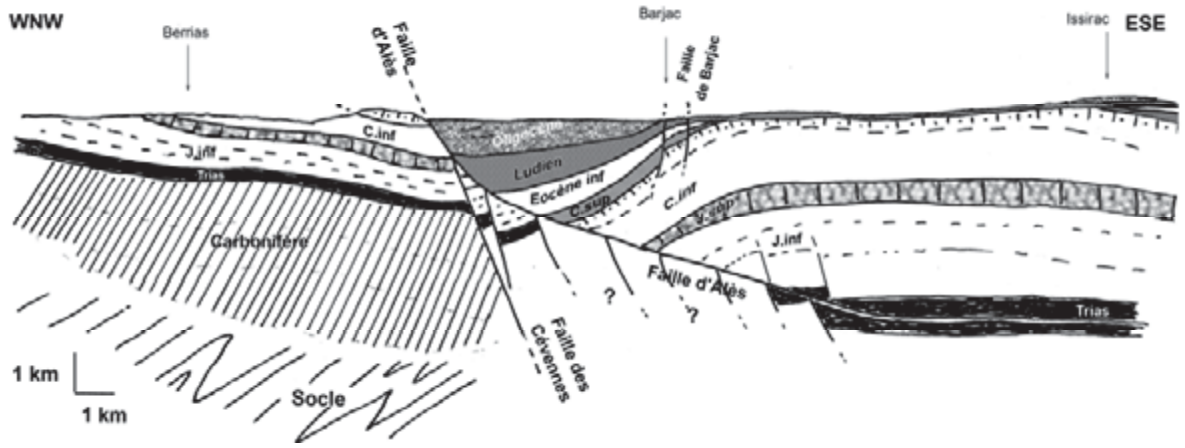
ASSOCIATION GÉOLOGIQUE D'ALÈS ET DE SA RÉGION

BULLETIN N°84

Octobre 2012



Association Géologique
d'Alès et de sa Région
6, avenue de Clavières
30319 Ales cedex
http://www.geolales.net
contact@geolales.net

ASSOCIATION GÉOLOGIQUE D'ALÈS ET DE SA RÉGION

BULLETIN N°84

Octobre 2012

SOMMAIRE

Editorial Jean-Pierre ROLLEY

Compte rendu de nos activités

- Samedi 18/2/2012 : la mine de Carnoulès Jean-Paul JEHL

- Lundi 12 et 19/3 15-17h : exposé de Francis Lagarde sur son voyage au Zimbabwe

- Dimanche 18/3 : "le cycle des calcaires". Jean-Claude LAHONDERE

- **Dimanche 15/4 :** Le tertiaire de la région d'Issirac Jean-Pierre ROLLEY

- Mercredi 25/4 : conférence de J.-M. Négroni « Les carbonates et leurs usages »
Jean-Michel NEGRONI

- Dimanche 13/5 : "De la vallée du Chassezac au plateau de Montselgues"
par la Société Géologique de l'Ardèche Jean-Pierre ROLLEY-Robert GUIN

- Samedi 9/6 : Le Vigan-Aigoual Jean-Pierre BOUVIER

- Samedi 30/6 : Les tourbières des Sagnes Jean-Pierre BOUVIER

- Jeudi 2/8 : La Can de l'Hospitalet dans le cadre du festival
nature du Parc National des Cévennes Fabienne JOUANEN et Laurent BOULARD
compléments de Jean-Pierre ROLLEY

Rubrique scientifique

Les cristaux géants de la mine de Naica
(Texte publié dans la revue *Pour la Science* N°410 Décembre 2011 pp 31-37)

ÉDITORIAL

Agariennes, agariens, bonjour,

Voici (enfin) le deuxième numéro de notre bulletin 2012 (en effet l'absence de voyage de fin d'année a entrainé la disparition du numéro qui lui était réservé), nos activités ont été variées au cours du premier semestre 2012, en particulier par suite de l'ajout de deux sorties au mois de juin et d'une sortie en août dans le cadre du festival nature du Parc National des Cévennes. A noter également la très intéressante conférence de Jean-Michel NEGRONI sur les carbonates et leurs usages.

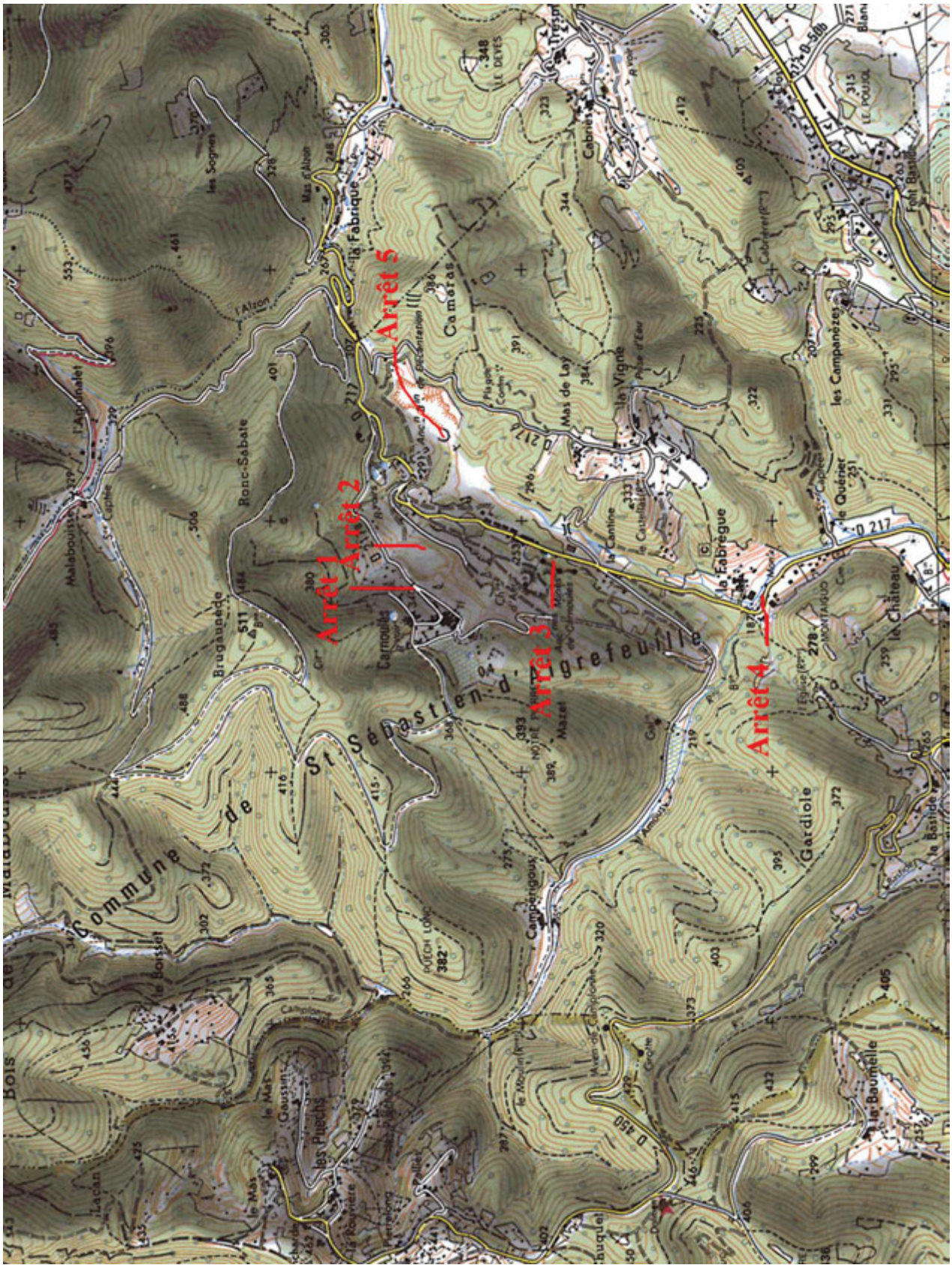
Enfin la rubrique scientifique est empruntée à la revue « Pour La Science ». Il s'agit d'un article intitulé « La forêt des cristaux géants » de Giovanni Badino et Paolo Forti, sur les cristaux géants de la mine de Naica au Mexique.

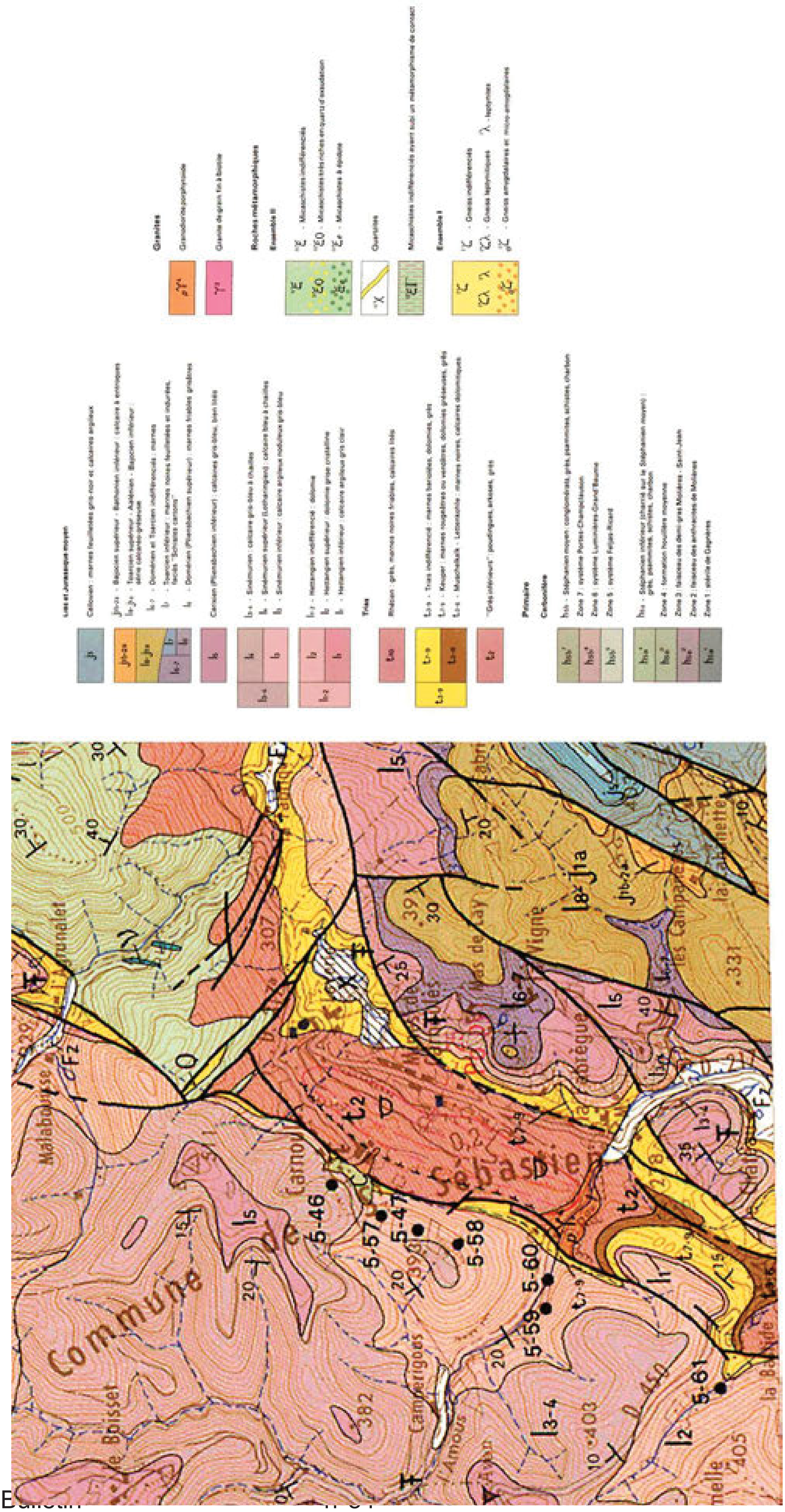
En vous souhaitant une bonne lecture

Jean-Pierre Rolley

COMPTE RENDU DE NOS ACTIVITÉS

Samedi 18/2/2012 : la mine de Carnoulès





Sortie du samedi 18/ 02/12

La mine de Carnoulès

La mine de Carnoulès (Pb et Zn) se situe sur la commune de St-Sébastien-d'Aigrefeuille à quelques kilomètres à l'ouest d'Alès.

Premier arrêt. *Présentation du site.*

Le trajet est donc bref et nous retrouvons les Agariens qui ont préféré se rendre directement sur le site.

Nous sommes en haut d'une butte sur laquelle se trouve le hameau de Carnoulès. Cet emplacement dominant nous permet de voir les vestiges de l'usine de traitement avec une maison construite sur le concasseur, à nos pieds les dernières surfaces exploitées et plus loin les déblais et les plus anciennes zones d'exploitation, maintenant masquées par la végétation.

Le gisement de plomb de Carnoulès a été exploité depuis longtemps, peut-être dès l'époque romaine. En 1750 il y avait déjà des travaux, mais on en sait davantage à partir de 1833, suite aux nouvelles lois règlementant les exploitations minières et imposant l'octroi de concessions. On sait ainsi que le gisement fut exploité dans les périodes 1852-1860, 1907-1912, 1928-1931 et de 1953 à 1962 par la Société Minière et Métallurgique de Peñarroya.

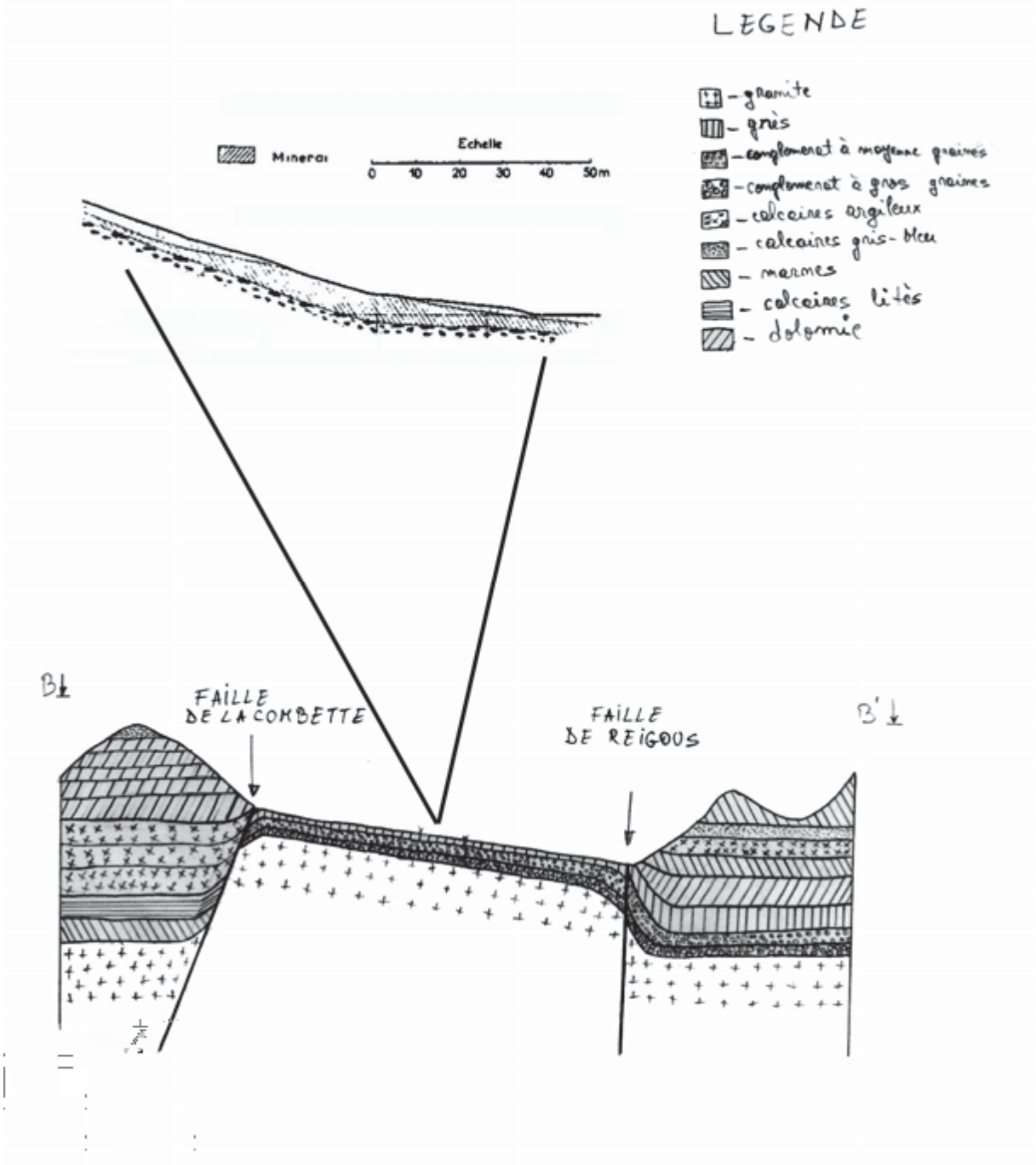
Ce gisement se poursuit sous le village dont les habitants refusèrent de partir. Il est donc épuisé dans les parties accessibles. A l'origine l'exploitation se faisait par souterrains, en creusant des chambres de plus de 2000m^2. Ensuite elle s'est poursuivie à ciel ouvert. Carnoulès a été, pendant quelques années, la plus grande mine de plomb d'Europe.

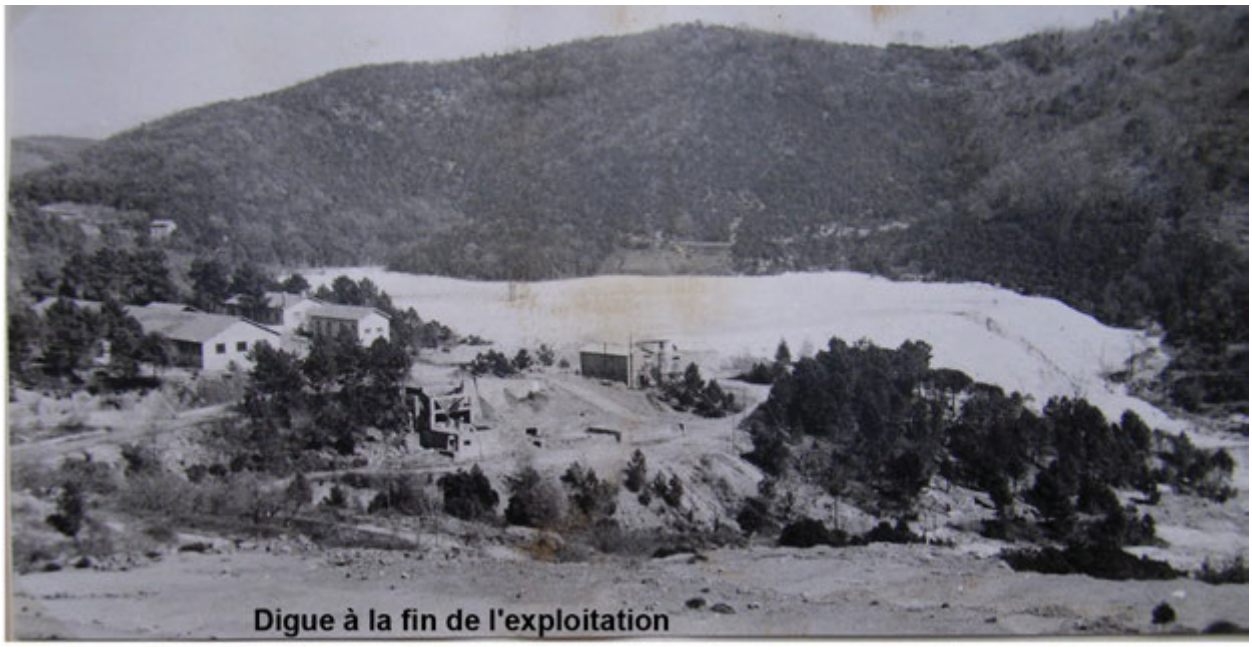
Depuis la fin de l'exploitation le site est surtout connu pour les problèmes de pollution, on retrouve en effet du plomb, de l'arsenic et des métaux lourds dans le cours d'eau local. Cette pollution est due aux eaux de ruissellement des terrains décapés et au lessivage des dépôts de minerai broyé et non utilisable, accumulés en fond de vallée. Ces dépôts sont très siliceux et ressemblent à du sable blanc, mais contiennent encore des traces de galène, de la pyrite et de l'arsenic. Ces dépôts ont été stockés et retenus par une digue. Des crues ont crevé la digue et des sédiments ont été entrainés au-delà de celle-ci. Mais tout le monde s'est focalisé sur le principe de la digue pour retenir les déblais et contenir la pollution.

Du point de vue géologique, on se situe dans la bordure sous cévenole. Les terrains reposent directement sur le socle granitique et cristallin. Il n'y a pas de Permien, ni de Houiller, mais du Trias et du Lias. Le Trias de base est constitué de roches détritiques, grès, arkoses et conglomérats. Les étages supérieurs deviennent carbonatés, marnes, calcaires et dolomies, même si des épisodes gréseux s'intercalent. Le Lias est franchement carbonaté. De nombreuses failles, de direction générale de la faille des Cévennes affectent ces terrains. Une coupe géologique remise en début de sortie montre une remontée du socle granitique entre deux failles (faille de la Combette et faille de Riegous), avec amincissement du Trias détritique, riche en minerai (fig. ci-dessous).

On trouve les minéralisations à plomb dans les grès, et celles à zinc dans les roches carbonatées. Ici l'élément dominant est le plomb. Les minéralisations sont de la galène, de la pyrite et peut-être de la blende. Elles sont probablement d'origine hydrothermale. On trouve les minéralisations à Pb et à Zn jusque dans le Jurassique supérieur. Ensuite on n'en trouve plus.

Coupe géologique schématique du gisement de Carnoulès



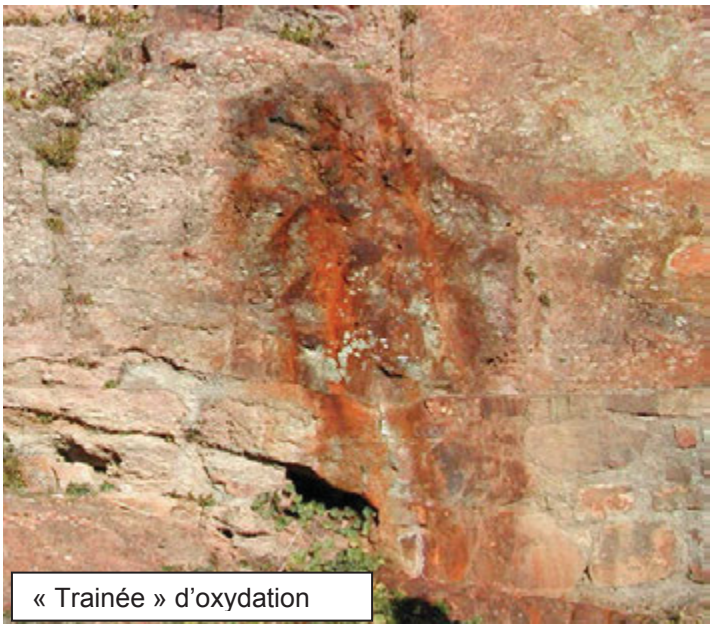


Digue à la fin de l'exploitation

Digue aujourd'hui

Superposition

Deuxième arrêt. *Dissolution et oxydation.*


« Trainée » d'oxydation

Après cette présentation du site, nous nous rendons quelques mètres plus bas. Les plus lestes descendent directement, et les autres s'y rendent en voitures en faisant un grand détour. L'objectif est de se retrouver au pied de la petite falaise qui marque la limite de la fin d'exploitation.

Pour y arriver nous avançons sur de la roche siliceuse, dure à casser. Des taches de couleur matérialisent les traces d'oxydation. Fer ferreux (Fe^{2+}) et fer ferrique (Fe^{3+}) donnent par oxydation des teintes rouille et jaune-vert à la roche. L'arsenic provoque des colorations jaunes, et la galène oxydée devient un peu grise. Les degrés d'oxydation sont visibles grâce aux différentes teintes de rouille.

L'eau de ruissellement sur ces roches est très acide. Cela est du à la dissolution de la pyrite et à la formation d'acide sulfurique.

Troisième arrêt. *Le village minier.*

On se rend ensuite au centre du village minier. On gare les voitures près d'une ancienne laverie. Puis après avoir traversé la route, nous nous dirigeons vers les reliefs encombrés d'éboulis, zone où il fut procédé à des extractions par galeries. Un peu plus loin, dans le chaos ambiant s'ouvre une galerie. Personne n'est tenté par l'exploration… L'eau qui en sort forme un tout petit ruisseau, mais on évite le contact, l'acidité annoncée (pH ≈2) est dissuasive.

Euglène

Mais l'étude de ces eaux très acides a révélé que la vie y existait malgré tout. On y a trouvé des organismes unicellulaires, des euglènes dont euglena viridis est l'espèce type. Ce sont des protistes chlorophylliens flagellés. Ces êtres sont apparentés aux algues, donc au règne végétal, mais leurs flagelles pourraient évoquer les protozoaires, donc le règne animal, mais ils n'en font pas partie. Ils sont donc bien classés dans le groupe des algues. Ils donnent une couleur verte aux flaques d'eaux dans lesquelles on les trouve.

Certains micro-organismes se nourrissent-ils de l'arsenic ?, et ont-ils un rôle dépollueur ? Il semblerait qu'ils arrivent à absorber plomb et arséniates en les fixant dans des concrétions stromatolithiques. Les eaux perdraient ainsi environ 80% de leurs polluants. Mais ces concrétions sont fragiles et leur destruction remet en circulation leurs composants néfastes.

Nous revenons de l'autre côté de la route. Dans le thalweg coule le Riegous. Ce ruisseau a, ici, été autrefois recouvert par les rejets de la première usine de traitement. Un tunnel avait donc été construit pour permettre au ruisseau de circuler sous les déblais. On peut observer des restes de cet ouvrage qui n'a plus d'utilité car l'ensemble du dépôt a été érodé par les crues.

Quatrième arrêt. *Le confluent.*

Un court trajet en voiture nous amène un peu plus bas au lieu-dit la Fabrègue. Là se situe le confluent du Riegous qui se jette dans l'Amous. Nous nous garons près du bâtiment de la mairie – école de Saint-Julien-d'Aigrefeuille.

À ce confluent se mélangent les eaux du Riegous contenant encore des polluants chimiques et les eaux saines de l'Amous. Il semblerait que la dilution soit suffisante pour ne pas inquiéter les personnes habitant quelques kilomètres plus bas. L'Amous aboutit dans le Gardon d'Anduze.

Cinquième arrêt. ***Le bassin de décantation et sa digue.***

Nous revenons vers les anciens bâtiments d'exploitation et empruntons un chemin fermé par une barrière pour nous rendre sur l'ancien bassin de décantation et sa digue.

