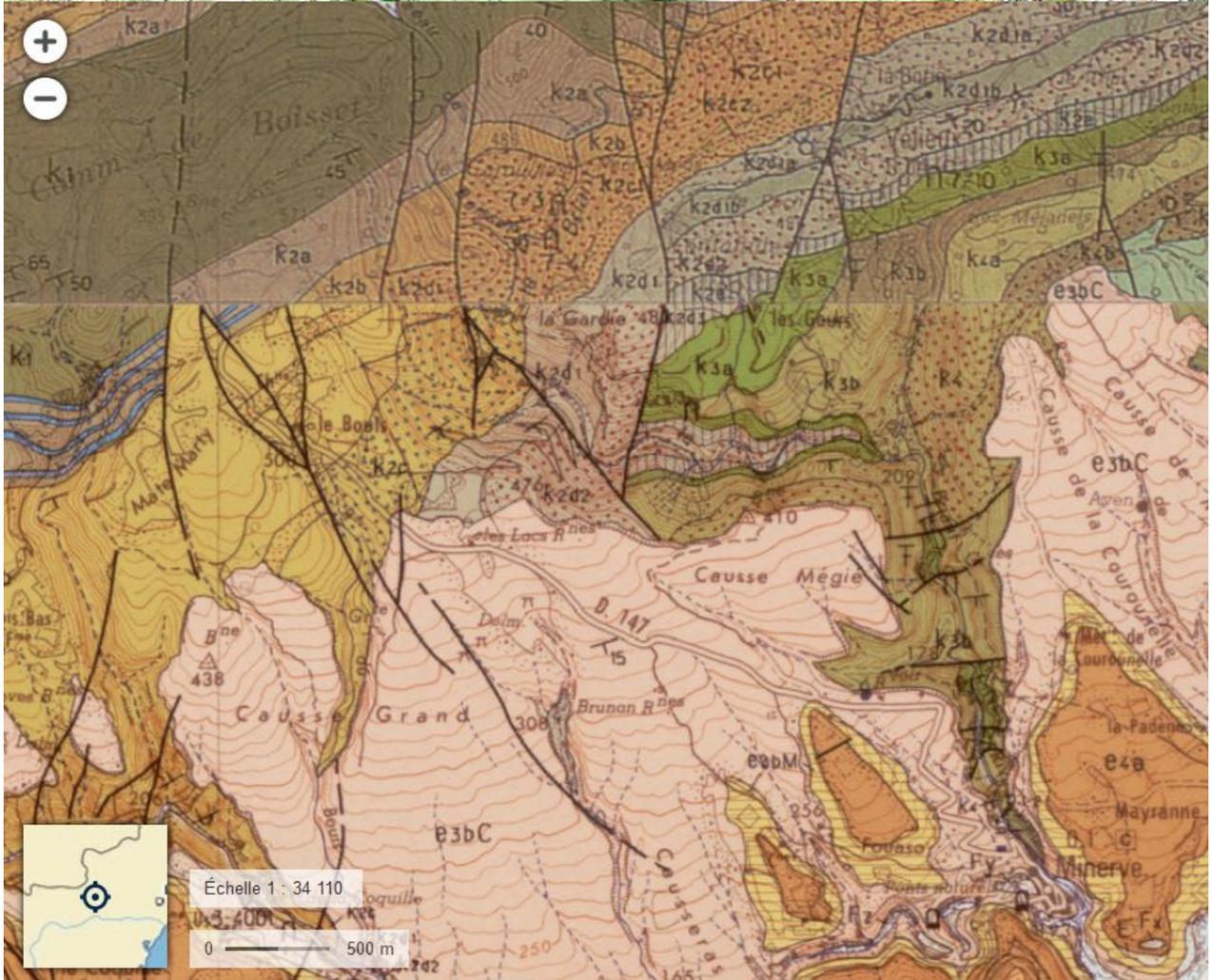
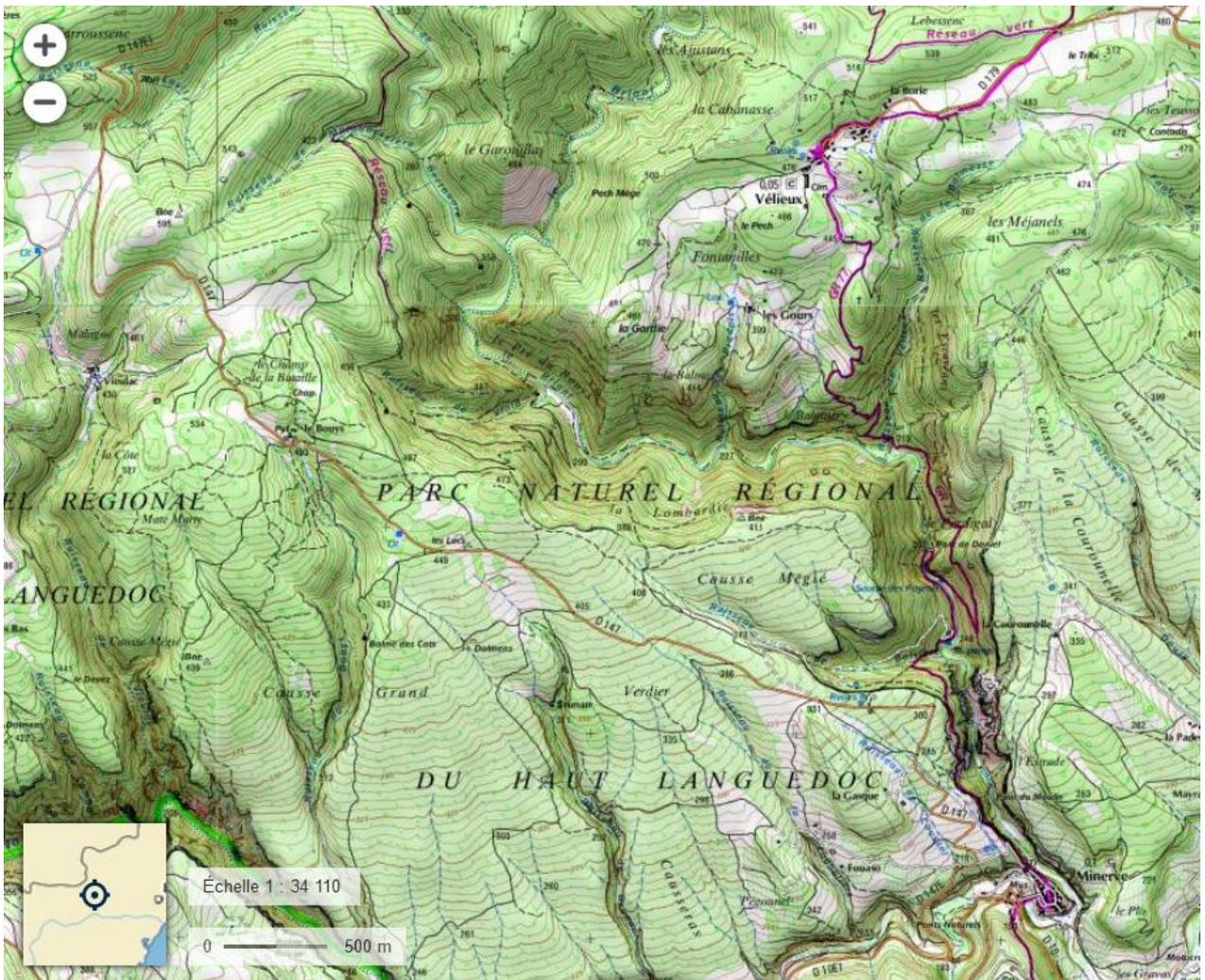
On va tout de suite écarter le suspense insoutenable : il n'y aura pas de photo de trilobite, l'espèce semblant en voie d'extinction aux endroits où elle a été recherchée.

