

ASSOCIATION GÉOLOGIQUE D'ALÈS ET DE SA RÉGION

BULLETIN N° 93

Mars 2017



Microcodium en palissade de la Plane d'Houme (Gard) (photo JP Rolley)

Association Géologique d'Alès et de sa Région
6, avenue de Clavières
30319 Ales cedex

<http://www.geolales.net>
contact@geolales.net



Éditorial

Agariennes, agariens, bonjour,

Avec 2017, voici arrivé le 35^{ème} anniversaire de notre association ; pour les adhérents de la première heure, cela commence à faire une longue histoire, mais l'objet n'a pas changé de même que l'intérêt pour les sorties. Je note dans le premier éditorial de notre bulletin (N°1, 1983), sous la plume de notre président de l'époque monsieur André Lefebvre, les mêmes préoccupations qu'aujourd'hui :

« Financièrement l'équilibre est à étudier ... il convient de chiffrer le prix auquel nous reviendrait la parution de quatre bulletins par an ... Le bulletin est à considérer comme un lien pour la vie courante de notre association, mais aussi comme moyen pour ses membres d'exprimer leur intérêt pour la géologie régionale ; certains de ses articles peuvent donc prétendre à une portée scientifique. »

Trente-quatre ans plus tard ces mots sont toujours d'actualité. Notre bulletin ne fait plus que deux numéros par an mais est imprimé en couleur et porte un numéro ISSN qui lui donne une visibilité nationale.

J'espère que ce nouveau numéro vous apportera toute satisfaction et vous en souhaite bonne lecture.

Malheureusement comme toute association qui prend de de l'âge, cette année nous a apporté son lot de chagrin, avec les disparitions de Jany Lahondère, de Denis Galon et de Angèle Caïa. Nous avons également appris indirectement les disparitions en 2015 de Serge Kizlik et de Lucette Devèze.

Jean-Pierre Rolley

Hommage à Denis Galon

Notre ami Denis Galon nous a brutalement quittés. Un vrai choc ! Il était encore si jeune.

En pensant à lui, à la douleur de ses proches, les souvenirs affluent. Ils m'emportent près de 20 années en arrière. Je suis à l'École des Mines et je reçois un coup de téléphone d'une assistante sociale un peu perdue : « M. Nectoux je sais que vous êtes géologue, je m'occupe du dossier de M. Galon qui m'affirme être passionné de minéralogie. Il me parle de gisements, de minéraux mais je n'y comprends absolument rien. Pourriez-vous le rencontrer et discuter avec lui ? Je suis curieuse de savoir s'il s'agit d'une activité sérieuse ». Le rendez-vous est pris. Et là, la surprise est totale. Je rencontre effectivement quelqu'un de passionné et je m'aperçois très vite que la minéralogie des Cévennes n'a aucun secret pour lui, qu'il en connaît plus que moi sur les espèces minéralogiques présentes dans les différents gisements qui avoisinent Alès. Mieux : ses connaissances lui ont permis d'affiner son diagnostic de détermination et d'ainsi classer sa collection déjà bien constituée.

À cette époque il y avait un groupe de micromonteurs à l'AGAR. Chaperonné par Max Trinquier, Denis a été accueilli chaleureusement. C'était parti pour une longue aventure minéralogique mais aussi une belle amitié.

Denis a suivi assidûment les activités de l'AGAR avec une soif de connaissances jamais apaisée. Avec sa mobylette il a parcouru les Cévennes, échantillonné chaque gisement à la recherche des minéraux. Il voulait classer, ranger, toujours à la recherche des fournisseurs de boîtes de classement, puis d'une loupe binoculaire, puis d'un microscope, puis de la technique pour fabriquer des lames minces puis d'adresses d'autres passionnés pour échanger, se rencontrer.

Pendant ces 20 années, tous les 6 mois, Denis me téléphonait pour me parler de ses trouvailles, de ses activités (ne pas oublier la pêche) ! mais aussi pour prendre de mes nouvelles. Une fidélité à toutes épreuves. Ces conversations vont me manquer.

Impossible maintenant d'aller sur les routes vers Mialet, Durfort, Vialas sans penser qu'au détour d'un virage je vais croiser ce curieux personnage sur son cyclomoteur, amoureux des cailloux, qui s'arrêtera pour parler un instant, avec un regard pétillant, de ses dernières trouvailles. Allez c'est dit, si le soleil est de la partie, le week-end prochain je monte au Mas Dieu. C'est sûr je devrais croiser Denis.

Didier Nectoux

COMPTES RENDUS DE NOS ACTIVITÉS

Samedi 17 septembre

Forum des associations et repas de rentrée



Forum des associations
Le stand de l'AGAR (photo JP Rolley)
Le repas de rentrée (photo JP Bouvier)

Le Forum des associations s'est déroulé cette année, sans problème, le samedi 17 septembre. L'affluence était au rendez-vous mais le stand de l'AGAR n'a, comme chaque année, suscité qu'un intérêt limité. Signalons toutefois qu'il a reçu un peu plus de visite que les autres années et a même enregistré une adhésion qui s'est récemment concrétisée.

Le soir notre repas de rentrée a réuni une quinzaine d'entre nous au restaurant les Terrasses du Gardon à Anduze

Sortie du dimanche 9 octobre 2016

Perforations pontiennes de la Montagne de Saint Geniès et Microcodium de Saze

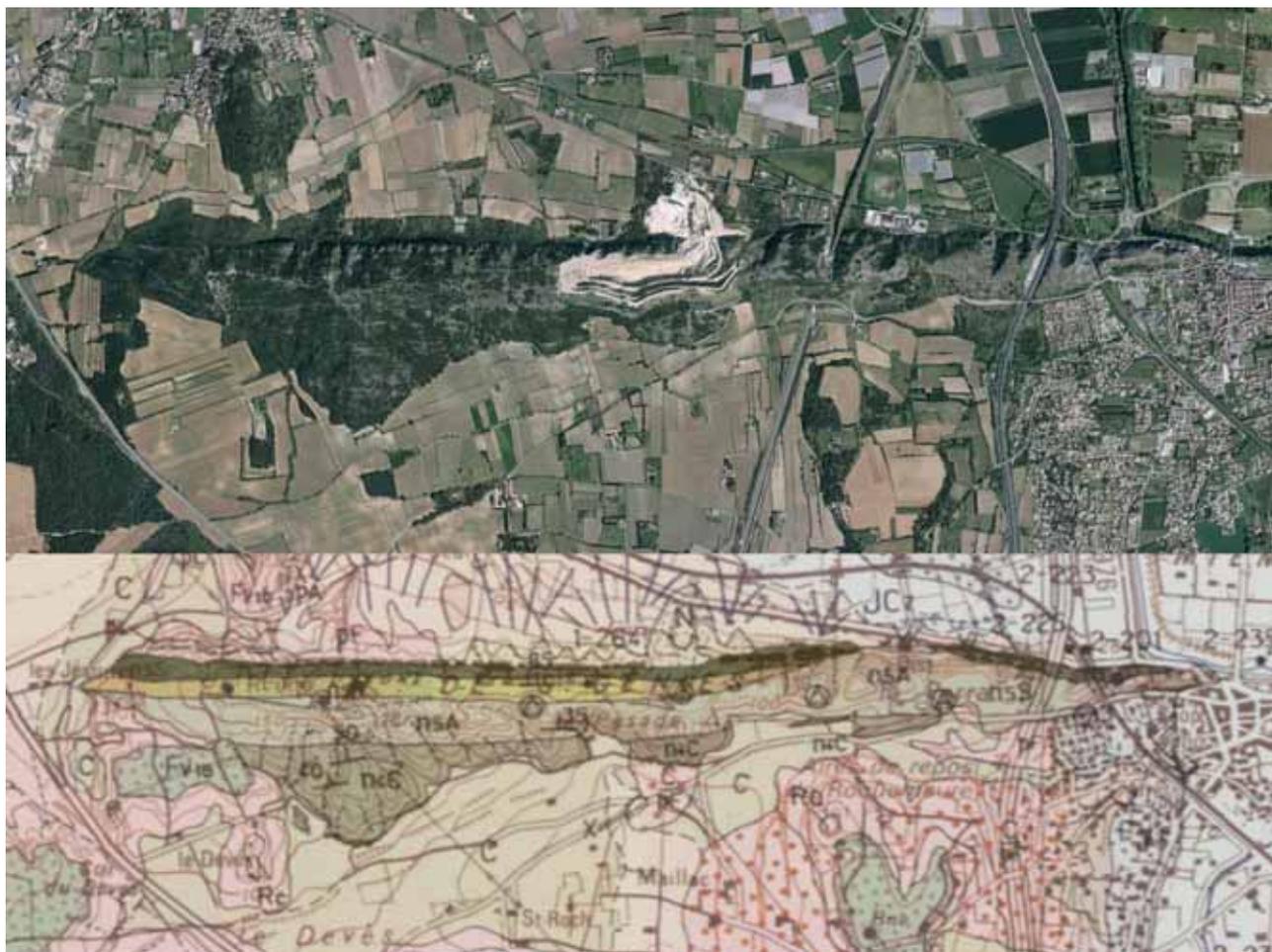
Nous ne sommes que huit au départ d'Alès mais huit autres membres nous attendent à Saint Geniès de Comolas.

Il fait beau mais le mistral est fort.

I – Perforations de la Montagne de Saint-Geniès (Saint-Geniès-de-Comolas)

Tout le monde se retrouve au bout du chemin de terre qui quitte la D980 juste en face du Mas de Saint-Jean. La Montagne de Saint-Geniès se dresse devant nous, grande barrière orientée est-ouest, percée, à l'approche de Roquemaure, par la tranchée de l'autoroute A9 et le tunnel de la ligne TGV ; une importante carrière existe aussi et ronge l'intérieur de la

montagne à quelques centaines de mètres de là comme on peut le voir sur la photographie aérienne ci-dessus.



1 - Photo aérienne et 2 - carte géologique (Géoportail)

La Montagne de Saint-Geniès fait partie de la série de plissements est-ouest, attribuée à la phase pyrénéo-provençale qui affecte la série crétacée de la bordure rhodanienne du Gard.

Il s'agit, ici, du rebord nord d'un anticlinal qui part du fossé d'Alès et traverse le Rhône au niveau de Roquemaure pour disparaître sous la couverture tertiaire au niveau de Châteauneuf-du-Pape. Cet anticlinal, dit de Belvezet-Roquemaure, montre, depuis Saint-Laurent-la-Vernède, un flanc nord fortement redressé et localement faillé (on parle parfois de la faille de Roquemaure).

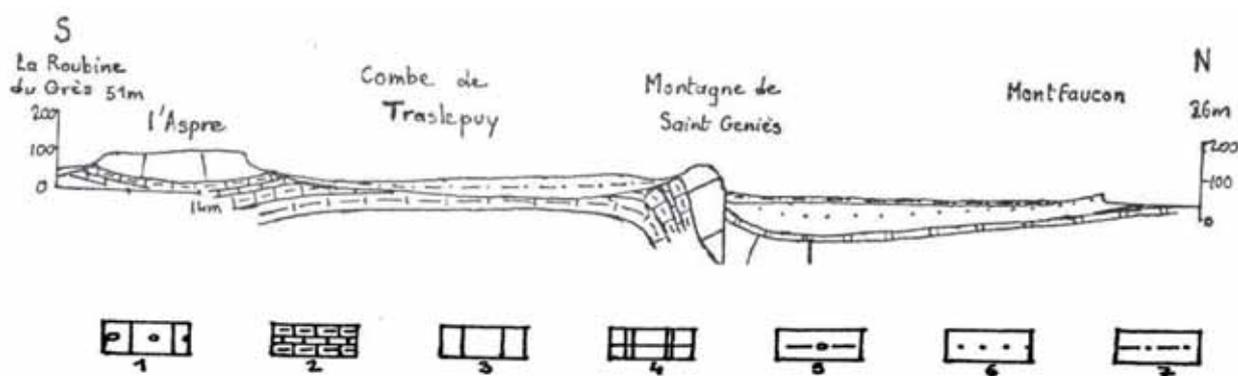


Fig. 3. - Légende : 1. Calcaires argileux ou cristallins hauteriviens. 2. Marnes et banc urgonien du Barrémien inférieur. 3. Calcaire urgonien (Barrémien supérieur). 4. Calcaires et grès aptiens. 5. Grès calcaires albiens. 6. Sables et grès cénomaniens. 7. Argiles et sables pliocènes. (In Peulvast Jean-Pierre 1971)

Entre Saint-Geniès et Roquemaure, cette structure a été exhumée par le ravinement messinien. Ce versant karstifié se trouve criblé de perforations de lithophages. Ces perforations semblent se répartir en 4 ou 5 encoches littorales de la cote de 90 NGF à environ 110 m (notice carte Avignon) mais on en rencontre, comme nous le verrons plus loin, jusqu'à près de 150 m comme dans la grotte de Grand'Baume (ou de Gargantua), à l'intérieur même de la grotte. Ces différentes encoches sont attribuées à la remise en eau pliocène (transgression zancléenne). Il convient de noter que les niveaux pliocènes marins correspondant se rencontrent aujourd'hui à la cote 70 m NGF. Ce décalage étant attribué par les uns à un exhaussement post Pliocène, pour d'autres à la compaction des argiles marines.

Notre petit groupe rejoint le chemin qui court au pied de la falaise, malheureusement un peu loin de celle-ci. Nous longeons donc la falaise en nous dirigeant vers l'ouest, jusqu'à l'aplomb du réservoir. Là, il faut emprunter une sente peu marquée pour approcher, à travers la salsepareille et les chênes verts, la falaise (fig.4 et 5).



4 - Agariens dans la jungle de Saint Geniès
(photo JP Bouvier)



5 - Premières perforations à travers la végétation
(photo JP Bouvier)



6 - Deux niveaux de perforations
(photo JP Rolley)



7 - Encoche perforée (photo JP Rolley)

Nous atteignons le pied de la paroi constituée de calcaires blancs de facies de type urgonien et qui seraient ici déjà attribuables au Bédoulien (Aptien) ; nous pouvons observer deux horizons de perforations, le premier est aux environs de 90 m d'altitude (fig.6), le second quelques mètres au-dessus. Latéralement, on peut rencontrer des encoches horizontales et des petites cavités couvertes également de perforations (fig.7).

Après cette épopée dans la jungle de Saint-Geniès, nous revenons sur nos pas pour grimper en direction de la grotte de « Grand'Baume » ou « grotte de Gargantua » à 145 m. d'altitude (fig.8 et 9).



8 – Panneau au niveau de la grotte



9 - Grotte de Gargantua (photo JP Rolley)

Dans une galerie, à l'ouest de l'entrée principale, on peut observer des parois qui montrent de nombreuses perforations (fig.10). Juste à l'entrée, légèrement en contre bas, dans un niveau de calcaire à silex, on trouve de grosses perforations presque parallèles à la paroi (fig.11).



10 - Perforations dans la grotte (photo JP Rolley)



11 - Perforations à l'entrée (photo JP Rolley)

De part et d'autre de la grotte de Gargantua on rencontre des cavités montrant des perforations (fig.12)

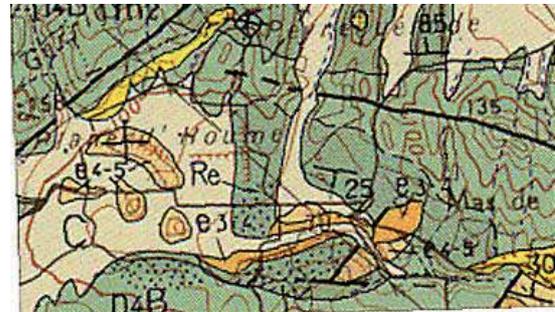
Le mistral souffle avec force et nous sommes heureux de redescendre trouver la « douceur » de la plaine.



12 – Cavité avec perforations (photo JP Rolley)

Nous en profitons pour reprendre des forces avec un pique-nique bienvenu.

II – Les *microcodium* de la Plane d’Houme



13 – carte topographique (IGN)

14 – Carte géologique (BRGM)

Après le repas, direction Saze, une vingtaine de kilomètres au sud-ouest. Malgré un itinéraire un peu compliqué, tout le monde arrive à bon port et nous quittons les voitures au niveau de la barrière du DFCI, un peu avant la ligne TGV et le lieu-dit Peyrequérode.

Nous prenons alors le GR42 en direction de la Plane-d’Houme et de l’Homme-mort (deux termes qui semblent se retrouver un peu plus loin sur la carte !). Il s’agit d’une vaste dépression au sein des calcaires urgoniens, limitée au sud par le chaînon est-ouest des Castellones et le relief nord-est sud-ouest des garrigues de la Baume.

Au croisement de l’Homme-mort (portail de la Plane d’Houme fig.15), nous rencontrons les premiers *microcodium* (fig.16).



15 – Panneau au niveau de l’Homme-mort Plane d’Oume ou d’Houme (photo JP Bouvier)



16 – Premiers *microcodium* sur le chemin (photo JP Rolleyr)

Ce sont d'abord quelques éléments peu caractéristiques sur le sol du chemin, puis, dans le ruisseau, un très bel affleurement de *microcodium* en « choux-fleurs » (fig.17).



17 – Microcodium du portail de la Plane d'Houme (photo JP Rolley)

Il s'agit d'un ensemble spectaculaire de fines couches en « pelure d'oignon », empilées les unes sur les autres et qui semblent s'être incrustées dans la roche calcaire comme si celui-ci avait été « mangé ».

Plus loin, sur le GR et sur les chemins qui longent le pied nord du relief des Castellones, on observe toutes sortes d'affleurements à *microcodium* :

- Des structures en « chou-fleur » (fig.18) avec en surface un enchevêtrement très curieux de « spaghettis » (fig.19)
- Des zones complètement cariées (fig.20)



18 – *microcodium* en « chou-fleur »
(photo JP Rolley)



19 – détail de la surface (photo JP Rolley)



20 – zone complètement cariée par des *micocodium* (photo JP Rolley)

La variété des formes et des structures que l'on peut observer ne sont pas sans poser quelques questions sur la nature et l'origine de ces structures. Il est surprenant que plus d'un siècle après leur découverte on n'ait toujours pas d'explication claire du phénomène.