Lors de l'exploitation, le minerai titrant environ 3% de Pb était broyé – environ 1000 tonnes/jour – et traité par flottation différentielle. La teneur du concentré obtenu était d'environ 65% de Pb, avec au final une récupération de 80% de métal.

Erosion d'un tuyau en ciment

Les éléments fins à rejeter étaient évacués dans le bassin de décantation et s'y accumulaient. Les eaux de pluie s'infiltrent et sont récupérées dans des canaux d'évacuation pour protéger la digue. Une conduite en ciment passe sous la digue, mais l'acidité de l'eau corrode le ciment et des entonnoirs se forment. La conduite en ciment a été partiellement remplacée par du plastique.

Quand on se trouve dans cette zone on marche sur un sable siliceux. De nombreux panneaux invitent les promeneurs à s'éloigner pour éviter tout risque. La forêt de pins plantée dans le sable lui donne un aspect agréable. Mais les pins ont accumulé dans leur bois les polluants et il est interdit d'utiliser ce bois.

En conclusion, il semble bien qu'il aurait mieux valu laisser s'opérer une dilution naturelle, alors que la digue concentre la pollution.

Sur la digue à stérile

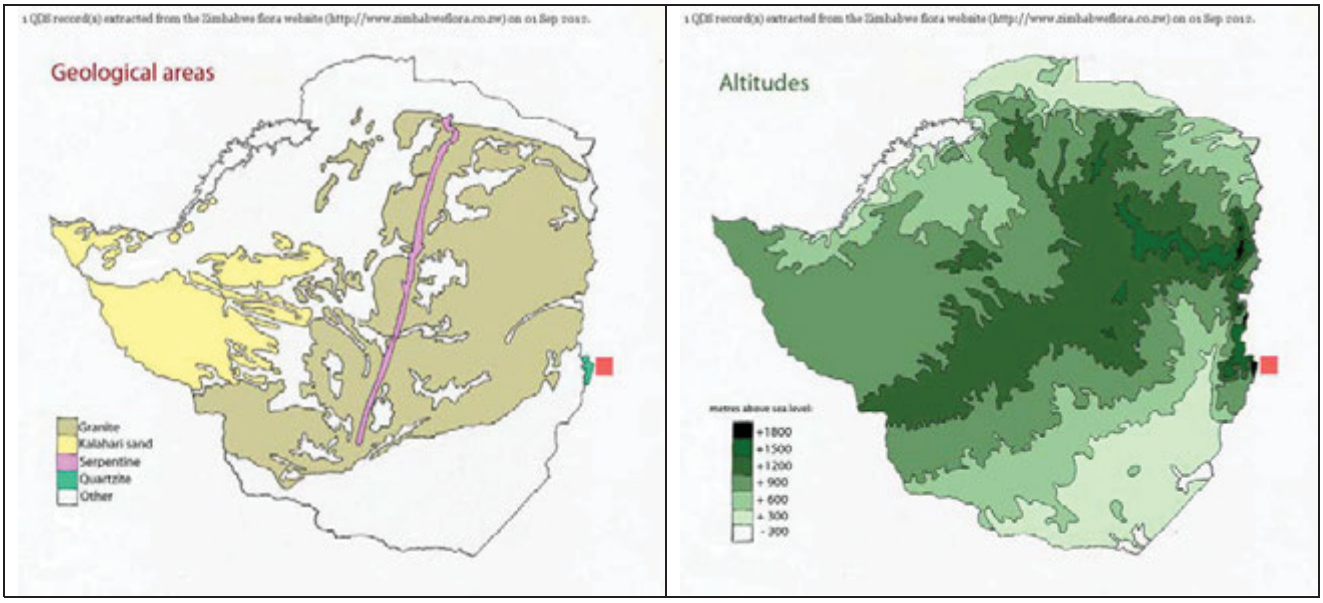
L'après-midi d'hiver passe vite et la nuit commence à tomber. Chacun rentre chez soi, mais quelques Agariens vont admirer chez l'un d'entre nous une curiosité géologique, d'origine karstique (cf bulletin 83) .

Jean-Paul Jehl

Lundi 12 et 19/3 15-17h : exposé de Francis Lagarde sur son voyage au Zimbabwe

Escapade au Zimbabwe (10-26/09/2011)

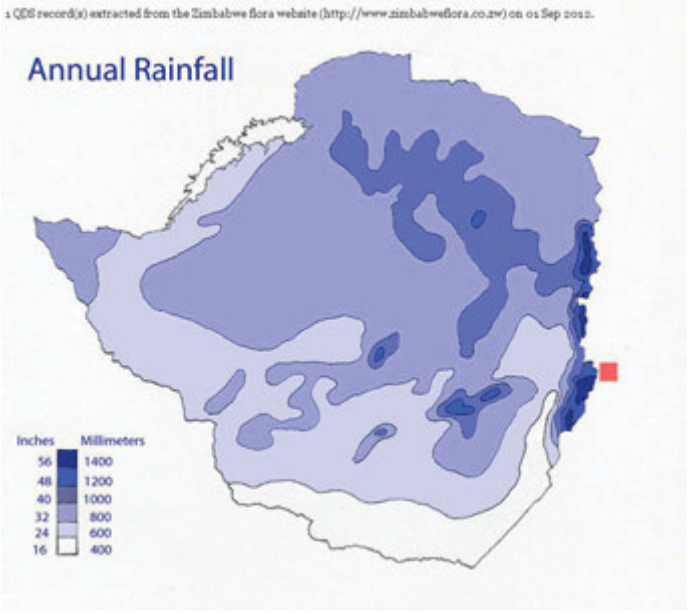
Le Zimbabwe est un pays d'Afrique australe situé entre 15° et 23° de latitude sud. Enclavé, le pays n'a pas accès à la mer. Il est entouré par l'Afrique du Sud au sud, le Botswana à l'ouest, le Mozambique à l'est et la Zambie au nord. Deux grands fleuves lui servent de frontières, le Zambèze au nord et le Limpopo au sud.



La superficie du Zimbabwe est de 390757 km², sa population étant de 12,5 millions d'habitants dont 1,6 millions pour la capitale du pays, Harare (ex Salisbury). C'est un pays de hauts plateaux. Son point culminant est le Mt Inyangani (2592 m) qui

se trouve dans la région montagneuse de l'est, le long du Mozambique. Son point le plus bas est à 162 mètres d'altitude. La majeure partie du pays se situe sur un plateau central où l'altitude varie entre 1200 et 1800 mètres (Harare, 1600-1680 m). Seulement 20% du Zimbabwe sont au-dessous de 900 mètres.

Parmi les ressources naturelles, on trouve du charbon, du chrome, de l'amiante, de l'or, du nickel, du cuivre, des minerais de fer, de vanadium, de lithium, d'étain et des métaux du groupe platine. Il existe également une petite production de diamants. Le granite est la roche principale et couvre environ les 2/3 du pays. Il se présente, assez souvent, sous forme de gros blocs, parfois longs de plusieurs kilomètres (**Domboshawa**) qui portent le nom Boer de « Kopje ».



A l'origine, le Zimbabwe était couvert par de grandes forêts. Progressivement, l'homme a déboisé le pays, ce qui a aggravé l'érosion. Il possède un climat tropical avec une saison des pluies qui s'étend en général de fin octobre à mars. Les paysages naturels sont la savane sèche ou arborée, dénommés localement Veld.

Suivant l'altitude, il y a :

- le Low Veld, au-dessous de 800 mètres, caractérisé par de faibles précipitations (moins de 400 mm/an), un climat sec et chaud et de rares gelées. On y trouve le **Baobab** (*Adansonia digitata*) et des *Acacia* sp.
- et le High Veld qui occupe la majeure partie du pays. Il est parcouru par la Grande Digue (Great Dyke) longue de 500 km. Il reçoit d'assez importantes précipitations estivales. Le gel, généralement modéré, y est assez fréquent de juin à août mais le climat est tempéré pendant une grande partie de l'année. Cette région se trouve entre 1200 et 1800 mètres. C'est ici que l'on trouve de grandes étendues herbeuses et des forêts décidues dont la principale essence est le **Msasa** (*Brachystegia spiciformis*) qui présente un magnifique feuillage rouge au printemps.

Enfin, le long de la frontière avec le Mozambique s'étend une longue série de montagnes qui reçoivent de fortes précipitations (5000 mm enregistrés une année sur les pentes est du Mt Inyangani). Cette zone est très riche en plantes endémiques. Il faut préciser que la partie du veld, composée de prairies herbeuses, fait l'objet de l'écobuage dans tout le Zimbabwe, ainsi que dans la Zambie voisine, à la sortie de l'hiver austral. Une fumée légère, en altitude, couvre alors tout le pays. Cette pratique doit remonter à des temps anciens? Elle permet à l'herbe épaisse complètement sèche de reverdir en trois jours après le passage du feu et à certaines plantes (**Gnidia kraussiana**) de fleurir.

Veld brûlé

Gnidia Kraussiana (Thymeleaceae), plante fleurissant après l'écobuage sur le Veld

Baobabs dans la région de Glencova

Ecorçage des baobabs dans la région de Glencova

Tapis fabriqué à partir de fibres d'écorce de baobabs

Panneau de circulation sur les Cecil Rhodes Ranges au-dessus de Mutare

Enceinte de la Reine à Great Zimbabwé

Plusieurs parcs nationaux sont dispersés dans le pays: Mana Pools où on trouve de nombreux animaux (**Eléphants**, **Impalas**, lions, hippopotames, phacochères, zèbres, buffles, singes, etc.); Victoria Falls N.P. Sur le Zambèze; Hwange National Park le long de la frontière avec le Botswana; Rhodes Matopos N.P. Près de Bulawayo; Gonarezhou N.P., Chimanimani N.P. et Nyanga N.P., le long de la frontière avec le Mozambique. Il existe également d'autres types de réserves. Les principaux lieux touristiques sont les Victoria Falls, les Matopo Hills près de Bulawayo et **Great Zimbabwe** National Monument, cité aux murs de pierres sèches, fondée par des populations bantoues venues du nord, probablement édifiée entre le IX^{ème} et le XIII^{ème}. Elle accueillera jusqu'à 20000 personnes et déclinera soudainement au XV^{ème} siècle sans que l'on sache, actuellement, à quoi l'attribuer: guerres, épidémies, surexploitation du sol, sécheresse? C'est le berceau de l'ethnie Shona qui représente 80% de la population.

En septembre 2011, j'ai parcouru la région allant d'Harare jusqu'aux montagnes de l'est, dont les **Monts de Chimanimani**, très belle chaîne montagneuse composée de serpentines, à la flore très riche (***Leucospermum saxosum*)**, ainsi que les montagnes dominant Mutare et une partie des Monts de Nyanga, granitiques. Au sud d'Harare, j'ai visité Great Zimbabwe et la région pittoresque, nombreux «skopje» et **baobabs**, entre Masvingo et Birchenough Bridge.

Crêtes des Monts de Chimanimani

Leucospermum saxosum (Proteaceae) dans les Monts de Chimanimani

Pour plus d'informations
www.**zimbabwe**flora.co.zw

Francis LAGARDE

Dimanche 18/3 : "le cycle des calcaires"

Transgression et régression: cycle des carbonates

Les calcaires du Jurassique inférieur de la bordure cévenole

La terre est une machine thermique fonctionnant sur les différences de température entre les zones profondes et superficielles. La manifestation la plus visible de ce fonctionnement est la tectonique des plaques. La distension au niveau des dorsales est compensée par la compression dans les zones de collision. La croûte continentale qui « flotte » sur ce manteau subit donc alternativement des distensions suivies de compressions.

Définition: Le cycle transgression régression

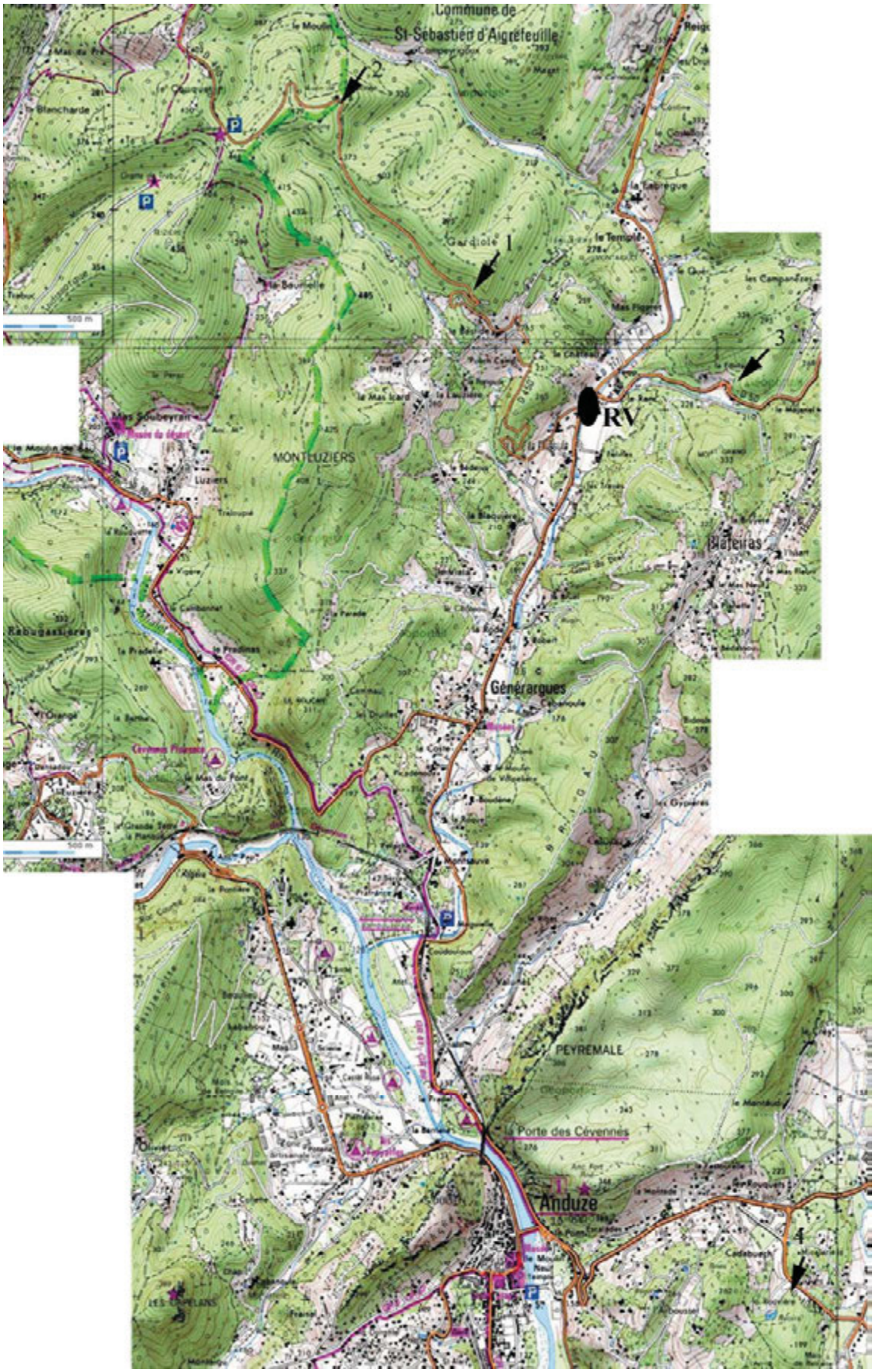
Il y a un grand nombre de variétés de calcaire qui sont toutes caractéristiques d'un moment dans le cycle **transgression/régression** des carbonates**.** Ce cycle obéit aux mouvements des continents qui, à certains moments, sont recouverts par les océans : c'est la *transgression* et, à d'autres périodes, au contraire émergent : c'est la *régression*. Les causes de ces mouvements peuvent différer mais en général elles sont liées au mouvement des plaques tectoniques. Quand les plaques s'écartent, elles s'amincissent et vont rechercher un nouvel équilibre isostasique puisqu'elles "flottent" sur le manteau. En outre l'érosion modifie également cet équilibre. Enfin des forces tectoniques peuvent les rapprocher. Elles s'affrontent et l'épaisseur des continents augmente. Cela entraîne l'émersion des continents et une reprise de l'érosion. Le cycle érosion-transgression est donc un aspect du cycle extension compression.

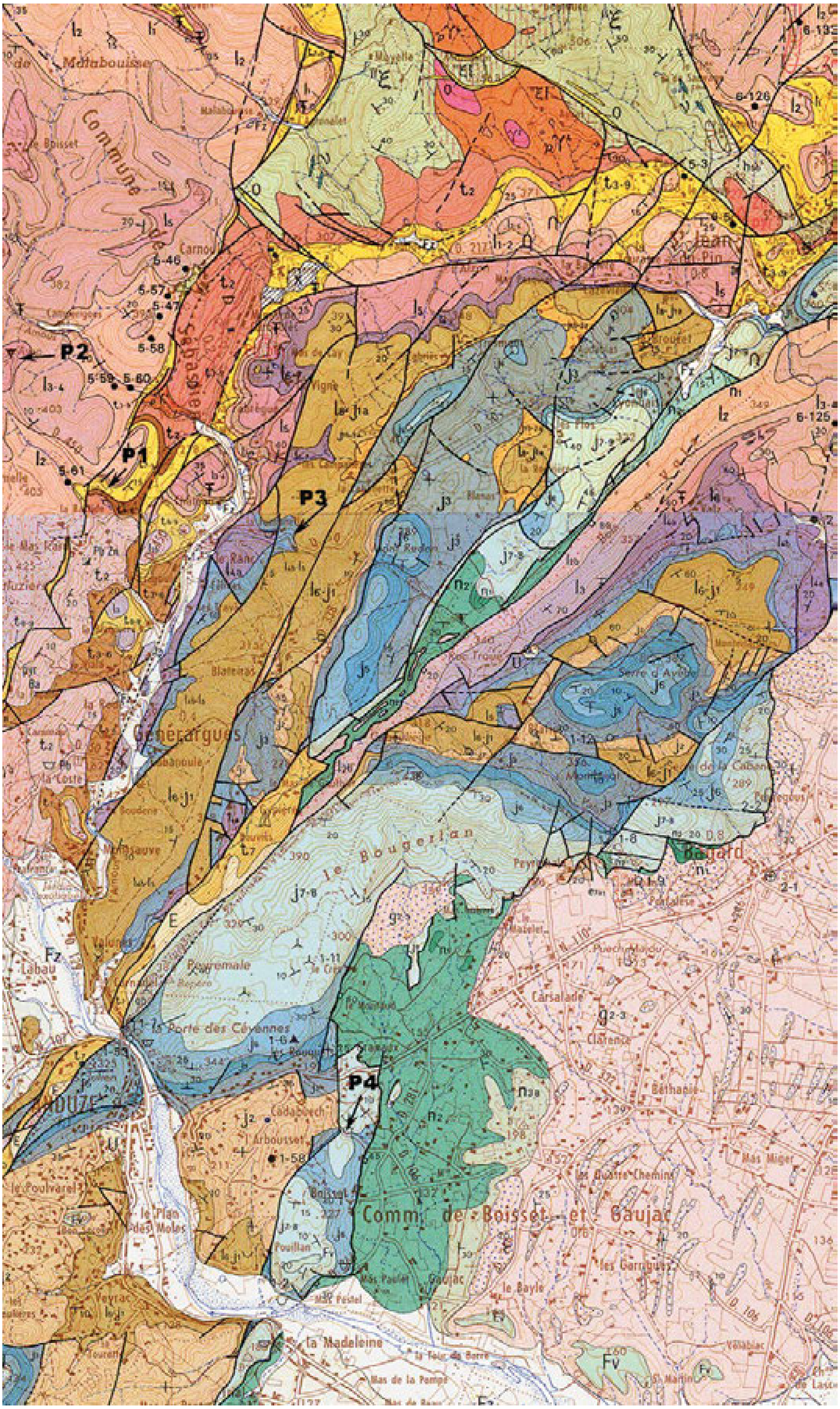
Nous examinerons donc aujourd'hui les calcaires qui se forment lors de la transgression, ainsi que l'aboutissement de cette transgression (Anduze W.). Des terres vont être progressivement recouvertes par la mer. Elles deviennent un lieu où la sédimentation va l'emporter sur l'érosion. Plus tard nous examinerons la régression.

Comment les sédiments vont-ils refléter cette transgression ?

L'histoire des sédiments : les sédiments passent par deux périodes

- La première concerne leur formation. Elle nous conduira de la mobilisation de la matière, à son dépôt et consolidation (diagénèse) dans le bassin. Elle nous apportera de précieuses informations sur la paléogéographie à l'époque du dépôt.
- La deuxième qui concerne leur destruction pose leur devenir. Elle nous permettra de reconstituer les évolutions paléogéographiques d'origine structurale.


Commune de
St-Sébastien d'Aigrefeuille
Gardiole
1
2
3
4
RV
MONTEUZIERS
Générargues
Peyremale
La Porte des Cévennes
Anduze


P1
P2
P3
P4
Commune
Générargues
le Bougerlan
Comm. de Boisset et Gaujac
la Porte des Cévennes
Peyremale
la Madeleine
Malabouisse
Carsalade
Clarence
les Quatre Chemins
les Garrigues
Mas Miger
Mas de la Pompe
le Plan des Moles
Arbousset
Boisset
Labau
Valurès
Bombadie

1 – La formation des sédiments.

Rappel: Les comportements des ions dans l'eau

Pour expliquer le déplacement de la matière, des continents où elle se mobilise par l'altération des roches mères, au bassin de sédimentation, il nous faut savoir dans quel état elle est ainsi transportée.

Les affinités des éléments chimiques pour les molécules d'eau dépendent du rapport : charge ionique sur rayon ionique. Il définit leur potentiel ionique. Goldschmidt distingue ainsi :

Les cations solubles ayant une charge faible (inférieure ou égale à 3) et un rayon important. Nous y retrouvons le Ca^{++}, le Mg^{++} et le Na^{+}.

Les hydrolysats (charge entre 3 et 10) qui, en présence d'eau, forment des hydroxydes (Al^{+++}, Fe^{+++}, $Si4^{+}$). En solution ces hydroxydes sont peu stables et forment alors des précipitations.

Les oxyanions (charge sup. ou égale à 10) Il s'agit notamment du C, P, N, S. Ils forment des oxyanions complexes acides, très solubles comme le CO_3H.

Les roches mères sont donc décomposées en cations solubles et oxyanions qui sont transportés et en hydrolysats qui restent sur place.

1-1 – Le voyage de la matière

Il comprend quatre étapes : la mobilisation de la matière, son transport, la sédimentation et la diagénèse.

La mobilisation de la matière regroupe toutes les opérations qui conduisent au morcellement des roches pour que celles-ci puissent être déplacées : fragmentation physique et altération chimique par les agents climatiques etc.

La fragmentation physique Les roches sont débitées en fragments. Cette fragmentation est accélérée si la roche est débitée par des diaclases qui favorisent l'action du gel. Elle aboutit à la formation d'éboulis où les chocs prolongent l'action du gel.

La dissolution chimique est liée à l'action de l'eau. Elle réduit les roches à l'état d'ions (voir avant).

Puis l**e ruissellement** va prendre le relais. La puissance des torrents va peu à peu laisser la place à l'écoulement tranquille des fleuves. Seuls des grains de plus en plus petits vont pouvoir continuer leur chemin et arriver dans les mers.

Le dépôt commence dès le début de la phase de ruissellement pour donner des alluvions.

Les éléments dissous vont se sédimenter quand il y a des changements physico-chimique par exemple comme le froid ou la salinité de la mer. Ou bien ils vont être mobilisés par la biosphère. Les débris vont constituer les plages et les plus fins iront se déposer en pleine mer.

La diagénèse va transformer les boues et les arènes résultant du dépôt en roches avec essentiellement le départ de l'eau. Des concentrations chimiques se produisent alors pouvant modifier les cristaux qui se forment.

1-2 – La série stratigraphique (Rappel)

Nos observations se situeront à la limite du Trias et du Jurassique, le long de la route des Puechs. Les terrains se sont déposés il y a à un peu plus de 200 MA.

Le Trias terminal ou **Rhétien** est représenté par des alternances de marnes noirâtres, de dolomie et de grès. Sur la feuille voisine du Vigan on a trouvé une petite huitre caractéristique de l'étage : *Avicula contorta*.

Le Jurassique inf. ou Lias débute par l'**Hettangien inf.** (l1). Il s'agit de calcaires ondulés et de dolomie renfermant localement des Ammonites comme *Psiloceras planorbis*. Il a fourni des fossiles au Sud de la Grand-Combe.

L'Hettangien sup. (l2) est à l'état de dolomie (dolomie cubique des auteurs car découpée par des diaclases).

Dessus affleurent les calcaires noduleux du **Sinémurien inférieur (l3)**

Puis se dépose (avec l'apparition de silex) le Sinémurien supérieur ou **Lotharingien (l4**) avec des calcaires bleus à chailles.

La série se termine le long de la route des Puechs par des calcaires gris bleu du **Carixien (l5) ou Pliensbachien**. A Valz ce niveau est très fossilifère.

Au-dessus viennent (ailleurs) des marnes du **Domérien (l6)** quand elles n'ont pas été enlevées par l'érosion.

Puis un petit niveau de schistes bitumineux représentant le **Toarcien inférieur** (l7) que nous verrons lors du retour.

2 – Les calcaires durant la transgression

Les calcaires sont constitués par des molécules résultant d'un assemblage d'atomes : il s'agit des atomes de carbone, d'oxygène et de calcium (et/ou de magnésium). Si les deux premiers sont abondants sur la terre ce n'est pas le cas du calcium.

Ces matériaux viennent en grande partie de la destruction de zones émergées. A la fin de l'ère primaire la terre présente deux grands continents: le Gondwana au Sud et la Laurasie au Nord séparés par un océan: la Téthys . Le Massif central se situe à la bordure sud de la Laurasie. Pour trouver le Gondwana il faut aller en Afrique.

2-1 - Les observations.

Paléogéographie durant le Trias. . Durant le Trias nous connaissons en Europe occidentale deux faciès: un faciès continental ou faciès germanique et un faciès marin dit alpin. Le faciès germanique se rencontre sur le continent laurasien. On y observe des grès bigarrés surmontés par des dolomies et des grès (Muschelkalk), puis par des faciès lagunaires (Keuper). Pour trouver le faciès alpin il faut atteindre la Téthys plus au Sud, et/ou la zone alpine interne. La mer n'apparaît que durant le Muschelkalk avec le dépôt de calcaires dolomitiques parfois très épais (plus de 1000 m.). La cinématique durant cette période consiste en un mouvement d'extension entrainant l'ouverture du bassin ligure rattaché par la transversale de Gibraltar à l'ouverture de l'Atlantique central (dynamique).

- La sédimentation.

La mobilisation de la matière. Durant le Trias les terrains émergés proches se situent dans la région des Cévennes. On y rencontre aujourd'hui des schistes et des granites. Les carbonates y sont très rares (voir Aigoual). Leur destruction est due à un morcellement physique et et à des transformations chimiques (hydrolyse, disssolution).