Avant de démarrer : on verra le lendemain le cœur de "notre" Montagne Noire : 2 dômes de paragneiss, d'orthogneiss et de granite en allant de l'extérieur vers l'intérieur. La séparation entre ces dômes et les sédiments correspond à la vallée de l'Orb. Pourquoi ces roches de 300Ma sont-elles si peu érodées.

Remarque : Orb sous-entend or et il y a eu des exploitations d'or dans ces dômes ou du moins dans les rivières qui les parcourent. Sur les parties sédimentaires, il y a peu de métamorphisme : c'est l'entrée de la chaîne hercynienne, côté sud donc sans enfouissement. On verra pourtant des sédiments à l'envers par endroit.

Minerve est dans la vallée de la Cesse à la confluence avec le Brian. Comme la photo le montre ces deux cours d'eau ont creusé des gorges dans les calcaires de l'Eocène (50-45Ma), calcaire déposés au pied des Pyrénées naissantes. Selon les endroits, la sédimentation est lacustre (d'où les anciennes exploitations de veines de lignite) ou marine.







Sur le pont, surprise : une rivière (à sec) arrive d'un côté, ce qui paraît normal mais elle ne ressort pas de l'autre côté ! Clé de l'explication en descendant : la rivière a abandonné son ancien lit pour passer sous la falaise. Dans le lit on trouve des tas de galets : argilite rouge ou verte, calcaire, grès.
 A quoi est dû le soulèvement ? Les Pyrénées paraissent lointaines. Le Massif Central continue à se soulever sur les contreforts sud et est : point chaud ? La terre n'arrête pas de "bougeotter". Un anonyme ose la question : bombement de socle ? Le vocabulaire des géologues changeant assez souvent, on parle plutôt de topographie dynamique.
 La rivière était méandreuse quand elle était au niveau de la mer et l'est restée après le soulèvement.

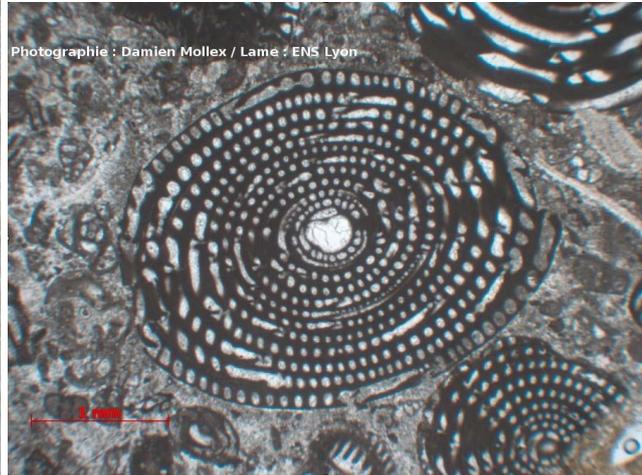
Ici, le détournement s'est fait à l'occasion de la rencontre avec un karst. On passe devant des conglomérats curieux et, chez un sculpteur, devant d'étranges fossiles.



Plus loin, un bloc couvert d'alvéolines. Merci à Christian pour l'incitation à voir le site de l'ENS Lyon. J'en extrais une photo et une phrase:
<http://planet-terre.ens-lyon.fr/image-de-la-semaine/lmg249-2008-10-13.xml>



Les calcaires éocènes de Minerve sont extrêmement riches en foraminifères, en particulier en alvéolines. Les alvéolines s.l. (ou alvéolinidés) sont des foraminifères miliolidés, fusiformes ou sub-sphériques et de structure complexe. Ce sont des organismes des mers chaudes et peu profondes. Elles ont une répartition géologique allant du sommet du Crétacé inférieur (Aptien) à l'actuel. Certaines espèces ont une répartition chronologique très limitées et sont de bons fossiles stratigraphiques.



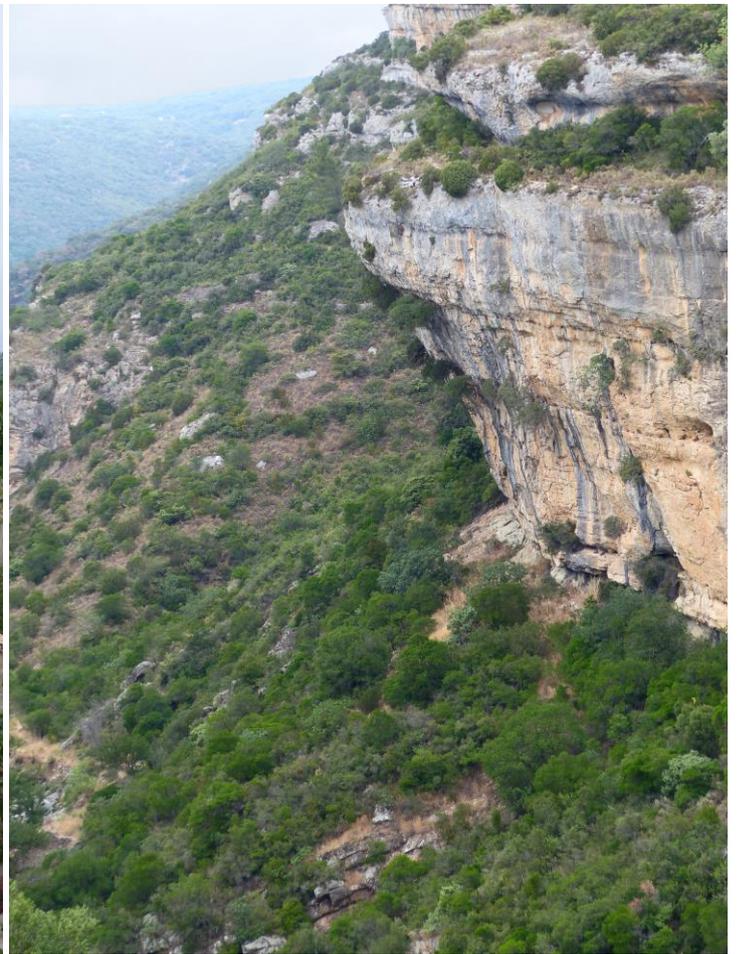
Section axiale d'une alvéoline de forme A (gamonte), probablement *Alveolina oblonga*, vue en LPNA (Lumière Polarisée et non Analysée). Noter, au centre, la cavité remplie de calcite secondaire, le proloculus



La croix vers l'église témoigne de la présence de molasse. Les couches d'Eocène, sur le Cambrien comme on ne va pas tarder à le voir (en fait au niveau des arbres, plongent, doucement, vers le sud).



Une dernière vue sur le village et voilà LA discordance.



Dans les trouées des arbres, on distingue les roches cambriennes sous les calcaires éocènes.