On trouvera dans la rubrique scientifique, un aperçu du phénomène et des interprétations que l'on peut trouver dans les publications ainsi que des observations que nous avons pu faire.

Jean-Pierre Rolley

Sortie du samedi 5 novembre 2016

À la découverte du Puech de Mouriès (Saint Etienne d'Escattes)



1 - Photo aérienne et 2 - carte géologique (Géoportail)

Le temps n'est vraiment pas engageant, mais la météo indique qu'il ne devrait pas pleuvoir dans cette partie du département. Il est donc décidé de maintenir la sortie.

Finalement nous sommes 18 à nous retrouver à Saint-Etienne d'Escattes et nous voici partis en direction du Puech de Mouriès ; nous empruntons la piste qui va en direction des Pépinières Quissac et garons les voitures un peu avant d'arriver aux pépinières.

Arrêt 1 :

Nous sommes au pied du Puech et, à gauche, dans le talus de la piste, on observe un magnifique chenal dissymétrique de conglomérat à galets de calcaires crétacés très anguleux, au sein d'un sédiment limoneux rougeâtre (fig.3). Un peu plus loin, à l'embranchement d'un chemin qui part sur la droite, on retrouve ces galets (on pourrait même dire blocs tellement ils sont anguleux), noyés dans un ciment de calcaire lacustre blanchâtre (Fig.4). Nous sommes d'après la carte géologique dans de l'Oligocène supérieur indifférencié.



3 – chenal de conglomérat (photo JP Rolley)



4 – Blocs de calcaires crétacés dans du calcaire lacustre (photo JP Rolley)



Arrêt 2 :

Le Puech Mouriès étant clôturé, nous remontons par la piste de la Combe Biroune en direction du nord-est jusqu'à rencontrer les calcaires hauteriviens qui forment les collines environnantes. La végétation est dense et nous avons beaucoup de mal à trouver un affleurement digne de ce nom.

Arrêt 3 :

Nous rebroussons donc chemin pour franchir la clôture du Puech par une entrée au niveau d'un champ situé sur un petit col¹. Ce champ livre des galets siliceux blancs (quartz et quartzites), d'origine cévenole qui correspondent à des alluvions quaternaires déposées par d'ancien cours d'eau dont on trouve ça et là la trace. Nous sommes à une altitude d'environ 165 m.

¹ Le Puech Mouriès étant une propriété privée, je remercie le propriétaire qui nous a aimablement autorisé à faire cette visite.

Arrêt 4 :

Nous empruntons un petit chemin qui longe le bord est du Puech et découvrons, dans le maquis de chênes-verts, les restes d'une petite carrière ayant exploité un calcaire jaunâtre, pétri de débris d'organismes marins (oursins, huîtres, pectens, bryozoaires, etc.) (fig.5), il s'agit d'une « molasse », proche de la pierre du pont du Gard, d'âge Miocène (Burdigalien inférieur – 20 Ma) en bancs subhorizontaux.

Arrêt 5 :

Nous retrouvons cette formation, dans une carrière plus importante avec des fronts de 1,5 m à 2 m de haut et des traces d'escoudes (fig.6).



5 – molasse du Puech de Mouriès (photo JP Rolley)



6 – Carrière principale du Puech de Mouriès (photo JP Rolley)

Le Puech de Mouriès est donc une butte, témoin de l'avancée de la mer miocène venue de la vallée du Rhône jusque dans cette zone des Garrigues. Tout le bassin de Sommières semble avoir été inondé au Burdigalien mais on est proche de la limite d'extension.



7 – Agariens dans la carrière de molasse du Puech de Mouriès (photo JP Rolley)



8 – Galets verdis et perforés à la base de la molasse burdigalienne (photo JP Rolley)

Arrêt 6 :

Nous nous dirigeons maintenant vers l'extrémité sud-ouest du Puech et bientôt nous découvrons, sur le chemin, des galets plus ou moins verdis et perforés. On est là sur le niveau de base du Burdigalien (fig.8).

Arrêt 7 :

Poursuivant notre chemin nous arrivons dans une zone qui semble chahutée. Il s'agit d'un niveau de marnes blanches rempli de terriers de blaireaux (Fig.9)



9 – Terrier de blaireau (photo JP Rolley)



10 – Niveau de calcaire lacustre (photo JP Rolley)

Arrêt 8 :

Plus bas nous pouvons observer un affleurement de calcaire lacustre blanc (fig.10) qui ne nous livre malheureusement aucune faune déterminable.

La clôture ne nous permettant pas de sortir à ce niveau, nous remontons en direction de la carrière de l'arrêt 6 pour descendre en direction de la pépinière.

Arrêt 9 :

En descendant nous faisons un arrêt pour observer un niveau d'argile qui a été utilisé autrefois par des potiers (fig.11).

Arrêt 10 :

Parvenus au pied du Puech nous observons, le long de la clôture de la pépinière, une tranchée qui met au jour un banc de calcaire lacustre qui semble plus consistant que celui rencontré plus haut (fig.12)



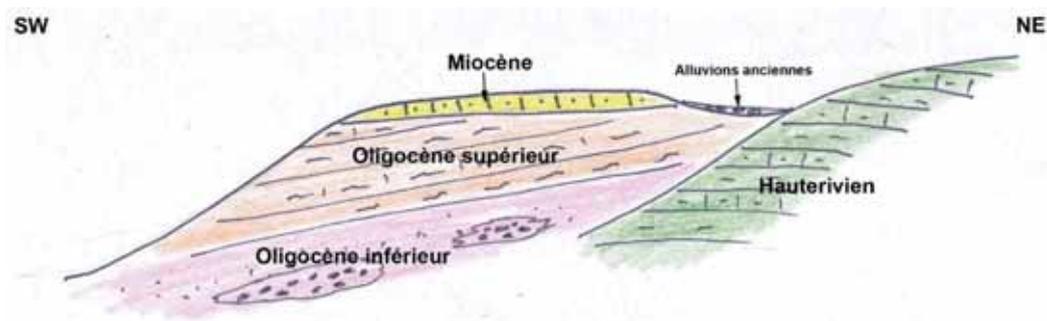
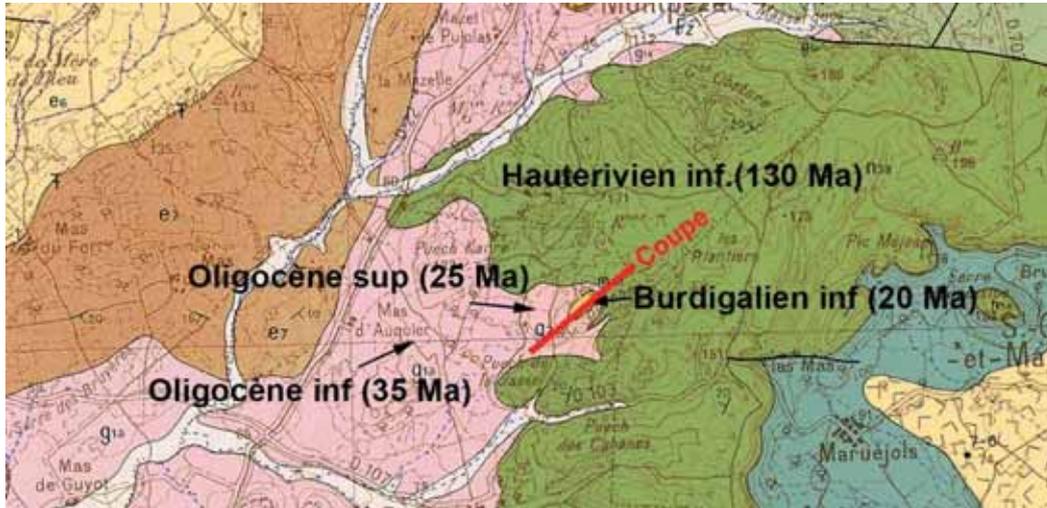
11 – niveau d'argile blanche (photo JP Rolley)



12 – banc de calcaire lacustre (photo JP Rolley)

Le série que nous venons de voir, sous la molasse burdigalienne, est sans doute à rattacher à de l'Oligocène supérieur proche des calcaires de Pondres ou des marnes de la Bénovie.

Pour terminer cette sortie, qui aura bénéficié d'un temps finalement très acceptable, on peut proposer une coupe schématique de cette petite butte témoin.



Jean-Pierre Rolley

Samedi 12 novembre Jaujac

Quarantième anniversaire de la Société géologique de l'Ardèche



Salle d'exposition (photo JP Rolley)



Stand de l'AGAR (photo JP Rolley)

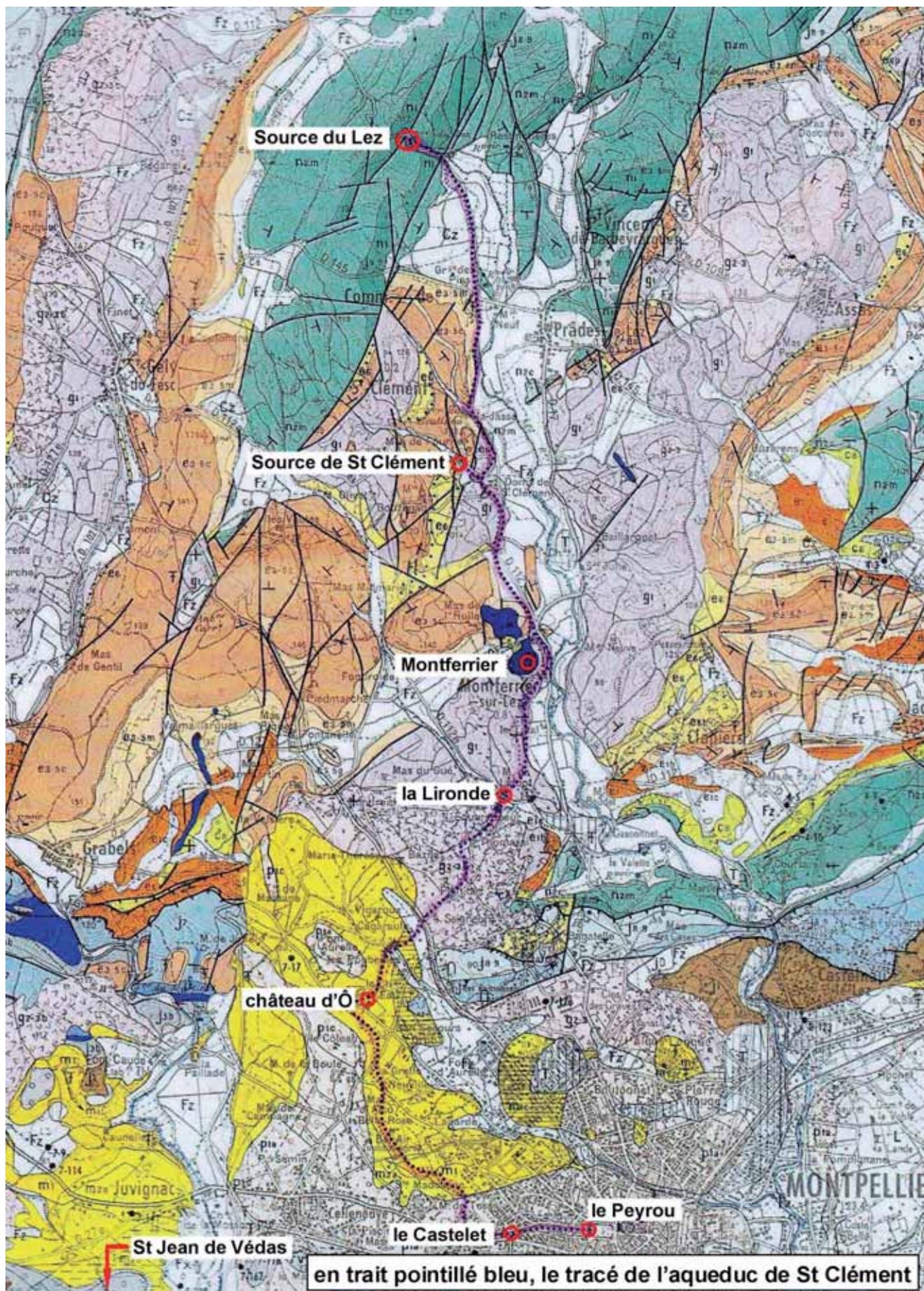


C'est avec plaisir que nous avons assisté à la journée organisée à Jaujac par la Société géologique de l'Ardèche à son quarantième anniversaire.

L'AGAR avait un stand équipé d'un microscope numérique de poche.

Cette journée a été très suivie et s'est passée dans une très agréable ambiance pour se terminer par une conférence de Didier Nectoux et un gâteau d'anniversaire.

Georges Naud président de la SGA devant le gâteau d'anniversaire des 40 ans (photo JP Rolley)



Extrait carte géologique 1/50 000 BRGM - feuille Montpellier n° 990.

L'approvisionnement en eau de Montpellier, de la source du Lez au Peyrou.

Le 7 décembre 2016, à l'occasion du 250^e anniversaire de l'arrivée des eaux de source à Montpellier, le CERGA nous a invités à une sortie sur le terrain, de Saint-Jean-de-Védas à la source du Lez. Organisée par Pierre Bérard, cette sortie, en partie en milieu urbain, a bénéficié d'un très beau temps, ce qui a rendu acceptables les difficultés attendues de circulation, de navigation et de stationnement.

Les participants (18 au total dont 5 d'AGAR), venant de diverses directions, se sont retrouvés à 9 h 45 à La Condamine du Repos, à Saint-Jean-de-Védas.

Cette sortie "hydrogéologie/logique" avait pour thème principal l'alimentation en eau potable de la ville de Montpellier avec, en filigrane, l'aqueduc de St Clément et son concepteur et réalisateur Henri Pitot.

(Pour des raisons pratiques le parcours se fera en sens inverse de celui donné par le titre).

L'aqueduc de Saint Clément

Pendant très longtemps Montpellier n'a été approvisionnée en eau que par des puits ou des sources locales qui fournissaient une eau plus ou moins saine. Avec le développement de la ville les besoins augmentèrent ; de nombreux projets virent jour, notamment, dès le XIII^e siècle, celui d'amener les eaux des sources de St Clément, situées au nord de Montpellier. Ce projet connu de nombreuses difficultés (tracé, financement, indemnisation des propriétaires concernés, usagers traditionnels, etc.) jusqu'à ce qu'en 1751 le Maréchal de Richelieu chargeât Henri Pitot d'y travailler. Ce dernier, s'inspirant d'études antérieures, définit un tracé utilisant au mieux la topographie, évitant les terrains difficiles et minimisant le nombre et l'ampleur des ouvrages d'art.

Le point de départ a été fixé à la source de Saint Clément (altitude 62 m), l'arrivée à 9 km, place du Peyrou (altitude 53 m) à Montpellier. Le but étant d'obtenir un débit minimal de 25 l/s (environ 2 000 m³/jour) et s'inspirant de réalisations antérieures (dont les aqueducs romains), Pitot a opté pour une pente du radier de 0,289 m/1 000 m. La longueur de l'ouvrage atteint donc 13 904 m dont 9 652 m sont enterrés ou affleurent au niveau du sol et 4 252 m passent en aérien (ponts, arches). Le conduit (large d'environ 0,70 m) est recouvert de dalles sur toute sa longueur.

Construit de 1753 à 1765 il ne fut totalement achevé qu'en 1772 avec son raccordement au château d'eau du Peyrou.

La ville se développant et les besoins individuels en eau croissant, le débit de 25 l/s s'est vite révélé insuffisant. L'ouvrage ayant été surdimensionné ce débit a pu sans difficulté être accru pour atteindre 50 l/s, puis 75 l/s et, en 1931, 400 l/s (prolongement de l'aqueduc, vers 1855, sur 4,4 km, de Saint Clément à la source du Lez, pour capter une partie des eaux de cette source).

L'adduction gravitaire en eau de la ville de Montpellier et donc cet ouvrage ont été abandonnés après la mise en service de l'usine souterraine aménagée dans le karst d'alimentation de cette source du Lez en 1982.

Pente de l'aqueduc :

La majorité des documents indique une pente du conduit de 0,289 m pour 1 000 m, valeur contestée par quelques auteurs qui proposent une pente de 0,65 m/1 000 m, donc plus que double. Ces deux valeurs sont exactes et se justifient en observant que la plus faible correspond à la pente donnée au radier de l'aqueduc, la seconde à la pente topographique entre la source, à Saint-Clément-de-Rivière, et l'arrivée, au Peyrou.

Eugène Thomas (1836) et Yann L'Hôte (2015) citent des extraits de documents de Pitot ; la pente entre la source et le Peyrou est de 28 pieds 9 pouces et 8 lignes pour une longueur de 7 134 toises, soit, après conversion, 9,36 m et 13 904 m et donc une pente de 0,067 %. Pour l'exécution de l'ouvrage Pitot donne comme instruction à l'entrepreneur de "baisser d'un pouce toutes les 48 toises" (27,02 mm tous les 93 m ou 28,9 mm/100 m) donc une pente de 0,029 %.

1) Carrière de la Peyrière, à Saint-Jean-de-Védas.

Nous la visiterons guidés par M. Paul de Boisgelin, maire adjoint de Saint-Jean-de-Védas.

Ouverte dans la molasse miocène (Burdigalien inférieur), cette carrière a été exploitée depuis fort longtemps (V^e siècle avant J.C selon certains), abandonnée fin XIX^e-début XX^e siècle et récemment aménagée en parc municipal. Elle forme un parallélogramme d'environ 200 m de côté, avec un front de taille d'une hauteur maximum d'une quinzaine de mètres sur sa face nord-est.

Elle a fourni le matériau utilisé pour la construction de nombreux bâtiments et monuments de la région, notamment l'aqueduc de St Clément. Nous en ferons le tour en observant les figures habituelles de la molasse, avec des bancs de puissance variable, de granulométrie fine à très grossière, des irrégularités de sédimentation, des stratifications obliques, entrecroisées et la richesse en éléments coquilliers souvent très bien conservés, ainsi que les traces d'exploitation et d'outils.