Seuls les cristaux de quartz vont résister à la dissolution et le morcellement physique va les réduire à des grains de plus en plus fins.

Remarquons également que le calcium est mal représenté dans les Cévennes. Les plagioclases des granites paraissent aujourd'hui être les seuls minéraux renfermant du Ca. Rappelons que la terre renferme 1,1% de Ca. Cet élément, qui est léger, est plus abondant dans la croûte (2,4%). Cet enrichissement de la croûte est lié au brassage du manteau. Celui-ci qui apparaît le long des dorsales va perdre le calcium qu'il renferme (car cet élément est plus léger) et sera incorporé à la croûte. Le manteau qui va disparaitre dans les plans de subduction aura donc perdu une partie des matériaux qui le constituent, Ca et terres rares etc...

Dissolution des calcaires: En présence d'acide carbonique H_2CO_3 la calcite des calcaires se transforme en bicarbonate soluble :

$$\mathbf{CaCO_3 + CO_2 + H_2O = Ca(HCO_3)_2}$$

Cette réaction est sensible à la température. Plus elle est basse et plus l'eau peut se charger en CO_2. La dissolution est donc favorisée par la teneur en CO_2. Cela arrive dans les eaux de pluie qui se chargent en CO_2 en traversant l'atmosphère ou en s'enfonçant dans les sols. Cette réaction est d'autant plus active que la température est froide, aussi la dissolution est active dans les zones en altitude mais également dans les profondeurs des mers.

Altération des plagioclases: les plagioclases renferment des quantités variables de Ca^{++} et de Na^{+}. Ils se transforment par hydrolyse en kaolinite libérant ainsi les cations Ca et des oxyanions bicarbonates (HCO_3)

C'est vraisemblablement cette réaction qui a libéré les ions calcium de la bordure cévenole.

Le transport des carbonates et du sable est assuré par les cours d'eau dans les eaux desquels ils sont dissous.

La sédimentation débute donc dans les cours d'eau (terrasses) mais se réalise surtout dans la mer. Plus les matériaux détritiques sont fins et plus ils iront loin. Finalement les dépôts sont une boue gorgée d'eau. La sédimentation des produits dissous est liée au réchauffement. L'eau venant des régions froides est chargée en bicarbonate de calcium. Celui-ci va se précipiter pour donner des carbonates. C'est ainsi qu'en arrivant dans l'eau de mer si elle est plus chaude (c'est le cas des mers tropicales), il y a formation de carbonates et dépôt. Cependant cette précipitation n'est pas la plus importante dans les processus entraînant la formation des calcaires. Le processus dominant est lié à la vie avec la possibilité pour beaucoup d'êtres vivants d'incorporer le calcium dans leur test qui ira à leur mort alimenter les dépôts.

La diagénèse est la transformation de cette boue en roche par élimination notamment de l'eau.

- Examen des roches

Leurs textures Il s'agit du « tissu » dont est faite la roche. La texture désigne donc les relations spatiales perceptibles à l'œil nu entre les grains. Si les grains ne sont pas visibles cela fait présumer une sédimentation chimique dans des zones très calmes donc plutôt profondes.

Leurs couleurs sont symptomatiques des matériaux transportés. Très claires elles peuvent indiquer des zones peu polluées.

Les structures peuvent être liées à la période de sédimentation ou résulter des déformations accompagnant la seconde période. La structure désigne donc les épaisseurs, régularité, anomalies des bancs.

La surface des bancs donne des informations sur **la cinématique** du milieu de dépôt. Nous obtenons ainsi des informations sur le milieu de sédimentation : par exemple s'il est agité ou calme, sur la longueur du transport (distance entre le lieu où s'élabore la matière mobile et son dépôt dans un bassin) . Pour cela il faut observer comment sont organisées les strates (variations d'épaisseur, etc.).

- Examen des affleurements

Arrêt P1 - Route des Puechs stationnement des voitures.

Il se situe à la sortie d'un deuxième virage en épingle à cheveux après La Bastide. Un espace à gauche permet de garer les voitures. De l'autre côté, un talus montre une succession complexe de marnes indurées noirâtres, d'horizons centimétriques de bancs gréseux et dolomitiques et localement de bancs calcaires discontinus. Cet ensemble est parcouru de petites failles décalant certains horizons. La discussion s'ouvre sur l'origine de cette fracturation: failles synsédimentaires n'affectant que ces formations, ou bien grands accidents régionaux plus tardifs. Il est possible que l'on y trouve et l'un et l'autre de ces accidents.

Dans le détail, ces calcaires renferment des débris de tests, des fragments de tiges de crinoïdes etc. On y rencontre également des grains de quartz visibles à l'œil nu.

La fragmentation des fossiles indique un passage dans une zone perturbée (de haute énergie) capable de casser les fossiles. Rivages ? Courants ? Vagues ?

La couleur noire traduit la richesse en matière organique (rivage boisé, algues ?).

Nous nous trouvons à la limite d'un continent dans une zone lagunaire parfois inondée par les eaux marines.

Nous allons suivre la route en direction des Puechs.

Nous longeons des calcaires de teinte sombre, dolomitiques qui se débitent en petits cubes (voir photo). Il s'agit d'Hettangien supérieur. Il manque sur la coupe l'Hettangien inférieur visible cependant à quelques centaines de mètres.

Ces calcaires dolomitiques montrent de beaux accidents qui là encore peuvent recevoir une interpétration régionale ou non. Ce sont des failles normales

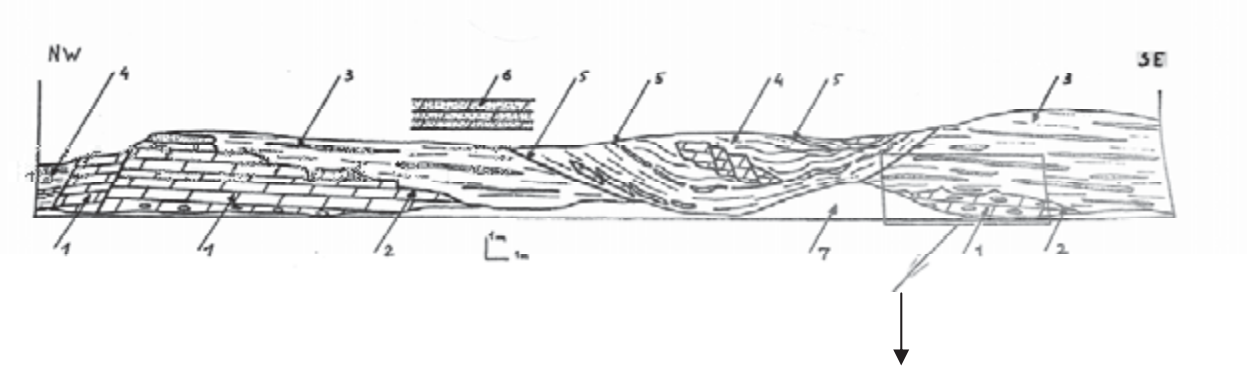
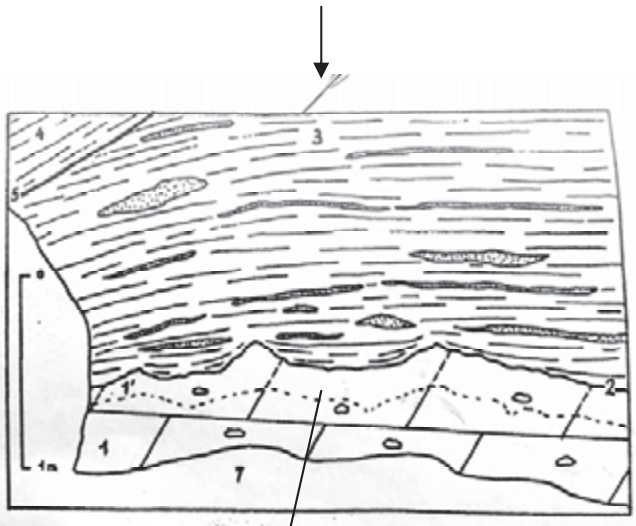


Figure 39: Schéma du talus de la D 450 dans la boucle après la Bastide (cf fig. 38). La barre carbonatée inférieure (1) est affectée par une surface d'érosion-dissolution (2) surmontée par l'unité des argilites noires supérieures (3). Sur cette unité repose, par l'intermédiaire de surfaces de glissement (5), l'unité des alternances (4) où les blocs sont tronçonnés. La formation rhétienne (6), qui affleure en retrait, scelle ces structures, (7: éboulis).

En cartouche: détail de la partie sud-ouest de l'affleurement montrant l'aspect de la surface de dissolution. Les chiffres ont la même signification que ci-dessus; 1': zone silicifiée et ankéritisée.



Figures extraites de la thèse Périsol

Photo de l'affleurement décrit ci dessus

Arrêt P2

La route aborde une série de virages (200m. avant l'aven). Les calcaires montrent des accidents siliceux (rognons de silex). Il est également riche en lits détritiques avec des grains de quartz millimétriques.

Plus loin ils renferment des débris de tiges de crinoïdes.

Les influences lagunaires ont cessé mais la richesse en quartz détritique témoigne d'un continent encore proche. La présence de fossiles comme les crinoïdes et les huitres montre cependant que la mer est peu profonde. Des ravinements (stratifications entrecroisées et chenalisations) sont visibles (voir photo).

Stratifications entrecroisées et chenalisations

La carte géologique montre que cette zone s'étend sur plusieurs km de largeur et donc loin du rivage.

Les silex qui apparaissent peuvent indiquer des débris siliceux avec les calcaires. Durant la diagénèse cette silice a pu migrer et se concentrer pour donner des nodules souvent mal formés.

Il est midi 30 et à l'invitation d'Henri Paloc nous rejoignons Le Ranc où nous pourrons pique-niquer. Nous sommes reçus très aimablement par Mme Paloc.

De ce moment très agréable je retiendrai l'excellent vin d'Alsace offert en guise d'apéritif. Il s'agissait d'un Gewürztraminer cuvée particulière.

Arrêt P3 - Les schistes bitumineux.

Il s'agit de schistes "cartons" de teinte noire en cassure fraîche et qui, à l'air, prennent une teinte brune. Ils renferment de la matière organique.

Ces schistes se développent largement en direction des Causses. Ils sont d'âge Toarcien (sommet du Lias). Il s'agit de dépôts dans un bassin fermé sauf du côté SE. Ce bassin est un héritage de l'érosion du Massif Central à la fin des temps primaires. Les profondes vallées qui en résultaient ont permis à la mer de pénétrer profondément dans le massif.

Arrêt P4 – les calcaires du Jurassique supérieur.

Durant le Jurassique moyen et supérieur les sédiments vont devenir de plus en plus fins et finalement seuls les matériaux de type oxyanions vont subsister et essentiellement les ions bicarbonates. Les eaux de la Téthys sont, durant cette période, chaudes, ce qui favorise la précipitation de ces bicarbonates qui se transforment pour donner des carbonates. Ces calcaires ont un grain très fin. Nous parlons de micrite.

Pour rencontrer ces calcaires nous nous rendons à Anduze pour visiter une carrière abandonnée creusée dans des micrites du Jurassique terminal (Portlandien).

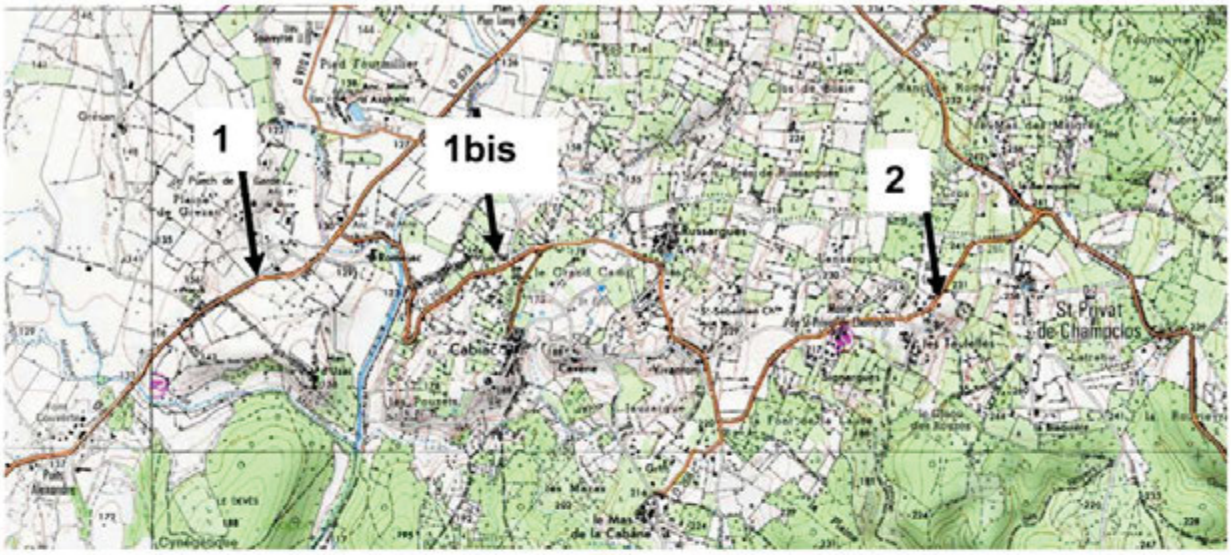
Nous sommes arrivés au milieu du cycle. Les continents voisins, pénéplanisés, ne fournissent plus de matériaux détritiques.

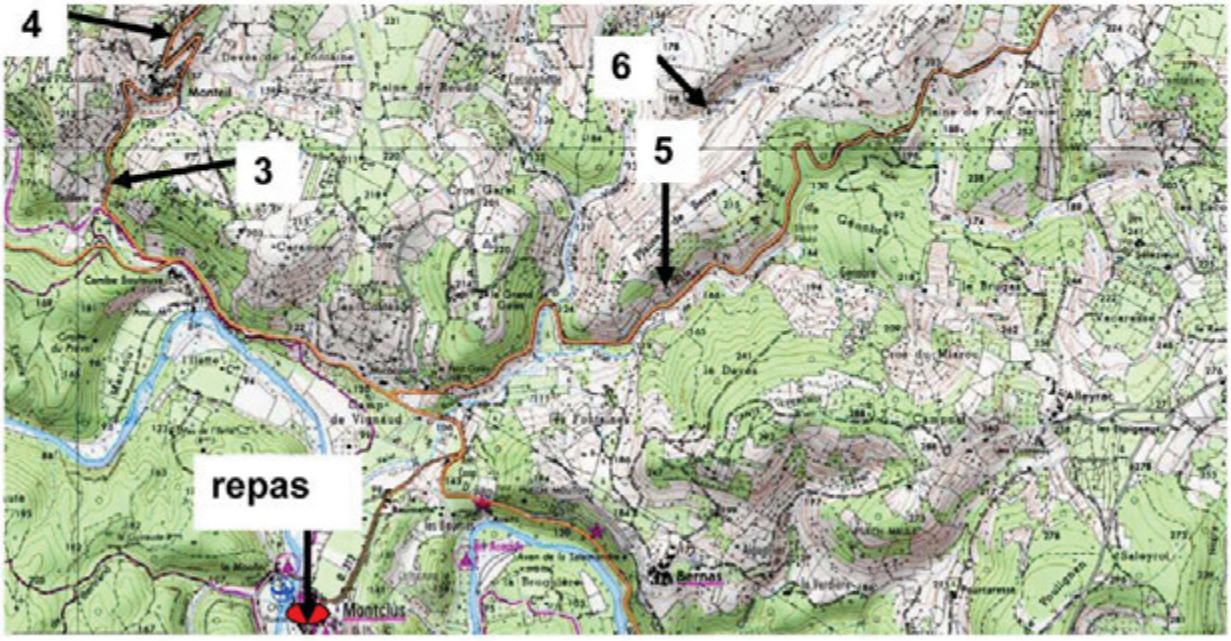
Nous nous trouvons dans une période de stabilité. La transgression s'achève et la régression ne débutera qu'un peu plus tard.

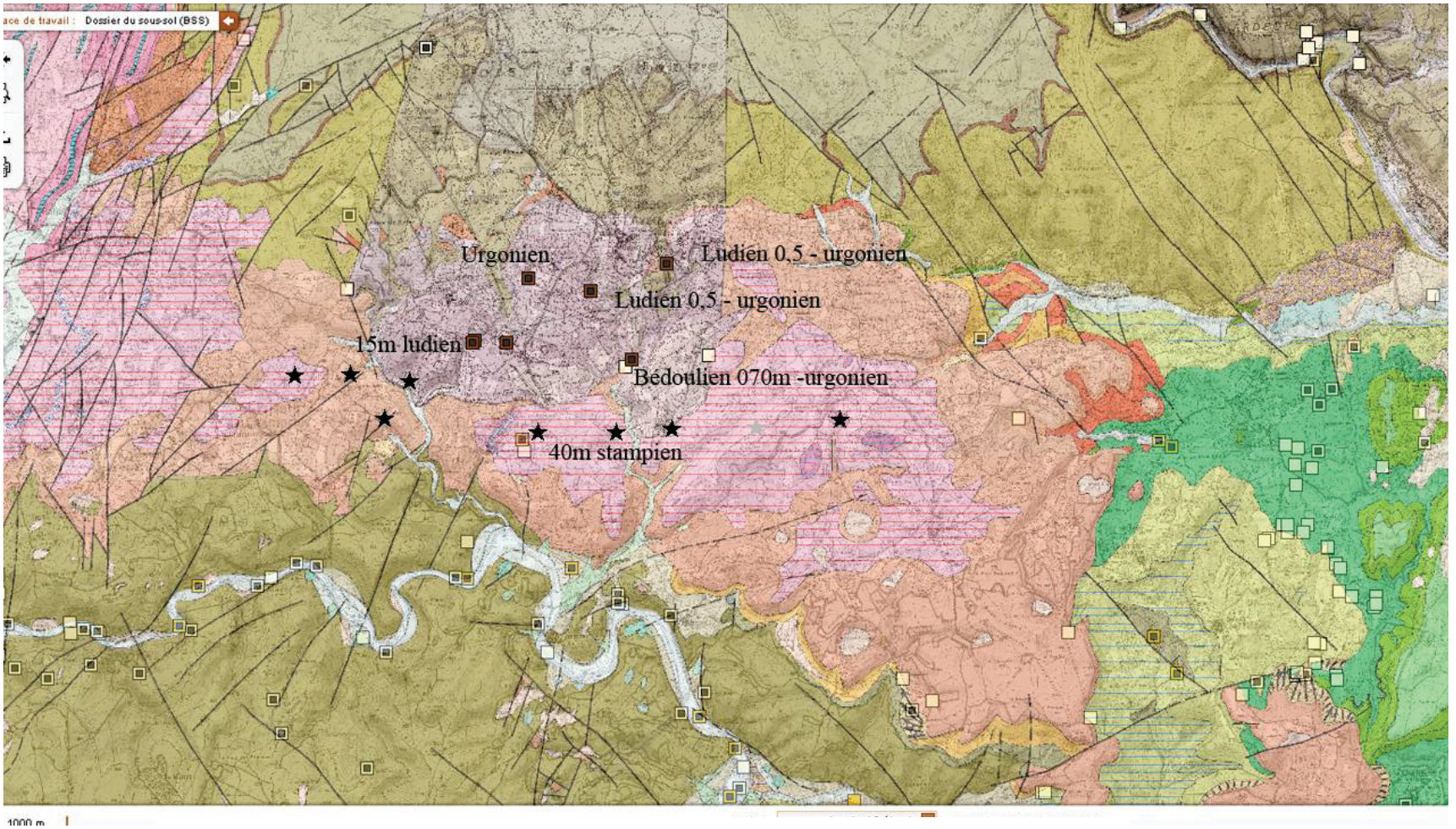
Nous verrons la prochaine fois la deuxième partie du cycle dépendant de la compression liée au rapprochement des plaques tectoniques qui aboutira à la formation des chaînes Pyrénéennes et Alpines.

Jean-Claude LAHONDERE

Dimanche 15/4 : Le tertiaire de la région d'Issirac







Informations données par les sondages enregistrés dans la banque de donnée du sous-sol (BRGM)

Le tertiaire de la région d'Issirac

Malgré un temps incertain, typique d'avril, plus d'une vingtaine d'agariens sont au rendez vous.

Le circuit proposé est long – au delà de la vallée de la Cèze - et le programme étoffé (8 arrêts prévus) ; nous ne nous attardons pas outre mesure sur le parking de l'EMA et démarrons passé 9h00 et quelques minutes.

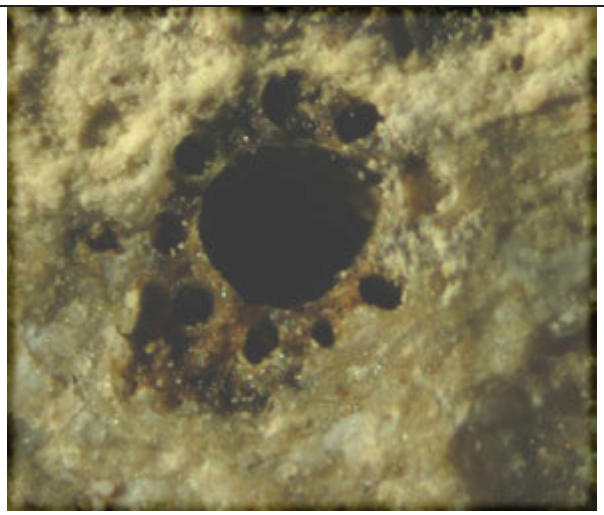
Les arrêts sont repérés sur les documents remis par JPR et RG à savoir : extraits cartes IGN et cartes géologiques.

Arrêt 1

Le talus de la route est creusé dans un calcaire lacustre blanc. L'observation attentive permet de remarquer la présence de tiges de Characées et des tests de petits mollusques (photos 1a et b).

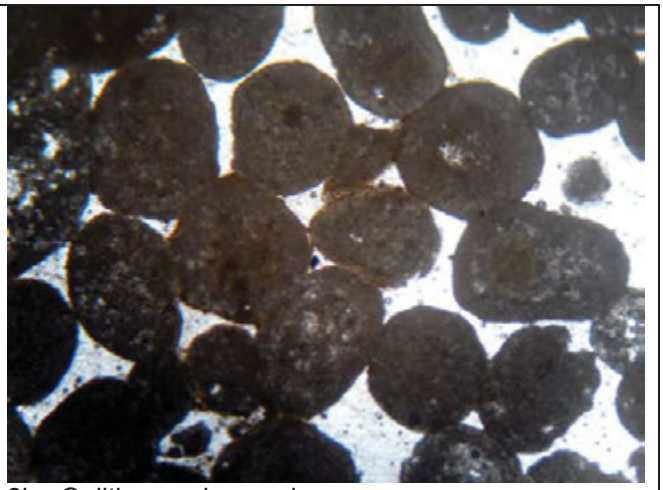
Nous sommes dans les calcaires qui renferment les niveaux asphaltiques (calcaires ludiens). Un peu plus loin, ce calcaire montre de minuscules grains ronds qui ressemblent à des œufs de poissons, il s'agit d'un calcaire oolithique (photos 1a et b). Généralement les oolithes se forment en milieu agité. On peut donc s'interroger sur la signification de ce niveau oolithique qui semble être très localisé à l'entrée du « synclinal d'Issirac ».

1a - Tige de Characées



1b - Section de tige de Characée

2a - Calcaire oolithique



2b - Oolithes en lame mince

Characées ou Charophytes

« Graines » ou oogones (*gyrogonites) de Gyrogona medicaginula* Du Chatien de Montmorency

Les Characées ou Charophytes sont des végétaux aquatiques, proches des Algues et qui affectionnent les eaux calcaires. Les rameaux et les organes reproducteurs femelles (oogones) s'incrustent de carbonate de calcium permettant ainsi une excellente conservation. Distribution écologique: ce sont des végétaux des eaux douces (milieu lacustre) et saumâtres (milieu lagunaire). Répartition stratigraphique: du Dévonien à nos jours.

Arrêt 2

Nous empruntons la RD 266 en direction de St Privat de Champclos. La route monte rapidement et nous dominons maintenant « la plaine » (le fossé d'Alès) d'une centaine de mètres. Nous nous arrêtons près de la cave coopérative de St Privat de Champclos, mais bien que nous ayons pris de l'altitude nous nous trouvons sur des terrains un peu plus vieux que précédemment (du Ludien inférieur). L'Urgonien se trouve en fait à quelques mètres sous nos pieds. Le tertiaire n'est ici qu'une très fine pellicule de quelques mètres, qui recouvre en discordance le crétacé inférieur (essentiellement ici l'Urgonien).

Vers le nord-ouest, s'ouvre un vaste paysage, avec :

- en contrebas le fossé d'Alès (où le Ludien se trouve probablement à 1000 ou 1500 m de profondeur !).
- puis les reliefs qui bordent le fossé avec l'échancrure de Cruzière.
- et dans le lointain les Cévennes schisteuses et le Mont Lozère à peine visible dans la brume.

Photo – 3 : Vue sur le fossé d'Alès depuis St Privat de Champclos

A la fin de l'Eocène un épisode d'extension (distension) entraîne l'apparition de fossés d'effondrement ; celui d'Alès est limité à l'est par la faille de Barjac et à l'ouest par la faille d'Alès. Le rejet est de l'ordre de 2000 m. Son remplissage, qui commence probablement dès l'Eocène, va se développer à l'Oligocène avec l'érosion des massifs de la bordure cévenole.

Vers le sud et l'est, le paysage est marqué par une grande surface d'aplanissement qui mériterait un long commentaire (voir arrêt 7).

Arrêt 3

Photo-4

Nous descendons pour rejoindre le cours de la Cèze sans nous arrêter, mais on retrouvera dans le bulletin 79 page 23 la description du contact Crétacé-tertiaire à proximité du Mas de l'Inde.

Nous nous arrêtons au croisement avec la D 712, pour observer sur le bord de la route le talus taillé dans l'Urgonien, ici fiable et très blanc. Un peu plus haut nous observons également un calcaire blanc mais il s'agit ici du calcaire lacustre à faune de bivalves classique du Ludien (photo ci contre). Le passage semble se faire très rapidement avec un contact très redressé mais la végétation masque malencontreusement ce contact.

Arrêt 4

Nous dépassons ensuite Monteil pour nous arrêter au Devès du Bosquet pour observer la grande dépression de Monteil. Cette dépression correspond probablement à un « Cros » c'est-à-dire une zone de soutirage liée à des cavités karstiques dans l'Urgonien sous-jacent. Ce type de phénomène est fréquent dans la région mais ne semble se développer que dans une zone à Tertiaire épais en bordure du « synclinal d'Issirac » à l'est immédiat de la Cèze (Il faut noter qu'un sondage aurait rencontré 40 mètres de Stampien à proximité de Monteil). Nous reparlerons de cela au Cros d'Avène.