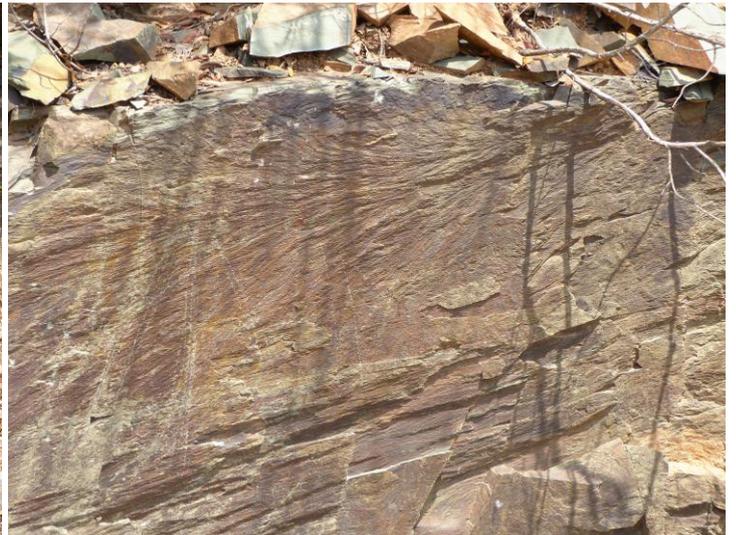
On distingue des calcaires du Cambrien, des argilites rouges, des argilites vertes (?), des grès à l'extrême droite ainsi que des futurs fossiles. Ces sédiments ont été retournés. A l'Eocène, la compression pyrénéenne a fait s'enfoncer cette partie sous la mer. Bien avant, à l'époque hercynienne, la poussée venant du nord a fait retourner les sédiments.

Nous allons déguster, en descendant, des argilites :
En voilà des vertes, bien visibles cette fois !





Suit une belle diaclase dans une argilite rouge. L'oxydation est due à des circulations d'eau.

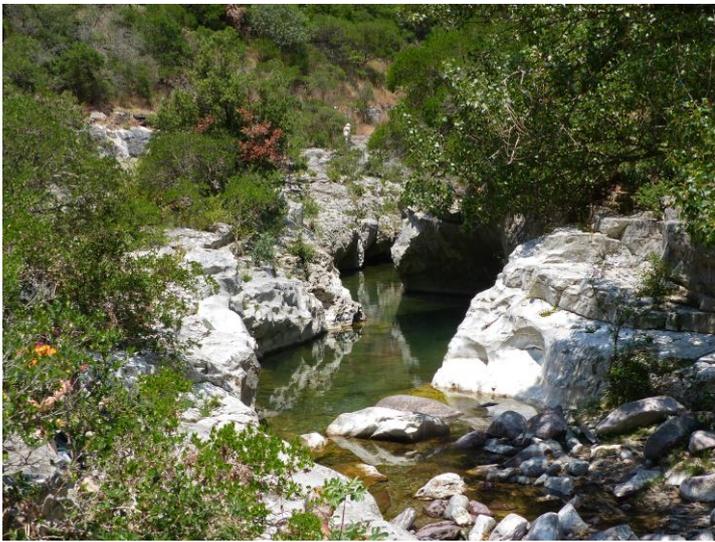


Suivent des "plumes" dans des diaclases : on "voit" la propagation de la rupture dans un matériau homogène. Le lecteur attentif constatera la présence d'une intruse.



Plus loin, on voit que le ruisseau devient plus étroit : sous les calcaires, on arrive à des niveaux de marbre, plus durs, que le ruisseau entaille plus difficilement (page suivante). Fin de journée à l'ombre ...

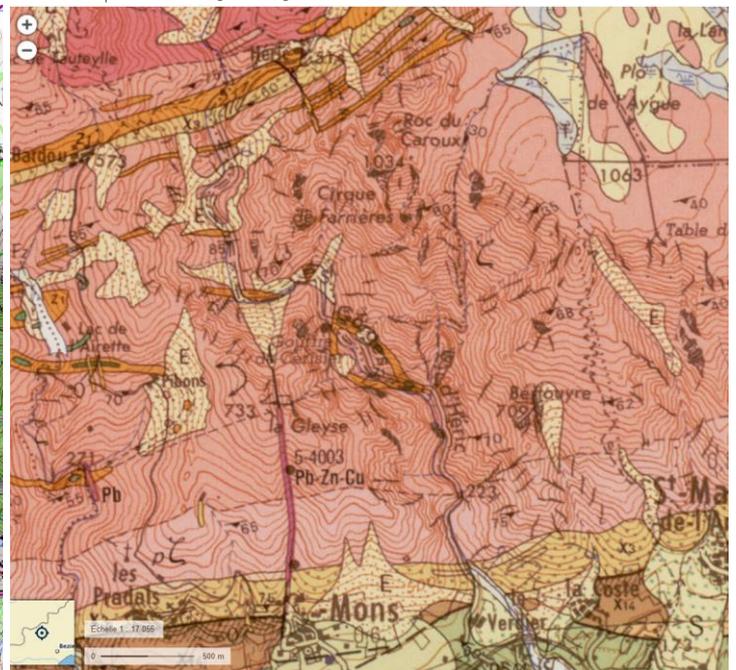
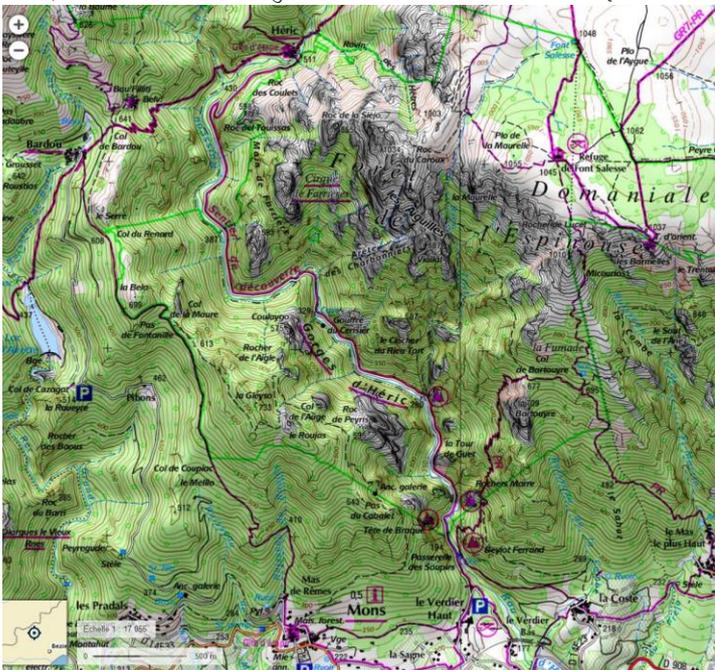




Pour la beauté ...

21 juin

Jour 3 : Traversée des Gorges d'Héric --- dôme migmatitique de la Montagne Noire.
La marche dans les gorges d'Héric est une grande classique des randonnées de la région.
Elle est aussi un site géologique exceptionnel. Nous découvrirons des roches s'étant formées au cœur de la chaîne de montagne hercynienne à plusieurs dizaines de kilomètres de profondeur. Leur remontée vers la surface est encore aujourd'hui une source de questionnement pour les géologues.





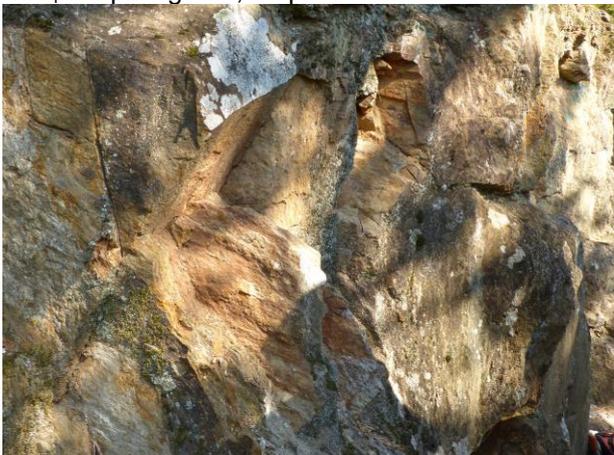
C'est un lieu de déformation ductile. Hier, au sud, nous étions, avec les sédiments du primaire (Cambrien, Dévonien, Carbonifère) poussés du nord vers le sud lors de la construction de la chaîne hercynienne vers 350Ma. A 310Ma on passe à la destruction de la chaîne. Au milieu de ces nappes perce un dôme venant de plus de 50km de profondeur. On est dans la matière molle, donc dans des niveaux profonds, pas dans un phénomène cassant. Ceci n'a pas encore été vu dans les Alpes.