Carte de situation de la carrière (Géoportail)



Site de la carrière de la Peyrière (photo jpb)



Stratifications obliques et entrecroisées (photo jpb)



Banc lumachellique (photo jpr)

Notre attention se portera particulièrement sur un banc de 1 m environ d'épaisseur, formé par l'accumulation de restes coquilliers très peu abîmés et renfermant de curieux petits galets verdâtres, que l'on peut aisément suivre sur plusieurs mètres. La bonne conservation des coquilles peut indiquer un milieu peu agité, peut-être une petite dépression, une cuvette d'accumulation abritée des courants.

2) Les Arceaux - le Castelet.

Nous n'irons pas au terminal de l'aqueduc, le château d'eau-réservoir du Peyrou (questions de stationnement), mais gagnerons directement le Castelet, tout au début de l'aqueduc des Arceaux où nous serons accueillis par M. Bonnefont (Association Arceaux Ville active AVA).

Ce Castelet, dernier bassin de décantation, faisait la jonction entre la dernière partie souterraine de l'aqueduc et sa partie terminale aérienne formée par les Arceaux, avant son arrivée au Peyrou. Ce dernier tronçon, largement inspiré du Pont du Gard, long de 880 m, est formé de 53 grandes arches elles-mêmes surmontées de 183 autres plus petites ; sa hauteur maximale est de 25 m.

Une ouverture au sol, fermée par une trappe, donne accès au canal, la "rigole" comme l'appelait H. Pitot.



Plan ancien du Castelet



Vue ancienne des Arceaux, entre le Castelet, à gauche et le château d'eau du Peyrou à droite
(photo archives Montpellier)

3) Le domaine d'O

Toujours avec les mêmes guides et accompagnateurs nous reprenons les véhicules pour rejoindre le château d'O, une propriété de campagne, une "folie"², à l'écart de la ville à l'époque de sa construction, au XVIII^e siècle, entourée de terres. Cette propriété appartient aujourd'hui au Conseil Général de l'Hérault et est devenue un domaine dédié à l'art et à la culture.

² Une **folie** est une maison de villégiature ou de réception construite à partir du XVII^e siècle et principalement au XIX^e siècle par l'aristocratie ou la bourgeoisie aisée en périphérie des villes.



Façade sud du château d'O (photo jpb)

C'est sous les ombrages de son parc que nous déjeunerons et aurons, de M. de Boisgelin, un long historique de cette propriété, de ses origines à aujourd'hui.

Les propriétaires successifs y ont aménagé des jardins, avec des bassins, des jets d'eau, et construit un grand bassin de régulation de 3 000 m², le bassin de St Ferréol qui recevait les eaux de ruissellement pour les distribuer dans le parc. Façade sud du château d'O (photo jpb)



La propriété est traversée par l'aqueduc de St Clément dont le tracé représenté sur le plan ci-dessus montre également l'emplacement de plusieurs regards.

Avant de regagner les voitures nous allons suivre le tracé (ici souterrain) de l'aqueduc, à l'intérieur du parc universitaire. Nous pourrions y voir quelques-unes des bornes numérotées qui balisaient le parcours tous les 50 m ainsi qu'un regard bien conservé.



Borne avec écusson (photo jpb)



Regard (photo jpb)



Le groupe des participants CERGA, AGAR et Acad. Pont du Gard devant le château d'O.



4) Traversée de la Lironde

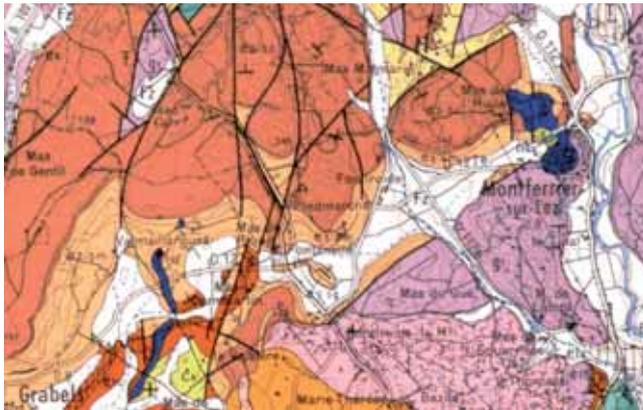
En repartant nous apercevrons sur le Verdanson une portion aérienne avec arcades de l'aqueduc, proche du parc Euromédecine, avant de le retrouver à son franchissement, avec deux étages d'arcades, de la rivière la Lironde.

5) Le volcan de Montferrier

Puis nous gagnons Montferrier, village construit sur un piton volcanique de basalte ; ce basalte, de teinte très sombre, se découpe en prismes irréguliers. On peut y observer des inclusions verdâtres d'olivine ainsi que quelques cristaux de pyroxène



L'aqueduc de St Clément au franchissement de la Lironde (photo R. Guin)



Extrait carte géologique 1/50 000 (BRGM)

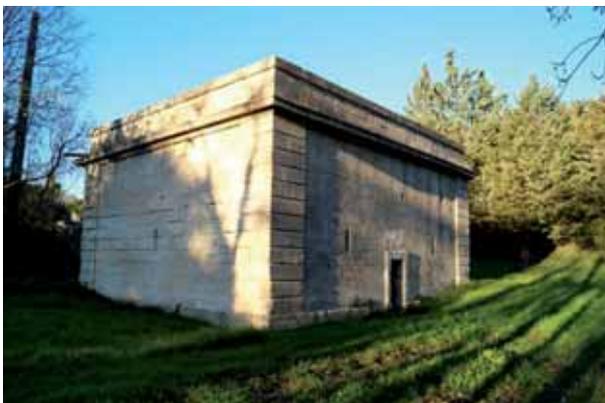


Le soubassement basaltique de l'église de Montferrier (photo jpb)

Il constitue le soubassement de l'église et a également servi de matériau de construction ; on en observe de nombreux blocs dans les murs du haut village. Anciennement daté du Quaternaire récent, les méthodes de géochimie isotopique lui attribuent aujourd'hui un âge de 26 à 30 Ma (Oligocène).

6) Les sources de Saint-Clément-de-Rivière

Puis nous sommes accueillis à Saint-Clément-de-Rivière par M. Alphonse Cacciaguerra qui nous fait un exposé détaillé de la carrière d'Henri Pitot et surtout de son œuvre maîtresse, l'aqueduc de Saint Clément.



L'enceinte du captage (photo R. Guin)



Le captage (photo P. Bérard)

Il nous conduira, avec M. Zorziotti (correspondant local de Midi Libre), au captage de la Grande Source, à quelques dizaines de mètres, protégé dans un bâtiment carré, en pierre

(molasse), entièrement fermé, sans toit, avec une seule entrée étroite, quelques ouvertures en forme de meurtrière. L'intérieur de cette enceinte est presque totalement occupé par le captage, seconde construction en pierre également, en forme de coupole hémisphérique, point de départ de l'ouvrage de Pitot. Un escalier permet d'accéder à une étroite ouverture dominant les griffons, le petit bassin de collecte et décantation et le départ de l'aqueduc.

7) La source du Lez

La description de ce dernier arrêt, rédigée par Pierre Bérard, se trouve dans les pages suivantes.

Henri Pitot

Henri Pitot est né à Aramon le 31 mai 1695, mort dans la même ville le 27 décembre 1771. Issu d'une famille de notaires il fera, sans conviction et avec peu de résultats, ses études au collège de Beaucaire. Après un engagement de quelques années dans l'armée, il acquiert, en autodidacte, une très vaste culture scientifique. Puis il va à Paris, devient assistant de Réaumur, approfondit ses connaissances en mathématiques, hydraulique, astronomie, etc. entre à l'Académie Royale des Sciences. En 1732 il invente le "tube de Pitot", instrument pour mesurer la vitesse des fluides. Cette invention aura de nombreuses autres applications dont l'aéronautique et lui vaudra une renommée mondiale.

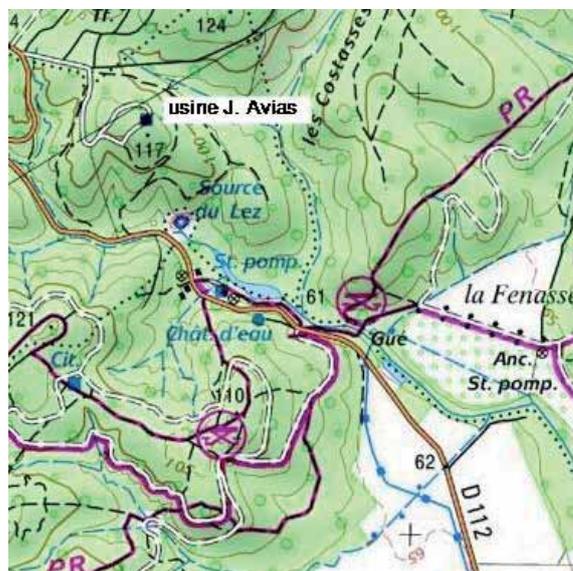
Dès 1740, nommé en Languedoc, il intervient dans de très nombreux domaines ; assèchement, assainissement de marais, amélioration, réalisation de routes, digues, ouvrages d'art (notamment le pont routier accolé au Pont du Gard), etc. ; son œuvre majeure reste la réalisation de l'aqueduc de Saint Clément.

Bibliographie succincte

- COLLECTIF (2003). Le château d'O, histoire d'une folie montpelliéraine. Conseil Général de l'Hérault.
- DAUTRIA J.M. et REILLE J.L. (1992). Analyse pétrographique et détermination de la provenance du matériau basaltique des meules antiques de Lattes. Lattara 5, pp. 233-236.
- LESCURE M. et DESBORDES M. (2012). Texte de la conférence donnée le 14 avril 2012 à ARAMON.
- L'HÔTE Y. (2015). Henri Pitot (1695-1771) son tube et l'aqueduc de Saint Clément. Mémoire d'Oc n° 176.
- THOMAS E. (1836). Essai historique et descriptif de Montpellier-Castel, Montpellier.

Pierre Bérard, Jean-Pierre Bouvier

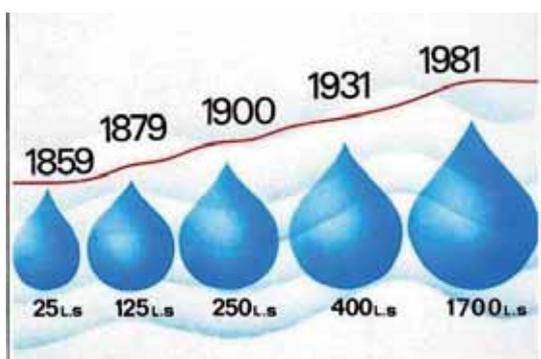
Les captages successifs, depuis la Grande Source de St Clément jusqu'à la source du Lez



Site de la source du Lez - vue aérienne (Google) et carte (Géoportail)

C'est à Saint-Clément-de-Rivière que la conduite, conçue et édifiée par Pitot entre 1753 et 1765, recevait les eaux de la Grande Source avec une superstructure hémisphérique de protection du captage et la source du Boulidou située à 500 m en amont.

Les deux sources étaient rassemblées dans le bâtiment dénommé le Mescladou, à 300 m à l'est de la Grande Source, avant que d'être acheminées, de façon gravitaire, jusqu'au Castelet et au "réservoir" du Peyrou à Montpellier. Elles ne faisaient que transiter, alimentant en priorité les fontaines publiques de la Licorne, place de la Canourgue, de la Cybèle, place Chabaneau (face à la Préfecture) et des Trois Grâces sur la place de la Comédie. Deux filets d'eau de faible section étaient fichés à hauteur d'homme sur chaque pilier de l'Arc de Triomphe, coté Écusson.



Étant insuffisant en débit par rapport aux besoins en eau croissants de la métropole, entre 1854 et 1856 l'aqueduc a été prolongé sur 4,4 km jusqu'à la source du Lez, située 3 m plus haut en altitude.

La figure ci-contre illustre, sur 120 ans, le débit croissant demandé à la source du Lez pour alimenter en eau la ville de Montpellier (extrait brochure ville de Montpellier-CGE, 2004).

Un récapitulatif des altitudes (ΔH) en m NGF et des distances est indicatif des pentes respectives en m/km, le Temple des Eaux à l'Esplanade du Peyrou se situant au point 0. Le chiffre à retenir se situe entre 0,65 et 0,70 m/km (celui de 0,29 m/km est souvent cité par erreur), soit presque 3 fois plus forte que la pente de 0,24 m/km adoptée par les Romains au Pont du Gard.

Site	Altitude (m)	ΔH (m)	Distance (m)	Pente (m/km)
Château d'eau du Peyrou	53	0		
Grande Source (St-Clément)	62	9	13 904	0,65
Sce du Boulidou (St-Clément)	63	10	14 300	0,70
Source du Lez (St-Clément)	65	12	18 300	0,66
D'Uzès à Nîmes via le Pont du Gard				
Fontaine d'Eure	65			
Castellum divisorium (Nîmes)	53	12	51 000	0,24

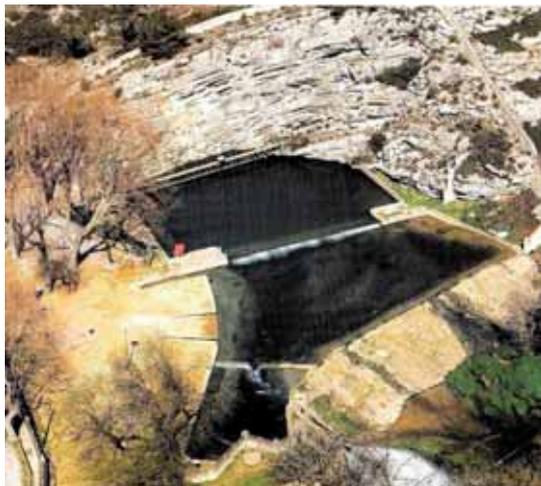
De Saint-Clément-de-Rivière à la source du Lez l'aqueduc est implanté côté ouest de la route, en limite du coteau calcaire et des alluvions du Lez. On y retrouve, régulièrement espacés, les regards de visite cimentés obturés par une porte métallique.

Le fleuve Lez s'inscrit ensuite au sein des calcaires marneux du Berriasien. À 300 m en aval de la vasque naturelle où l'émergence est ascendante (de type vauclusien, en retrait d'une faille NNE-SSW) on s'arrête pour observer un seuil de jaugeage bétonné, qui barre le lit mineur. En rive droite se trouvait un limnigraphe enregistreur des niveaux de l'eau. Les débits de la source du LEZ (diminués des prélèvements effectués) étaient connus grâce à la courbe de tarage dressée à cet endroit.

Une falaise constituée de calcaires du Berriasien formant des strates décimétriques, à pendage de quelques degrés orienté vers le nord-ouest, surmonte la vasque naturelle qui est visible en période de basses eaux. Elle s'étend selon un diamètre de 30 m avec une profondeur de 9 à 10 m. Un seuil horizontal constitué par une sorte de rail métallique maintient le niveau de l'eau à une altitude quasi-constante.

Après les captages gravitaires acheminés par l'aqueduc dans des gammes de débits croissants, puis, à partir de 1935, effectués selon une conduite bétonnée de 1 m de diamètre (la \varnothing 1 000), des pompages dans la vasque ont été entrepris à partir de 1970. Ils permettaient d'acheminer les eaux de la source par une conduite en acier de \varnothing 1 400 mm qui traverse deux

fois le Lez et qui rejoint le réservoir de Montmaur (d'une capacité de 24 000 m³). Cette conduite est encore utilisée de nos jours.

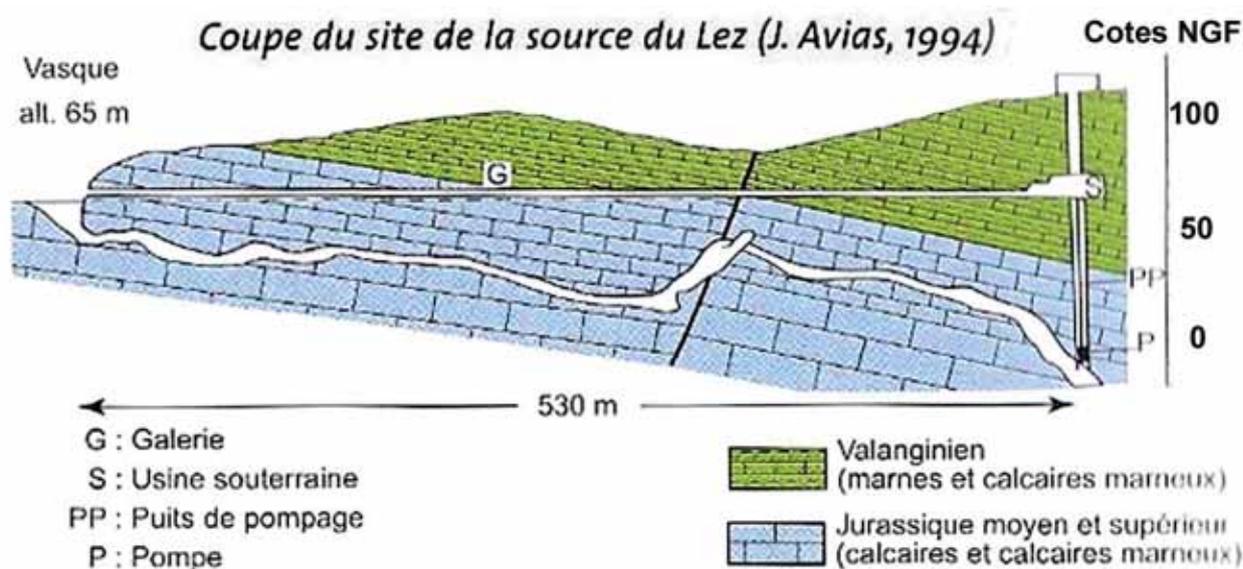


Source du Lez - Vasque et barrage en surverse (photo ville de Montpellier-CGE, 2004)



Seuil de jaugeage et base du limnigraphe sur le Lez (photo P. Bérard)

Les explorations du conduit souterrain par les plongeurs spéléonautes d'Hydrokarst ont permis d'en dresser la topographie et d'atteindre le 19 mai 1979 la profondeur de -75 m (-10 m NGF) à une distance de 536 m de l'entrée de la vasque. Ils ont permis de situer l'emplacement de la future usine souterraine de pompage qui a été réalisée en 20 mois, entre avril 1981 et décembre 1982.