Sondage de Monteil

Profondeur	Lithologie	Stratigraphie
De 0 à 0.5 m	TERRE VEGETALE GRAVELEUSE	QUATERNAIRE
De 0.5 à 43 m	ALTERNANCE DE MARNE ARGILEUSE BRUN, D'ARGILE OCRE BEIGE ET DE CALCAIRE MARNEUX	STAMPIEN-INF-NS
De 43 à 102.7 m	CALCAIRE BEIGE LOCALEMENT FRACTURE	APTIEN-INF
De 102.7 à 103 m	MARNE GRIS NOIR	APTIEN-INF
De 103 à 142 m	CALCAIRE BEIGE AQUIFERE LOCALEMENT FRACTURE	APTIEN-INF

Compte tenu des altitudes d'affleurements voisins, l'épaisseur du Tertiaire peut être estimée, ici, à au moins une centaine de mètres

Mais l'heure avance et les agariens se dirigent vers Montclus et s'installent pour le casse-croûte sur le bord de la Céze près du pont du moulin.

Après le repas nous parcourrons ce très joli village médiéval.

Village de Monclus

Nous reprenons les voitures en direction de Pierre Brune par la D 901

Arrêt 5

Un peu plus loin nous nous arrêtons pour observer en rive gauche du ruisseau de Monteil un versant fortement raviné et qui nous montre un très curieux phénomène. Il semble y avoir un plis inverse mais ce pli ne parait pas affecter les niveaux supérieurs.

Photo – 5 : Plis sur la rive gauche du ruisseau de Monteil dans l'Oligocène

On peut donc s'interroger sur la nature de cette structure. Pour JP Rolley il s'agit probablement d'un soutirage d'origine karstique comme ceux qui ont donné les « Cros ».

Arrêt 6

Nous reprenons la route, puis empruntons, sur la gauche, un chemin de terre en direction du valat de Costerine.

Le versant sud-est de ce vallon montre un important glissement. A l'approche de celui-ci, le sol est crevassé et de larges fissures sont visibles. Le glissement lui-même est spectaculaire, il se développe sur une dizaine de mètres d'épaisseur et plus d'une centaine de mètres de large et affecte la série ludienne (calcaires marneux et marnes gréseuses) qui présente ici un pendage conforme à la pente.

L'événement s'est produit lors des pluies diluviennes de septembre 2002. Il est probable que les très fortes précipitations ont provoqué d'importantes infiltrations qui ont entrainé une perte de résistance d'un niveau marno-argileux, permettant ainsi le glissement du versant.

Il apparaît que la série ludienne soit une habituée de la chose car la carte géologique signale la présence de lambeaux glissés en divers points.

Photo – 6 : Vue aérienne du glissement

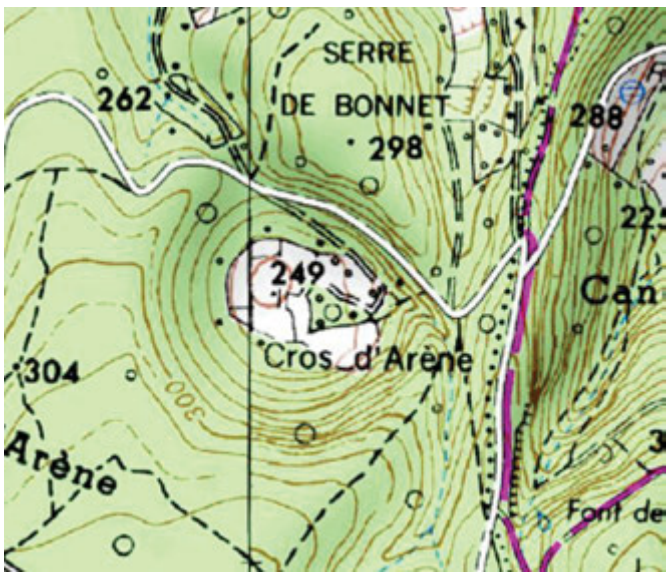
Photo – 7 : Vue de la rupture amont

Arrêt 7

Nous profitons de cette belle fin de journée pour visiter rapidement Issirac, village perché sur une butte circulaire (de calcaire du Stampien inférieur), qui aurait été occupé depuis la période romaine.

Une table d'orientation sur le côté sud-ouest du village permet de faire un rapide commentaire géomorphologique. Nous avons devant nous une large surface qui oscille entre 250 et 300 m et s'étend jusqu'au-delà de Méjannes-le-Clap. Cette surface est affectée d'un relief en creux, caractérisé par les gorges de la Cèze, qui nous sépare du plateau de Méjannes. Le Tertiaire a probablement recouvert l'ensemble de cette surface avant que celle-ci ne soit surélevée probablement en contre coup de l'effondrement du fossé d'Alès.

Arrêt 8



Après quelques errements sur des routes étroites et sinueuses, nous arrivons dans « ce bout du monde », une large dépression presque parfaitement circulaire de 500 m de diamètre et de plus de 50 m de profondeur, sans le moindre exutoire visible. Le Cros d'Avène est le plus spectaculaire des Cros de cette région.

L'origine de ces structures est généralement considérée comme provenant d'un effondrement et d'un soutirage d'origine karstique. La morphologie de celle-ci fait plus penser à un entonnoir d'ablation … mais la question reste ouverte.

Il y a une chose de sûre, c'est qu'ici le Tertiaire fait plus de 50 m d'épaisseur. Il semble donc y avoir entre la Cèze et une ligne voisine de Monteil-Issirac une zone longue et étroite où le Tertiaire, en particulier le Ludien, présente une épaisseur importante alors que sur le reste du « synclinal d'Issirac » on ne rencontre

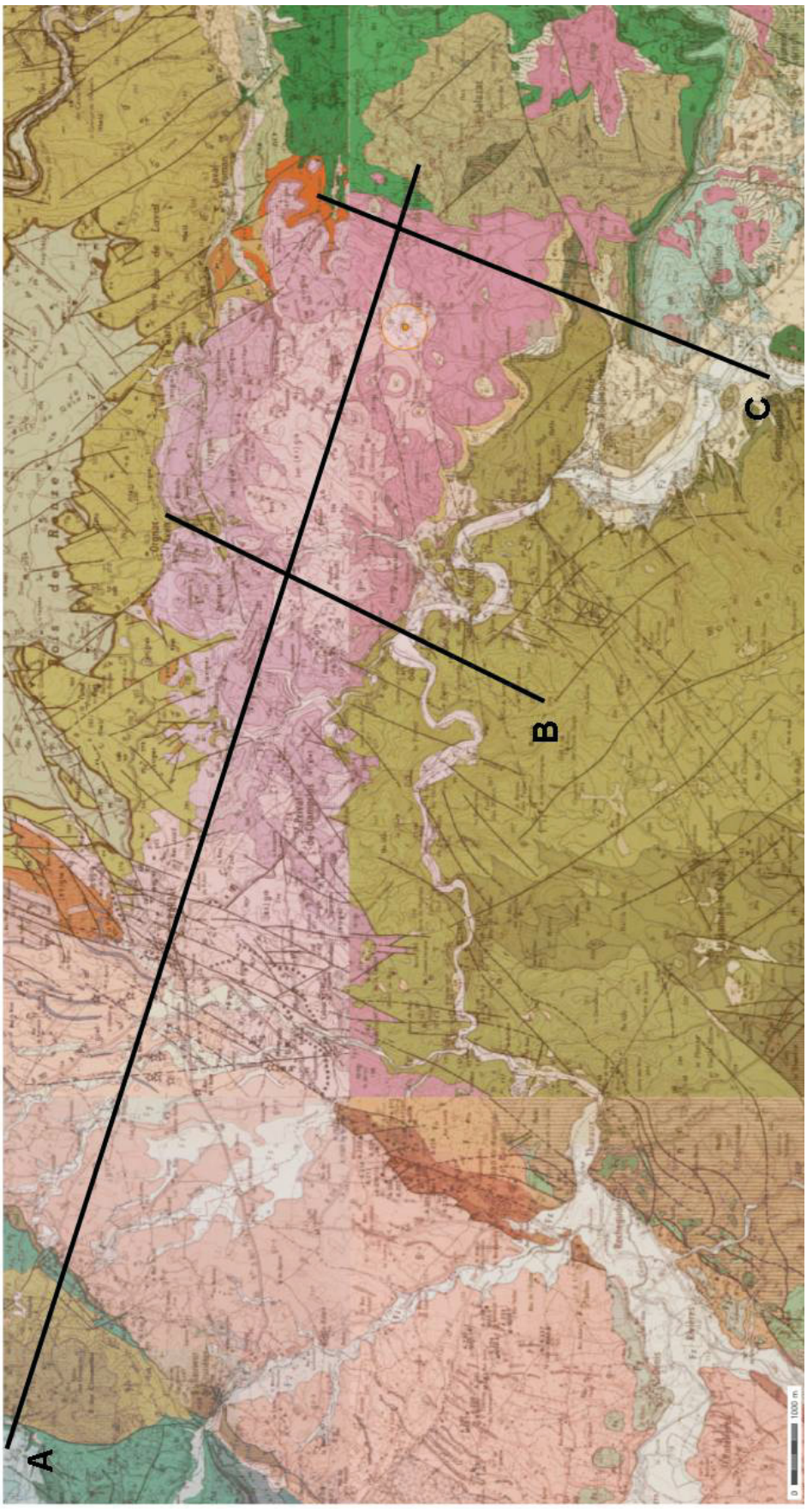
généralement que quelques mètres de Tertiaire reposant en discordance sur les calcaires urgoniens. On voit d'ailleurs apparaître dans cette zone, sous la formation ludienne, de l'Eocène inférieur puis du Crétacé inférieur (Albien et Aptien) avant d'atteindre l'Urgonien.

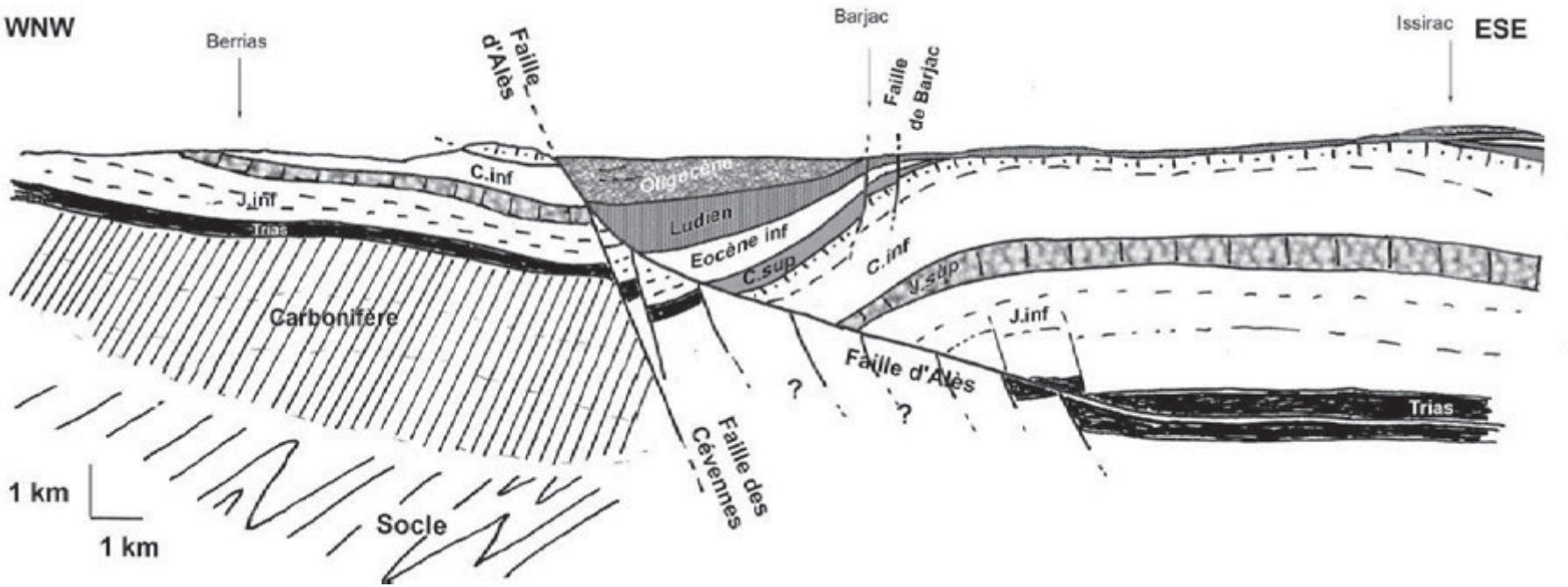
Vue aérienne (Google earth) des Cros dans la région d'Issirac

Jean-Pierre ROLLEY

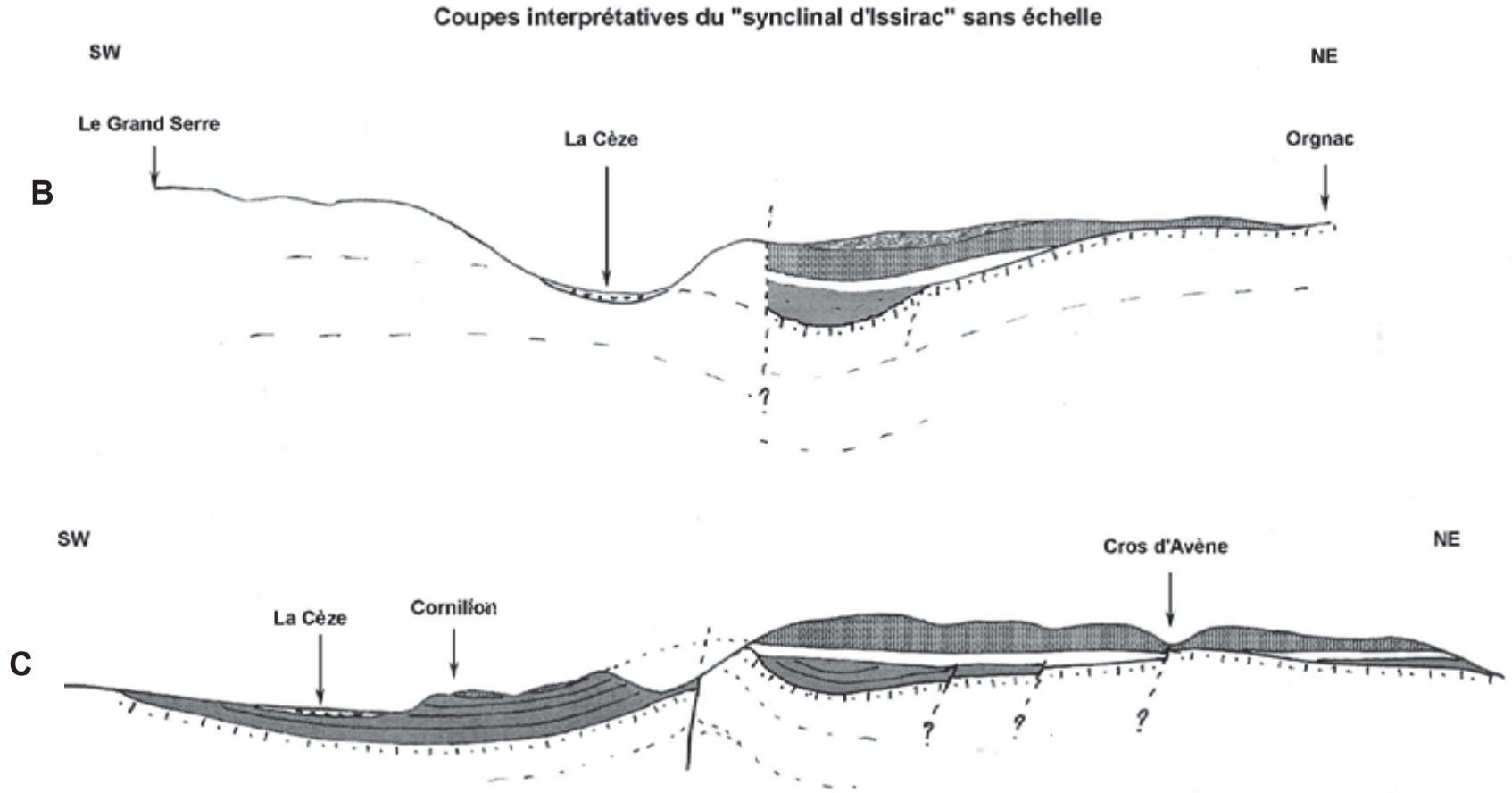
Essai d'interprétation de la structure du synclinal d'Issirac

Position des coupes (image cartes BRGM-géoportail)





A- Essai de coupe du fossé d'Alès – Issirac (JP Rolley 2012)
(inspirée de Sanchis et Séranne 2000)



B et C- Essai de coupe interprétative du « synclinal d'Issirac (sans échelle)
(JP Rolley 2012)

Mercredi 25/4 : conférence de JM Négroni « Les carbonates et leurs usages »

Les carbonates et leurs usages

Le texte de cette conférence paraitra dans le prochain numéro

Dimanche 13/5 : "De la vallée du Chassezac au plateau de Montselgues"

De la vallée du Chassezac au plateau de Montselgues

(sortie commune avec la Société géologique de l'Ardèche)

Le rendez vous plus matinal que d'ordinaire (8h30) ne décourage pas une vingtaine d'agariens présents au parking de l'EMA.

S'agissant d'un circuit organisé par nos collègues ardéchois - entre autres, leur Président Georges Naud - il n'y a pas la distribution habituelle de documents préparatoires (circuit, arrêts) ni d'aperçu sur le contenu de la journée.

Le rendez-vous est au centre ville des Vans. Nous les retrouvons vers 9h30 après un parcours sans histoire car le temps est beau. Les ardéchois sont en nombre égal à nous.

Georges Naud distribue quelques feuilles du circuit : il suivra la vallée du Chassezac jusqu'à Pied de Borne ; ensuite longera la vallée de la Borne jusqu'au plateau de Montselgues. En gros nous allons passer des terrains sédimentaires du Secondaire aux terrains magmatiques et métamorphiques du Primaire.

Détail des arrêts programmés

Arrêt 1 : D113. Pont de Gravières. Trias sédimentaire discordant sur la série métamorphique des Cévennes. Micaschistes « tigrés » (faciès de rétromorphose) dans l'unité 2 de la série cévenole).

Arrêt 2 : 1 km plus loin, au départ d'un chemin sur la gauche. Quartzites micacés de l'unité 2 de la série cévenole.

Arrêt 3 : Dans un coude prononcé de la route sous Malarce. Micaschistes à muscovite et chlorite de l'unité 3 de la série cévenole.

Arrêt 4 : Carrefour D 113 -route de Lafigère. Quartzites micacés de l'unité 5 de la série cévenole affectés par le pyrométamorphisme du granite de La Borne et filons de lamprophyres.

Arrêt 5 : Ancienne caserne de la mine de Sainte-Marguerite (La Rouvière). Filon de microgranite et aplite dans les quartzites micacés de l'unité 5 de la série cévenole et filon de quartz minéralisé à barytine, pyrite, galène argentifère, sphalérite. Contact : filon de granite porphyroïde-quartzites micacés. Filon de quartz bien visible dans le paysage, rive droite du Chassezac.

Entre les arrêts 5 et 6, nous sommes dans le massif de granite de la Borne avec une alternance de granite sain et de granite altéré en arène. Dans le paysage, la fracturation multiple du massif apparaît nettement ce qui conditionne le débit du granite et son altération. A Pied-de-Borne, prendre" à droite la D 151, direction La Bastide.

Arrêt 6 : Hameau de Charais. Dans le lit de la Borne, grosses boules de granite qui permettent de bien étudier le faciès porphyroïde, les filons d'aplite, les enclaves de nature variée, la fracturation et l'érosion avec « marmites de géants » en formation.

Arrêt 7 : Retenue EDF sur le ruisseau de Fustugères. Granite porphyroïde de la Borne avec filons d'aplite, enclaves et orientation des phénocristaux de feldspath potassique.

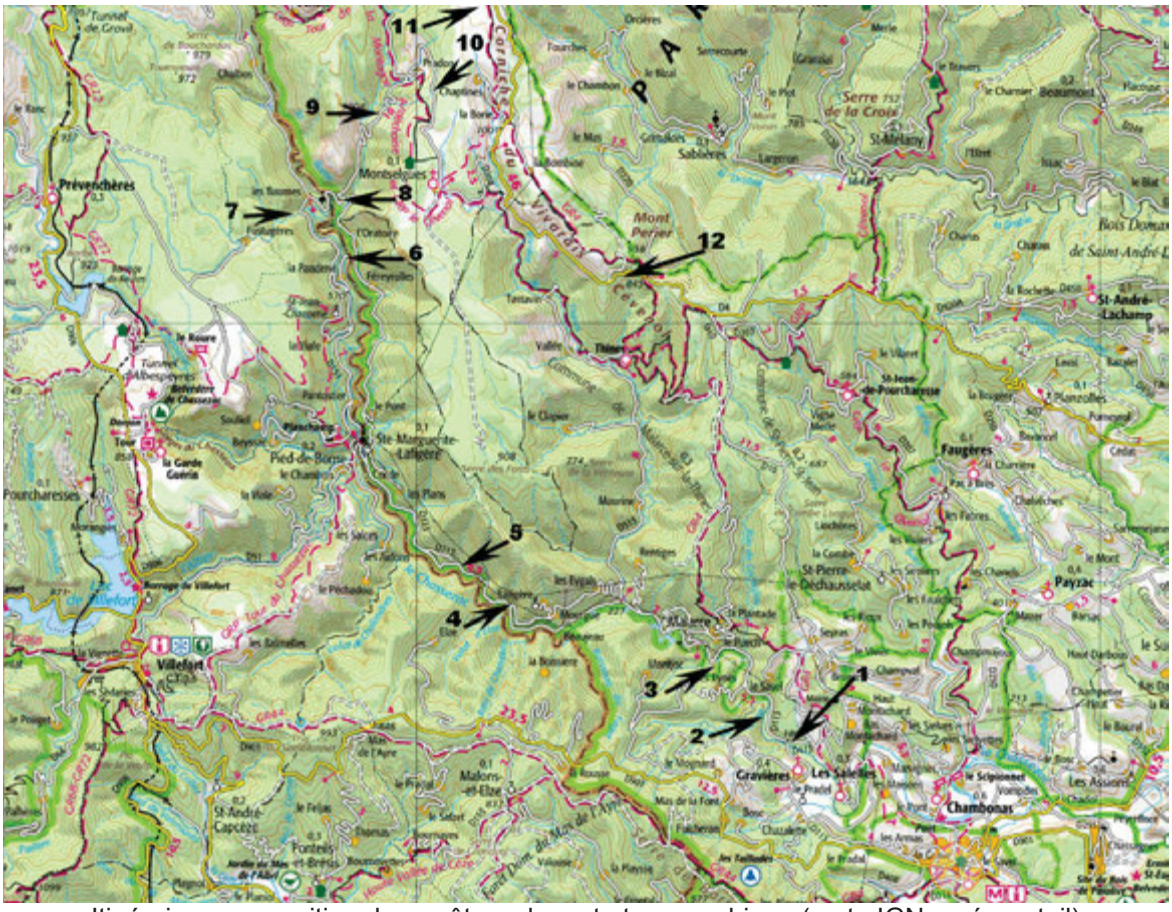
Arrêt 8 : Quitter la D 151 au hameau des Beaumes. Prendre à droite le CV 25, direction « Montselgues ». Au carrefour du chemin de Chamier. Granite altéré avec filons d'aplite rose en relief.

Arrêt 9 : CV 25. A mi-distance entre Prévenchet et Pradon. Contact nord du massif de granite porphyroïde et des « schistes des Cévennes » (unité 5 de la série cévenole).

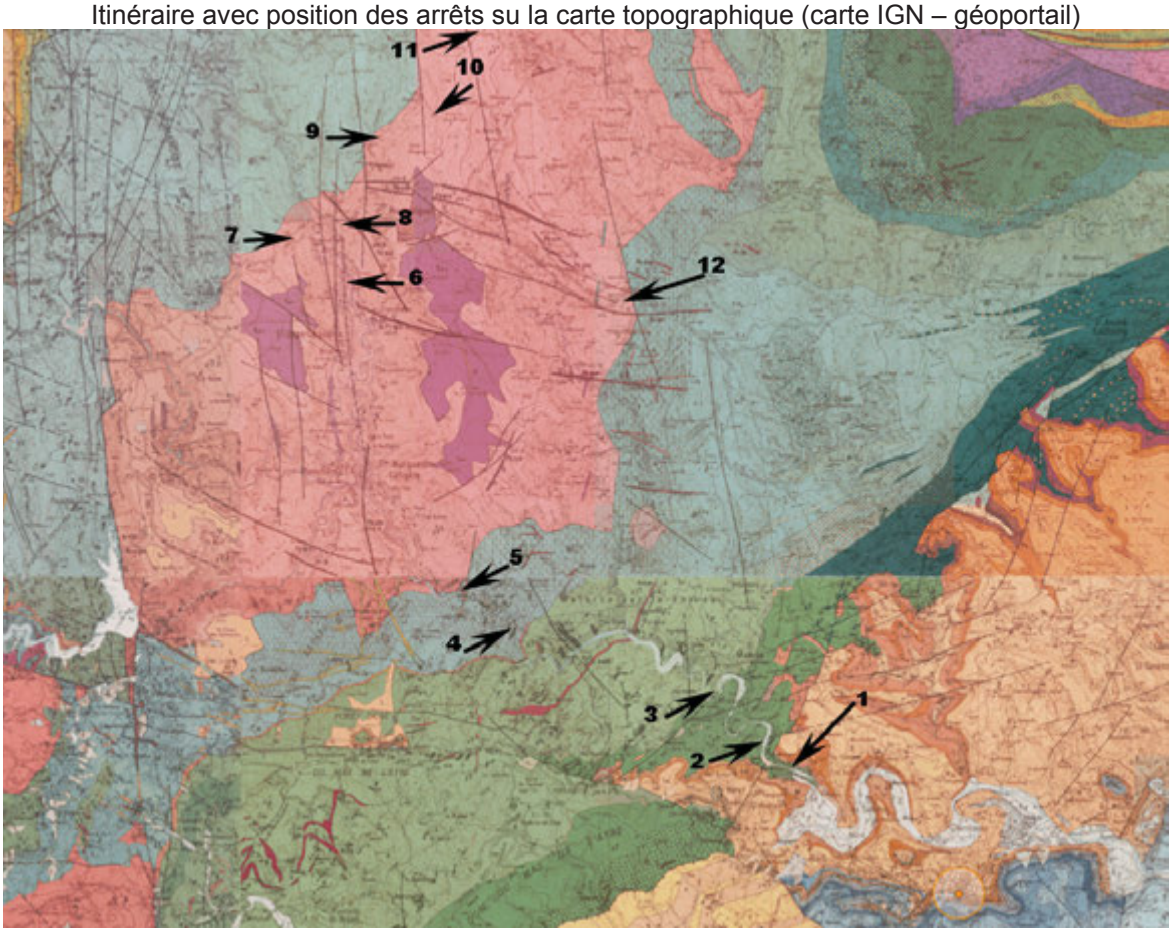
Arrêt 10 : Sur le plateau, virage à gauche, au début du Serre de Teste Rouge. Panorama sur les massifs au-delà de la vallée de la Borne : Montagne du Goutet, Mont Lozère, etc.