Au début des années 60-70, on parlait de compression avec un glissement gravitaire des nappes. Belledonne n'a en fait pas perdu ses sédiments par glissement (la Chartreuse a existé avant Belledonne et n'est pas le "dépotoir" de Belledonne), ils ont été érodés. Le socle de Belledonne est apparu il y a 5Ma : il y a eu une remontée de l'ordre de quelques km alors qu'ici on parle de 50km.

Le plissement à 325Ma est datable sur des micaschistes métamorphisés. On a aussi daté à 315Ma des éclogites issus de basalte venant donc de très loin : le dôme remonte très vite, au milieu des nappes. Des granites du haut ont été datés de la même époque. Cette remontée rapide donne donc lieu à une forte décompression alors que la température varie beaucoup plus lentement. Cela provoque une fusion partielle et l'apparition des granites. La mise en place des granites à quelques km de la surface est datée à 310Ma. La remontée s'est faite à environ 10km/Ma (10mm/an), vitesse plus grande que ce que l'on observe habituellement (plutôt 5km/Ma, 1km/Ma pour les Alpes). 5km/Ma, c'est ce que l'on observe en Himalaya (dans les syntaxes ? qui semblent être les terminaisons de la chaîne : Namche Bazar qui est à l'Est).

Ici, en bas de dôme, on observe des paragneiss, un peu de basalte et d'amphibolites venant de basalte. Les roches présentent une foliation : Dans les Alpes, la compression de roches avec des argiles provoque l'orientation perpendiculaire à la contrainte max σ_1 , ce qui donne des micaschistes. (S'il n'y a pas d'argile, cela casse). Les roches phyllosilicatées mènent aux ardoises.

Si σ_1 est plus grand, on passe à la foliation : tous les cristaux s'orientent et recristallisent : le granite devient du gneiss.



La roche a l'air fragile, elle était argileuse au départ, mais il y a des cristaux blancs (feldspath), noirs (amphiboles ou mica). C'est un paragneiss issu des sédiments (l'orthogneiss vient du métamorphisme du granite).

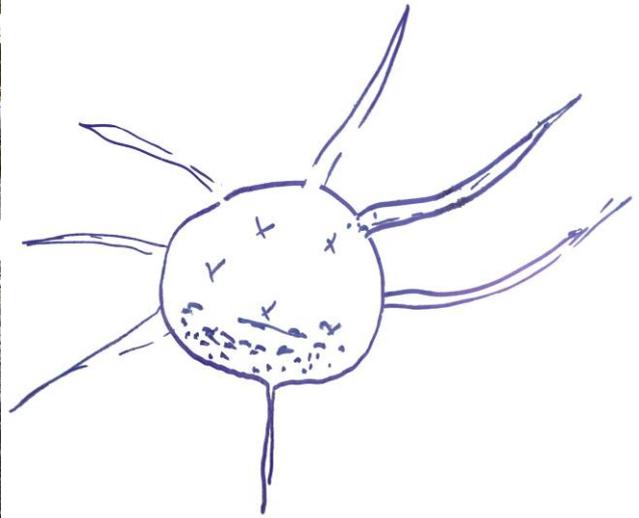
En écrasant la roche dans une direction et la bloquant dans un autre, on observe de la linéation. Ici on observe les deux. Un peu plus haut, des gros blocs de roches plus claires, avec de la muscovite noire, des micas blancs, des gros feldspaths, de la tourmaline noire : c'est une pegmatite.

La **pegmatite** est une roche magmatique à grands cristaux de taille supérieure à 20 mm, et pouvant atteindre plusieurs mètres.

La plupart des pegmatites ont une composition granitique. Elles contiennent habituellement du quartz, des feldspaths et du mica. D'autres minéraux peuvent exister : tourmaline, topaze, béryl, grenat, wolframite, apatite, etc. avec parfois des minéraux rares comme certains phosphates de fer ou des niobo-tantalates.

Les pegmatites forment des poches ou des filons, à l'intérieur ou au voisinage immédiat des plutons granitiques auxquels, elles sont génétiquement associées. Elles correspondent au liquide résiduel, riche en eau, de fin de cristallisation d'un magma granitique. L'abondance de l'eau facilite la diffusion des éléments chimiques et permet la croissance des grands cristaux.

La pegmatite est localisée autour des granites, dans les filons autour du granite : le chevelu.



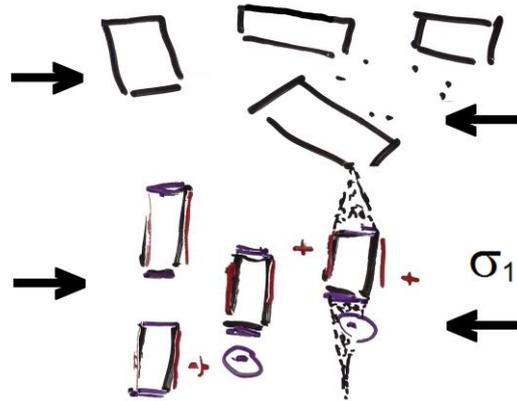
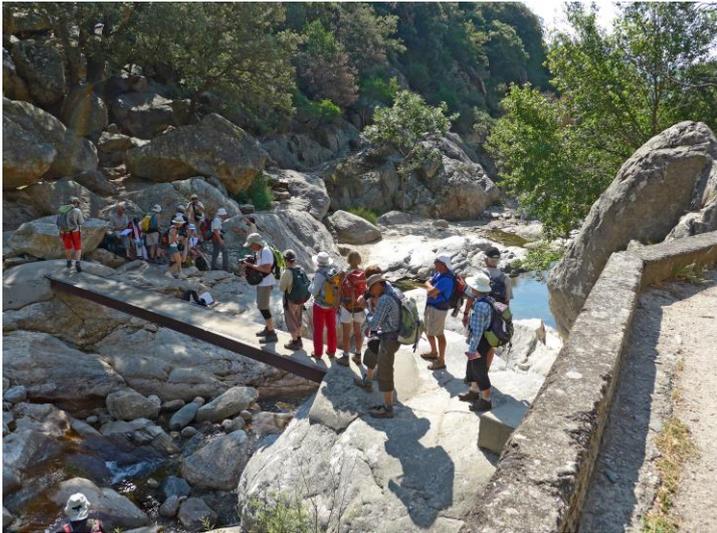
Il y a des gros cristaux bien que le refroidissement ne soit pas lent : pour une raison ?, les filons s'enrichissent en eau par rapport à la poche, ce qui rend le processus de cristallisation plus efficace. Ces filons sont "riches" en or. Quand ces roches vont être attaquées par l'érosion, les produits de décomposition vont se retrouver dans l'eau des rivières, ce qui explique l'intérêt des chercheurs d'or.