Coupe géologique du site et aménagement (galerie souterraine en amont de la vasque) - J. Avias - BRGM 2006.

Cette salle, située à 46 m sous le niveau du sol des bâtiments extérieurs (alt. 111 m NGF), comprend un ascenseur et un monte-charge réalisés par foration de bas en haut en Ø 3,60 m. Ses dimensions sont les suivantes : L = 19 m, l = 8 m, et H = 11 m. On y trouve les têtes d'un puits de visite et des trois puits de pompage en Ø 1,80 m. Chacun est équipé d'une pompe électrique immergée à débit variable, pouvant atteindre un débit maximum de 1 m³/s.

Les appareils et outils de forage ont été démontés et introduits dans l'usine souterraine par la galerie d'évacuation des déblais qui a une longueur de 230 m, excavée avec des explosifs "doux" à oxygène liquide. Elle sert actuellement de gaine à la conduite d'exhaure qui achemine l'eau pompée jusqu'à la station de clarification ARAGO, située au nord de Montpellier

Toutes les commandes et paramètres de pompage visibles sur un synoptique de surveillance en haut de l'usine de pompage qui porte le nom de Jacques Avias sont également accessibles en temps réel depuis la station ARAGO. Les paramètres enregistrés en continu sont les débits, les volumes extraits, la température des eaux, leur conductivité, le niveau de l'eau (niveau dynamique).

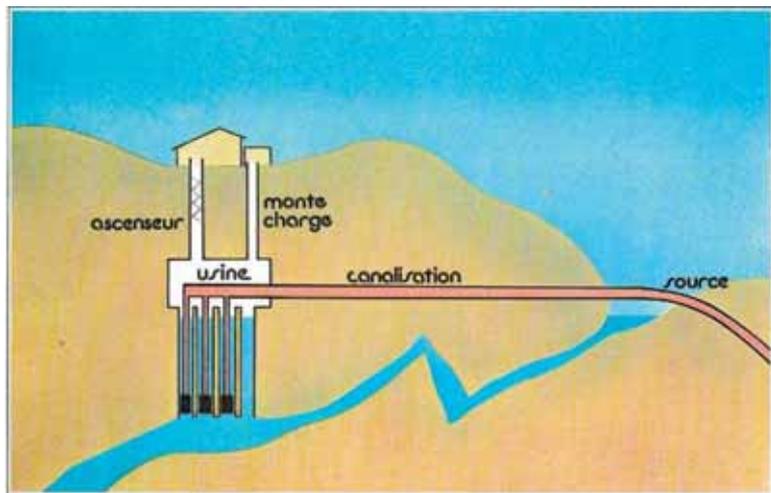


Schéma de l'installation de l'usine souterraine et de la méthode de réalisation (ville de Montpellier-CGE, 2004)

aux besoins en eau de la ville de Béziers), chacune, de nos jours, consommant un volume de l'ordre de 180 l/j.

En guise de conclusion :

Ainsi se terminait la journée historico-patrimoine-géologique- et hydrogéologique qui nous a permis de suivre dans sa totalité le tracé de l'aqueduc de Saint-Clément, depuis les carrières anciennes d'exploitation et d'extraction des matériaux nécessaires à la réalisation du conduit et de sa couverture, ainsi que celle des ouvrages d'art, ponts et arcades, jusqu'aux sources karstiques, d'abord de St Clément puis du Lez qui ont été étudiées en détail du fait de la proximité de l'Université de Montpellier et de la pugnacité du Professeur J. Avias, de ses assistants et de ses élèves.

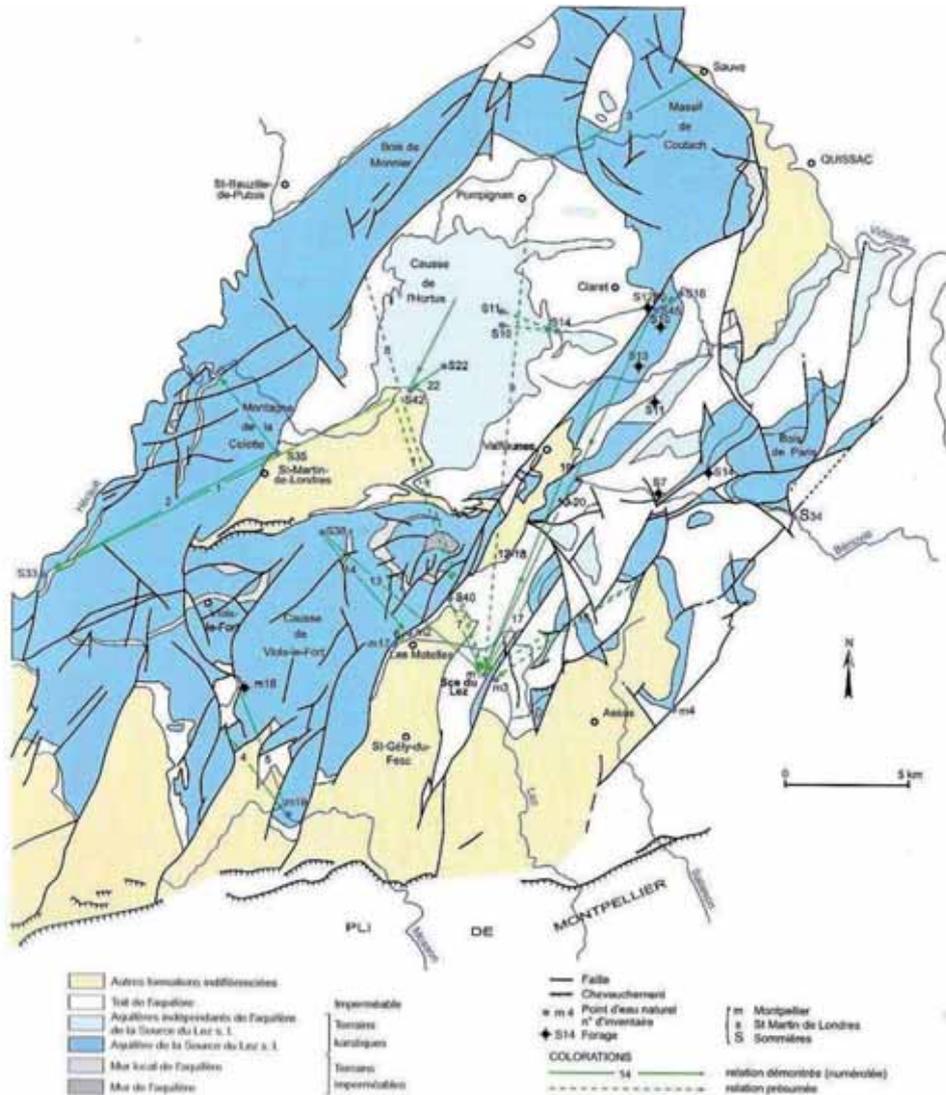
On peut regretter que la gestion de cette ressource ne soit pas plus dynamique dans la mesure où elle se trouve actuellement contrainte par la DUP de 1981 (qui date donc de 35 ans), tant en débits de pompage qu'en rabattements et niveaux bas à ne pas dépasser. On remarquera qu'une plus grande sollicitation du réservoir karstique permise par les pompes en place irait de pair avec un écrêtement significatif des crues du Lez les plus dévastatrices. Une moindre exploitation du réservoir karstique et la limitation des pompages en cours se trouvent à ce jour très gravement pénalisants.

L'exploitation est asservie à un certain nombre de consignes dont la principale est celle de la régulation des débits en fonction des niveaux d'eau dans les réservoirs de stockage qui dépendent de la consommation en eau de la ville.

Il faut noter, juste en aval du seuil déversant, la présence d'un col-de-cygne récemment mis en place qui va montrer la restitution d'un débit de l'ordre de 160 l/s (porté depuis peu à 180 l/s*), de façon à injecter un débit minimal au cours aérien du Lez dans sa portion amont où vit en particulier l'espèce endémique du chabot du Lez (poisson). Étant en moyennes eaux le jour de notre visite, le 7 décembre 2016, la restitution n'était pas utile. Elle devrait être effective dès lors que le niveau de l'eau dans la vasque se trouvera plus bas que le seuil déversant.

*Nota : un débit de restitution de 180 l/s en périodes de basses eaux, correspond exactement à l'alimentation en eau d'une population de 86 400 personnes (supérieure

Pierre Bérard



Extension de l'aire d'alimentation du karst avec indication des traçages (Marjolet G. et Salado J., CERGA 1975)

Samedi 10 décembre sortie avec l'Association des géologues du sud-est

Les rochers des Mourres



1 – Une « Morille » de pierre des Mourres (photo JP Rolley)

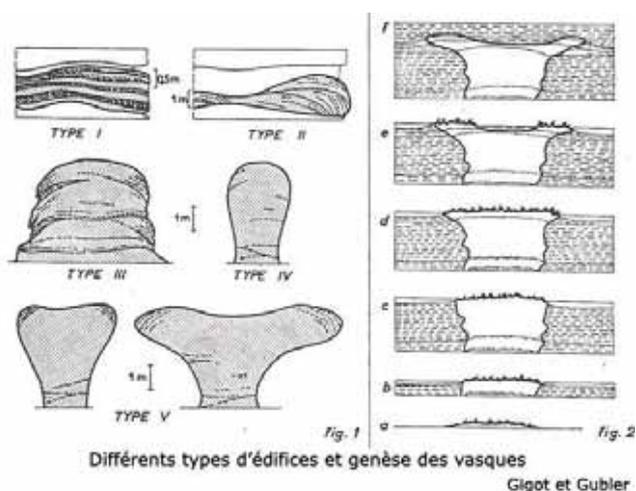


2 – Une vasque (photo JP Rolley)

Le samedi 10 décembre, Jean-Pierre Bouvier et Jean-Pierre Rolley ont participé à la sortie organisée par l'association des géologues du sud-est dans la région de Manosque sur le site des Mourres.

Paysage spectaculaire constitué de blocs rocheux gris perchés sur des colonnes de calcaires blanchâtres, en forme d'énormes morilles dispersées sur la pente (photo.1) et par des formes en sortes de vasques (photo.2).

En fait l'érosion a dégagé des blocs calcaires de formes variées (voir ci-dessous) qui sont considérés comme des îlots de végétation fossilisés dans une zone marécageuse (photo.3), les calcaires blancs s'érodant plus vite que les zones indurées.



3 – exemple de végétations dans un lac de montagne

Réf. : Conte Gabriel (2010) Le pays de Forcalquier, son lac, sa mer ; éd C'est-à-dire
http://www.lithotheque.ac-aix-marseille.fr/Affleurements_PACA/04_mourres/04_mourres_genese.htm

Nota : ce site mériterait, sans doute, de faire l'objet d'une sortie AGAR

Jean-Pierre Rolley

Jeudi 22 décembre

Plage fossile de Saint Sébastien d'Aigrefeuille



1 - La dalle (photo René Albrecht)

À la demande d'un habitant, Jean-Pierre Bouvier et Jean-Pierre Rolley se sont rendus sur la commune de Saint-Sébastien-d'Aigrefeuille, à la découverte d'une dalle montrant des rides de plage. Cette dalle a été mise à jour à la suite d'un petit glissement dans les terrains de couverture du talus de la route D217, un peu après le lieu-dit La Fabrique.

Il s'agit d'une belle dalle de grès triasiques couverte de rides (photo.1), plus ou moins régulières et qui semblent localement avoir été quelque peu arasées sur leur partie sommitale. (photo.2).



2 - Les rides (photo jp Rolley)



Rides de plage actuelles

Jean-Pierre Rolley

Assemblée générale du 21 janvier 2017

Assemblée générale 2017



procuration).

Le président Jean-Pierre Rolley rappelle la disparition, au cours de la seule année 2016, de plusieurs de nos membres, Jany Lahondère, Denis Galon ainsi que de l'épouse de Jérôme Caïa. Nous avons également appris indirectement le décès, survenu en 2015, de Serge Kizlik et Lucette Devèze.

Les procès-verbaux détaillés de notre assemblée et du conseil d'administration qui l'a suivie ont été envoyés individuellement à chacun des membres. Il n'en sera rapporté ici que les points principaux.

Les dispositions de sécurité mises en place par l'École des Mines étant maintenues, notre assemblée s'est tenue cette année encore au Pôle Culturel de Rochebelle, dans la salle de l'Académie Cévenole que celle-ci a bien voulu mettre à notre disposition.

Cette réunion s'est tenue en présence de 23 membres (plus 11 représentés par

Rapport moral et d'activités

Assemblée générale 2016

Elle a eu lieu le samedi 23 janvier 2016 (dans la même salle qu'aujourd'hui) précédée d'une assemblée générale extraordinaire pour approbation de plusieurs modifications des statuts et du règlement intérieur. Les PV correspondants figurent dans le bulletin n° 91 d'avril 2015.

Activités et sorties en 2016

Le temps n'a pas toujours été encourageant mais le programme a néanmoins pu être maintenu avec quelques aménagements et reports. Nous avons pu faire 6 sorties :

- 13 février 2016 - le Trias inférieur de Vernon - 18 participants dont 3 invités.
- 13 mars 2016 - le Jurassique supérieur de la région de Sauve et karstification - 22 personnes.
- 10 avril 2016 - le causse de l'Hortus - 23 participants.
- 12 juin 2016 - le Cambrien et le Trias dans la région du Vigan-Alzon - 16 personnes et 1 invitée.
- 9 octobre 2016 – St-Geniès-de-Comolas, perforations plio-miocènes et Saze, microcodium - 16 personnes.
- 5 novembre 2016 – la butte miocène du Puech Mouriès - 18 participants.

La participation aux sorties s'est donc sensiblement accrue par rapport à l'an passé.

Ajoutons 2 autres sorties, hors programme, initiées par P. Bérard avec le CERGA :

- 7 juin 2016 - l'aqueduc de Nîmes, entre Uzès et Remoulins - 21 participants dont 9 d'AGAR.
- 7 décembre 2016 - l'aqueduc de St Clément, dans Montpellier et alentours - 21 participants dont 8 d'AGAR.

Autres activités et évènements

- 17 septembre 2016 : participation au forum des Associations d'Alès avec le succès habituel, suivi du repas de rentrée à Anduze qui a réuni une quinzaine d'entre nous.
- au cours de l'année, intervention-conseil à Cendras auprès de Biosphera (Centre d'interprétation des vallées cévenoles).
- 12 novembre 2016 - participation au 40e anniversaire de la Société Géologique de l'Ardèche à Jaujac.

Réunions du conseil d'administration et du bureau

Trois réunions se sont tenues cette année :

- la première, le 28 janvier 2016, immédiatement après l'assemblée générale, consacrée au renouvellement du bureau.
- la seconde, le 20 mai 2016, pour l'élaboration du programme du deuxième semestre 2016 et de celui de 2017, discussion sur bulletin et sondage, adhésions.
- la dernière, le 13 décembre 2016, consacrée à quelques aménagements du programme du premier semestre 2017 et à la préparation de l'assemblée générale.

Membres et adhésions

En fin d'année nous comptons 73 membres ; avec les anciens membres, les correspondants et sympathisants ce nombre monte à 85. Il se maintient donc au niveau de ces dernières années avec une légère tendance à augmentation.

Le bulletin

Ainsi qu'envisagé lors de l'Assemblée générale de 2016 nous avons publié les deux bulletins de l'année 2016 en couleur (n° 91 en mars, n° 92 en septembre). Cette édition a été exceptionnellement faite aux frais de l'Association. Un sondage a été réalisé en cours d'année pour juger de la pertinence de ce projet.

Les résultats en ont été publiés dans le bulletin n° 92, montrant une nette majorité en faveur de la publication sur papier, en couleur, avec une majoration uniforme de 10 € du montant de l'adhésion à l'association.

Programme du premier semestre 2017 (pour chacune de ces sorties les précisions seront données en temps utile)

- samedi 25 février 2017 : le bassin de Bessèges.

- dimanche 19 mars 2017 : haute vallée du Galeizon ; les schistes des Cévennes.
- dimanche 23 avril 2017 : le musée paléontologique de Balazuc et découverte géologique locale.
- dimanche 14 mai 2017 : Ardèche - les Sucs de Pal et de Bauzon.
- dimanche 11 juin 2017 : gorges du Tarn, les basaltes des causses.

D'autres propositions sont susceptibles de modifier ou compléter ce programme.

Ce rapport est soumis au vote et approuvé à l'unanimité des membres présents et représentés.

Rapport financier

Les comptes de l'année 2016 ne présentent rien de particulier.

Au 31 décembre toutes les adhésions de l'année avaient été perçues. Les dépenses courantes (frais de secrétariat, achats divers) ont été réduites au maximum, quelques recettes résultent de la vente de livres et bulletins.

Cependant deux points importants sont à noter :

- la diminution de prime d'assurance prévue n'a pas été appliquée par notre assureur. Ce problème sera réglé prochainement.
- le coût du bulletin. L'édition couleur de celui-ci avait été envisagée lors de l'assemblée 2016. À titre d'essai le bulletin n° 91 a été ainsi édité aux frais de l'association. Un sondage a ensuite été effectué auprès de tous les membres adhérents. Les résultats en ont été publiés dans le bulletin n° 92 (septembre 2016) ; il s'est prononcé en faveur de ce projet en acceptant une augmentation uniforme des cotisations de 10 €. Le bulletin n° 92 a été édité dans les mêmes conditions.

En conséquence les comptes 2016 enregistrent un résultat négatif de 1 083,97 € correspondant à la publication du bulletin.