Arrêt 11 : Poursuivre au-delà de Montselgues. Au carrefour avec la D4, prendre celle-ci à gauche, jusqu'au Petit Paris. Splendide chaos granitique et panorama, d'un côté sur le plateau de Montselgues et, de l'autre, sur la haute vallée de la Drobie.

Arrêt 12 : Revenir sur ses pas, sur laD4 et poursuivre jusqu'au-lieu-dit « L'Echellette » (carrefour d'une route qui mène à Sablière). Contact par faille du granite porphyroïde de la Borne et des schistes des Cévennes ayant subi un fort métamorphisme thermique.



Itinéraire avec position des arrêts su la carte topographique (carte IGN – géoportail)



Position des arrêts su la carte géologique (carte BRGM – géoportail)

Série cévenole d'après Jean Pellet (carte Génolhac 1990)

Synthèse simplifiée des terrains anté-hercyniens des Cévennes

(sur 12 feuilles contiguës)

LÉGENDE

En unités 1, 2, 3 les directions de foliation sont schématiquement figurées

Volcanisme quaternaire de Jaujac

Couverture post-houillère du Permien au Quaternaire

Houiller discordant sur le socle métamorphique (Jaujac-Prades, Bessèges, La Grande Combe .

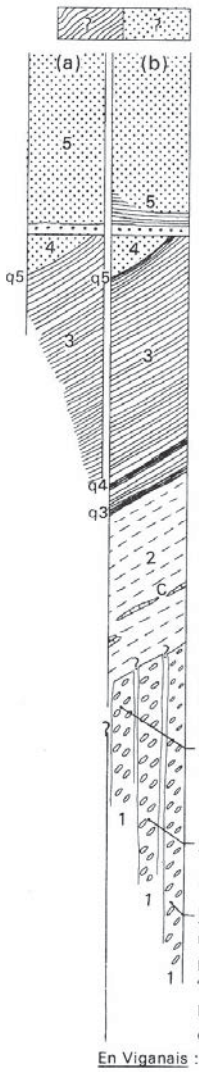
ENSEMBLES PLUTONIQUES : GRANITES

Granites à dominante porphyroïde (non nécessairement synchrones) : Margeride, Pont-de-Montvert - Rabeyrals - La Borne, Aigoual, St-Guéral-Liron, partie de Montcalm

Granites plus ou moins porphyroïdes, intrusifs dans l'ensemble du Tanargue

Granites non porphyroïdes ou peu porphyroïdes de Rocles (syncinématique), des sommets de Finiels et du Bougès, d'une petite part du Montcalm au Nord-Ouest d'Alès

ENSEMBLE ANTÉSTÉPHANIEN, PLURIMÉTAMORPHIQUE ET PLISSÉ



Rattachements douteux :
Nord à Nord-Est de Mende (Unité 3 ?), Nord-Est de Prévenchères (Unité 5 ?)

UNITÉ 5 : Série "flyschoïde" supérieure, débutant par la formation de l'Apié-Alteyrac et reposant en discordance (cartographique) sur unité 4 ou unité 3 amputée d'une partie variable de son sommet
a) Dans l'interprétation représentée à droite, la série lustrée bleu-ardoise à noire du Bougès et Mont-Mars appartient à la part inférieure de l'unité 5
b) Dans l'interprétation (b), cette série lustrée bleu-ardoise à noire est une lame isoanticlinale d'unité 3. La carte à 1/50 000 exprime l'interprétation (b)

UNITÉ 4 : Série "schisto-gréseuse supérieure" des Hauts-Gardons débutant par le quartzite q5. Amputée ou absente à l'Est et au Nord-Est de ce croquis

UNITÉ 3 : Série dite "des schistes noirs" des Hauts-Gardons, encadrée par q5 et q4 q3
Dans l'interprétation (b), les schistes noirs du Bougès et du Mont-Mars sont d'unité 3, dans l'interprétation (a), malgré un figuré schistes noirs, ils n'appartiendraient pas à l'unité 3
Au Nord-Est du croquis, on propose le rattachement encore hypothétique à cette unité d'une partie au moins des "micaschistes inférieurs et supérieurs de la Baume" (au sens de A. Weisbrod-feuille Largentière)

UNITÉ 2 : Série "schisto-gréseuse inférieure" sous-jacente à q3 et admettant (près de sa base ou à sa partie moyenne) des assises carbonatées C :
Puissantes et comportant 2 niveaux distincts en Viganais, de plus en plus minces voire lacunaires en allant vers le Nord-Est, parfois associées à des produits volcaniques métamorphisés. On propose de rattacher à l'unité 2 les micaschistes du Tournel et une part de ceux de la "Série ardéchoise" de Weisbrod qui admettent un horizon callo-magnésien

UNITÉ 1 : Ensembles "gneissiques" de diverses origines (selon les lieux, et les auteurs). Y sont inclues : Leptynites (ortho ou para), micaschistes (ortho ou para)

Ensemble de Peyrolles : Orthogneiss de granite. Selon les auteurs :
- soit intrusif dans la base de l'unité 2,
- soit sous-jacent à l'unité 2, qui serait la couverture de ce granite

Cézarenque-Joyeuse : Association de formations orthodérivées provenant de plusieurs faciès de granites.

Du centre nord au Nord-Est du croquis : Gneiss et leptynites, plus ou moins remobilisés, voire anatectiques "Ardéchois" provenant d'un ensemble qui pourrait inclure des granites, équivalents latéraux très probables de ceux de "l'Arc-de-Fix" ; équivalents possibles de ceux de la Cézarenque ; des parts de leur couverture "grossière" ; des parts de l'encaissant préexistant ; des métavolcanites

En Viganais : Un substrat gneissique n'est pas connu à l'affleurement

Série cévenole d'après M. Faure et P. Brouder (carte St André de Valborgne 2009)

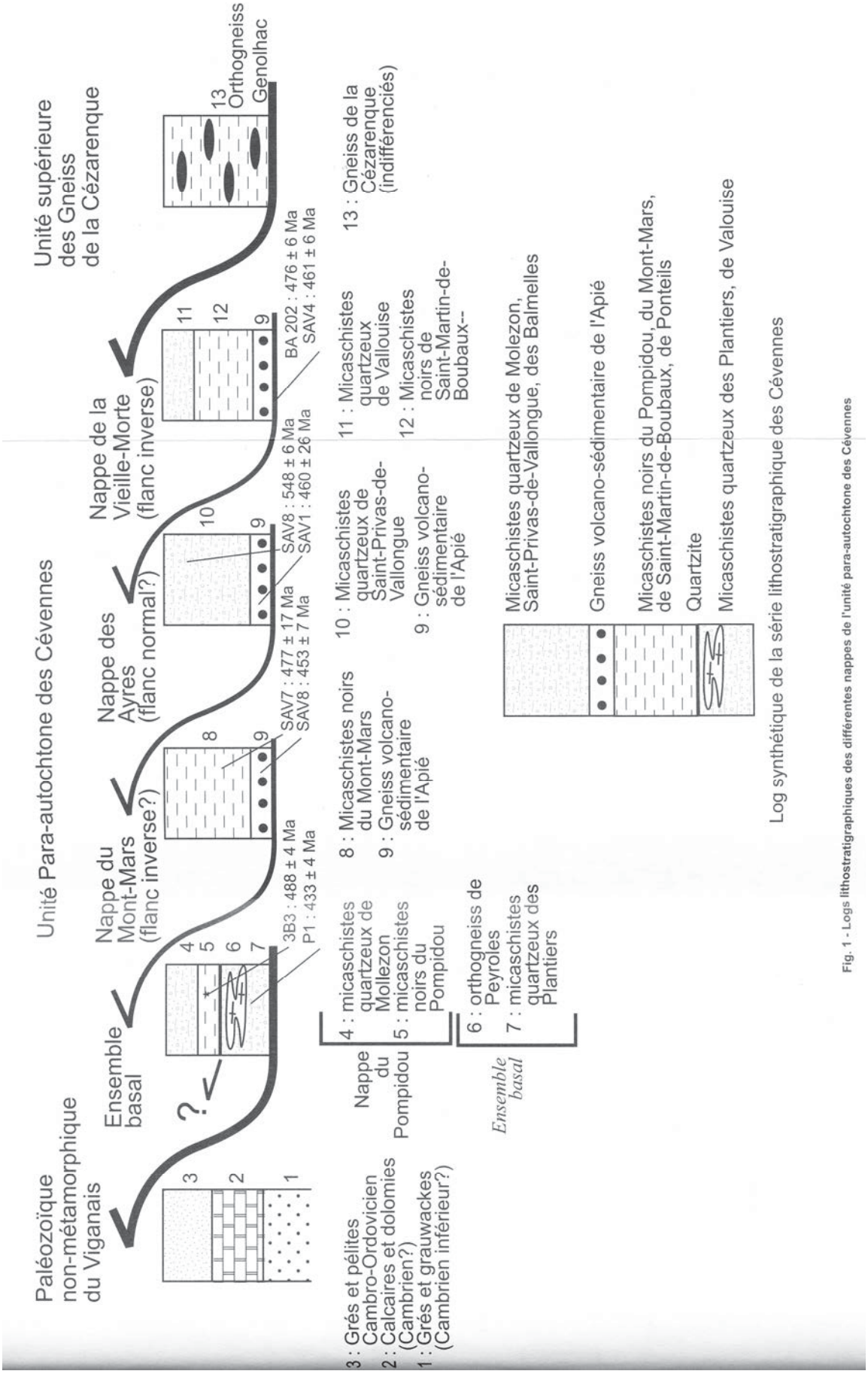


Fig. 1 - Logs lithostratigraphiques des différentes nappes de l'unité para-autochtone des Cévennes

1er arrêt : pont sur le Chassezac / commune de Gravières

Le pont en pierre est un bel arc vouté ; le surplomb de la route au dessus du fil d'eau approche sans doute les 25m. Le Chassezac coule sur une roche de couleur sombre, qui semble dure. La carte géologique mentionne « 2χξ » de l'Unité 2 de la série cévenole. Il s'agit en fait de micaschistes et quartzoschistes rétromorphosés[1] dit « schistes tigrés ».

On observe dans le lit de la rivière des formes creuses et arrondies qui sont des « marmites », créées dans la roche par des galets qui, par frottement, creusent la roche.

Marmites

Galets dans une marmite

C'est l'occasion d'un rapide rappel de la constitution de la série métamorphique issue d'une série gréso-pélitique, à savoir :

Phyllades → Micaschiste → Gneiss → Migmatites → granite d'anatexie

Le contact avec les terrains sédimentaires secondaires du Trias (grès, arkoses) est tout proche dans la vallée, 100 à 200 m en aval du pont ; si la végétation n'était pas si dense on pourrait l'apercevoir. Tous les terrains en aval sont du Secondaire.

Le contact est discordant ; il est aussi décalé par les failles (par exemple la faille d'Orcières qui passe au nord du Mont Lozère) ; de plus le miroir de ces failles est compliqué car elles ont souvent subi plusieurs déformations successives.

2ème arrêt

Nous remontons la vallée du Chassezac d'une paire de kilomètres. Nous sommes maintenant « entrés » dans les terrains métamorphiques primaires précités ; toujours dans l'Unité 2.

Le talus de la route est constitué de roches dures qui s'apparentent à du quartzite, pas de feldspath ; beaucoup de quartz ; la couleur noire est sans doute due à

[1] Rétromorphose : transformation par métamorphisme d'une roche déjà métamorphique, en une autre roche métamorphique (généralement de degré plus faible que la roche initiale).

la matière organique ; la roche est litée en certains endroits et à d'autres apparait plus massive, cela est sans doute dû à la composition minéralogique.

Si on ne voit pas les grains (cristaux) cela est dû aux fortes pressions et à la température qui ont généré le métamorphisme (en ordre de grandeur : 8000 m de profondeur).

3ème arrêt

Nous remontons la vallée du Chassezac. Nous sommes toujours dans les terrains métamorphiques mais ici c'est l'unité 3 de la série cévenole, celle des micaschistes à muscovite et à chlorite.

Des explications sont apportées sur les différents types de métamorphisme et les roches / minéraux qui en résultent (degré d'intensité ; de contact ou général ; nature des roches originelles)

Examen du talus d'un déblai routier : des lentilles de quartzites sont identifiées ; les micas se caractérisent par leur caractère brillant.

4ème arrêt : près du hameau de la Figère

Nous sommes en amont du barrage de Lafigère ; les crêtes environnantes sont déchiquetées bien que leur altitude soit modeste (pas plus de 500m) ; les gorges du Chassezac paraissent profondes (dû à la forte pente du versant). Les travaux de confortement ou d'ajustement des caractéristiques techniques (capacité, déversoir, etc.) du barrage ont nécessité de le vidanger ce qui donne une vue sur les flancs mis hors d'eau.

Le pendage des couches est de45° vers l'aval.

On est toujours dans l'unité 3 de la série cévenole mais ici dans la zone d'influence du granite de la Borne.

Nous pouvons observer dans les talus de la route des filons de roches riches en micas (lamprophyre) non métamorphisées. Une discussion s'engage sur l'origine de ces filons : magma provenant du manteau ?, ségrégation magmatique ?, …

Leur altération rougeâtre est due au fait qu'ils contiennent des minéraux ferro-magnésiens.

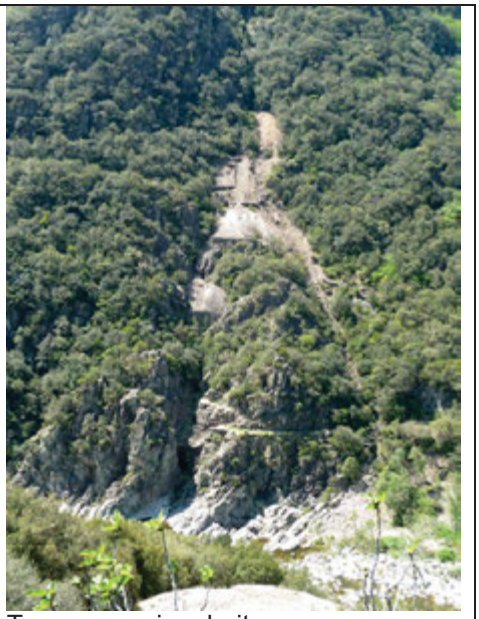
Examen d'un échantillon dans le déblai : l'examen montre qu'il contient essentiellement des feldspaths et des micas.

5ème arrêt : au droit de la mine située dans la vallée (Commune de Ste Margueritte Lafigère).

Mine de cuivre, plomb, zinc, exploitée à plusieurs périodes.

En rive droite, nous pouvons admirer les très spectaculaires vestiges de l'exploitation. Bâtiments en ruine de l'usine de traitement et traces des 12 niveaux de galeries.

Bâtiment de l'ancienne laverie



Travaux en rive droite

Minéralisation

Géode

Nous examinons le talus sur le côté droit de la route : on identifie quelques granites clairs à grain très fin ; c'est un filon d'aplite.

Avec ces 5 arrêts le temps a passé très vite ; Il est maintenant presque 13h00 et les agariens manifestent quelques impatiences pour la restauration de midi. Le lieu choisi est une plateforme en élévation de 8 à 10 m par rapport à la route et qui servait d'aire de travail à l'entrée d'une galerie d'exploitation (dont l'entrée a été grillagée par mesure de sécurité). Nous y accédons par un escalier étroit de près de 40 marches.

Chacun s'installe au mieux dans cet univers minéral ; mais les préoccupations sont plus immédiates pour s'épancher sur les aspects écologiques ou paysagers du lieu. Les discussions vont bon train.

Repas sur le carreau de la mine

Les mines du Chassezac (d'après Marie-Christine Bailly-Maitre " ***Les mines médiévales de Largentière et Sainte Margurite Lafigère*** – Malarce sur la Thines" – Mémoire d'Ardèche et temps présent n° 105 ; février 2010)

Ces mines se trouvent à cheval sur les départements du Gard et de l'Ardèche, dans la vallée encaissée du Chassezac. Le gisement est formé de deux filons majeurs :

le filon dit de la Rouvière (en rive gauche), et des Issarts (en rive droite), sub vertical, de direction presque N-S.

le filon des Anciens, orienté NW-SE.

Ce sont des filons de quartz et barytine, encaissés dans les schistes et le granite. La minéralisation est constituée de galène PbS, de sphalérite ZnS et de pyrite FeS_2. De l'argent est également associé à la galène et à la sphalérite ainsi que de l'or dans le filon des Anciens.

Autrefois les filons affleuraient sur les pentes de la vallée ; l'exploitation, attestée dès le XI^{e} siècle, s'est d'abord faite en découverte et par puits de quelques mètres de profondeur d'où partaient des galeries en direction peu profondes ; par la suite le réseau de puits et galeries a été très développé.

Une concession a été attribuée en 1887 au profit de la Cie des mines de Génolhac. .L'activité a été irrégulière, tributaire des évènements politiques et des cours des minerais :

de 1887 à 1891

de 1900 à 1908 : période faste ; il y eut jusqu'à 300 ouvriers.

en 1915 arrêt de l'exploitation et mise en liquidation de la société en 1919

de 1929 à 1931 : reprise activité mais crise économique de 1929.

Puis Peñarroya a repris l'exploitation de 1943 à 1945 ; l'extraction est aujourd'hui abandonnée et le site a été mis en sécurité en 2009.

Aux environs de 14h00 nous reprenons la route RD 113 vers l'amont.

Au droit de Ste Marguerite-Lafigère et Pied de Borne nous faisons une brève halte au droit de la centrale hydraulique EDF alimentée par de grosses canalisations venant d'un barrage amont (barrage de Villefort) et le poste EDF associé.

Une précision importante : l'Altier et le Chassezac confluent avant que la Borne les rejoigne.

Nous prenons la RD 151 qui longe la vallée de la Borne ; direction du Nord.

6ème arrêt : au droit du hameau de Charais en bordure de la Borne.

C'est un lieu très encaissé ; un pré tient lieu de parking ; 20 à 30m nous séparent du lit de la rivière constitué d'un granite à grands feldspaths potassiques de couleur légèrement rose

La carte géologique identifie ce granite ργ3 comme calco-alcalin, porphyroïde à biotite.

Jean-Pierre Rolley apporte quelques explications sur la formation des granites, sur leur altération. On se reportera d'ailleurs à la sortie AGAR du mois de juin 2011.

Quel est l'âge du granite de la Borne : il est estimé à -290 Ma (fin Carbonifère environ). On aurait le même type de granite à Tournon dans la vallée du Rhône mais il est d'âge différent.

Explication sur les moyens de détermination de l'âge des roches par dosages isotopiques.

7ème arrêt : au pont du ruisseau de Fustugères

Nous examinons un volumineux massif de granite affleurant en bordure de route ; il est perforé en de nombreux endroits par des trous de carottage profonds et de quelques cm de diamètres : il s'agit sans doute de prise d'échantillons pour datation ou étude de paléomagnétisme.

On observe des bandes claires correspondant à des filons d'aplite (roche filonienne à grains fins homogènes, de couleur claire et constitué essentiellement de quartz et de feldspath).

Observation du granite porphyroïde

Prise d'eau d'Electricité de France

Un 2ème affleurement granitique, voisin du premier, montre des cristaux de feldspath orientés sensiblement dans la même direction (ce qui n'était pas le cas dans l'exemple précédent). Il ne s'agit pas d'une orientation métamorphique mais d'une orientation due à des mouvements de convexion dans le magma non encore consolidé.

.

Quelques dizaines de mètres en amont du pont, sur le ruisseau, un seuil bétonné a été construit ; il ressemble à un petit barrage. Il s'agit d'une prise d'eau créée par EDF et qui semble alimenter un canal d'irrigation taillé dans la roche de la rive droite.

Il faut savoir que dans le secteur de Villefort, pied de Borne, les canaux d'irrigation de ce type sont nombreux et sont de véritables petits chefs d'œuvre technique (souvent taillés dans la roche).

Béals et béalières : (d'après rapport d'étude Eaucea "***Plan d'optimisation de la gestion de l'eau sur le bassin versant du Chassezac*** – janvier 2011)

Au XIX^{e} siècle le développement de la castanéiculture a entraîné la réalisation de canaux d'irrigation (appelés béals et béalières pour les canaux secondaires). Ces canaux sont alimentés par les principales rivières : Chassezac, Altier et Borne sur lesquels ont été réalisés des barrages.

Dans la vallée de la Borne c'est principalement le barrage de Roujanel qui a été réalisé pour alimenter le canal de la Baume long de 7 km. Des prises d'eau complémentaires ont été pratiquées sur son parcours dont celle de Fustugères. Ce canal de la Baume permet l'irrigation d'environ 30 ha de châtaigneraies.

8ème arrêt : carrefour de Chamier (hameau des Baumes)

Il s'agit d'observer en bordure de route le granite altéré (quartz, argile kaolin) ; l'altération remonte à une période où le climat était très différent.

Affleurement d'arène granitique (granite altéré)

9ème arrêt : bordure nord du granite de la Borne

Nous reprenons les voitures et après une très courte distance, un constat : nous ne sommes plus en zone granitique.

C'est bien ce qu'indique la carte géologique qui « change de couleur » pratiquement dès le hameau des Baumes avec comme repère géologique « $B\xi^{1-2}$ » qui correspond (sur la carte de Largentière) aux « schistes des Cévennes ss. ». Nous nous trouvons en présence de niveaux de l'Unité 5 de la série cévenole.

Les couches métamorphiques ici pendent vers le nord alors qu'elles inclinaient vers le sud de l'autre coté du massif de granite !

On ne trouve pas trace de métamorphisme de contact entre le granite et les schistes. On est donc amené à penser à la présence d'un contact plus ou moins tectonique.

Contact granite-schiste des Cévennes

10éme point d'arrêt : Teste Rouge

Nous marquons un bref arrêt pour admirer le paysage et en particulier la vue sur les montagnes du goulet et du Mont Lozère.

Un rappel est fait sur les petits causses qui sont blottis au pied du massif granitique du Mont Lozère pour rappeler que la mer n'était pas loin d'ici au Secondaire

La pénéplaine antétriasique est à notre niveau.

Vue du la montagne du Goulet et le Mont Lozère

11éme point d'arrêt : Petit Paris

Nous poursuivons notre route vers le nord et faisons un dernier arrêt sur le point haut. D'un côté nous dominons toute la vallée de la Borne, de l'autre la Haute vallée de la Drobie.

Nous sommes au pied d'un splendide chaos granitique.

C'est sur ces quelques observations générales que les participants se séparent après une journée bien remplie.

Nous ne ferons que ralentir au niveau l'Echellette (arrêt 12) pour jeter un coup d'œil au paysage.

Enfin la séparation n'est pas immédiate puisque certains se retrouvent aux Vans pour prendre un rafraîchissement.

Jean-Pierre ROLLEY et Robert GUIN

Samedi 9/6 : Le Vigan-Aigoual

SORTIE LE VIGAN – AIGOUAL - 9 juin 2012

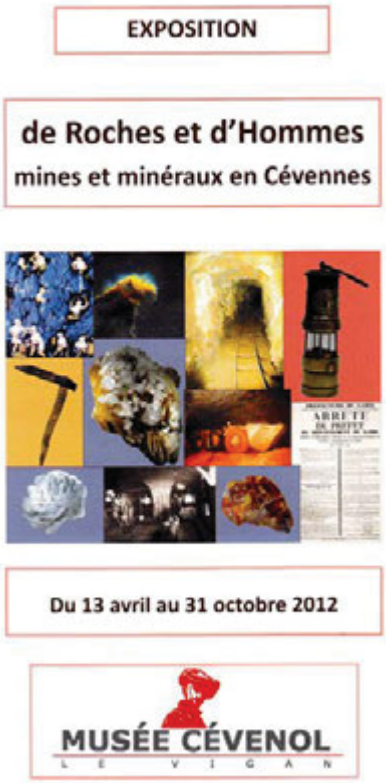
Exceptionnellement cette sortie comportait deux thèmes :

- Le matin visite d'une exposition sur les mines au musée du Vigan.
- L'après midi retour sur les cipolins de l'Aigoual. Après les avoir tant cherchés et convoités il était devenu nécessaire de les démystifier et les montrer, faire toucher, au plus grand nombre.

Après le rituel rassemblement devant l'EMA, nous nous retrouvons, une heure et demi plus tard, au Vigan, devant le musée. Notre troupe est trop maigre (une grosse dizaine) pour pouvoir bénéficier du tarif groupe.

1) Visite du musée cévenol du Vigan

Tout à côté du pont roman, ce musée occupe un bâtiment moyenâgeux, tour à tour tannerie, magnanerie, filature. Créé en 1963 il offre, sur trois niveaux, diverses expositions ethnologiques centrées sur les activités agricoles, artisanales et industrielles du pays viganais. Sans oublier des vitrines géologiques, d'autres sur les richesses en eau, notamment la source d'Isis, le protestantisme, les célébrités locales, etc.



Depuis début avril et jusqu'à fin octobre 2012 il accueille une exposition temporaire intitulée **"de Roches et d'Hommes, mines et minéraux en Cévennes"**, évènement qui justifie notre visite.

Panneaux, cartes, plans, photographies, documents d'archive divers retracent le passé minier de la région, depuis le plus ancien document connu, la charte d'Hierle. Celle-ci, rédigée au XII^{ème} siècle constitue une sorte de code minier entre le seigneur, propriétaire des terres, et les mineurs exploitants des richesses du sous-sol.

La mine des Malines, la dernière exploitation, est également largement présentée.

Plusieurs vitrines exposent de magnifiques échantillons minéralogiques, provenant en grande partie de cette dernière exploitation.

Enfin, le musée a édité et propose à la vente un livret-catalogue de quatre vint pages, en couleurs, au format A4, comportant plusieurs études retraçant l'histoire minière de la région et très bien illustré par des reproductions d'une partie des panneaux, cartes, documents, ainsi que des photographies des exploitations, de minéraux, etc.

La visite terminée peu avant midi, nous reprenons nos véhicules pour aller déjeuner au col de la Serreyrède.

2) Les cipolins

Entre sorties annulées (pour cause de mauvais temps) ou sans succès et autres recherches diverses et tout aussi vaines, la présence de cipolins sur l'Aigoual, bien qu'évidente sur toutes les cartes géologiques, depuis le milieu du XIX^{ème} siècle, commençait à ressembler à l'arlésienne et certains à sentir venir le ridicule. Ouf ! Ils ont été retrouvés ; l'honneur est sauf.

Le déjeuner terminé nous reprenons nos véhicules pour aller stationner au point marqué P(arking) sur la piste qui, de Prat Peyrot, mène au laboratoire de l'Hort de Dieu (voir carte IGN au 1/25 000 n° 2641ET). Nous partons alors pédestrement (autre rareté agarienne), pour un peu plus de deux kilomètres, par la piste supérieure, pour aller croiser le sentier des quatre mille marches puis nous diriger vers Combe Rude, sous la bergerie et la ruine (noter que de ces trois repères - sentier diverticule, bergerie et ruine – tous visibles sur photo aérienne, seul le dernier apparait sur la carte au 1/25000).