Alors que les déformations sont ductiles en bas du dôme, elles deviendront de plus en plus cassantes en remontant :

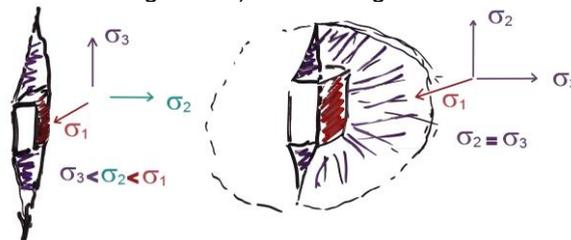


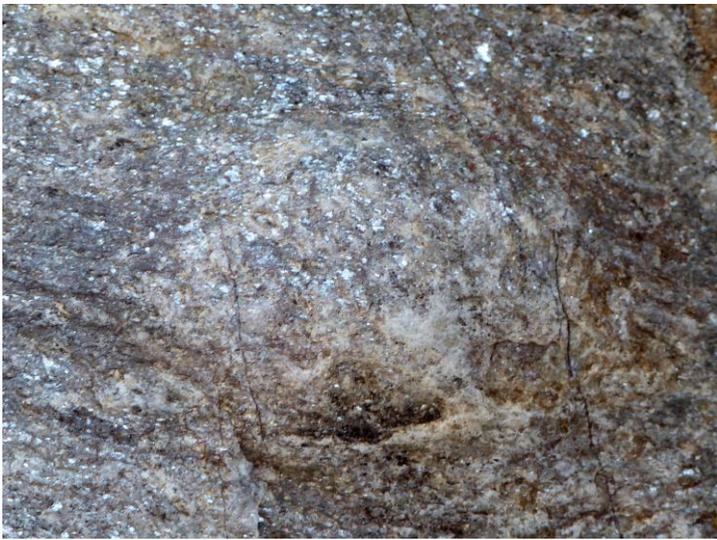
Et nous voilà arrivés au site des gneiss oeilés.



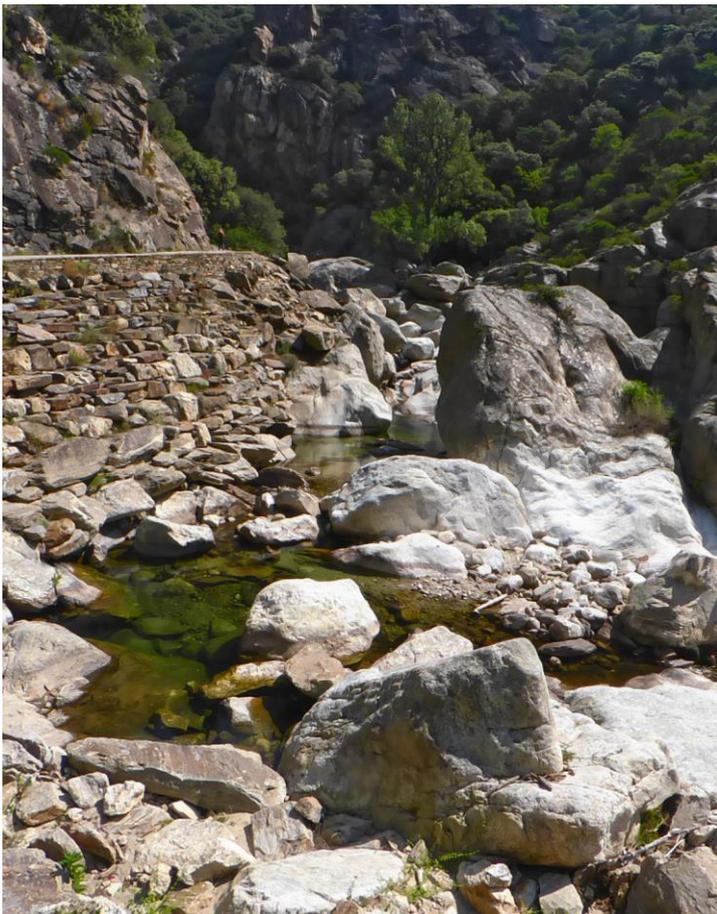
A gauche, l'exemple de démonstration ! A droite, la limite des gneiss oeilés.

Roche issue du granite : quartz, micas blancs et noirs et feldspath. A certaines températures assez basses, le quartz peut être ductile mais pas le feldspath : les "yeux, le feldspath" résistent avec du "mou" autour et vont se réorienter. Dans la partie gauche de la figure de droite, la pression est plus élevée côté σ_1 et le quartz, ductile, va migrer vers les extrémités : au centre il y aura un déficit de quartz, aux extrémités un excédent. Selon que $\sigma_2 = \sigma_3$ ou $\sigma_2 \neq \sigma_3$ on aboutira à une galette (photo page suivante avec de l'imagination) ou à un cigare.