À partir de 2017 les cotisations sont majorées de 10 € et deviennent donc les suivantes :

Individuel 25 €. - Couple 31 €. - Étudiant, correspondant et assimilés 16 €.

Le budget prévisionnel prévoit, sur ces nouvelles bases, 2 140 € de dépenses pour 1 710 € de recettes, soit un résultat négatif de 430 € qui sera vraisemblablement en partie compensé par la rectification du montant de l'assurance.

Ce rapport est soumis au vote et approuvé à l'unanimité des membres présents et représentés.

Renouvellement du conseil d'administration

Le conseil d'administration comprend à ce jour 9 membres :

- 6 élus ou réélus en 2015 et dont le mandat est arrivé à échéance. Ce sont F. Martin, J.-P. Bouvier, R. Guin, J.-L. Lesage, J.-P. Rolley et M. Wiénin.
- les 3 autres, J.-C. Lahondère, G. Pollet et A. Touzillier, ont été élus ou réélus en 2016.

En l'absence de candidatures nouvelles l'ensemble des sortants est reconduit à l'unanimité.

Questions diverses

Abonnements

Depuis de nombreuses années deux abonnements sont souscrits, "Le règne minéral" et "Fossiles", pour un coût annuel de 145 €. Ces deux revues n'intéressent que peu de monde et la question se pose de maintenir ces abonnements.

Après discussion Il est décidé de les reconduire pour cette année.

Musée minéralogique

Après abandon de son déménagement à Rochebelle, un nouveau déplacement des collections est prévu à l'intérieur de l'établissement de l'école même. Il sera peut-être fait appel à des membres bénévoles de l'association pour aider à ce déménagement.

Bibliothèque

Elle s'est encore enrichie cette année par :

- des dons Mme Turc et de Jean-Michel Negroni.
- l'achat de quelques livres.

Les documents hérités sous le nom "fonds Brousse" ont été inventoriés par A. Touzillier et M. Wiénin ; quelques derniers éléments sont en cours d'intégration.

D'autre part il est envisagé d'apporter un complément aux statuts pour prévoir le destin de cette bibliothèque en cas de disparition de l'association.

Sorties

Plusieurs des membres présents font remarquer que certaines des dates retenues coïncident avec des journées d'élections ; il s'agit des sorties du 23 avril 2017 (Balazuc - Ardèche) et du 11 juin 2017 (gorges du Tarn, basaltes), respectivement 1er tour des élections présidentielles, 1er tour des élections législatives. Le bureau s'occupera de ce problème.

Exposé

La séance est ensuite suivie d'une conférence-projection par Romana Harfouche et Pierre Poupet sur le sujet "quelques exemples de paysages anthropisés méditerranéens" du Moyen-Orient à la Cerdagne en passant par la Grèce.

Ce fut l'occasion de recevoir nombre d'informations, d'une part sur les apports de la géologie, au sens large, aux études archéologiques, d'autre part sur les méthodes modernes et pluridisciplinaires auxquelles celles-ci font aujourd'hui appel.

Enfin cette assemblée s'est terminée par la traditionnelle galette des rois.

Jean-Pierre Bouvier

Archéologie et science du sol

Quelques exemples de paysages anthropisés méditerranéens

A l'occasion de l'assemblée générale tenue le 21 janvier 2017 dans la salle richement décorée de l'Académie cévenole sur le site du Pôle culturel et scientifique de Rochebelle, Romana Harfouche, docteure de l'université d'Aix-Marseille et archéologue des paysages ruraux, et Pierre Poupet, docteur en science du sol de l'université d'Orléans, géochimiste, ont présenté trois exemples où la collaboration des géosciences avec l'archéologie a permis d'apporter des réponses aux diverses questions que se posent l'archéologue et l'historien confrontés à des stratifications complexes sur des sites archéologiques et à des paysages ruraux, dont il convient de connaître l'histoire sur la longue durée. Mais, si la géologie jongle aisément avec les millions d'années, il n'en est pas de même avec le Temps des paysages qui fait surtout appel à l'histoire sur la longue durée, soit une dizaine de millénaires, depuis que les sociétés humaines ont inventé l'agriculture.

Les deux conférenciers travaillent ensemble depuis vingt-cinq ans. Installés sur la bordure des Cévennes après la mise en retraite de l'un d'eux en 2011, ce qui les a rapprochés de l'AGAR, ils n'en continuent pas moins à collaborer dans des opérations archéologiques au Proche-Orient.

Romana Harfouche est une spécialiste de l'archéologie et de l'histoire des paysages méditerranéens construits pour l'agriculture, travaillant dans tout le bassin méditerranéen. Elle dirige actuellement une mission franco-libanaise du Ministère des Affaires Étrangères et du Développement International sur l'histoire du peuplement et de la mise en valeur agricole de la montagne libanaise, depuis le Néolithique jusqu'à l'époque ottomane.

Pierre Poupet, géologue spécialiste des sols, a été le pionnier en France pour l'archéologie des paysages ruraux. Durant une quarantaine d'années, ses recherches à l'Université puis au Centre National de la Recherche Scientifique, en collaboration avec des équipes d'archéologues français et étrangers, l'ont conduit dans de nombreux pays, essentiellement méditerranéens : France, Suisse, Espagne, Italie, Grèce, Égypte, Soudan, Iran, Jordanie, Liban.

Les géosciences et l'archéologie ont facilement des points de rencontre : les formes du relief ; la qualité des associations végétales ; la forme du réseau hydrographique ; l'exploitation des matériaux minéraux (roches et minerais) ; l'agriculture... Il n'y a pas de cloison totalement étanche entre les géosciences (pétrographie et minéralogie, essentiellement) et l'histoire de l'Humanité où l'archéologie est la discipline primordiale. Un bel exemple de cette fertilité interdisciplinaire a été donné lors de l'exposé donné par Jean-Pierre Rolley pour clore l'AG 2016 sur "le Gard, terre de bitume et d'asphalte" (cf. bulletin AGAR, n° 91, p. 47-68). L'exposé a fait référence à l'emploi du bitume et de l'asphalte au Proche-Orient, en présentant quelques exemples spectaculaires de ces "civilisations du bitume", en Syrie (Umm el Tiel), en Iraq (Babylone et Ur) et en Iran (Suse).

Suse et Djaffarabad en Iran

C'est d'ailleurs avec l'Iran que l'exposé de 2017 a débuté, puisque l'un des conférenciers (PP) a été envoyé en 1974, pendant trois mois, dans ce pays par le Ministère des Affaires Étrangères, alors qu'il n'était qu'un étudiant en cours de thèse à la Faculté des Sciences d'Orléans, pour renforcer l'équipe française travaillant en Susiane, sous la direction de Jean Perrot. Ce premier exemple n'est pas à proprement parler méditerranéen au sens strict, puisqu'il se situe en Iran, à Suse, au piémont de la chaîne de montagne du Zagros, non loin du fond du Golfe Persique et des zones humides du Chatt el-Arab où se rejoignent les eaux des deux grands fleuves de la Mésopotamie, le Tigre et l'Euphrate auxquels il convient d'ajouter le Karoun, le Dez et la Karkheh, plus proches de Suse. Mais comme cette région est soumise à un climat proche du climat méditerranéen, avec un bioclimat de steppe irano-touranienne à

buissons (*Artemisia*, *Pistacia*, *Amygdalus*, *Ziziphus*) d'une part, et que, d'autre part, la longue histoire de la région a connu le développement puis la disparition de nombreuses grandes civilisations dont les contacts et les influences ont profondément marqué nos cultures plus proches des rivages méditerranéens, c'est dans cette région que les premiers résultats français de l'appui des géosciences à l'archéologie, en matière de science du sol et d'architecture de terre crue, ont été obtenus.

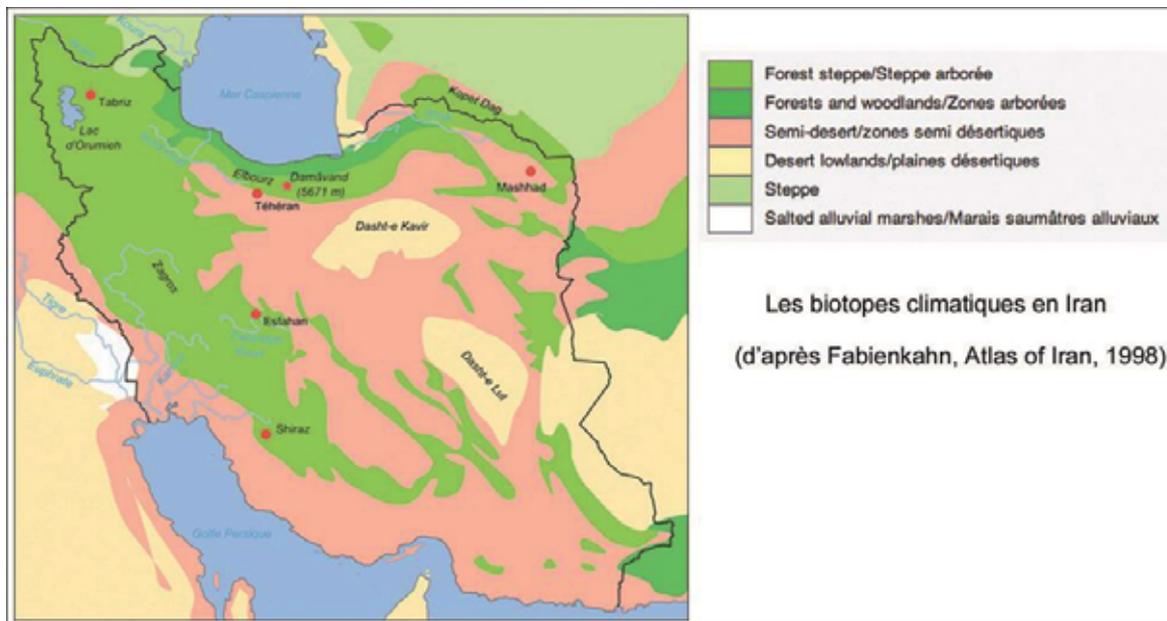


Fig. 1 : Le complexe steppique irano-touranien à buissons

Suse est surtout connue comme la capitale de l'empire perse (550-330), au milieu du premier millénaire avant l'ère chrétienne (noté a.C. dans la suite). Suse, c'est d'abord pour les Chiites, le tombeau du prophète Daniel, de l'Ancien Testament et de la bible hébraïque, qui interprétait au VI^e siècle a.C, lors de sa captivité, les rêves de Nabuchodonosor I. Sur les bords du Chaour, la rivière en partie canalisée dans l'Antiquité sous Darius et qui coule à Suse au pied de l'Acropole, de curieux petits reliefs collinaires (Fig. 3 à gauche) sont les vestiges d'anciens villages construits en terre crue, totalement détruits, appelés *tells*.

D'un modeste village formé à la fin du V^{ème} millénaire a.C, Suse est devenue une agglomération majeure de cette région et même au-delà. Capitale de l'Élam, elle sera au gré des conquêtes assyrienne puis achéménide à partir de 540 a.C. Mentionnée dans de nombreux textes anciens, Suse est la ville où se déroule la pièce de théâtre *Les Perses* d'Eschyle (en 472 a.C), une tragédie athénienne qui est la plus ancienne pièce de l'histoire du théâtre. Elle périclité après l'invasion de Gengis-Khan au XIII^e siècle et sombre dans l'oubli.

Ce n'est qu'au XIX^e siècle, que des chercheurs découvrent le site archéologique sous la forme d'un énorme tell dominant le tombeau du prophète Daniel et quelques maisons. De 1884 à 1886, Marcel Dieulafoy, polytechnicien et ingénieur des Ponts et Chaussées, et Jeanne, son épouse archéologue, sont les premiers fouilleurs à Suse. Vont suivre deux éminents géologues, diplômés de l'École des Mines de Paris, qui poursuivront les fouilles jusqu'au début de la seconde guerre mondiale. De 1897 à 1912, Jacques de Morgan découvre des champs pétrolifères importants (à l'origine de la *British Petroleum*), mais il est plus intéressé par les fouilles archéologiques... Il fait construire une véritable forteresse (Fig. 2) pour abriter la Délégation Archéologique Française en Iran et le produit des fouilles, la région n'étant pas sûre à cause de groupes nomades belliqueux et de bêtes sauvages (notamment des lions) parcourant la steppe. J. de Morgan est certainement le savant qui a le plus marqué de son empreinte le site archéologique de Suse.

Entre 1912 et 1939, c'est Roland de Mecquenem, son second, qui poursuivra le travail de J. de Morgan. A la fin de la guerre, un archéologue d'origine russe, Roman Ghirshman, fera lui aussi des fouilles extensives sur le tell, de 1946 à 1967. Enfin, Jean Perrot, diplômé des Arts Décoratifs, devient archéologue à Jérusalem (École Biblique et Archéologique) puis il dirige, à partir de 1968, les premiers grands travaux pluridisciplinaires sur Suse et sa région, comme sur le *Tepe Djaffarabad* à une dizaine de kilomètres au nord de Suse, jusqu'en 1979 et la révolution islamique. La longue guerre Irak-Iran, de 1980 à 1988, dont le nœud du conflit était la possession des champs pétrolifères au-delà des rivalités politico-religieuses et du tracé de la frontière, a eu de terribles conséquences sur le site archéologique ainsi que sur le château.



Fig. 2 : Le château construit sur ordre de J. de Morgan

Le paysage de la steppe, où apparaissent dispersés quelques arbres chétifs (pistachiers et jujubiers), était cultivé de façon industrielle en 1974, par une compagnie américano-iranienne. Constitué d'alluvio-colluvions limono-argileuses déposées au piémont de la chaîne de montagne du Zagros, ce paysage a toujours été très sensible à l'érosion en nappe. Mais il a fourni depuis la plus haute antiquité le matériau de base de toute l'architecture, la plus noble (palais et temples) comme la plus modeste (habitat).



Fig. 3 : Les bords du Chaour et la steppe à buissons cultivée

Les problèmes auxquels se heurtent les archéologues sont divers :

- interprétation des couches ; comment se sont-elles formées ?
- quelles évolutions ont-elles subies après leur enfouissement ?
- quelle est la provenance des matériaux (architectures, roches...) ?

La formation des tells se fait "naturellement" de façon lente, par l'érosion des constructions, et parfois plus rapide par des destructions. Toute l'architecture faisant largement appel à la terre crue (torchis et adobes ou briques de terre séchées au soleil), les produits des démolitions étaient simplement étalés et nivelés pour servir de base aux nouvelles

constructions. Ce procédé a eu cours depuis toujours en Europe de l'ouest dans les villes, jusqu'à une époque récente où les excavatrices et les norias évacuent dorénavant les matériaux hors de la ville. C'est ainsi qu'en 2000 ans, le cœur de la ville d'Orléans a été exhaussé de 7 mètres. Au Proche- et Moyen-Orient, progressivement, les strates archéologiques s'accumulent, formant des reliefs totalement anthropiques, les tells, qui peuvent atteindre plus d'une vingtaine de mètres de hauteur. Les couches archéologiques sont ensuite soumises aux processus multiples de la pédogenèse, par le jeu de la circulation des eaux d'infiltration et des sels dissous.

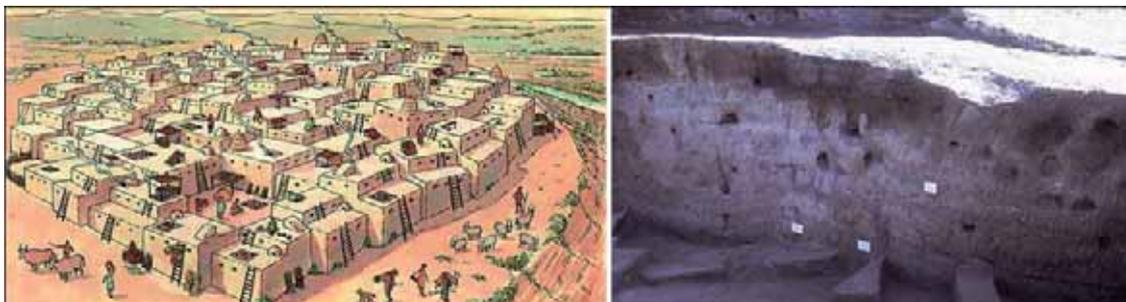


Fig. 4 : Évoquant la constitution progressive du tell de *Tepe Djaffarabad*

La présence abondante de matières organiques dans les unités stratigraphiques formées au sein des habitats (rejets liés à l'alimentation, élevage des animaux, matériaux organiques entrant dans les architectures comme la paille, les roseaux et le bois qui se décomposent, etc.), ajoutée à la bioturbation par la micro- et méso-faune des sols quand ce ne sont pas les galeries des terriers de la macro-faune (mangoustes), facilite la circulation des fluides et des sels dissous qui précipitent préférentiellement au contact des niveaux très organiques et des galeries de mangoustes.



Fig. 5 : Précipitation de sulfates et carbonates de calcium, intra-sédimentaire, dans les couches archéologiques et à la surface du sol actuel.

Ces processus de néoformation intrasédimentaire, qui déconcertent l'archéologue, vont intéresser le pédologue. C'est ainsi que, sur le *tepe Djaffarabad*, nous avons pu constater et interpréter des accumulations de carbonates et de sulfate de calcium au sein de la stratification, surimposées aux couches archéologiques. Le même processus pédologique est toujours visible à la surface des sols actuels, des sols bruns isohumiques, sub-arides, au bas des modestes reliefs près du Chaour et du *Tepe Djaffarabad*, d'autant plus que l'agro-industrie favorise la destruction de la structure des sols et le lessivage des sédiments.