Et alors surprise ; ici, sous la ruine, au milieu des schistes, apparaissent des affleurements épars mais abondants, d'une roche rosée, tout à fait différente de son encaissant, de structure homogène, dure, montrant des stratifications diverses, réagissant à l'acide (concentré à 25 % car elle est dolomitique). Nous avons retrouvé le grand banc de cipolin inférieur, orienté W-E dans sa partie orientale. Ce même banc se retrouve dans le valat de la Fageolle (où ces cipolins ont été initialement retrouvés) cent cinquante mètres à l'ouest, avec un faciès quelque peu différent.

Satisfaits, nous retournons, par le même chemin, vers le parking ; certains, plus motivés ou moins fatigués, décident de passer par le site du laboratoire où le second grand "banc" de cipolins affleure dans le ruisseau, tout à côté du « jardin alpin ».

L'essentiel est qu'enfin ces cipolins ont été vus, revus, examinés, photographiés, goûtés, échantillonnés, etc. Nous sommes repartis satisfaits, certains rassérénés.

Les affleurements

Les cipolins ss. ont été trouvés sur trois sites :

150 m à l'est du laboratoire de l'Hort de Dieu, sous la passerelle, à côté du jardin alpin (photos 1 à 4). Il y a ici un bel affleurement, dans le lit du ruisseau, épais de plus de 4 m, d'une roche beige clair, dolomitique, finement cristallisée, vacuolaire, inter-stratifiée dans les schistes. Le banc a une direction N95 à N120, avec un pendage apparent NW35.

Photo 1 – Jardin alpin - échantillon avec veinule sombre

Photo 2 – Jardin alpin - surface polie du même échantillon avec vacuoles géométriques

Photo 3 - Jardin alpin – schistes et cipolins dans le ruisseau

Photo 4 - Jardin alpin - schistes et cipolins interpénétrés

Dans le lit de la Fageole, sur le sentier des quatre mille marches (photos 5 et 6). La roche, de couleur gris-blanc, toujours dolomitique, mais avec une cristallisation très fine, a ici un aspect marbré, avec quelques zones cristallisées. L'épaisseur est ici beaucoup plus importante.

Photo 5 - Valat de la Fageolle – banc de cipolin dans le ruisseau

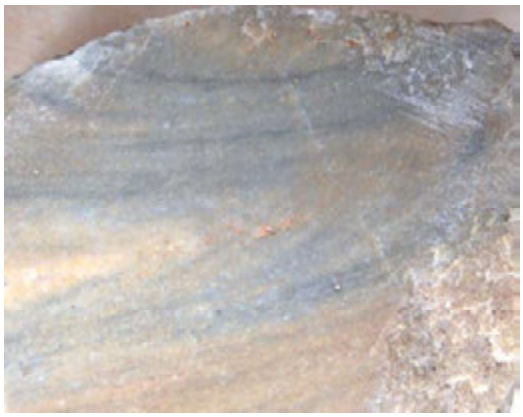
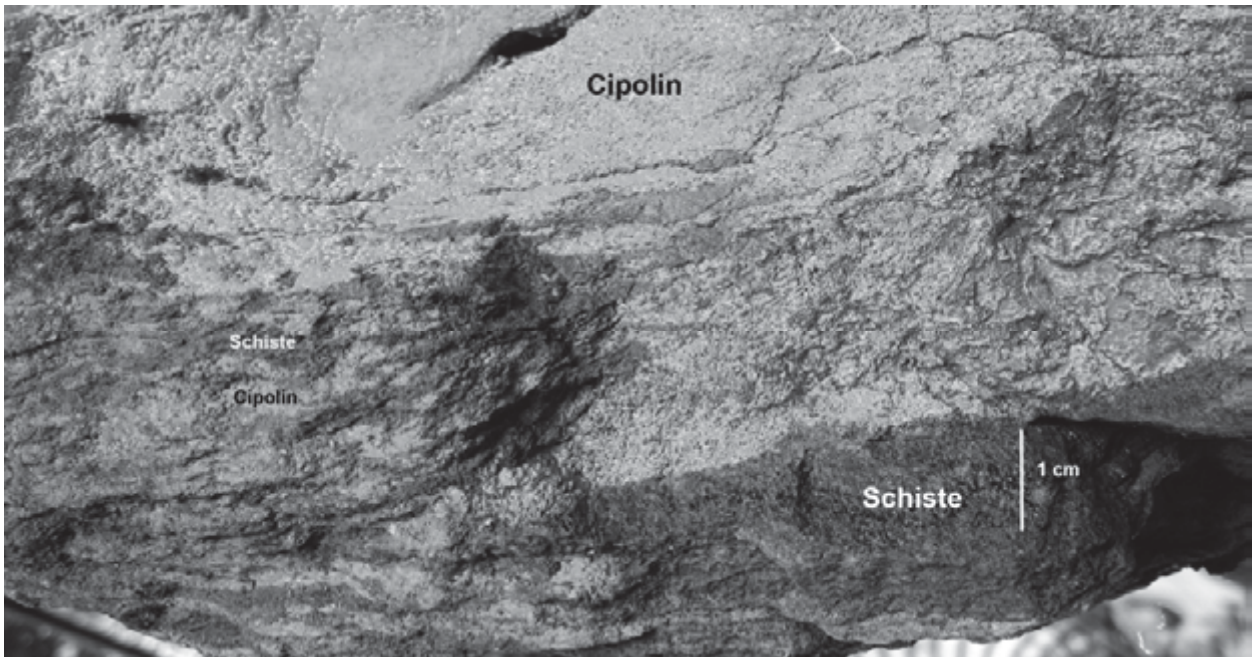


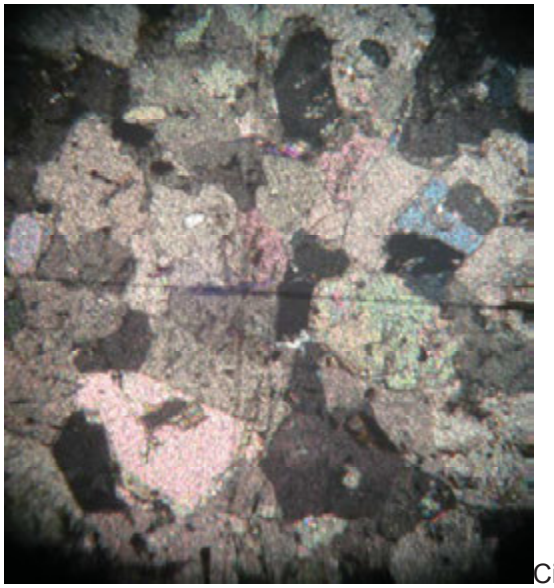
Photo 6 - Valat de la Fageolle – surface polie

sur le versant est du valat de la Fageole, sous la ruine (photo 7). Le faciès est très différent du précédent, plus proche de celui du jardin alpin. La roche, toujours dolomitique, de couleur claire, beige-rosé, très cristallisée, affleure largement sur plusieurs dizaines de m de longueur. En principe il s'agit du même banc que celui qui se trouve dans le valat de la Fageole ?

Photo 7 - Combe Rude – affleurement banc inférieur



Contact schiste-carbonates



Cipolin vu en lame mince

les cartographies géologiques successives

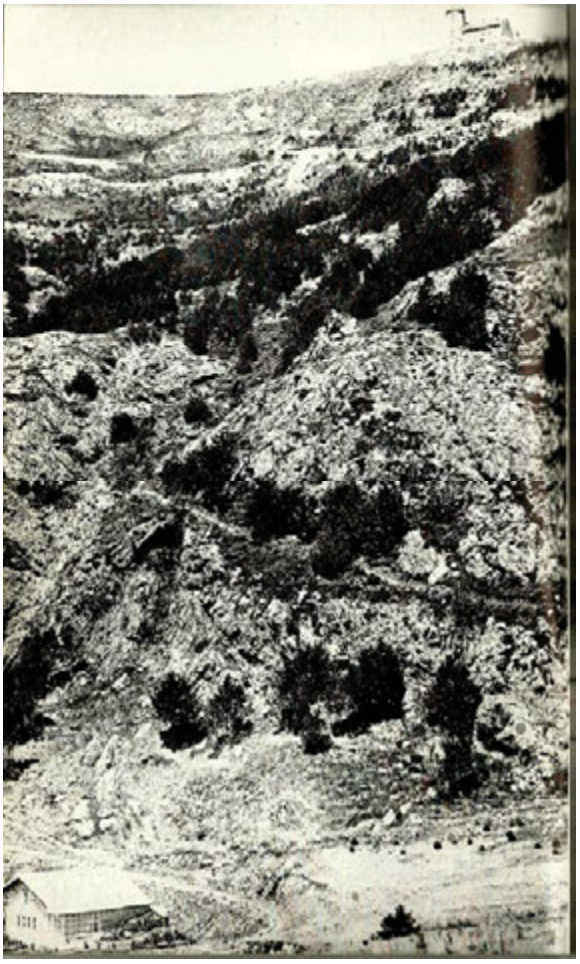
En 1844 E. Dumas note divers affleurements de cipolins (carte géologique –feuille Le Vigan au 1/86 400 sur fond Cassini). Le premier, le plus important, va d'est en ouest, du valat de la Fageole à la naissance de la Dauphine (celui trouvé dans le valat de la Fageole). Il situe un second affleurement "*cinquante pas à l'Est de la baraque de l'Hort-de-Dieu*" (celui du jardin alpin).

Les auteurs des cartes suivantes - trois éditions successives (1901, 1923, et 1927) au 1/80 000 de la feuille Alès sur fond carte d'État-major - les ont également cartographiés, en les dédoublant, les étirant tant vers l'ouest que vers l'est, avec plus de précision et de détail évidemment et aussi en en rajoutant quelques autres. Les deux premières éditions les indiquent sans les coloriser. Quant aux notices elles notent des cipolins interstratifiés, en bancs ou lentilles discontinus.

Les cartes postérieures, au 1/50 000 (Meyrueis, n° 910 et Saint André de Valborgne n° 911, respectivement publiées en 1977 et 2009), sur fond topographique IGN, n'ont fait que recopier les éléments antérieurs en les étendant, les prolongeant vers l'est et surtout l'ouest (cf. tableau comparatif ci-dessous). La notice de la feuille Meyrueis note 2 bandes continues de cipolins, l'une longue de plus de trois km.

Dans tous les cas les descriptions sont pauvres, la dolomitisation rarement mentionnée (sauf feuille Meyrueis)

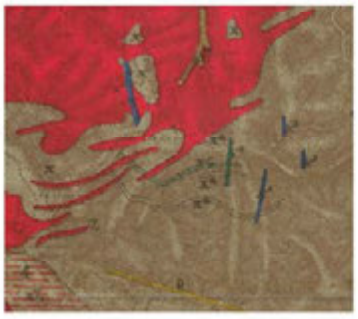
Il faut cependant remarquer que les auteurs anciens ont eu un avantage certain dans le fait que les pentes de l'Aigoual étaient, au XIX^{e} et pendant une bonne partie du XX^{e}, grandement déboisées, à nu, et que les roches devaient alors apparaître beaucoup mieux qu'aujourd'hui (le reboisement n'a débuté qu'au dernier quart du XIX^{e}, avec Fabre et Flahaut).



photographie du versant sud de l'Aigoual prise en 1904
(l'observatoire est dans l'angle supérieur droit, le laboratoire en bas à gauche)

TABLEAU COMPARATIF DES DIFFERENTES CARTES
ramenées à une même échelle
et avec la même symbolisation

schiste
schiste amphibolique
cipolin
granite
microgranite rhyolite
kersantite porphyrite, micacée
orthoporphyre
quartz
dépôts glaciaires

		notation cipolins
Carte E. DUMAS 1876 1/86 400		P
Carte Alès 1901 1/80 000		xa
Carte Alès 1923 1/80 000		xa
Carte Alès 1967 1/80 000		C
Carte Meyrueis 1977 1/50 000 Carte St André de Valborgne 2009 1/50 000		C1 C1c

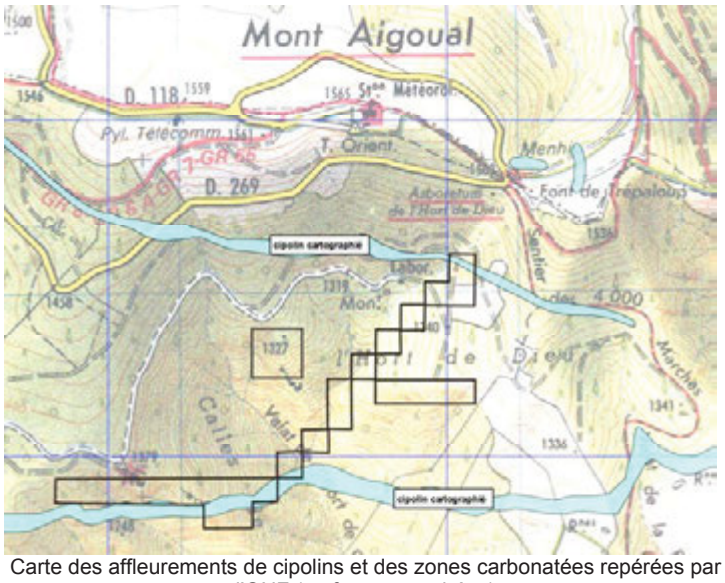
Cartographie et affleurements

Carte simplifiée des bancs cartographiés et de la position des affleurements observés

Il semble, en reportant sur carte la situation des affleurements, que la cartographie antérieure soit à décaler, du moins là où les cipolins ont été trouvés, vers le sud de 100 à 140 m. Ceci reste bien sûr à vérifier, confirmer ou infirmer, avec les autres zones à potentiel cipolin, tant à l'ouest qu'à l'est.

Mais s'agit-il réellement de bancs continus ou simplement de concentrations locales de carbonates ce que suggèrnt les différences de faciès et l'absence apparente de continuité ? La direction mesurée des bancs observés de N95 à N120 correspond par contre à ce qui est indiqué sur les cartes.

Les forestiers et les calcaires



Carte des affleurements de cipolins et des zones carbonatées repérées par l'ONF (surfaces encadrées)

Lors d'une de nos sorties infructueuses notre ami Francis Lagarde nous a communiqué un document que lui avait procuré l'Office National des Forêts il y a quelques années. Il s'agit d'une cartographie des plantes croissant indifféremment sur sols calcaires ou siliceux avec indication des "filons calcaires". Ces zones calcaires ont été reportées sur l'extrait de carte géologique ci-contre ; une correspondance n'est pas évidente et des repérages sur le terrain n'ont rien donnés mais ?

Émilien Dumas et les forestiers de l'ONF, ont également noté la présence de fours à chaux sur l'Aigoual. Il pourrait y en avoir eu un dans le jardin alpin. Les forestiers en auraient repéré d'autres en divers endroits du site de l'Hort de Dieu.

Jean-Pierre Bouvier

Samedi 30/6 : Les tourbières des Sagnes

Les tourbières des Sagnes

C'était la dernière sortie du printemps, en remplacement du voyage traditionnel auquel, cette année encore, nous avons dû renoncer.

Malgré un temps, au départ, pas très engageant, nous nous sommes retrouvés une douzaine pour cette journée dédiée plus au tourisme qu'à la géologie.

Mais cette dernière s'est, tout le long de la journée, régulièrement rappelée à nous et notre premier arrêt, après Nozières, quelques deux kilomètres avant le col de Montmirat, lui était consacré. Au contact du granite (des Signaux) et des micaschistes se sont développées des cornéennes dans lesquelles on peut observer, à l'œil nu, de grands cristaux blanchâtres, en forme de prismes très allongés ou en sections presque carrées (en réalité losangiques) ; c'est de l'andalousite, silicate d'alumine typique du métamorphisme de contact.

Échantillon de cornéenne avec grands cristaux prismatiques d'andalousite (la pointe du marteau donne une échelle approximative).

Cette zone est assez minéralisée et a donné lieu à de petites exploitations de plomb, zinc et barytine dont il subsiste quelques vestiges.

Nous gagnons ensuite le col de Montmirat où nous prenons sur la droite, en direction de l'est, vers Le Pont de Monvert.

Nous allons faire un long arrêt au hameau de la Fage pour visiter ses remarquables vestiges : clocher de tourmente, four, croix, travail pour ferrer les animaux, abreuvoir, etc., le tout réalisé en granite, extrait localement, tout comme la majorité des habitations anciennes.

La Fage – le clocher de tourmente, le four à pain et l'abreuvoir

La Fage – le travail pour ferrer les animaux, entrée de ferme

Les clochers de tourmente : le Mont Lozère est parsemé de nombreux villages et hameaux isolés. Contraint par l'altitude et le relief, le climat y est rude, particulièrement en hiver. La tourmente, alliance entre le vent et la neige, entraîne la perte de visibilité, de tout repère ainsi qu'un état hypnotique. Autrefois on se déplaçait surtout à pied et les voyageurs pris alors dans ces tourmentes éprouvaient beaucoup de difficultés ; les victimes furent nombreuses.

Au début du XIX^{ème} siècle les habitants de plusieurs de ces hameaux, dépourvus d'églises, ont érigé de petits clochers en granite, surmontés d'une croix. Les jours de tempête les habitants se relayaient pour actionner la cloche, jour et nuit si nécessaire, donnant aux voyageurs un repère sonore et augmentant ainsi leurs chances de trouver un abri. Ces clochers ont également eu un rôle social et religieux comme donner l'alarme (incendies), sonner le glas, annoncer une naissance, etc.

Aujourd'hui bien sûr ils ont perdu leur rôle. Plusieurs d'entre eux ont été inscrits à l'inventaire supplémentaire des Monuments Historiques en 1992.

Les sœurs Dupeyron : début janvier 1941, après avoir passé les fêtes dans sa famille, une jeune institutrice regagne son poste à la Veissière, et ce malgré les chutes de neige. L'une de ses sœurs décide de l'accompagner. Elles arriveront tant bien que mal à Montmirat puis aux Badieux. Malgré les recommandations elles décidèrent de poursuivre, à pied, la Veyssière n'étant qu'à trois kilomètres. Mais la tempête s'est levée, les deux sœurs s'égarent et ne seront retrouvées, mortes, que tard le lendemain. Une stèle a été élevée en leur souvenir à la Veissière.

Nous reprenons nos véhicules pour nous diriger vers l'étang de Barandon, en passant par les Laubies, déjà visitées l'an passé (sortie Mont Lozère du 26 juin 2011).

C'est ici que nous allons pique-niquer ; le site est agréable, aménagé avec tables et bancs, le temps a découragé les pêcheurs. Mais il vente assez fort, il fait froid et le repas sera vite expédié (d'autant plus que quelques uns d'entre nous n'avaient pas pensé qu'ils pouvaient être ainsi tourmentés).

Nous repartons donc rapidement, mais maintenant à pied, pour aller faire le tour des tourbières des Sagnes. La ballade sera plus longue qu'annoncé (en mesurant la longueur du parcours l'organisateur a dû se tromper d'échelle du kutsch), mais cependant très agréable ; le vent s'est calmé, le soleil revenu ou tout simplement sommes-nous mieux abrités.

Ces tourbières forment une grande dépression, très irriguée, entièrement établie sur le granite (des Signaux). Elles ont été l'objet de plusieurs études sur leur comportement hydrologique.

Après une longue rampe, cependant assez douce mais digestive, nous arrivons à un carrefour de pistes appelé Croix de Maître Vidal. Nous prenons alors plein nord pour faire le tour des Sagnes et revenir, après quelques kilomètres, à notre point de départ. Nous longerons les tourbières par l'est, passerons la digue, continuerons jusqu'au Roc des Salès, prendrons alors vers l'ouest pour retrouver le GR 44 qui nous ramènera à notre point de départ, en passant sous le Serre des Counstrats et le Roc des Chiens Fous.

La Légende de la Croix de Maître Vidal en Lozère

Croix dressée en 1994, en souvenir de Maître Vidal sur le lieu de sa mort. Cette légende provient du temps où chaque été les troupeaux de moutons transhumaient par les drailles pour aller estiver sur le Mont Lozère. Maître Vidal était l'un des plus gros éleveurs de moutons. Chaque été il estivait sur le Mt Lozère. A la longue il s'éprit d'une jeune fille d'un hameau voisin et lui fit une cour assidue. Mais, à la fin de l'été, il s'attarda trop longtemps et périt, surpris par une tempête de neige. Ses chiens trouvèrent refuge dans le chaos de blocs de granite, survécurent mais devinrent fous (Roc des Chiens Fous). Au printemps suivant une jeune femme des Sagnes prit les habits noirs de veuve qu'elle garda toute sa vie.

La digue à l'extrémité NE des Sagnes

Agariens en plein effort

Tourbe et tourbières

Les tourbières sont des milieux très humides, gorgés d'eau dont la formation est liée au relief qui doit assurer la rétention de l'eau (dépressions, cuvettes), à une forte pluviométrie, à un sous-sol suffisamment imperméable. Toutes ces conditions sont aisément réunies sur le Mont-Lozère. Elles accueillent une flore spécifique.

Elles ont des rôles importants : rétention de l'eau donc atténuation des effets de crue, filtration de l'eau.

La tourbe est une roche combustible, essentiellement formée de mousses contenant au maximum 55 % de carbone. Elle se forme par accumulation progressive de matière organique végétale, en climat frais et humide.

Elle est principalement utilisée :

comme combustible, médiocre mais à défaut d'autre chose.
en horticulture (terreau)
dans la fabrication de certains whiskies (séchage de l'orge)

Nous oublierons les menhirs, visibles dans le voisinage et finirons la journée sur une éminence qui nous permet d'embrasser le paysage sur 360°, avec une belle vue sur les puechs des Bondons et où nous recevrons de Michel Wiénin de nombreuses explications sur la géologie locale et les réseaux hydrologiques souterrains (aven de Malaval).

Butte témoin sur les Bondons

Agariens très attentifs aux explications de Michel Wienin

Jean-Pierre BOUVIER

Petite bibliographie pour ceux qui veulent en savoir plus sur les tourbières.

bulletin agar, n° 38, 1996 ; prospection géologique des tourbières par G. Dubois – faculté de Strasbourg – 1942 ; avec 2 planches en couleurs de la flore des tourbières.

Etude du rôle hydrologique d'une tourbière de montagne : modélisation comparée de couples "averse-crue" sur deux bassins versants du Mont-Lozère. Anne-Laure Cognard-Plancq, Christina Bogner, Vincent Marc, Jacques Lavabre, Claude Martin, Jean-François Didon-Lescot. Etudes de Géographie Physique XXXI (2004)

Etude du fonctionnement hydrologique des zones humides du Mont-Lozère : l'exemple de la tourbière des Sagnes. Claude Martin, Jean-François Didon-Lescot – UMR 6012 ESPACE – CNRS et Vincent Marc – laboratoire d'hydrogéologie de l'Université d'Avignon. Etudes de Géographie Physique XXIX (2002)

Influence d'une tourbière de moyenne montagne sur les écoulements : le cas de la tourbière des Sagnes sur le Mont Lozère. Claude Martin et Jean-François Didon-Lescot – UMR 6012 ESPACE – CNRS – Etudes de Géographie Physique XXXIV (2007)

Fonctionnement hydrologique d'une tourbière drainée : la plaine de la Sénégrière (Lozère). Claude Martin, Jean-François Didon-Lescot – UMR 6012 ESPACE - CNRS et Franck Duguépéroux – Parc National des Cévennes. Etudes de Géographie Physique XXXV (2008)

Jeudi 2/8 : La Can de l'Hospitalet

La Can de l'Hospitalet

Présentation générale (extraite du site www.reveeveille.net)

La can de l'Hospitalet (ou "cham", ou "chaume" de l'Hospitalet) est un petit plateau calcaire posé sur le schiste, délimitée par les vallées de la Mimente (au nord) et de son affluent le Briançon, la vallée du Tarnon (à l'ouest), la vallée Borgne (au sud) et la vallée Française (à l'est).

Tarnon et Mimente font partie du bassin versant atlantique, Vallée Française et Vallée Borgne font partie du bassin versant méditerranéen, plaçant la can sur la ligne européenne de partage des eaux. Au delà de ces quatre vallées qui bordent la can, sont plantés quatre massifs montagneux bien caractéristiques : le Causse Méjean (calcaire) à l'ouest, le Mont Bougès et le Mont Lozère (granite) au nord, les crêtes cévenoles schisteuses à l'est, et le Mont Aigoual (schiste et granite) au sud. La can est donc à un carrefour géologique, et l'on va voir dans ce site que le carrefour est également climatique, écologique et culturel. C'est toute la richesse de ce lieu attachant et passionnant.

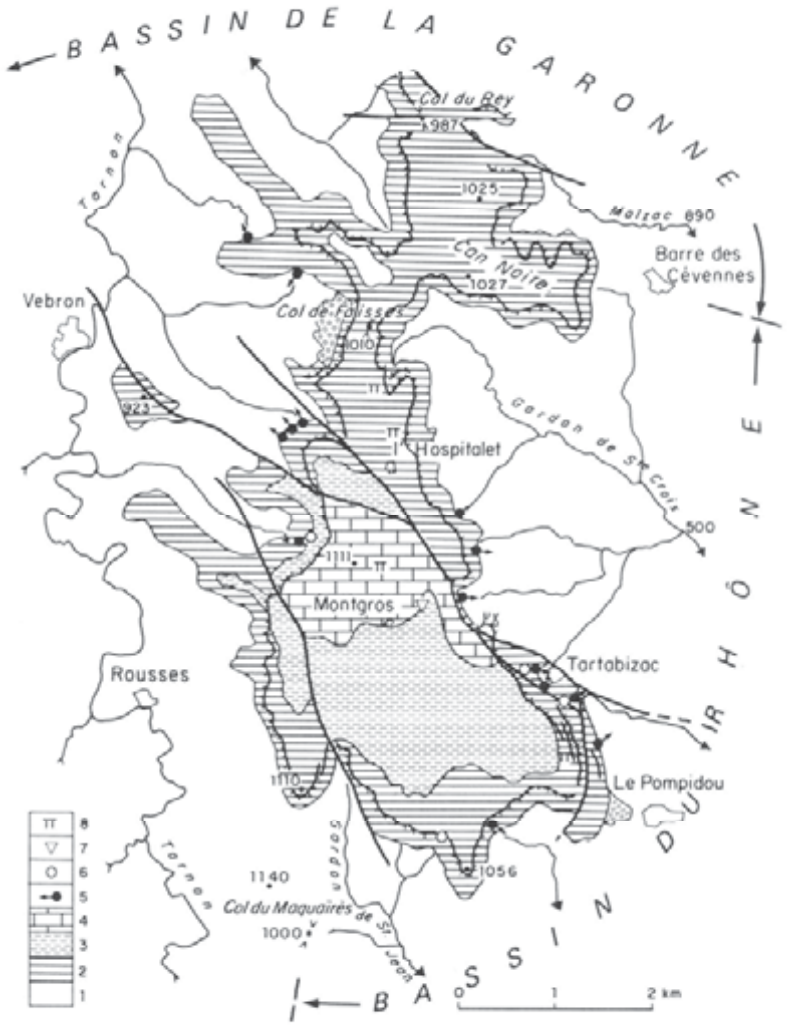


Fig. 55.– *La Can de l'Hospitalet.*
1 : Socle.– 2 : Lias calcaire et grès.– 3 : Lias argileux.– 4 : Dogger.– 5 : Source.– 6 : Grotte.– 7 : Aven.– 8 : Ruiniforme.