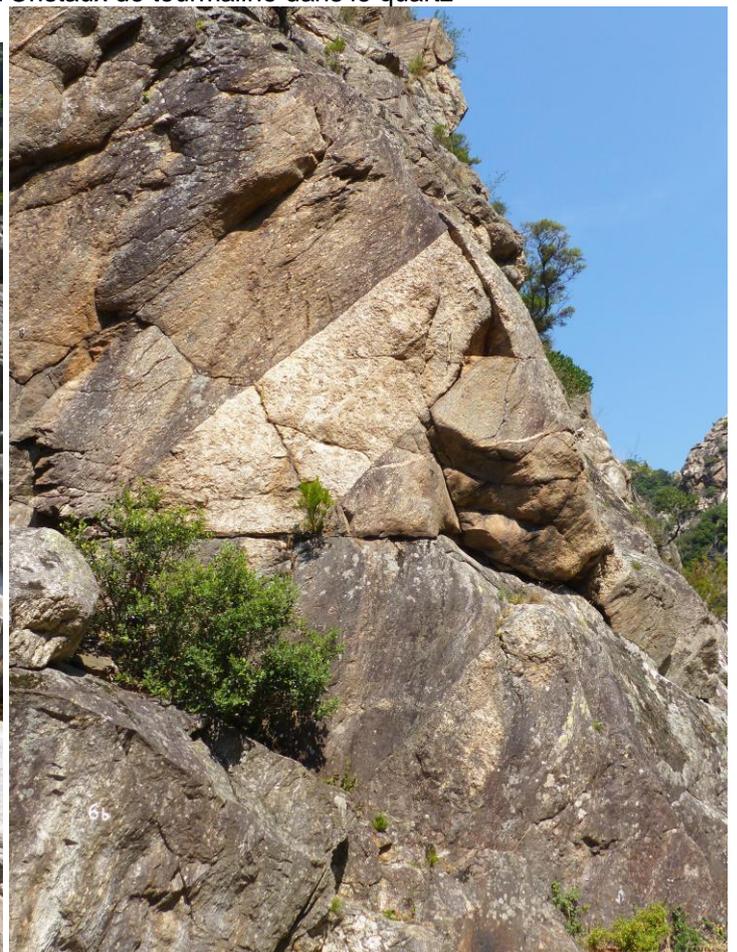




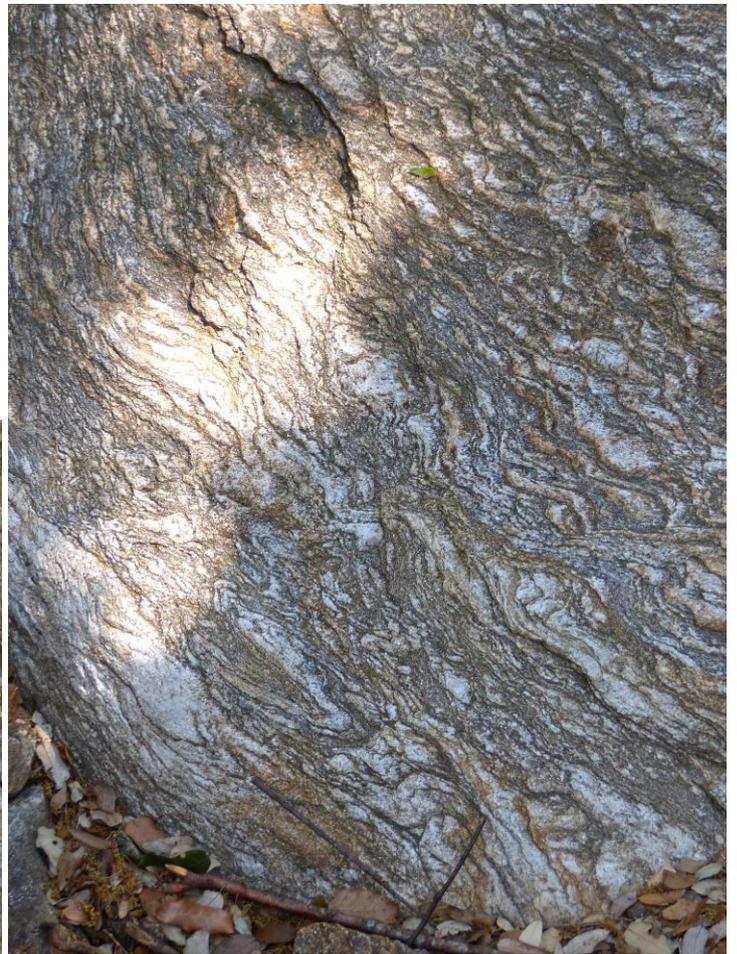
Cristaux de tourmaline dans le quartz



Le lit de la rivière



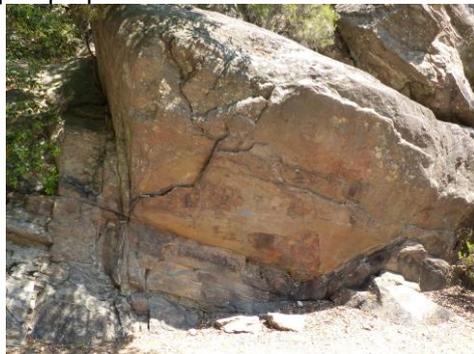
Bloc de pegmatite



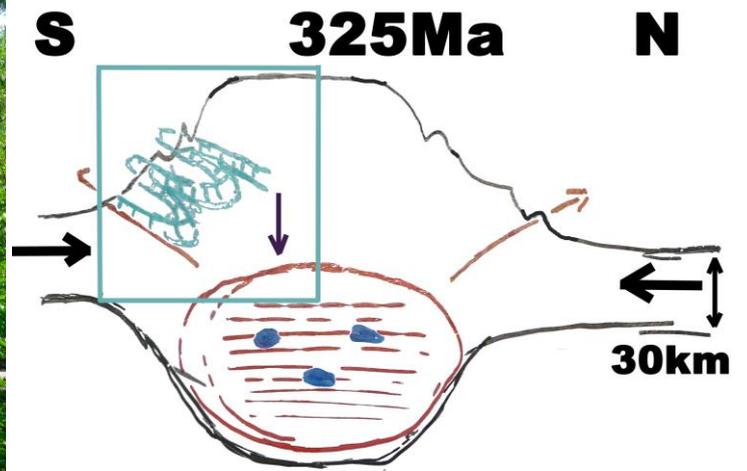
Yeux, foliation et plissement



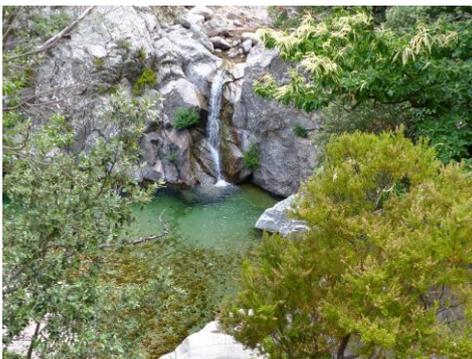
Cigares coupés perpendiculairement à leur axe et vus en longueur



Couche d'amphibolite (il y avait du granite, des sédiments et du basalte) et à droite la charnière de cette couche
En continuant à monter, on passe dans une partie plus chaotique, en blocs : effondrement d'une aiguille.
Nous arrivons au but. Devant une boisson rafraichissante, il reste à faire un peu le point :



Formation à 325Ma, avec une croûte épaisse (90km dans le Tibet), des plis (en vert) dans le sud, à l'endroit ou à l'envers, des sédiments et des basaltes qui passent en dessous jusqu'à donner des éclogites (points bleus). L'accumulation de produits radioactifs fait monter la température, donnant (en rouge) des roches molles et ductiles. Le serrage qui se relâche et le ramollissement provoquent l'effondrement. La suite de ce qui se passe dans le cadre vert se trouve sur le schéma suivant. La gravité prend le dessus, la matière s'écrase et les parties ductiles remontent comme des champignons et percent la couverture sédimentaire ce qui donne des grandes failles normales. A gauche de la faille de gauche, la vallée de l'Orb. La décompression provoque une fusion partielle : granite d'anatexite et filons de pegmatites. 5Ma suffisent pour assurer cette remontée. Entre les 2 "champignons", le Permien qui a sédimenté. En remontant les nappes ont été rebroussées. Si on pense à Gidon, la Chartreuse s'est formée puis Belledonne s'est soulevée mais ce n'est pas un dôme métamorphique. Le sommet est plat et altéré : le soulèvement de l'ensemble est donc récent, vraisemblablement sur les quelques derniers Ma (cf soulèvement récent du Massif Central).