Pour bien comprendre le rôle du matériau "terre" dans la constitution et l'évolution post-dépositionnelle des niveaux archéologiques, nous nous sommes intéressés à la confection des modules mis en œuvre dans les constructions. La *ziggourat* (temple pyramidal à étages) la mieux conservée de tout le Moyen-Orient est celle de *Tchoga Zambil*, située à une dizaine de

kilomètres de Suse. Elle était au centre de la capitale du royaume d'Élam, à la fin du III^e millénaire a.C. (2100-2000). Sa construction sur 5 niveaux atteignait 55 m de hauteur, avec une base carrée de 105 m. Quatre escaliers sur la médiane de chaque côté permettaient l'accès aux pièces des étages supérieurs. Si les parements extérieurs de chaque étage étaient constitués de briques cuites maçonnées au bitume, avec une assise complète de briques inscrites en écriture cunéiforme, sur tout le tour de l'édifice, l'essentiel de la construction était formé par l'empilement de briques de terre crue ou adobes. Les ravines d'érosion qui dissèquent la ziggourat permettent, non seulement d'observer le cœur même de la pyramide, mais encore de mieux comprendre les importants volumes d'apports limono-argileux constitutifs des strates archéologiques dans l'habitat qui ceinturait le temple.

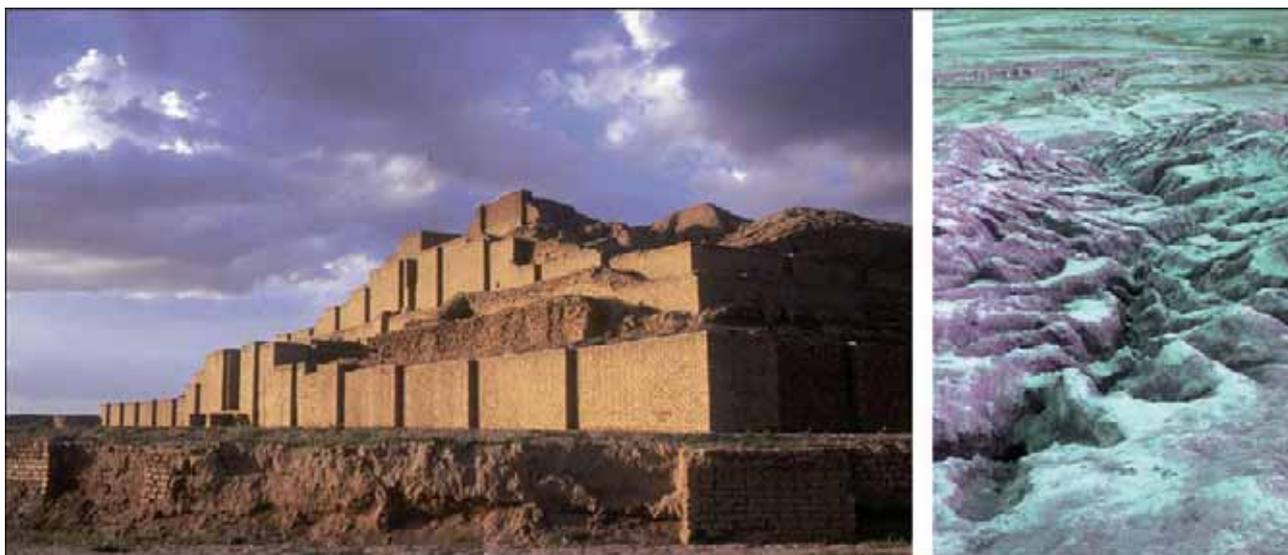


Fig. 6 : La ziggourat de Tchoga Zambil et un détail de l'érosion vu depuis le sommet de l'édifice

Un programme d'échantillonnage a été réalisé par l'un de nous (P.P.) suivi par une série d'analyses (minéralogiques sur lames minces, sédimentologiques, géochimiques) des limons et des adobes de Suse, Djaffarabad et Tchoga Zambil, qui a été entreprise dans le cadre d'une thèse soutenue en 1979 à l'Université d'Orléans par Philippe Ruben, un franco-iranien proche de la dynastie régnante des Pahlavi qui avait quitté l'Iran.

Le spécialiste des géosciences a également été sollicité par les archéologues pour résoudre l'énigme de la provenance d'une statue prestigieuse du roi achéménide Darius I^{er}, mise au jour en janvier 1972 dans les ruines de l'*apadana*, la salle du trône perse. Après l'examen d'une lame mince à Orléans en 1975, la nature pétrographique de la statue est celle d'une roche verte, une arénite verte ou *grauwacke*, roche faiblement métamorphisée, avec beaucoup de chlorite, qui n'affleure pas dans le royaume perse, mais qui est célèbre en Égypte dans le Wadi Hammamat sous le nom de pierre de Bekhen et a été exploitée pour la statuaire et des objets de luxe depuis l'Ancien Empire (III^e millénaire) jusqu'à l'époque romaine. La recherche s'est donc tournée vers l'Égypte car de nombreux témoignages archéologiques révélaient les relations privilégiées entre la Suse de Darius et cette satrapie. La statue du roi perse était d'ailleurs traitée comme celle d'un pharaon égyptien.



Fig. 7 : Abbas, le maçon, confectionnant des adobes pour la restauration à Suse

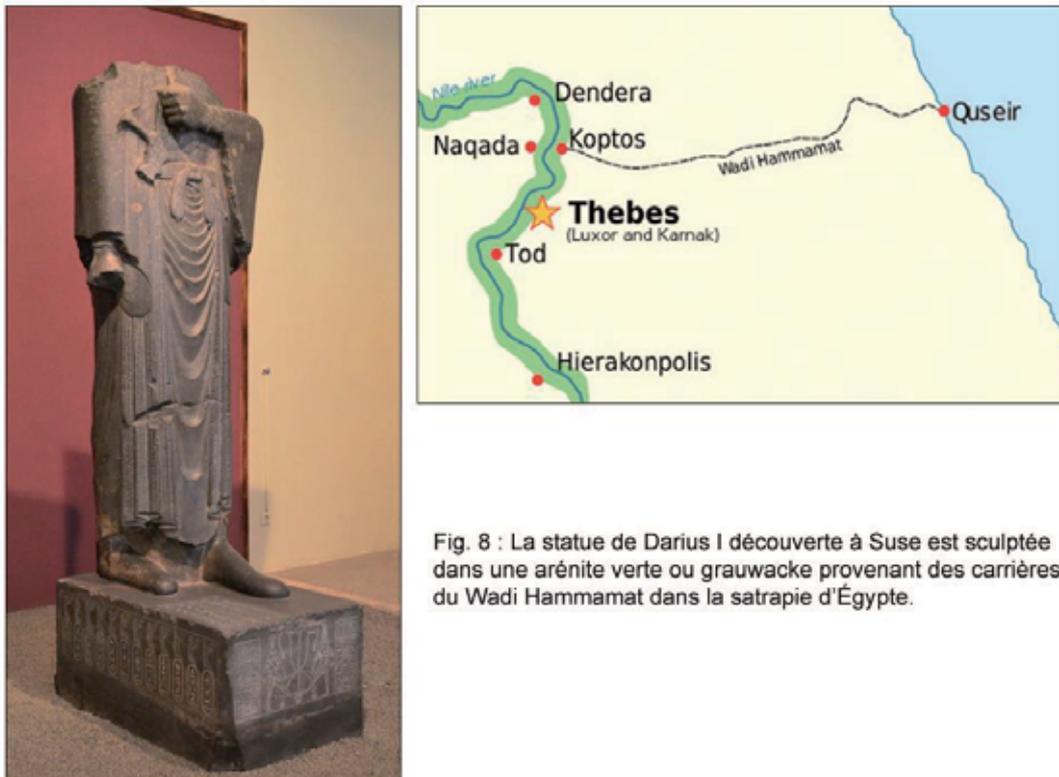


Fig. 8 : La statue de Darius I découverte à Suse est sculptée dans une arénite verte ou grauwacke provenant des carrières du Wadi Hammamat dans la satrapie d'Égypte.

Un concours de circonstances a fait avancer vers la résolution du problème. La guerre du Kippour en 1973 a fragilisé les services égyptiens de protection du patrimoine archéologique. Les multiples inscriptions gravées - et répertoriées - dans les parois des carrières du Wadi Hammamat furent largement pillées et le fragment de l'une d'elles fut retrouvé chez un antiquaire parisien par le titulaire de la chaire d'égyptologie au Collège de France lui-même, le professeur Jean Yoyotte. L'examen pétrographique de ce fragment de grauwacke a suffi à rapprocher les deux échantillons : la statue de Darius exhumée à Suse provenait bien du Wadi Hammamat.

La montagne d'Enveitg en Cerdagne

Le deuxième exemple a été choisi par les conférenciers parmi leurs travaux sur la montagne méditerranéenne, plus précisément en Cerdagne, sur la soulane du Carlit, à Enveitg, près de Targassonne où est située la centrale solaire Thémis. Le développement de cette recherche est le suivant : comment restituer à une montagne son passé lointain à partir de sondages archéo-pédologiques pour aboutir à des conclusions qui bouleversent la vision ethno-historico-géographique habituelle des reliefs en général ?

L'une d'entre nous (R.H.) a ainsi conduit, entre 2004 et 2010, une recherche archéologique dans le cadre du programme 31 du Ministère de la Culture et de la Communication intitulé *Anthropisation et aménagement des milieux durant l'Holocène*, sur les pentes du massif granitique du Carlit. La Cerdagne est une haute plaine située à une altitude moyenne de 1200 m, ourlée par les villages blottis au pied des reliefs dont les sommets atteignent 3000 m. Aujourd'hui, comme hier, la montagne est réduite à des espaces de parcours, une estive pour la transhumance des ovinés, des bovinés et des équidés, selon les époques, étudiés par les géographes, les biologistes, les ethnologues et les historiens, à partir du terrain et des archives textuelles et iconographiques.

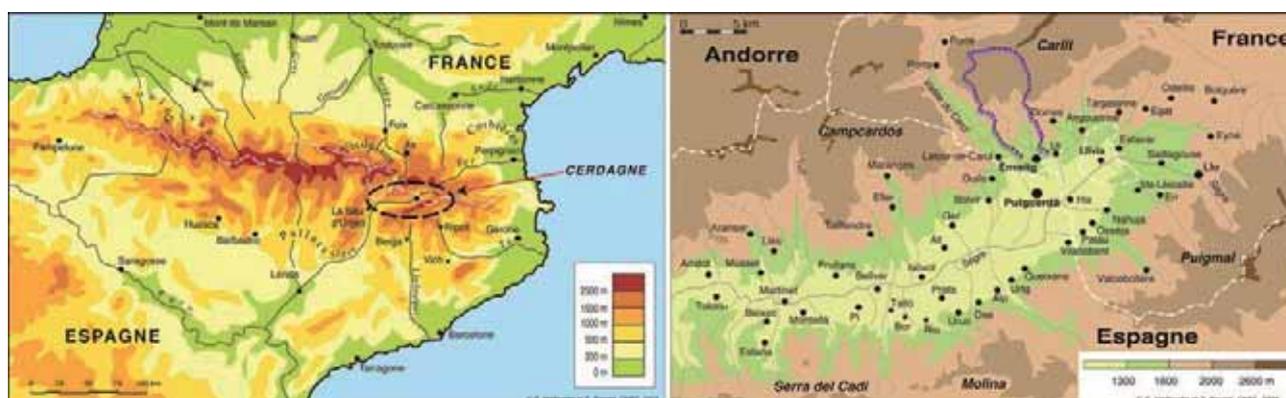


Fig. 9 : La Cerdagne et la montagne d'Enveitg, une soulane du massif du Carlit

Le paysage actuel serait le résultat d'une dégradation quasi-continue de la forêt par l'exploitation du bois et la création de pâturages par les brûlis pastoraux (genêt purgatif, genévrier, rhododendron, raisin d'ours, nard, églantier, pin à crochets). La pression pastorale diminuant, on assiste à une lente reconquête forestière dominée par le pin à crochets.

La zone d'étude archéo-pédologique se situe entre 1500 et 2100 m d'altitude, recouvrant les étagements phytoclimatiques montagnard supérieur, subalpin inférieur et moyen. Selon les recherches archéologiques et historiques, cette montagne a été parcourue à toutes les époques par des troupeaux. Plus d'une centaine de sites pastoraux bâtis (cabanes de bergers-vachers appelées orris, enclos à bétail, couloir de traite, abris à fromage) ont été repérés et cartographiés. Seule une vingtaine a fait l'objet de fouilles réduites. Trois tourbières ont permis de réaliser des carottages pour les analyses polliniques et anthracologiques. Plusieurs bases de charbonnières ont également été localisées et les charbons de bois analysés, pour restituer un couvert forestier ligneux, alors que le paysage actuel est asylvatique.

Pollens et charbons de bois ont été analysés pour reconstituer l'histoire de la forêt et de sa destruction par l'homme. Les différentes phases d'anthropisation sont établies à partir de la variation des indices polliniques d'activité humaine. Ce sont le plus souvent les espèces rudérales comme l'ortie, l'armoise ou l'oseille et pour ce qui concerne plus spécifiquement l'activité pastorale, les palynologues s'appuient sur la présence de chénopode et de plantain (plantes nitrophiles = stabulation ou pâturage répété du même lieu).

Les périodes majeures de déforestation sont bien marquées : dès le Néolithique Ancien (c'est-à-dire le VI^e millénaire), mais surtout au Néolithique Final/âge du Bronze, la forêt est largement morcelée. Elle subit d'autres attaques à l'âge du Fer. Le coup fatal lui sera porté au Moyen Âge, jusqu'à l'actuel, sans lui laisser le temps de sa régénération. En conclusion, la montagne d'Enveitg était réduite à une exploitation sylvo-pastorale.

Mais la concomitance de l'augmentation de la pression pastorale avec la présence de pollens de plantes cultivées dans une tourbière à plus de 2000 m d'altitude a attiré l'attention. Pour expliquer la présence surprenante de pollens de céréales à cette altitude, le plus évident dans un schéma pastoraliste a été de considérer que ces pollens ont été apportés dans la toison des moutons, depuis les champs... évidemment localisés dans la plaine d'effondrement de Cerdagne, en bas.

En résumé, la restitution proposée par les historiens et les paléobotanistes est guidée par un paradigme de la montagne qui refuse d'envisager une agriculture à haute altitude, à l'étage montagnard supérieur (1500-1700 m), même si elle n'a rien d'exceptionnel dans les Alpes, par exemple. Après l'installation des différents étages de la végétation à l'Holocène, la notion de milieu naturel ne s'applique déjà plus à ces espaces depuis le Néolithique. La montagne n'est exploitée que pour ses roches, son bois, ses fruits et son gibier. Le pastoralisme provoque la dégradation de la forêt jusqu'à sa disparition. C'est un exemple de la manière dont se fabrique l'histoire d'un paysage et des moyens mis en œuvre par ceux qui la font.

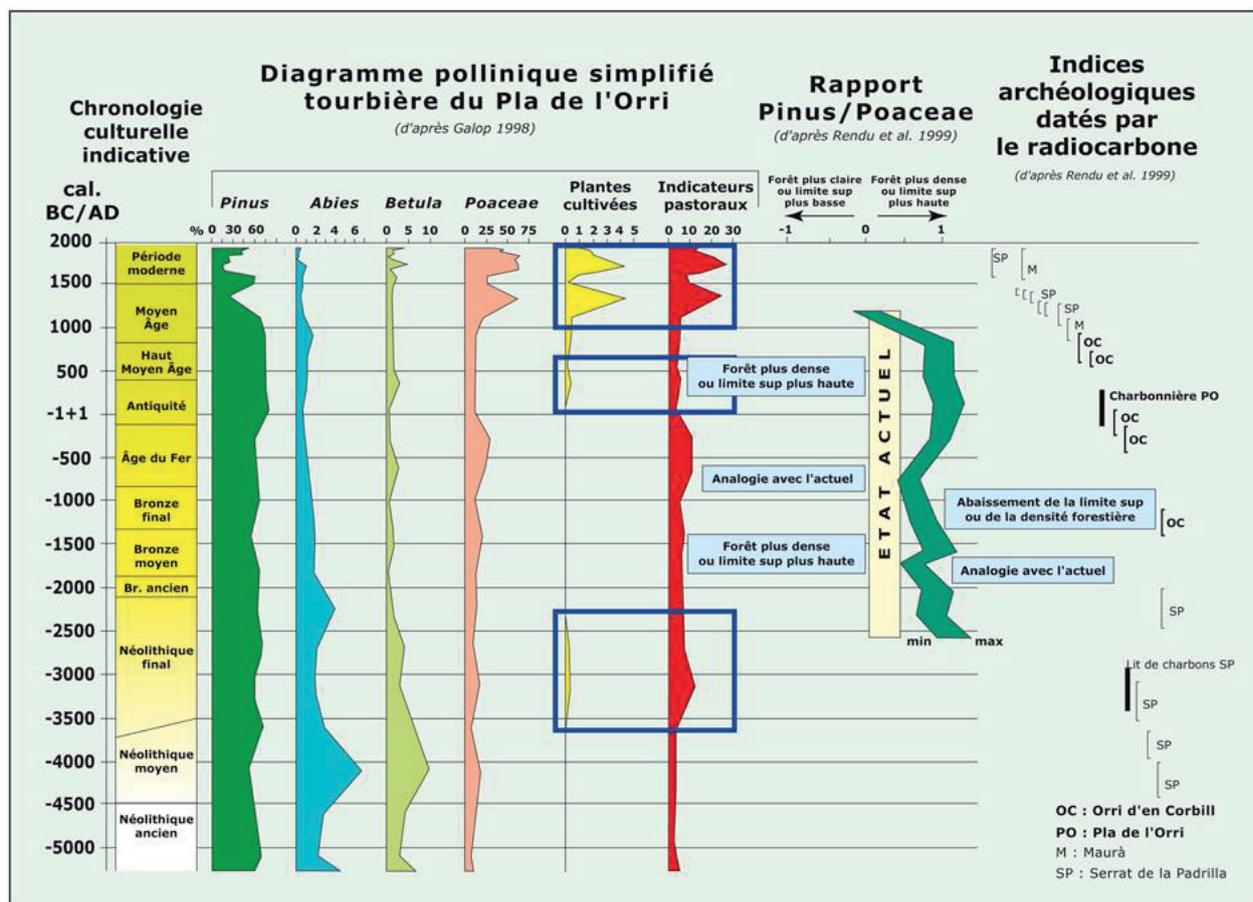


Fig. 10 : Diagramme pollinique simplifié et indices d'agriculture (encadrés en bleu)

La fouille d'une cabane pastorale est venue perturber cette restitution historique. A presque 2000 m d'altitude, des gerbes de seigle ont brûlé dans l'incendie de la construction. Comment concilier alors une vision très pastorale de la montagne avec ces indices de plantes cultivées dans un environnement proche, puisqu'on exclue le transport de gerbes entières ? Sans faire appel aux concepts d'agriculture temporaire ou itinérante (que les données recueillies ne peuvent pas démontrer) ne peut-on, plus simplement, chercher dans le paysage d'altitude une explication plus rationnelle ?