L'ensemble du plateau présente une forme très allongée : son axe nord-sud mesure une douzaine de kilomètres, pour 3 kilomètres au niveau le plus large dans l'axe est-ouest, et quelques dizaines de mètres à peine dans les étroitures constituées par les 3 cols qui la traversent (voir ci-dessous).

L'altitude moyenne du plateau tourne autour de 1030 mètres, avec une légère tendance à descendre du sud vers le nord : les points culminants (Serre de Montgros, 1111 m, et Peyre-Agude, 1102 mètres) sont tous deux situés sur le plateau sud, tandis que la can de Balazuègne, dernier plateau au nord, passe

entièrement sous les 1000 mètres. A part ces deux "extrêmes", la presque totalité de la surface est assez uniforme, constituée de molles et amples ondulations de terrain aux pentes très faibles ou nulles, qui se situent entre 1000 et 1070 mètres. Le col du Rey, situé approximativement au centre de l'ensemble, en constitue le point bas le plus notable à 987 m. De fait il a toujours constitué le lieu de passage prévilégié pour traverser la can dans l'axe est-ouest.

L'appellation "Can de l'Hospitalet" n'est pas très définie et peut désigner deux entités géographiques différentes et emboitées :

- La can de l'Hospitalet au sens strict représente la partie sud évasée du plateau, depuis les bordures surplombant la commune de Bassurels au sud jusqu'au hameau de l'Hospitalet au nord. Sa surface est de 12 km².

- La can de l'Hospitalet au sens large intègre la partie sud décrite ci-dessus, mais également un autre ensemble de plateaux (can de Balazuègnes, la can de Tardonnenche, la can noire, la can de Ferrière...), situés au nord de la précédente, entre les hameaux de Tardonnenche, Ventajols, Balazuègnes et Ferrière...

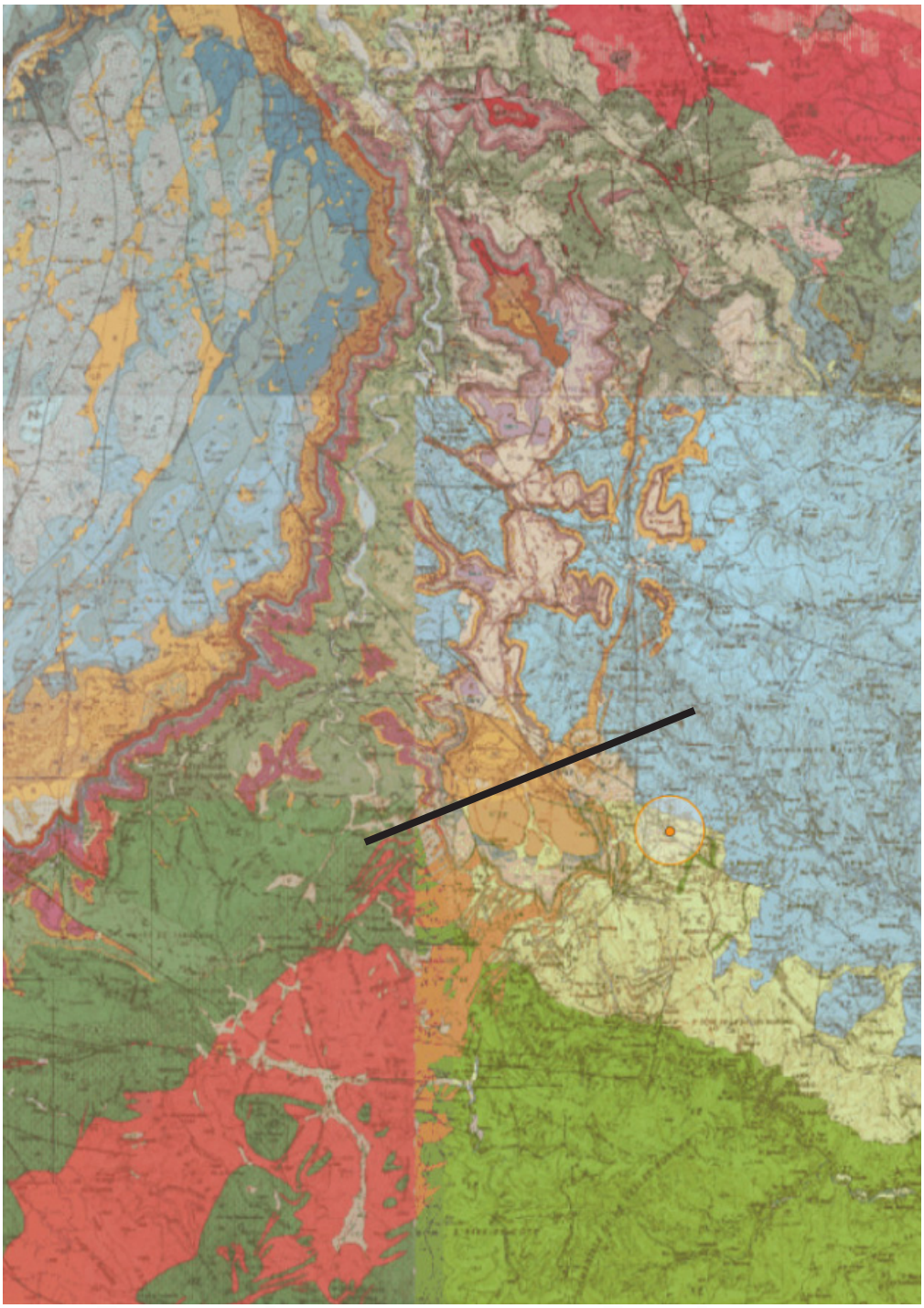
En son milieu, l'ensemble se réduit à une étroite bande de calcaire que traversent trois cols d'orientation est-ouest : col de Solpérière, col des Faïsses, et col du Rey. L'ensemble représente 35 km², et s'étale à des altitudes comprises entre 800 et 1111 mètres d'altitude. Lorsque l'on traverse l'ensemble de ce territoire, on constate une continuité de paysages qui rend difficile la distinction de ces différentes entités au néophyte

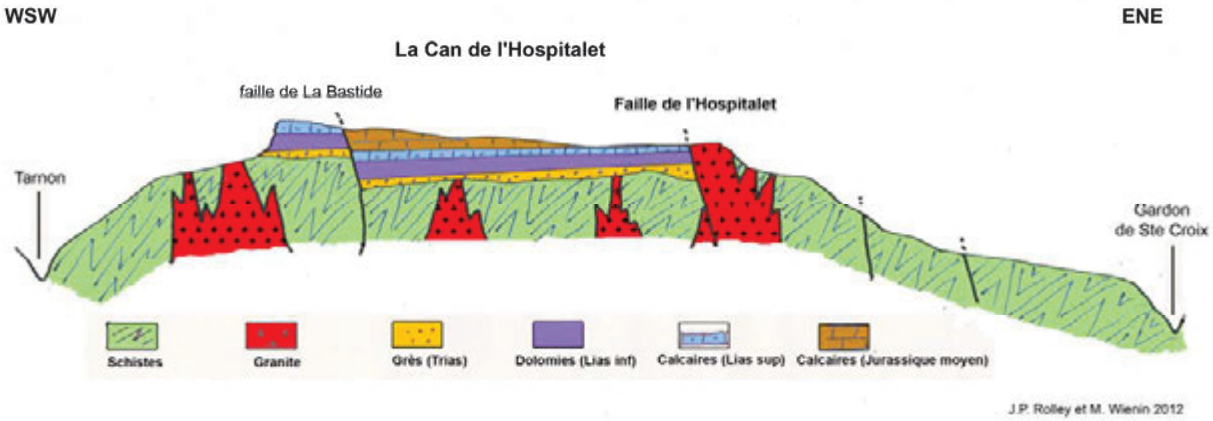
La Can de l'Hospitalet n'est certes pas un lieu facile à vivre. Mais c'est un lieu plein d'avantages intéressants pour voyager :

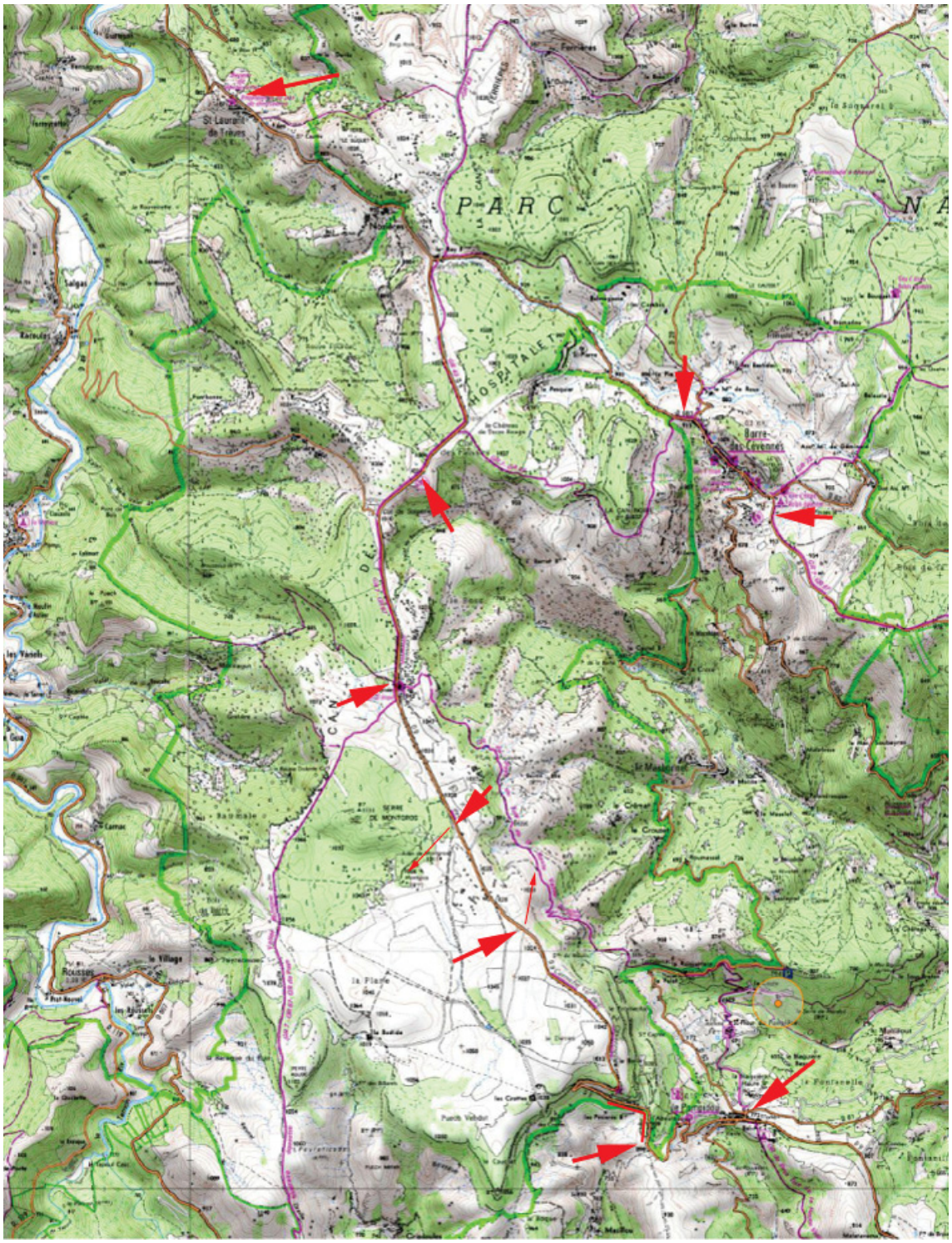
- elle est plate, et de ce fait on y circule facilement (sauf l'hiver), beaucoup plus qu'au fond des vallées environnantes. Cette caractéristique la rapproche de tous les causses, qui depuis que l'homme circule ont été de manière bien connue des voies de pénétration privilégiées dans les arrières pays.

- sa configuration relie naturellement plusieurs massifs montagneux (Aigoual et Cévennes en particulier, mais dans une moindre mesure Causses et Mont Lozère) en limitant les dénivelés à franchir pour passer de l'un à l'autre.

- elle est située sur des grands itinéraires naturels de tous temps fréquentés par les bêtes et les hommes et plus largement le Languedoc et le Massif central, ce qui donc finalement fait un noeud de communication important à toutes les époques.




WSW
ENE
La Can de l'Hospitalet
faille de La Bastide
Faille de l'Hospitalet
Tarnon
Gardon de Ste Croix
Schistes
Granite
Grès (Trias)
Dolomies (Lias inf)
Calcaires (Lias sup)
Calcaires (Jurassique moyen)
J.P. Rolley et M. Wienin 2012


PARC
St Laurent de Trèves
Barre des Cévennes
le Village

Panorama géologique de la Can de l'Hospitalet

Cette sortie a été programmée dans le cadre du Festival Nature 2012 organisé par le Parc National des Cévennes avec cette année encore l'arbre comme fil conducteur.

Elle sera également l'occasion de présenter la nouvelle carte géologique du PNC au 1/100 000 qui malheureusement n'est pas encore disponible ce 2 août.

Le rendez-vous est donné au Centre d'information du Pompidou où nous nous retrouvons entre Agariens et autres personnes intéressées par la sortie, au total une bonne vingtaine.

Nous reprenons les voitures et partons sur la corniche des Cévennes, direction Florac.

1er arrêt: Les Pesières

Nous démarrons notre périple par un rappel des différentes histoires qui ont affecté la géologie de ce lieu. Tout d'abord la formation de chaînes de montagnes aussi hautes que l'Himalaya en des temps très anciens. Les schistes que nous voyons ont été formés à ce moment-là, en profondeur par réchauffement et compression. Cette chaîne se retrouve complètement arasée au Trias (c'est-à-dire il y a 245 à 205 millions d'années). Nous nous trouvons actuellement sur cette surface-là. Le sol rougi que nous voyons sur le chemin en face témoigne d'une altération en milieu aérien oxygéné (formation d'hydroxydes de fer rouges)

La mer gagne alors peu à peu ces terrains rabotés à la fin du Trias, durant tout le Jurassique et jusqu'au Crétacé inférieur (- 110 Ma), déposant des sédiments marins. Au Crétacé, la formation des Pyrénées puis des Alpes va provoquer l'élévation de l'ensemble, son basculement vers l'ouest (Grands Causses) et son érosion concomitante.

Notre lecture du paysage nous amène dès à présent à parler de ce contact remarquable entre les calcaires au travers desquels l'eau s'insinue sans problème et les schistes sous-jacents qui sont imperméables. L'eau collectée au travers des roches perméables jaillit en sources au niveau de ces contacts qui constituent des zones privilégiées pour l'installation de l'homme. Nous remarquons également les contrastes constitués par les essences végétales différentes selon les zones de calcaires (buis, genévriers) et schisteuses (genêts).

Vue du causse du Pompidou, avec à la base les schistes des Cévennes, recouvert par les formations sédimentaires du Lias

Nous repartons à pied pour rejoindre une ancienne carrière.

2 ème arrêt : Bord de route

Niveaux gréseux surmontés par des bancs de dolomies

Nous notons sur le talus la disposition en bancs d'une roche formée d'un sable grossier. Elle contient des grains de quartz peu roulés, du quartz provenant de schistes dégradés non loin. Nous sommes là sur une plage. A proximité se trouve une roche différente, plus jaune : les carbonates apparaissent. La roche produit une effervescence très modérée au contact de l'acide chlorhydrique : il s'agit là de dolomie (carbonate de calcium et de magnésium) apparue par précipitation dans des lagunes.

Echantillons de grès et de dolomie

Débris ligniteux dans un niveau gréseux

Plus loin, on retrouve des grains cimentés. Les niveaux gréseux et carbonatés se retrouvent en alternance et traduisent le va et vient d'une mer peu profonde.
Un peu plus loin, un niveau contenant des lignites est visible, résultant de la fermentation végétale en milieu anaérobie et témoignant de la présence d'étendues marécageuses.

3ème arrêt: ancienne carrière

Carrière dans la dolomie « cubique »

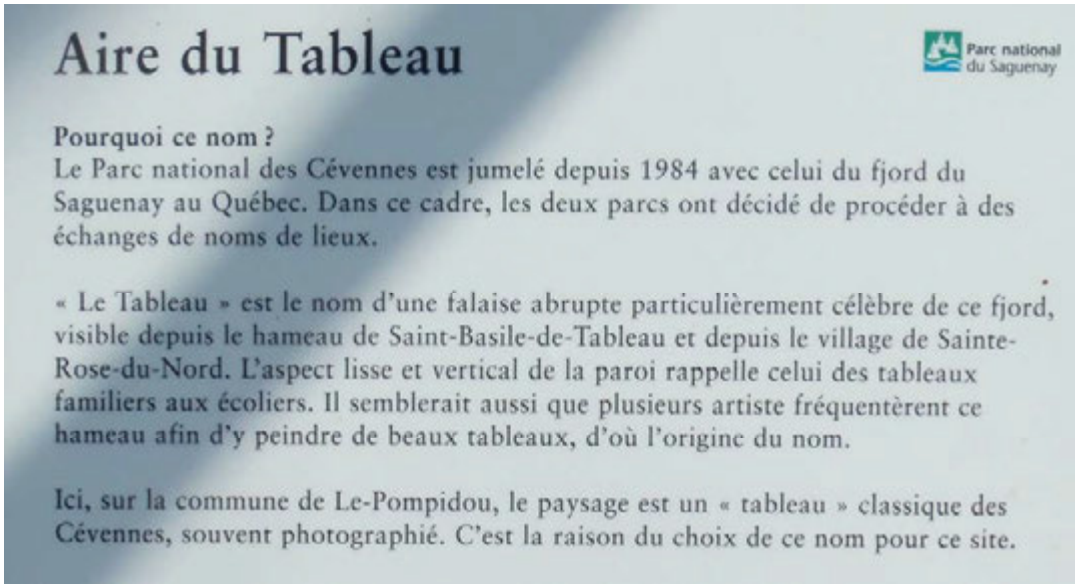
La sédimentation est ici bien plus régulière. La dolomie, différente ici, présente en niveaux continus et épais se distingue par son débit cubique. Outre la présence potentielle de galène et de blende, nous trouvons un bel exemple de dendrite de manganèse. Également de petits cristaux de calcite qui trahissent la présence ancienne de calcaires au-dessus des terrains actuels et qui témoignent d'un milieu marin plus franc.

Traces (dendrites) d'hydroxyde de manganèse sur un morceau de dolomie

Nous reprenons les voitures

4 ème arrêt : Aire du tableau

Nous nous arrêtons à l'aire du tableau, petit espace touristique comportant une table d'orientation et d'où nous avons un magnifique point de vue sur les Cévennes schisteuses.



Fjord du Saguenay (Canada)

Cévennes

***5ème arrêt* :**

A l'ombre d'un hêtre remarquable dont la fraîcheur nous fait momentanément oublier la chaleur estivale intense.

Nous franchissons les barbelés pour nous approcher du bord nord du causse où nous pouvons observer le contact curieux entre schiste-granite/calcaire. En fait une faille met ici en contact la série cévenole et les calcaires du Causse.

Au premier plan les calcaires du Causse, au delà le socle cévenole avec micaschiste et microgranite. Au deuxième plan le castellas de Barre des Cévennes, au fond le Mont Lozère

Nous retrouvons un filon de microgranite formé au Carbonifère lors de l'intrusion des plutons granitiques dans le schiste. Barre des Cévennes, surmontée de son Castellas calcaire se trouve juste en face. On comprend aisément que la Can de l'Hospitalet a constitué depuis longtemps et constitue toujours un lieu de passage privilégié permettant de rejoindre le massif de l'Aigoual et celui de Lozère plutôt que de passer par le fond des vallées.

6 ème arrêt :

Arrêt pique-nique à l'ombre d'une plantation de pins noirs.

L'aven de Montgros se trouve aux abords, situé au creux d'une doline et visible, de la route, par le bosquet qui l'entoure.

Malgré sa taille réduite (12 km pour l'axe Nord-Sud et 3 km au plus large dans l'axe Est-Ouest), pas moins d'une quarantaine de cavités ont été recensées, la plupart cependant de taille réduite.

L'Aven de Montgros atteint les 25 m de profondeur et se développe sur 20 m et possède une particularité hydrogéologique qui le relie aux deux cavités majeures du plateau, la grotte de Baume Dolente côté vallée du Tarnon donc versant atlantique et la grotte de Tartabisac côté vallée française donc versant méditerranéen. En effet les traçages à la fluorescéine effectués par des spéléologues au début des années 1980 dans cet aven montrent une coloration des eaux sortant de Baume Dolente à 835 m d'altitude dans des conditions météorologiques normales. Dans des conditions pluviométriques élevées, le même traçage produit une coloration non seulement à Baume Dolente mais également à la grotte de Tartabisac à 875m d'altitude. On suppose que sous le plateau, un réseau de conduits souterrains, présentant une pente

descendante de Tartabisac à la Baume Dolente, relie ces deux grottes ; l'aven de Montgros étant situé sur leur parcours. Lors de fortes pluies les galeries descendantes (vers Baume Dolente) sont surchargées et une partie des eaux reflue et sort du côté Tartabisac. La Can de l'Hospitalet étant située sur la ligne de partage des eaux, il suffit de peu de choses pour changer le destin d'une goutte d'eau de pluie !

Les effondrements de terrain ne sont pas rares sur la Can, un notamment étant visible de la route dans ce secteur de Montgros qui serait apparu après de fortes pluies il y a quelques années.

7 ème arrêt : Col des Faisses

Nous faisons un bref arrêt au col de Faisses pour admirer la très belle vue sur la vallée du gardon de Ste Croix.

L'histoire du col de Faïsse (extraite du site www.reveeveille.net)

Le vrai col

Le col des Faïsses est, avec 1004 mètres, le point à l'altitude la plus basse de la ligne de partage des eaux qui court sur la can de l'Hospitalet entre sa pointe sud (Peyre-Agude) et le col du Rey. On pourrait donc s'attendre à ce qu'il constitue un point de passage privilégié entre la vallée française (par le vallon de l'hort de Dieu) et la vallée du tarnon (vallon de Pommaret). Mais il n'en est rien. Ce point 1004 n'a à ma connaissance jamais été particulièrement utilisé pour franchir la can, et on n'y détecte pas de traces de voies de communication. Cela s'explique sans doute par la configuration des lieux : côté vallée Française (au sud-est) la montée est très raide et pas du tout pratique, voire dangereuse. Côté Tarnon (au nord-ouest), le vallon de Pommaret est à peine moins raide et beaucoup moins pratique que le vallon de Solpérière, à un peu moins d'un kilomètre au sud-ouest, emprunté lui par une voie ancienne toujours utilisée, la route cardinale.

Le terme "Faïsse" désigne une terrasse cultivée. Aucune terrasse n'est ici en vue, ce qui m'amène à penser que le nom n'a été donné que récemment à ce col, en référence à un hameau éponyme situé environ un kilomètre au nord du col, au fond du vallon de Pommaret, autour duquel il y a bien, cette fois, des terrasses.

Tout se passe en fait au faux col

Pourquoi le col des Faïsses, à peine visible dans le paysage et jamais emprunté pour franchir la can, apparaît-t-il en si gros sur la carte IGN et est-il signalé par des panneaux sur le bord de la route ? Parce que, quelques dizaines de mètres au sud de la position réelle du col, la molle crête de la can rejoint l'extrémité est du plateau de Fau Florit et forme un vaste espace horizontal, exactement situé dans l'alignement de la haute vallée française. De là, on peut apercevoir les crêtes successives des Cévennes moutonner à l'infini en nuances dégradées de bleus profonds, surmontées des sommets étincelants de neige des Alpes du sud lorsque le ciel est clair. L'image d'Epinal des Cévennes. Il n'en fallait pas plus pour décider les puissants de ce monde à installer ici un belvédère, auquel il a bien fallu adjoindre un parking qui a, soit dit en passant, été aménagé avec grand goût : quelques faux menhirs y ont été plantés, et l'on peut y pique-niquer sur de non moins faux dolmens en guise de tables, à moins de quelques centaines de mètres de tout à fait réels mégalithes dont tout le monde a oublié l'existence... Mais les touristes n'ont pas l'air de se vexer qu'on les prenne pour des cons. Pour finir, il était logique de faire coïncider ce haut-lieu touristique avec un point géodésique remarquable. Le col des Faïsses n'était pas loin, il a fait l'affaire, on l'a tiré un peu vers le sud et on a planté des panneaux, et puis voilà.

8 ème arrêt : entrée de Barre des Cévennes

Où on retrouve les filons de microgranite mais pas les cornéennes (cordiérite, andalousite) dues au métamorphisme de contact, pourtant détectées lors de la sortie de reconnaissance

9 ème arrêt : sortie de Barre des Cévennes

Nous nous arrêtons à la sortie de Barre des Cévennes sur le terrain de sport pour observer le rebord Nord de la Can de L'Hospitalet et en particulier le point ou nous étions à l'arrêt 5 avec dans le fond l'Aigoual.

10 ème arrêt : St Laurent de Trêves

Pour terminer ce parcours nous nous arrêtons à Trèves pour visiter le site à empreintes de dinosaures.

Extraits de: Dinosaures et autres reptiles du Languedoc par Jean-Claude Bousquet et Monique Vianey-Liaud - Presses du Languedoc 2001

Saint-Laurent-de-Trèves est bâti sur une petite butte, le Castellas, qui domine la vallée du Tarpon, et fait face au bord oriental du causse Méjean. La vallée de cet affluent du Tarn atteint les « schistes des Cévennes » et a donc interrompu la continuité des terrains du Jurassique. À l'est du causse, ils sont conservés en plusieurs buttes-témoins et plateaux, dénommés ici les « cans ».

Sous les terrains de l'ère secondaire, sur plusieurs mètres d'épaisseur, on peut remarquer la coloration des schistes par des oxydes de fer. C'est la marque des climats chauds du Trias, pendant lesquels les schistes étaient profondément altérés et transformés en argiles. Celles-ci ont été érodées, puis transportées et déposées. On les retrouve associées à des conglomérats et des grès fluviatiles constitués de galets de quartz et de sables consolidés. Au-dessus, des dolomies jaunâtres, où les polygones de dessiccation sont parfois remarquablement nets, forment, pour l'essentiel, à partir du village du Pompidou, la can de l'Hospitalet Ce plateau se prolonge vers le nord par la can de la Tardonnenche.