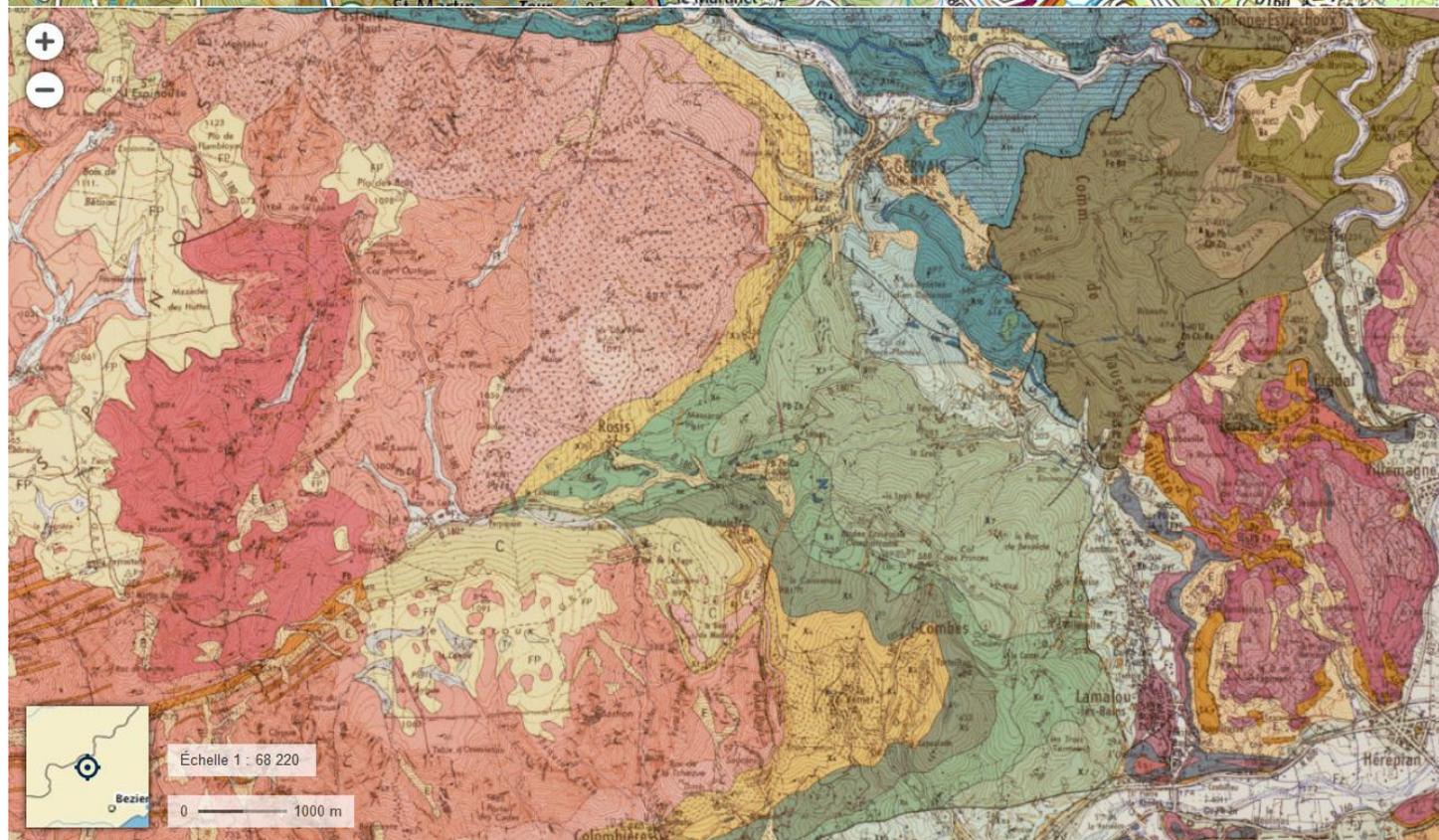
22 juin

Jour 4 : Métamorphisme et plissement au contact des dômes de Montagne Noire et Carbonifère du bassin de Graissessac.

Cette dernière journée portera sur deux thèmes et deux secteurs différents. D'abord, nous parcourrons le vallon de Rosis constituée des roches encaissantes en périphérie des dômes métamorphiques de la Montagne Noire. Ces anciens sédiments ont été littéralement écrasés et métamorphisés lors de la remontée des dômes.

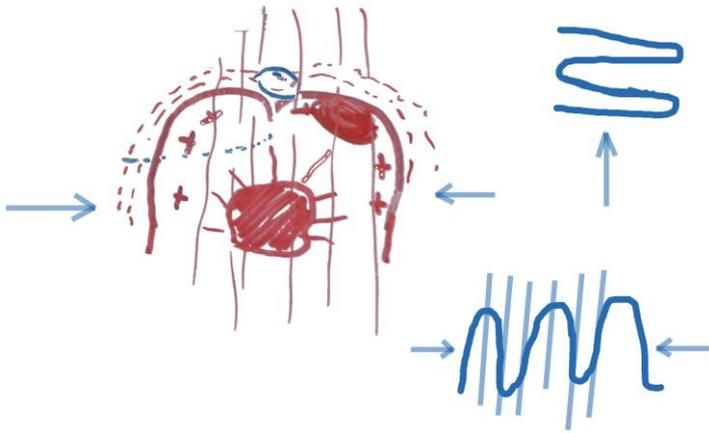
Ils présentent un métamorphisme dit de "contact" et des plis ductiles très spectaculaires. Puis nous irons à Graissessac pour découvrir un affleurement unique mettant à nu des sédiments Carbonifères. Il s'agit de l'ancienne carrière à ciel ouvert de Graissessac. Cet affleurement nous permettra de reconstruire le paysage de la chaîne hercynienne au moment de la remontée des dômes de la Montagne Noire.

Rosis

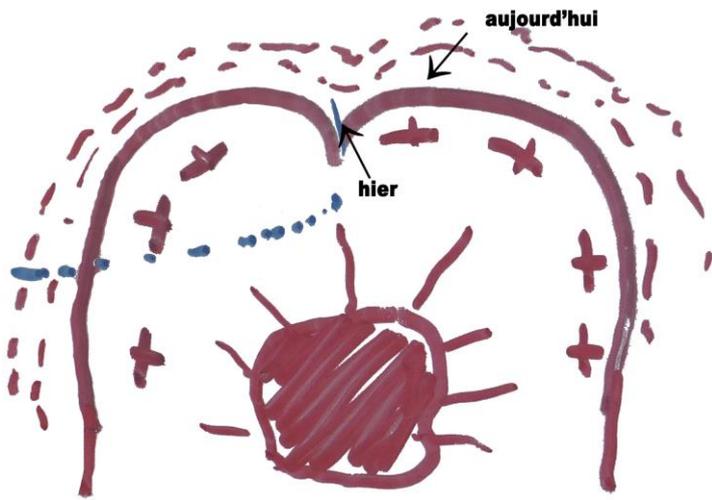
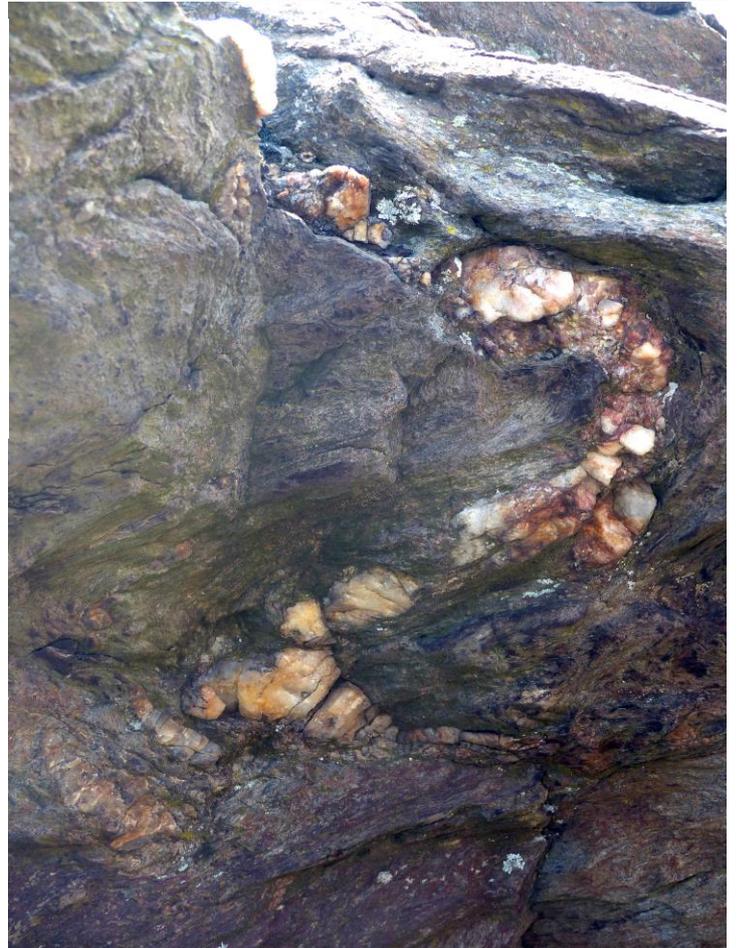


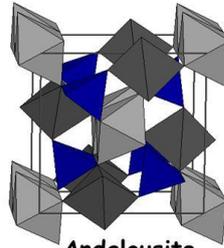
Nous sommes sur l'extrémité orientale du dôme où nous étions hier.

Sur la figure suivante, les pointillés bleus figurent le parcours dans les gorges d'Héric et les "rayons de soleil" sont le chevelu dont nous avons parlé. Si on creuse à l'endroit où nous sommes on passera dans les orthogneiss, les pegmatites, le granite d'anatexie. Avec une température de l'ordre de 700° pour les cigares, le quartz devient pâteux alors que le feldspath reste solide. On observe de beaux filons, plissés, mais dans un sens inhabituel.