C'est là qu'entre en jeu le couple archéologique des paysages ruraux et le pédologue. Nous avons donc voulu porter, dès 2003 et jusqu'en 2010, un autre regard sur cette montagne en associant une étude archéologique de curieux alignements de boules de granite à celle de la géodynamique sur les pentes et à celle de l'histoire des sols. Des sondages ont été ouverts à l'aide d'une pelle araignée derrière ces alignements de pierres, qui sont souvent très dégradés,

et la fouille a systématiquement mis au jour un mur de terrasse ancienne associé à un paléosol, emboîté dans la terrasse actuelle.

Des charbons de bois présents dans l'horizon supérieur des paléosols ont été datés au plus tôt du Néolithique final et de l'âge du Bronze, c'est-à-dire de l'extrême fin du 3^e millénaire avant l'ère chrétienne et du 2^e millénaire. 36 sondages pédoarchéologiques plus tard, nous avons abouti à reconsidérer l'espace montagnard selon une partition entre agriculture et pastoralisme. Trois phases de mise en culture, après la construction de murs de contention des sols, ont été identifiées : à l'âge du Bronze, à l'époque romaine et au Moyen Âge.

Depuis ces travaux pluridisciplinaires, il est admis, à partir de 2007 seulement, par les tenants de la thèse pastoraliste que des champs ont pu être cultivés à proximité d'habitats permanents en montagne dès l'âge du Bronze qui a connu une période climatique favorable, moins froide et plus humide.



Fig. 11 : sondage derrière un alignement de blocs
date 14C : Vera 2948, 2200-2110

De l'étage montagnard supérieur à l'étage subalpin moyen, quand les conditions topographiques et pédologiques le permettent, les champs ont été construits à toutes les altitudes au Néolithique final et à l'âge du Bronze. Une centaine d'hectares de pentes terrassées a été cartographiée et a fait l'objet de sondages archéologiques. Ces champs sont répartis là où les sols sont les plus épais, entre les dépôts glaciaires et le granite. Dans le même temps, un habitat de l'âge du Bronze (qui n'a rien à voir avec les minuscules abris pastoraux) a été découvert, qui suggère que la montagne a été habitée par des agriculteurs dès le 2^e millénaire avant l'ère chrétienne.

Les analyses radiochronologiques effectuées sur des amas de charbons à la surface des paléosols, dans les différents sondages, mettent en évidence plusieurs phases d'attaques de la forêt, dont la plus importante semble être au cours du Néolithique final et du Bronze ancien. Ces phases de mise en culture concernent aussi les époques ibéro-romaine et alto-médiévale qui sont considérées, pour la première comme une période d'absence d'indices d'occupation de la montagne, et pour la seconde comme celle des grands défrichements médiévaux. Cependant, les analyses radiochronologiques des charbons prélevés dans nos 36 sondages pédoarchéologiques ne permettent pas d'envisager, pour cette région des Pyrénées, de grands défrichements altomédiévaux.

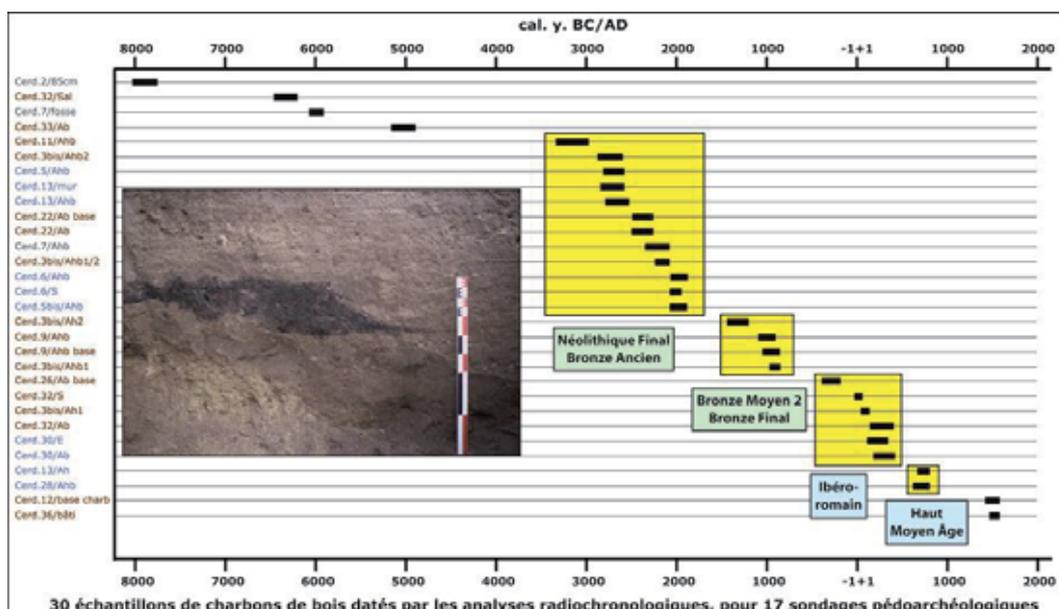


Fig. 12 : Distribution ordonnée des prélèvements selon la date radiocarbone

L'île grecque de Délos et son histoire

Le troisième exemple est la relation d'une rapide opération archéologique et pédologique conduite en 1996 sur la minuscule, mais très célèbre, île de Délos, dans les Cyclades en Mer Égée, à la demande de l'École Française d'Athènes.

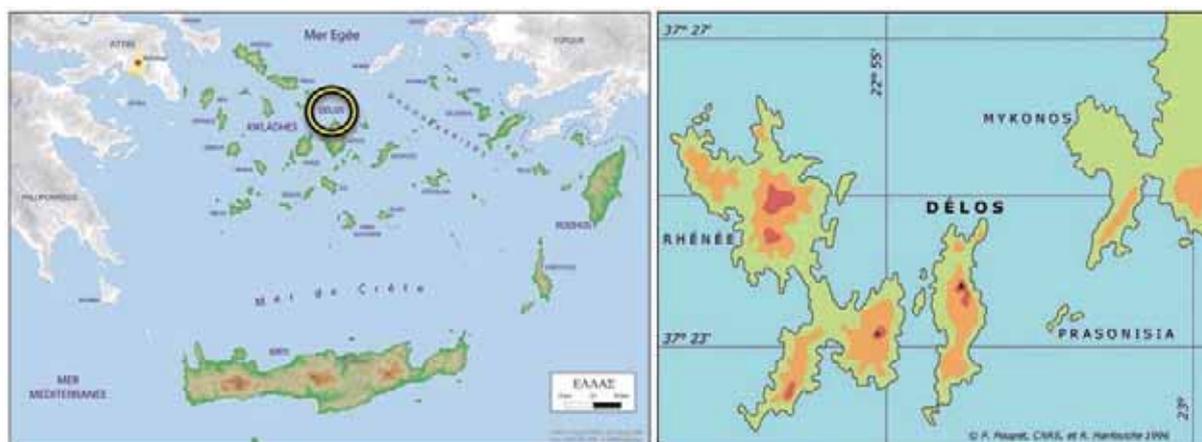


Fig. 13 : Localisation de Délos, Rhénée et Mykonos dans les Cyclades grecques

Délos, nommée *la petite*, ne peut être séparée de ses deux voisines, Rhénée, appelée dans l'Antiquité *la grande Délos*, et dans une moindre mesure Mykonos, car les trois îles faisaient partie du même ensemble politique antique. L'île a une superficie de 360 hectares environ, une dimension de 5 km du nord au sud et 1,3 km d'est en ouest. Le point culminant de l'île, le Mont Cynthe, culmine à 113 m.

Délos est couverte par des tors et des chaos granitiques, quand elle n'est pas quadrillée par des murs d'enclos récents ainsi que des murs de terrasses anciens, toutes ces constructions étant réalisées en pierres sèches. Les sols sont très dégradés, surtout récemment à cause des brûlis pastoraux effectués par les bouchers de Mykonos qui laissent divaguer les troupeaux sur l'île pour les engraisser avant l'abattage, ce qui favorise la multiplication des asphodèles, une plante pyrophyte à racines bulbeuses. On repère également des murs anciens, en partie enfouis sous les sédiments qui supportent une association végétale de type *Phryganas* où domine le *Sarcopoterium spinosum* L.



Fig. 14 : Délos, vue vers le N (à gauche) et paysage de terrasses et de tors (à droite)

Délos devient célèbre dans l'Antiquité grâce à une énième dispute entre les déesses du panthéon grec, consécutive aux infidélités de Zeus. Létho, que le dieu suprême a séduite, est poursuivie par la jalousie de Héra, l'épouse de Zeus. Proche de l'accouchement, Létho se réfugie sur la minuscule île de Délos qui passe inaperçue et donne naissance à des jumeaux, Apollon et Artémis. Rapidement, un sanctuaire dédié à Apollon est construit sur le caillou granitique et se développe grâce aux offrandes des pèlerins et à la gestion du domaine sacré constitué par les trois îles de Délos, Rhénée et Mikonos. Une véritable ville, avec ses multiples sanctuaires, ses habitations, son port, ses commerces, ses lieux publics comme le théâtre et le stade, ses fêtes religieuses, verra ainsi le jour, couvrant le 1/3 de l'île dans sa plus grande extension aux II^e-I^{er} siècles a. C., avec une population estimée par les historiens hellénistes à 10 000 personnes. Les constructions sont essentiellement faites de granite et de gneiss, et aussi de marbre blanc pour les plus luxueuses, les deux grandes Cyclades au sud de Délos, Naxos et Paros étant l'une des grandes sources d'approvisionnement pour cette roche tant recherchée par les sculpteurs.

Le granite est omniprésent sauf dans les deux péninsules au nord de l'île où affleurent des gneiss et des schistes. La carte géologique a été dressée par un célèbre géologue issu lui aussi de l'École des Mines de Paris, Lucien Cayeux. Sa cartographie s'est appuyée sur un levé topographique réalisé, au début du XX^e siècle, par les ingénieurs de la "Royale" commandés par le capitaine André Bellot. Cette cartographie précise mentionne déjà les ruines des fermes antiques dans toute l'île. Délos est également une campagne avec des champs en terrasses, des chemins protégés pour le déplacement des troupeaux, des systèmes de réservoirs et de canaux pour l'irrigation des cultures, car l'eau est rare sur l'île granitique, infiltrée dans les fissures et les arènes argilo-sableuses.

Délos prend toute son importance pour la recherche archéologique qui s'intéresse aux paysages ruraux et aux techniques agraires, par l'histoire longuement interrompue de son occupation. Habitée depuis les temps anciens pré-helléniques au III^e-II^e millénaires a.C., sur le sommet du Mont Cynthe, l'île verra son occupation se développer dès la période dite géométrique (d'après la forme des décors peints sur les céramiques) jusqu'à l'époque impériale au changement d'ère. À l'époque byzantine, Délos sera même un évêché sans lendemain et l'île sera inexorablement abandonnée, devenant une aiguade seulement fréquentée par les pirates et les marins pour se procurer de l'eau douce. Ce n'est que pendant la guerre civile qui a suivi la seconde guerre mondiale, plus d'un millénaire après l'abandon, que l'île sera à nouveau investie par une dizaine de familles de réfugiés.

Les fouilles françaises débuteront sur la ville antique au milieu du XIX^e siècle, avec une véritable armée de terrassiers venant du continent (Argos), pour se poursuivre encore aujourd'hui. Dans la plus pure tradition de l'archéologie classique du XIX^e siècle, les fouilles ont été consacrées à la découverte d'objets de prestige, de statues de marbre, de mosaïques et de pierres gravées d'inscriptions relatives au sanctuaire. La découverte de nombreuses stèles qui étaient exposées au public devant le sanctuaire d'Apollon et sur lesquelles étaient gravés les comptes de l'administration des biens du sanctuaire, a retenu toute l'attention de trois générations de chercheurs qui ont toujours été plus historiens hellénistes et épigraphistes que

réellement archéologiques. La connaissance des campagnes déliennes des V^e-II^e siècles pouvait pourtant être éclairée par l'analyse de ces textes lapidaires traitant des baux des 20 fermes appartenant au domaine sacré d'Apollon, 10 sur Délos et 10 sur Rhénée. Les descriptions sont précises et insuffisantes à la fois. Aucune ferme dont on a le nom n'a été localisée sur le terrain ; aucune trace d'élevage et d'agriculture, avec les activités et les productions décrites, n'a été mise au jour. Pourtant, les textes gravés dans le marbre mentionnent les cultures pratiquées, la nature et le nombre des arbres fruitiers, le nombre de pieds de vigne, les animaux du troupeau, la description et l'affectation des bâtiments, les termes des baillages réguliers, etc. Des fermes ruinées ont bien été cartographiées par le Capitaine Bellot, mais on ne peut toujours pas mettre en concordance les noms connus et les ruines.

En 1948, Waldémar Déonna, membre suisse de l'École Française d'Athènes, écrivait : "*...une terre proche de la stérilité [...] rocailleuse, dénudée, sans eau, résolument hostile à la végétation [...] plantes basses au feuillage raide et piquant qui s'allient aux pierres pour blesser les pieds des visiteurs [...] maigres champs [...] où la pierre est plus abondante que la terre végétale, pâturages pour chèvres et moutons de bonne volonté...*". Au plan de la qualité des sols, alors que les hellénistes les plus distingués ne voyaient dans Délos qu'un tas de cailloux stériles en dehors du luxe de l'agglomération, le pédologue a repéré des sols profonds, potentiellement fertiles et facilement irrigables. Des sondages ont été réalisés pour tenter de trancher entre les deux hypothèses : ou bien les parcelles en terrasses ont été récemment construites par les réfugiés ; ou bien ces champs sont ceux des fermes sacrées et privées dont les ruines sont dispersées mais visibles sur l'île.

Le choix de l'emplacement d'un sondage a été minutieusement pensé pour assurer une réponse, sur le terrain, à la question de l'âge des aménagements des campagnes déliennes, car la responsable de l'École Française d'Athènes pour toute opération archéologique hors de l'agglomération n'avait pas autorisé de prélèvement (pour des analyses palynologiques, carpologiques et anthracologiques) ni de datation radiocarbone, les pratiques de l'archéologie à l'EFA restant à l'époque sourdes et aveugles aux méthodes modernes en cette fin du XX^e siècle. Depuis, peut-être grâce à cette expérience malheureuse, quelques analyses ont pu être effectuées qui démontrent l'oléiculture sur l'île.

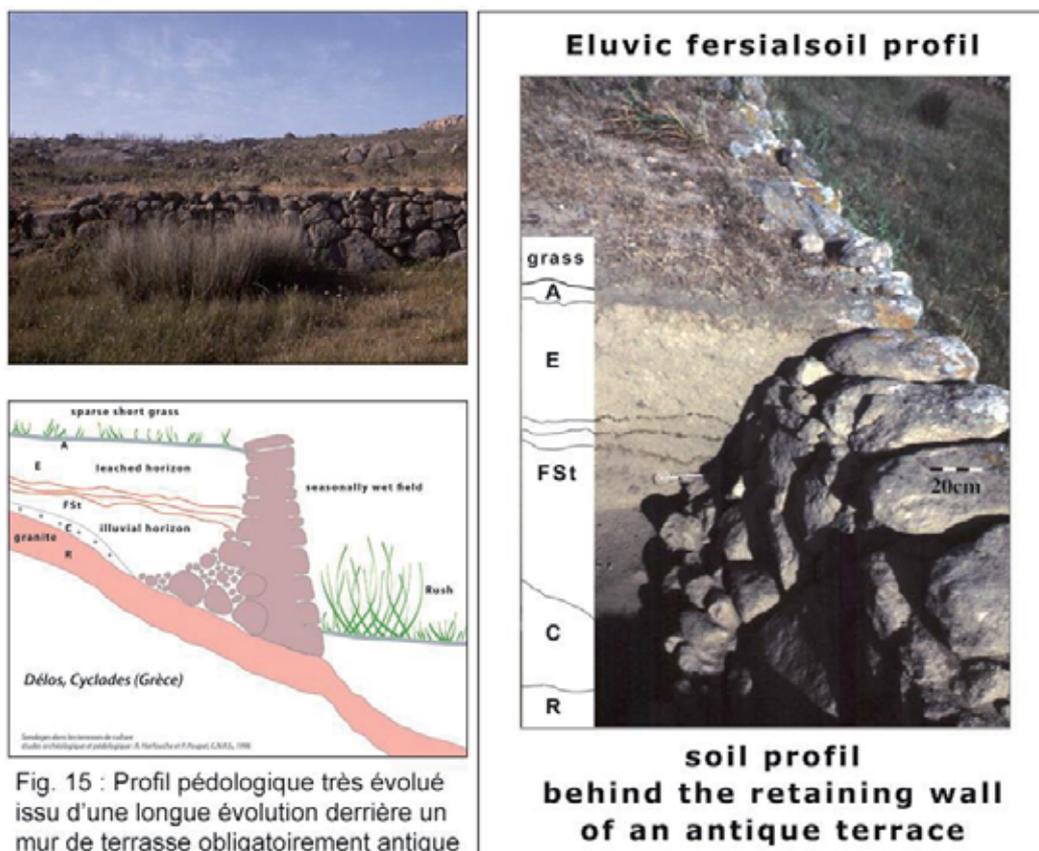


Fig. 15 : Profil pédologique très évolué issu d'une longue évolution derrière un mur de terrasse obligatoirement antique

Le mur de contention des terres a conservé ses blocs aplatis de granite disposés en chaperon. A sa base interne, un drain a été réalisé avec un blocage de cailloux et moellons. Il est donc intact et le sol développé derrière lui, très évolué comme le prouve l'horizon Fst caractéristique des Fersialsols éluviques, conduit à conclure que la terrasse de culture est très ancienne, contemporaine des fermes sacrées des V^e-II^e siècles, datation compatible avec le degré d'évolution et la cinétique des processus pédologiques.