Les terrains du Castellas appartiennent à la base du Jurassique inférieur.

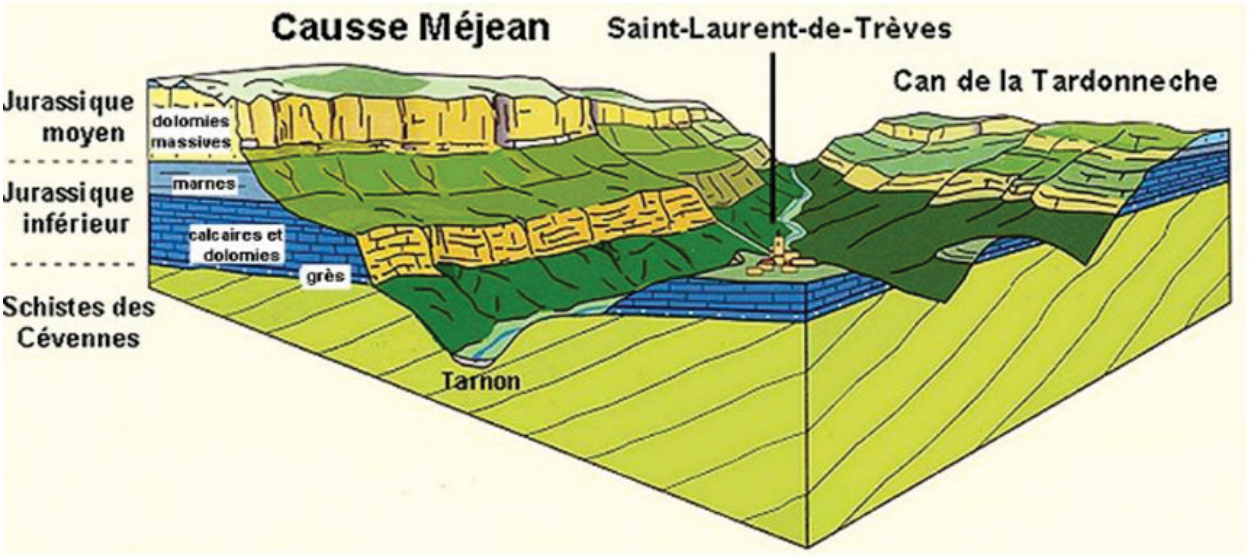
Ils sont maintenant séparés par la vallée du Tarnon des terrains jurassiques du causse Méjean, où les dolomies en petits bancs sont surmontées par les marnes grises, elles-mêmes coiffées par les imposantes corniches.

Sur un belvédère naturel que l'on atteint après avoir traversé le village, on peut admirer de belles empreintes sur des dolomies légèrement craquelées par des polygones de dessiccation. Trois groupes de traces sont à rapporter, selon G.-R. Demathieu, à deux ichnoespèces : Grallator minusculus (photo A), et une autre qui pourrait être la marque d'un omithopode (photo B).

A -Grallator minuscules .

B - Empreinte de dinosaure (ornithopode

On retrouve les mêmes terrains de l'autre côté de la vallée du Tarnon, sur le causse Méjean. Le replat du bas correspond au contact schiste/calcaire et constitue une ligne de sources où se sont implantés les hameaux. On retrouve les dolomies hettangiennes au niveau de la première barre, puis suit un replat intermédiaire constitué de marnes datant du Toarcien/Aalénien, enfin la barre sommitale de dolomies du Bathonien.



Morphologie et géologie de la vallee du Tarnon en dessous de SaintLaurent de Treves.
(Bousquet et Vianey Liaud, 2001).

Fabienne JOUANEN et Laurent BOULARD
compléments de Jean-Pierre ROLLEY

La Rubrique Scientifique

Les cristaux géants de la mine de Naica

« la forêt des cristaux géants »

par

Giovanni BADINO est professeur de physique à l'Université de Turin, en Italie.
Paolo FORTI est professeur de spéléologie à l'Université de Bologne.

(Texte publié dans la revue *Pour la Science* N°410 Décembre 2011 pp 31-37)

Cristaux de gypse de la grotte aux cristaux

Dans le désert de Chihuahua, au Nord du Mexique, le village de Naica s'est développé autour de l'une des plus grandes mines d'argent au monde. En 1910, cette mine est devenue célèbre, car les travaux d'excavation ont mis au jour, 130 mètres sous le niveau de l'entrée de la mine (située à 1385 mètres d'altitude), la « Grotte des épées » (Cueva de las Espadas), une cavité qui renfermait des cristaux de gypse atteignant deux mètres de hauteur, parmi les plus grands jamais découverts (les plus grands étant alors ceux de Mazan, dans le Vaucluse, atteignant 2,50 mètres). Cette grotte a malheureusement été presque entièrement pillée et ses cristaux sont aujourd'hui exposés dans les plus grands musées minéralogiques du monde.

Après la Seconde Guerre mondiale, l'activité minière s'est intensifiée et a atteint l'aquifère thermal sous-jacent, à 130 mètres de profondeur. Pour permettre aux mineurs de travailler, d'énormes pompes ont été installées. A l'heure actuelle,

les pompes évacuent toujours du fond de la mine plus d'un mètre cube par seconde d'eau à 54°C, et le niveau de l'aquifère a baissé de 700 mètres environ.

En 2000, à 290 mètres de profondeur, on découvrit trois autres grottes, ressemblant à d'énormes géodes, qui abritent des cristaux de gypse incroyables. Dans la plus grande d'entre elles, nommée Grotte aux cristaux (Cuezui de los cristales), se trouve une forêt de cristaux aux dimensions gigantesques: la plupart d'entre eux mesurent quatre à six mètres, et le plus grand cristal atteint 11 mètres ! Les autorités condamnèrent immédiatement les grottes avec des grilles pour empêcher tout pillage.

Entre 2001 et 2005, des visites ponctuelles furent organisées, mais il apparut rapidement qu'il était impossible d'explorer et d'étudier efficacement les grottes de Naica de cette façon, en raison des conditions environnementales extrêmes. La température, notamment dans la Grotte aux cristaux, y atteint 46°C. En effet, si la température augmente toujours avec la profondeur, les grottes de Naica se situent dans une ancienne zone volcanique, de sorte que la température augmente plus vite qu'ailleurs avec la profondeur. De surcroît, l'humidité relative y est proche de 100 pour cent**.** Dans ces conditions, le corps ne peut refroidir par évaporation de la sueur. La peau se réchauffe jusqu'à la brûlure. En outre, après à peine cinq minutes, inspirer l'air brûlant et humide devient un calvaire, et les pourrons sont rapidement saturés en eau, tandis que le cœur travaille plus fort.

On peut quantifier l'hostilité de cet environnement par l'indice humidex, qui tient compte de la température et de l'humidité. Le corps humain souffre lorsque cet indice dépasse 35, et au-delà de 55, le danger est réel. Les grottes de Naica ont des index humidex compris entre 95 et 105. Elles sont donc très dangereuses ! A posteriori, maintenant que nous en savons plus sur ce milieu, nous sommes heureux d'en être sortis vivants à chaque fois !

En 2006, pour mener des recherches sur ces grottes, la Société Peñoles, propriétaire de la mine, la Société de production audiovisuelle mexicaine C/Producciones et l'Association italienne d'exploration géographique La Venta ont mis sur pied le Projet Naica. La première action a été d'organiser un suivi médical en temps réel des explorateurs et des chercheurs. Nous nous sommes attachés ensuite à mettre au point des combinaisons et des respirateurs spéciaux pour permettre un séjour prolongé à l'intérieur de la grotte.

Le Projet Naica rassemble des spécialistes de plusieurs disciplines. Les scientifiques qui en font partie sont issus d'une vingtaine d'Universités et organismes de recherche de par le monde. La coordination scientifique a été confiée au Département des sciences de la Terre et de l'environnement de l'Université de Bologne, en Italie. L'objectif du Projet était triple. Tout d'abord, explorer les cavités naturelles rencontrées par les galeries de la mine: entre 2006 et 2010, ce travail a été mené à bien, avec entre autres l'exécution d'un relevé précis de la Grotte aux cristaux et des cristaux eux-mêmes. Un autre aspect du Projet était la documentation de ces environnements incroyables: cet objectif a été atteint en 2010, avec la réalisation d'un documentaire scientifique et d'un film d'exploration, et des milliers de clichés haute résolution. L'étude scientifique de ces grottes est pour sa part toujours en cours.

Quand et comment se sont développés les cristaux de gypse géants? Combien de temps a demandé leur croissance? Que vont-ils devenir? Telles sont les principales questions auxquelles nous allons tenter de répondre.

Des conditions extrêmement stables

Les cristaux géants sont formés de gypse, c'est-à-dire du sulfate dihydraté de calcium ($CaSO_4$ $2H_20$). D'où provient-il ? Durant des milliers d'années, l'acide sulfurique tonné par l'oxydation de sulfures sous-jacents a réagi avec les roches sédimentaires (carbonate de calcium) pour former des eaux riches en sulfate de calcium ($CaSO_4$). Ce dernier précipite en général sous forme d'anhydrite. De fait, cette roche est massivement présente sur le site de Naica en dessous de 240 mètres de profondeur. Sous certaines conditions, les eaux riches en sulfate de calcium peuvent aussi précipiter sous forme de cristaux de gypse.

La présence de cristaux de gypse dans les grottes de Naica n'est ainsi pas étonnante. En revanche, leur gigantisme, mais aussi leur petit nombre, l'est plus. Pour arriver à un tel résultat, la cristallisation a dû se dérouler de façon lente, mais continue, à partir d'une eau pas trop saturée en gypse. Une température et une composition chimique stables pendant des milliers d'années ont donc été nécessaires. Des variations de l'une ou l'autre auraient en effet conduit à la multiplication des départs de croissance des cristaux (ou nucléation), et donc à des cristaux plus nombreux et plus petits.

La stabilité thermique a été assurée par le grand aquifère thermal, dénué de point de déversement vers l'extérieur. Ainsi, la température des eaux qui baignaient les grottes est restée quasi constante: les mesures isotopiques ont indiqué qu'en plus de 250 000 ans, la température a varié entre 58 et 54°C. Ce n'est qu'en 1980, lorsque le niveau de la nappe phréatique a baissé à cause du pompage au point d'assécher les grottes, que la température s'est mise à baisser.

Or ces températures sont juste sous le point d'équilibre, à 59°C, où la solubilité du gypse est égale à celle de l'anhydrite. En d'autres termes, aux températures régnant dans les grottes de Naica, l'anhydrite dissous dans l'eau le reste, tandis que le gypse précipite. Mais étant donné la très petite différence de solubilité, la saturation de l'eau en gypse est très faible, de sorte que peu de cristaux se forment. La cristallisation se concentrant sur un petit nombre de sites de nucléations, ils sont devenus gigantesques.

Pour estimer avec précision la durée nécessaire pour que les cristaux atteignent leurs dimensions actuelles, deux méthodes distinctes ont été utilisées. La première s'appuie sur le rapport entre les isotopes d'uranium et de thorium (U/Th), une méthode bien éprouvée. Les experts ont daté des échantillons recueillis à diverses profondeurs dans les cristaux, et ont estimé entre 200 000 et 300 000 ans l'âge des plus grands cristaux. Par la suite, nous avons affiné cette datation en mesurant la vitesse actuelle de dépôt du gypse par les eaux thermales qui circulent encore quelque 300 mètres plus bas. Pour ce faire, nous avons reproduit les conditions dans lesquelles les cristaux se sont développés. Des tablettes de gypse destinées à favoriser la croissance cristalline ont été déposées dans un instrument placé sous une sortie d'eau thermale à 590 mètres de fond, dans un environnement saturé en humidité et à une température supérieure à 51°C.

Au bout de six mois, des petits cristaux de gypse s'étaient déjà développés, similaires aux gigantesques cristaux naturels. Les mesures ont continué pendant plus de trois ans. L'extrapolation du rythme de croissance donné par cette expérience a indiqué un âge de 250 000 ans pour les plus grands cristaux, en accord avec la datation radio-isotopique. Cette mesure est néanmoins à prendre avec prudence, car la croissance dépend de facteurs inconnus tels que les variations du débit de l'eau et la concentration initiale des solutés.

Les grottes de Naica sont célèbres pour leurs cristaux géants, mais elles renferment d'autres cristaux de gypse beaucoup plus petits qui, bien que peu spectaculaires, revêtent un grand intérêt tant esthétique que scientifique. Parmi eux, citons les « voiles », formations délicates uniques au monde: de très fines fibres de gypse qui se sont développées en quelques jours par capillarité à partir du moment où l'eau chaude quittait les grottes, il y a moins de 20 ans. Ou encore les « crochets de gypse », des formes effilées et tordues, qui doivent leur évolution aux phénomènes de condensation rapide qui se sont manifestés lorsque l'eau a abandonné les grottes.

Mais ces grottes, même si elles sont tapissées de cristaux de gypse, abritent aussi une grande variété de minéraux. Oxydes, hydroxydes, sulfates, silicates, de phosphates, chlorures, ... A l'heure actuelle, on en a découvert plus de 40 espèces. Certains de ces minéraux, pour l'essentiel des dépôts d'oxyhydroxydes de fer, manganèse, plomb et zinc, s'étaient déjà formés avant que les grands cristaux de gypse ne se forment, et ils ont continué à grandir même pendant leur croissance, engendrant de nombreuses inclusions solides à l'intérieur de ceux-ci.

Toutefois, les minéraux autres que le gypse se sont principalement développés après que l'eau a quitté les grottes sous l'effet du pompage. En effet, plus de la moitié des minéraux secondaires observés se sont formés au cours des 30 dernières années.

Un cristal record

Presque tous les cristaux de la Grotte aux cristaux (162) ont été mesurés. Leur orientation dominante pointe vers le centre de la salle, à l'instar des géodes classiques, et leur longueur caractéristique se situe entre quatre et six mètres, ce qui est aussi la hauteur moyenne de la cavité. L'épaisseur est liée à la durée du dépôt, et sa distribution présente donc elle aussi une certaine uniformité: la plupart des cristaux sont épais de 30 à 60 centimètres, et quelques-uns seulement dépassent le mètre.

Le plus grand cristal (sans doute le plus grand cristal libre au monde) s'est formé presque à l'horizontale dans le Nord-Est de la grotte. II mesure 11,40 mètres, avec une section de base de 80 centimètres sur 90 et une section terminale de 30 centimètres sur 35. Son volume est d'environ cinq mètres cubes. Nous l'avons nommé « Cristal Cin ».

Même si à l'œil nu, les cristaux de gypse dé Naica semblent purs et parfaits, au microscope, on observe de nombreuses petites cavités, qui contiennent parfois des substances solides ou liquides. Ces inclusions, fréquentes dans les cristaux, sont très utiles, car elles apportent de nombreuses informations sur l'environnement au nomment où les parties concernées des cristaux étaient en formation.

Dans les gypses de Naica, les inclusions liquides sont fréquentes et souvent de dimensions inhabituelles. Dans de nombreux cas, elles sont aussi bi phasiques (eau et gaz cohabitent). Leur étude statistique a permis de définir la salinité et la température de l'eau au moment où se produisait le dépôt et donc de reconstituer la composition chimique des eaux thermales pendant toute la période de croissance des cristaux.

Des pollens assez bien conservés ont également été extraits des cristaux de Naica. C'est presque incroyable, car l'eau dans laquelle se sont formés les cristaux doit voyager sous terre sur plusieurs dizaines de kilomètres et plonger à plus de 1 000 mètres de profondeur avant de remonter et d'atteindre les grottes de Naica. Jusqu'à présent, 60 échantillons dé pollens ont été prélevés et identifiés. La présence de diverses espèces a permis de déterminer le climat de Naica il y a des dizaines de milliers d'années, alors que l'homme n'était pas encore arrivé dans ces régions du Mexique. Le climat n'était alors pas désertique comme aujourd'hui, mais beaucoup plus humide et frais, semblable au climat actuel de San Francisco, 1 500 kilomètres plus au Nord.

Une série plus vaste de grottes

Par ailleurs, de nombreuses inclusions solides dans les cristaux de gypse sont manifestement des structures biologiques fossilisées, à l'intérieur desquelles ne restait toutefois aucune trace de matériaux organiques.

Les travaux miniers qui ont conduit à la découverte de cet incroyable trésor géologique ont modifié les conditions dans les grottes, les rendant presque visitables, mais bien différentes de l'environnement naturel initial. L'étude de l'évolution de la température et de l'humidité des grottes est donc intéressante pour analyser leur transition vers un nouvel état, et éventuellement limiter les dégâts dus à des changements trop brusques tout en rendant les grottes plus accessibles aux visiteurs et aux recherches.

Nous avons ainsi découvert que la Grotte aux cristaux se refroidit de 0,52 degré par an en raison du contact avec la mine via le couloir d'accès et, à travers la roche, avec des galeries passant non loin à l'Ouest. Un très faible courant d'air qui traverse la grotte montre qu'il existe une communication avec des zones plus basses de la mine. L'étude des réactions de la grotte à de brusques variations thermiques et de l'évolution des fluctuations de température et d'humidité en fonction de la profondeur a révélé un résultat fascinant: la Grotte aux cristaux serait seulement un petit élément visible d'une série plus vaste qui s'étend au-dessus, comprenant notamment la grotte de l'œil de la reine (Ojo de la Reina). L'un des objectifs des recherches futures sera d'explorer ces cavités.

Quel avenir ?

Pour diverses raisons, les grottes de Naica ne pourront pas rester intactes très longtemps. Avant toute chose, elles sont sous la menace constante de déprédations. La valeur commerciale des grands cristaux est telle que les mineurs tentent d'en extraire pour les vendre sur le marché international des minéraux. La compagnie propriétaire de la mine fait de son mieux pour empêcher les pillages, mais ils ne peuvent être totalement évités.

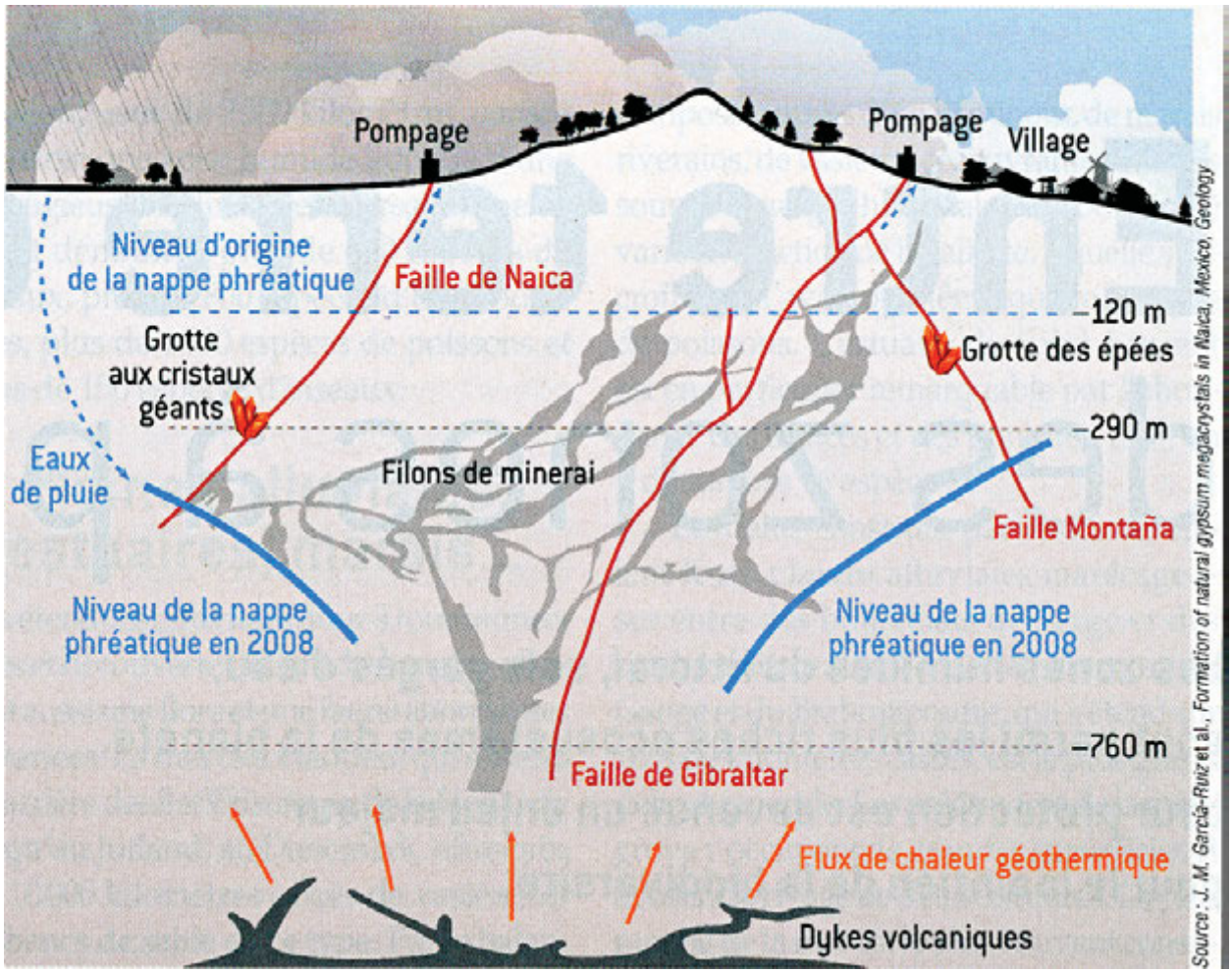
Le refroidissement, constant et assez rapide des grottes, constitue une menace encore plus grande. La chute progressive de la température externe des cristaux, qui a commencé il y a un peu moins de 30 ans, a depuis peu déclenché un phénomène de condensation de la vapeur d'eau, avec de graves conséquences. L'eau qui se condense redissout partiellement les cristaux en surface, mais y forme aussi des concrétions de calcite, qui leur font perdre leur brillance et leur transparence.

Mais la grotte est avant tout condamnée par la fin des activités minières, qui surviendra sans doute d'ici quelques années, lorsque l'extraction de l'argent ne sera plus assez rentable. Dès le moment où l'on arrêtera les pompes, l'eau dé l'aquifère remontera en quelques semaines jusqu'à son niveau d'origine, 160 mètres au-dessus de la Grotte aux cristaux (située à 290 mètres de profondeur). La grotte retrouvera alors les conditions environnementales qui ont présidé à la formation des cristaux, mais la brève fenêtre temporelle qui s'était ouverte sur ces merveilles géologiques se refermera à jamais. Pour cette raison, les participants du Projet Naica tentent de mener à bien toutes les études scientifiques et les relevés d'un lieu qui disparaîtra tôt ou tard.

Nous aimerions cependant faire en sorte que ces merveilles naturelles restent visibles pour les générations futures même après que les eaux thermales seront remontées. Il s'agirait de déplacer la grotte, un peu comme le temple égyptien d'AbouSimbel a été littéralement déplacé pour être sauvé de la remontée des eaux provoquée par le barrage d'Assouan. Du point de vue technique, le projet

est réalisable, mais il nécessite une volonté politique. C'est là l'unique moyen de continuer à montrer les grottes de Naica et leurs incroyables « forêts de cristaux géants ».

Situation géologique des grottes



La mine de Naica est située sur le versant Nord de la Sierra de Naica, 112 kilomètres au Sud-Est de Chihuahua, au Nord du Mexique. C'est l'un des gisements d'argent et de plomb les plus importants au monde. La zone de la mine est entièrement formée de roches sédimentaires, sous lesquelles se trouvent des remontées de roches volcaniques (ou dykes).

La circulation hydrothermale associée à ces remontées est à l'origine des dépôts de plomb, d'argent et de zinc qui forment le gisement, ainsi que, dans une phase plus tardive, de la formation d'eaux riches en sulfates de calcium qui ont donné naissance aux cristaux de gypse.

Les différentes grottes renfermant les cristaux géants sont situées près des voies de drainage naturelles que sont les failles de Gibraltar, Montana, et Naica.

Les galeries de la mine plongent jusqu'à 760 mètres sous la surface. L'aquifère, qui s'étendait à l'origine jusqu'à 120 mètres sous la surface, a été pompé au rythme de 55 mètres cubes par minute; son niveau est aujourd'hui abaissé de près de 700 mètres. En conséquence, la Grotte aux cristaux, située 290 mètres sous la surface, et d'autres, autrefois inondées, sont aujourd'hui visitables.

Bibliographie

P. Forti, Genesis and evolution of the caves in the Naica mine (Chihuahua, Mexico), Zeitschrift für Geomorphologie, vol. 54, suppl. 2, p. 115-135, mai 2010

P. Forti et L. Sanna, The Naica project: a multidisciplinary study of the largest gypsum crystal of the world, Episodes, vol. 33, n' 1, pp. 1-10, 2010

J. M. Garcia-Ruiz, R. Villasuso, C. Agora, A. Canals et F Otalora, Formation of natural gypsum megacrystals in Naica, Mexico, Geology, vol. 35 pp. 327-330, 2007. doi : 10.1130/G23393A.1

L'Association Géologique d'Alès et de sa Région (A.G.A.R.)

L'AGAR est une association scientifique, qui s'est fixé comme objectifs, l'étude géologique de la région, la diffusion de la culture géologique, la participation à la sauvegarde et la protection du patrimoine géologique régional.

L'AGAR organise diverses activités :

Sorties géologiques
Réunions sur des thèmes géologiques
Un voyage annuel
Organisation de manifestations de vulgarisation scientifique
Aide à l'enseignement et à la diffusion de la géologie
Réalisation de documents géologiques
Création d'un fichier géologique régional (inventaire micro-minéralogique, inventaire des sites à caractères pédagogiques)

Important :

L'A.G.A.R. n'est pas une association de chercheurs de minéraux et fossiles.
Nous rappelons que les membres de notre association limitent les récoltes d'échantillons à la constitution ou l'enrichissement de collections publiques ou privées en procédant à des échanges normaux et sans trucages.
Ils ne sauraient participer à l'organisation d'aucune forme de commercialisation d'échantillons.
Sur le terrain, ils pratiquent des prélèvements raisonnables qui n'épuisent pas le gîte et ne gênent pas les observations ultérieures.

Le non-respect de ces dispositions constitue un motif d'exclusion de l'association.

Cotisation annuelle
individuel 15 € couple 21 € étudiants 6 €

BULLETIN d'adhésion à l'AGAR

à retourner à :

AGAR,
6 avenue de Clavières
30319 ALES cedex

Tél : 04 66 78 51 85
e-mail : contact@geolales.net
http://www.geolales.net

Nom : .....

Prénom : .....

Adresse : .....
.....
.....
.....

Code postal : .....

Ville : .....

Tél : .....
e-mail : .....

Parrains (2)

Nom Prénom signature

.....

.....

Les personnes qui n'auraient pas de parrains peuvent prendre contact avec l'association