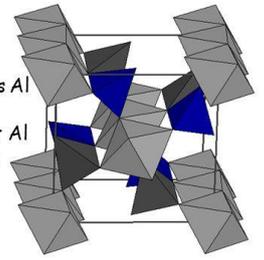
Dans une compression "classique" (flèches horizontales, la schistosité serait verticale. Ici, les plis présentent des plans axiaux horizontaux. Les roches ont été écrasés vers la surface (cf Ile d'Elbe, la photo en bas de page à Spartaia). Il existe un dôme de même style au milieu de la chaîne hercynienne dans le Velay. On distingue aussi des cristaux d'andalousite (rose) dans le quartz.



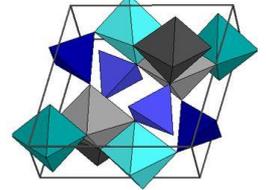


Andalousite
 Chaînes d'octaèdres Al
 Liés par arêtes
 Tétraèdres de Si
 et Al en coordinence 5

Sillimanite
 Chaînes d'octaèdres Al
 Liés par arêtes
 Tétraèdres de Si et Al
 (Basse pression)



Disthène ou kyanite
 Deux octaèdres Al
 (6/6)
 Liés par arêtes
 Tétraèdres de Si
 (Haute pression)

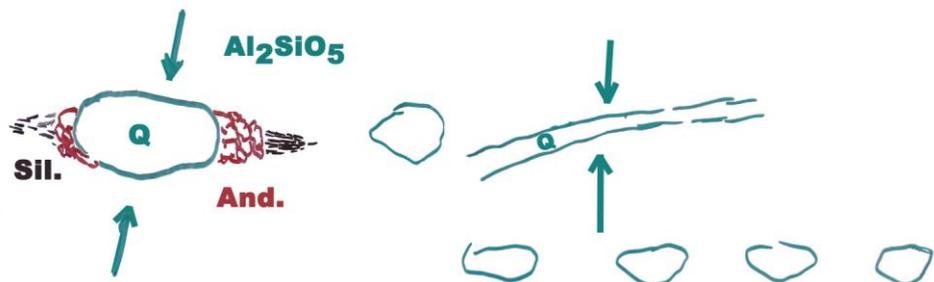
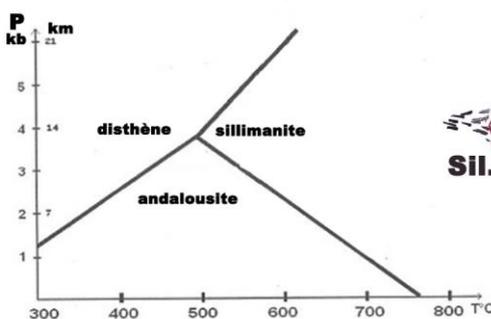


On peut voir aussi la trilogie quartz, andalousite et sillimanite.



A droite du dessin : sous l'action de la contrainte, le quartz se scinde en boudin. Au milieu, dans l'onde de pression, recristallisation et formation d'andalousite puis de sillimanite, l'Al nécessaire étant apporté par le granite, tout cela avec déshydratation.

A gauche le diagramme des 3 phases de Al_2SiO_5 .



On passe un bref instant sur le 2^e dôme, celui de l'Espinouse, plus au nord avec des granites d'anatexie.



Le haut du plateau est "plat" ! L'érosion vient du bas, où les pentes sont importantes : le plateau se rétrécit petit à petit jusqu'à disparaître par endroit.

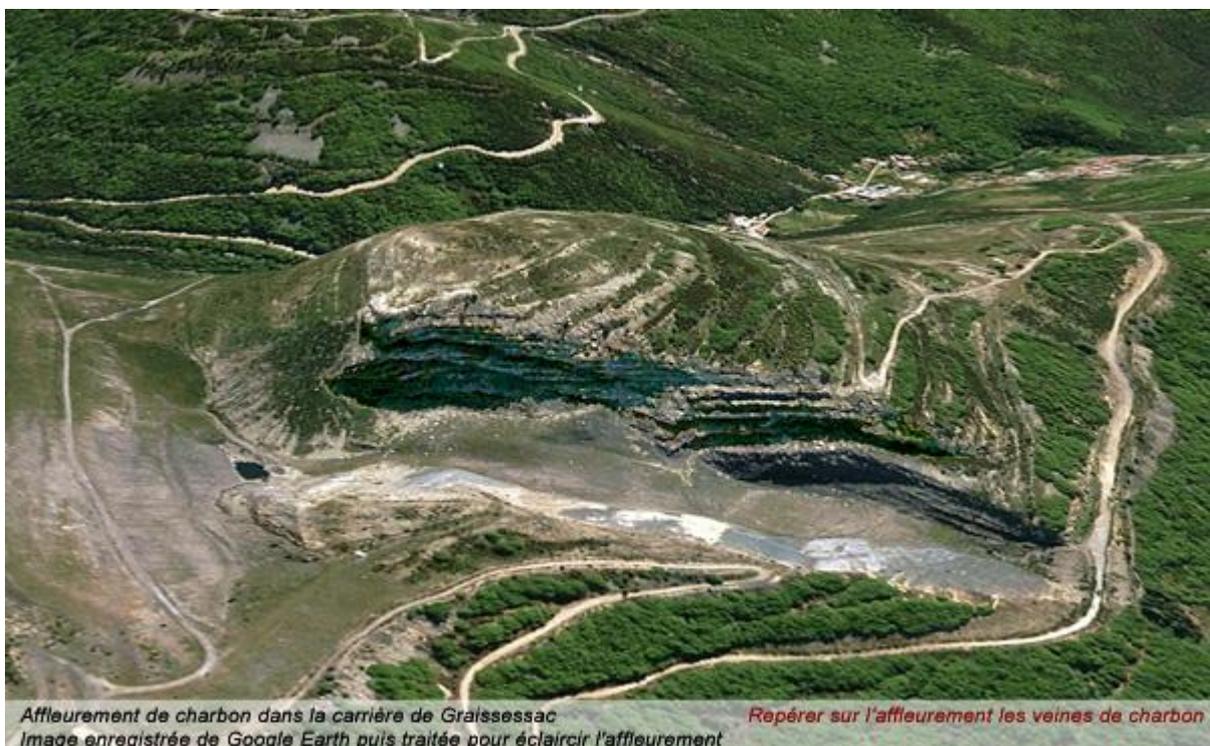
Les surfaces peuvent être datées par dosage du béryllium cosmogénique : maximum quelques Ma. Une variante de la méthode permet d'accéder aux vitesses d'érosion. D'où vient ce soulèvement récent (~5Ma), localisé ? Mystère ... A proximité, granite à cordiérite.



Graissessac

Photos en page suivante : mine de charbon, exploitée dès le XVIII^e en galerie jusqu'au XX^e où les techniques ont permis une exploitation à ciel ouvert. L'arrêt, progressif depuis les années 60, s'est fait en 1993.

On voit des alternances de charbon et de grès stratifiés du Carbonifère. L'effondrement de la chaîne hercynienne, avec son cortège de failles normales, a donné des bassins sédimentaires isolés au nord. La petite "coulée" à gauche est du soufre. Beau fossile à droite.



Affleurement de charbon dans la carrière de Graissessac
Image enregistrée de Google Earth puis traitée pour éclaircir l'affleurement

Repérer sur l'affleurement les veines de charbon