Une autre série de sondages a pu être très rapidement effectuée dans ce qui semblait être un grand bassin aménagé au pied du relief granitique pour recueillir l'eau de ruissellement et alimenter en aval un réseau d'irrigation. La construction des parois et du fond du bassin a pu être étudiée et la capacité maximale de stockage évaluée à 2000 m³. Malgré les rudes conditions climatiques, l'espace insulaire épargné par la ville et le sanctuaire est petit à petit apparu sous un aspect nouveau : un parcellaire de terrasses où sont réparties des fermes, des aires de dépiquage, des annexes agricoles, des enclos, des couloirs de traite, des bassins et des canaux d'irrigation...

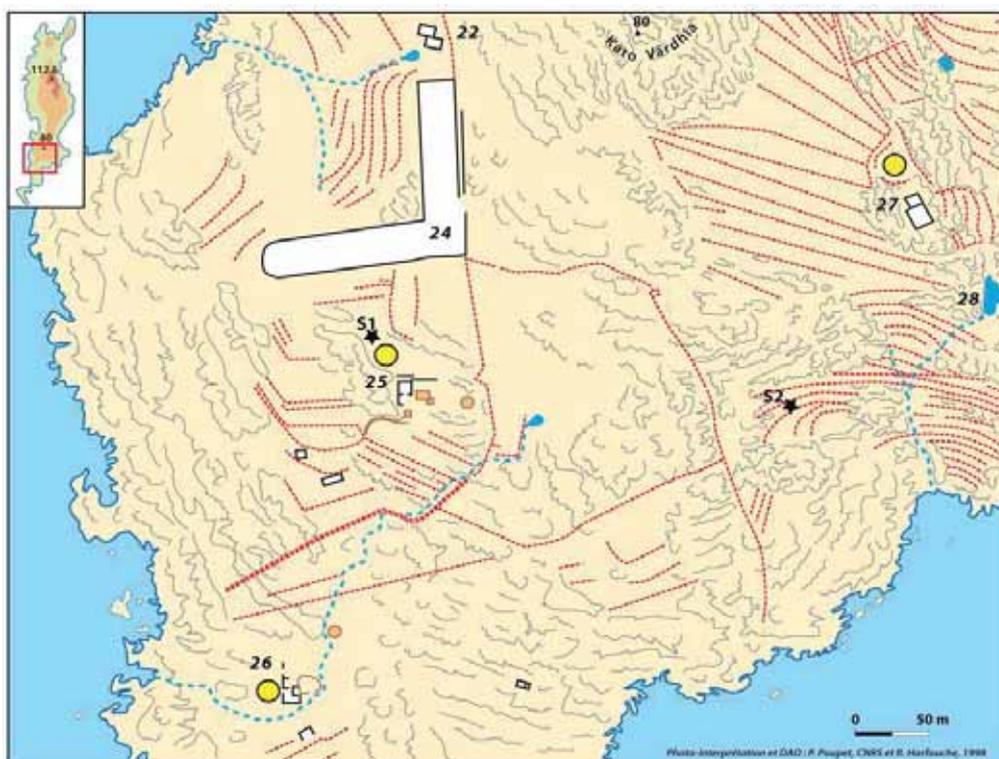


Fig. 16 : Restitution du paysage rural antique au sud de Délos avec les fermes, les aires de dépiquage (cercles jaunes), les murs des terrasses en tiretés rouges, un couloir de traite et un enclos pour le bétail, avec son point d'eau permanent. (Les étoiles noires indiquent l'emplacement des sondages réalisés)

Romana Harfouche et Pierre Poupet

Bibliographie :

Harfouche Romana (2007) : *Histoire des paysages méditerranéens terrassés : aménagements et agriculture*, BAR International Series, 1634, Archaeopress, Oxford, 265 p et 114 figures. Ouvrage épuisé ; téléchargeable sur :

<https://independent.academia.edu/RomanaHARFOUCHE>

Harfouche Romana (2010) : Agriculture en terrasses à haute altitude au cours de l'Âge du Bronze dans les Pyrénées orientales (Massif du Carlit), in : *Economie et société à la fin de la Préhistoire. Actualité de la recherche*, actes des Septièmes rencontres méridionales de

Préhistoire récente, Lyon (France), novembre 2006, Documents d'Archéologie en Rhône-Alpes et en Auvergne, 34, p. 125-145.

Harfouche Romana (2011) : Aux limites de l'oléiculture en Méditerranée orientale : paysages insulaires et montagnards au regard de l'archéo-agronomie (Délès, Cyclades grecques ; Mont-Liban), *in* : *L'olivier en Méditerranée, entre histoire et patrimoine*. Actes du colloque international de Sousse (Tunisie), février 2007, vol. I, Centre de publication universitaire de la Manouba, Tunis, p. 259-299.

Harfouche Romana (2015) : Une agriculture à haute altitude dans la montagne méditerranéenne. Regards pédoarchéologiques sur le Massif du Carlit (Pyrénées-Orientales, France), *in* : *Du Mont Liban aux Sierras d'Espagne...*, p. 251-269.

Harfouche Romana & Poupet Pierre (2013) : Pedoarchaeological approach of Bronze Age agricultural producing lands in mediterranean mountains (examples from Pyrenees and Corsica, France), *in* : *Food economy and diet during Bronze Age in Europe : a pluridisciplinary approach - ECOALIM, Préhistoires Méditerranéennes*, 4, 31 p. <http://pm.revues.org/748>

Harfouche Romana & Poupet Pierre (textes réunis par) (2015) : *Du Mont Liban aux Sierras d'Espagne : sols, eau et sociétés en montagne. Autour du projet franco-libanais CEDRE "Nahr Ibrahim"*, Archaeopress, Oxford, 284 p.

Poupet Pierre (2001) : Science du sol et archéologie. A propos d'un exemple délien, *Etudes Rurales* 153-154, 91-114.

Poupet Pierre (2015) : Pédogenèse et taphonomie d'un espace agricole de la Grèce antique : les sols et l'eau sur l'île de Délès, *in* : *Du Mont Liban aux Sierras d'Espagne...*, p. 147-185.

Ruben Philippe (1979) : *Contribution à l'étude des matériaux naturels des environs de Suse (Khuzistan, Iran) et de leur utilisation pour la confection d'objets archéologiques*, Thèse de doctorat de spécialité, Université d'Orléans.

Ruben Philippe & Jean Trichet (1980) : Méthodes d'étude de l'origine des matériaux ayant servi à la confection de briques et de céramiques dans les sites de Suse et de Djaffarabad (Khuzistan, Iran), *Paleorient*, vol. 6, 129-158.

Trichet Jean & Pierre Poupet (1975) : Etude pétrographique de la roche constituant la statue de Darius, découverte à Suse en décembre 1972. *Cahiers de la D.A.F.I.*, 4, 1975, 57-59.

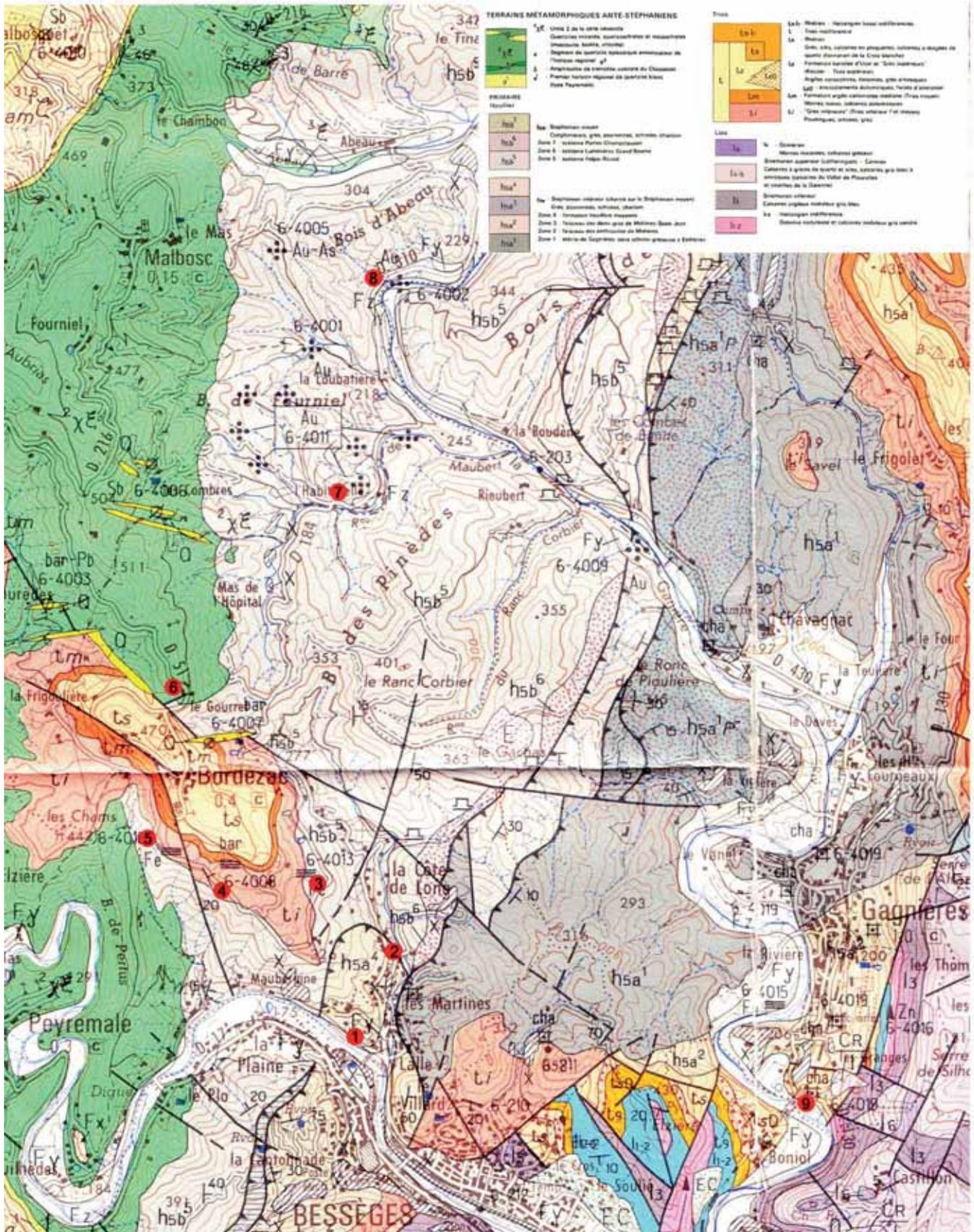
Trichet Jean & Pierre Poupet (1977) : Contribution à l'étude du site de Djaffarabad (Susiane, Iran) : apport des observations pédologiques et géochimiques, *Cahiers de la D.A.F.I.*, 7, 55-60.

Samedi 25 février 2017

Le bassin minier de Bessèges



Le temps est, comme annoncé, particulièrement magnifique. Nous sommes donc nombreux à avoir répondu à l'appel, presque une vingtaine au départ d'Alès à 13 h 30 ; nous nous retrouverons vingt-quatre (dont un « invité » de la Société Géologique de l'Ardèche) après le regroupement à Bessèges, répartis dans une dizaine de voitures.



Extrait carte géologique Bessèges 1/50 000 n° 888 (BRGM) avec indication des points d'observation prévus.

Faute d'assez de temps et ne présentant qu'un intérêt moindre les points d'observation 3, 6 et 7 seront omis.

Introduction :

C'est au point de ralliement, face à la Mairie de Bessèges, que JP. Rolley nous fait une introduction à cette sortie, avec notamment la présentation de la géologie des bassins houillers d'Alès, la Grand'Combe et Bessèges, reprise ci-dessous dans cet extrait d'un document de 2007 (dont il est l'auteur) :

« Les bassins houillers (intra-montagneux) des Cévennes sont d'importance très inégale, le plus important est celui d'Alès. À la jonction de deux failles, la faille de Villefort (Nord 155° Est) et celle des Cévennes (N 30° Est), ce bassin forme un large "V" dont le centre est occupé par le massif métamorphique du Rouvergue. À l'Ouest on trouve le bassin de La Grand-Combe (8 km x 4 km) et à l'Est celui de Bessèges (15 km x 5 km). Ces deux bassins se rejoignent au niveau d'Alès. Le bassin houiller des Cévennes se prolonge en profondeur vers le nord-est, en Ardèche, et vers le sud-est, sous une partie importante du Gard moyen, mais schistifié et appauvri en houille.

Les terrains houillers sont essentiellement formés de sédiments détritiques (conglomérats, grès, argiles) qui renferment une centaine de couches de houille de 0,15 à 6 m d'épaisseur mais peu d'entre elles présentent une puissance supérieure à 3 m.

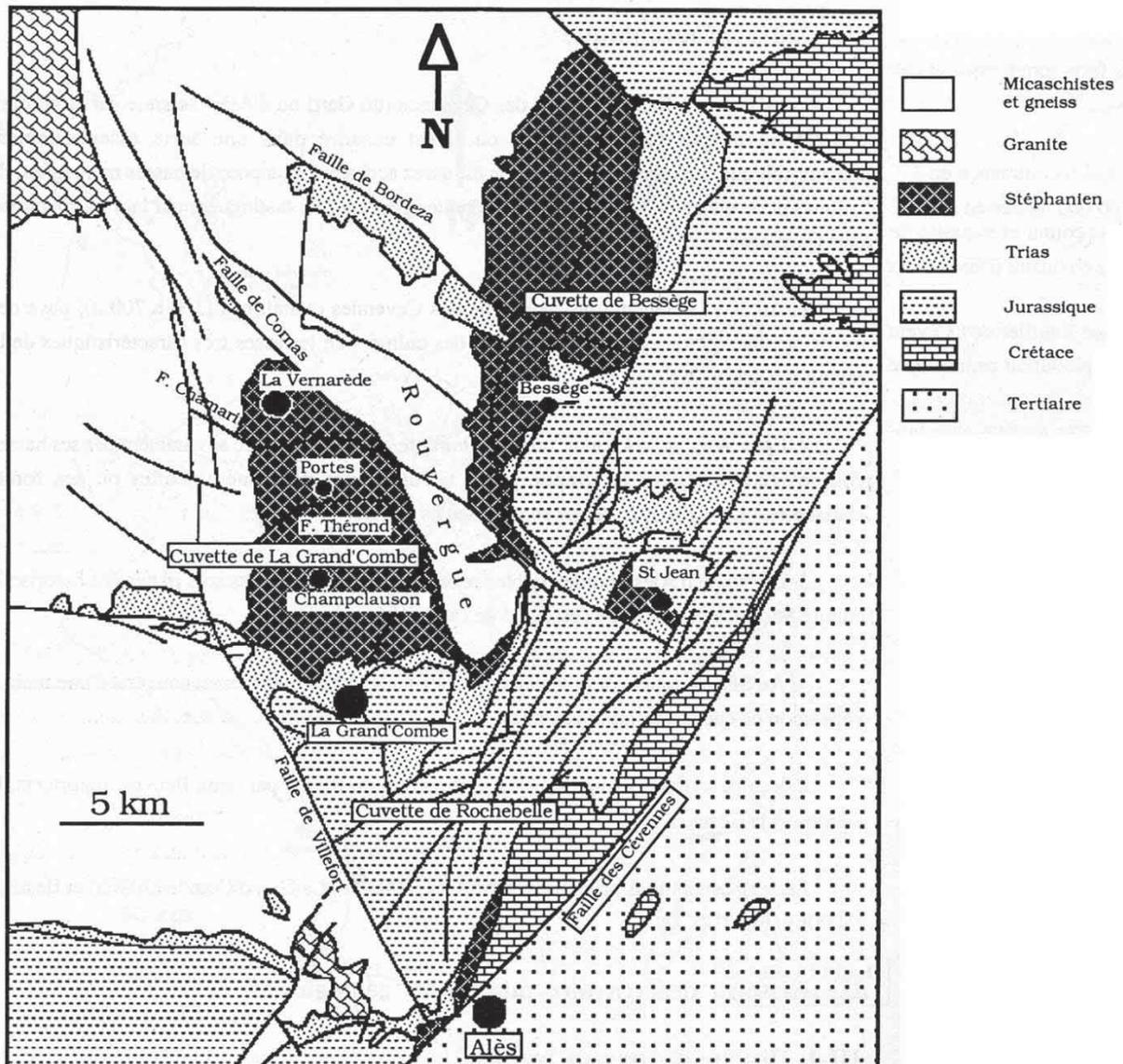
Pendant longtemps, les géologues ont vu dans ce bassin des superpositions anormales attribuées à de grands chevauchements venant du Sud-est et donnant à la série houillère une puissance de plus de 5 000 m. Des études réalisées à la fin des années 1990 ont montré qu'il n'en était rien. Les variations observées correspondent en fait à des variations de conditions de milieu, à l'intérieur d'un même bassin sédimentaire. La puissance totale de la série ne semble pas dépasser 2 500 m, avec un étalement chronologique d'une dizaine de millions d'années, allant du Westphalien supérieur (- 305 mA) à la fin du Stéphanien (- 295 Ma.). »

CARBONIFÈRE		298,9		Europe de l'Ouest	SILÉSIE (Houiller)	Stéphanien	C B A		Carbonifère russe	
		Pennsylvanien	SUP.				D	C B A		
Mississipien	INF.		MOY.	SUP.	303,7	Gzhélien			Westphalien	D C B A
		307,0			Kasimovien					
		315,2					Moscovien			
		323,2						Bashkirien		
	MOY.	SUP.	330,9	Serpukhovien	Namurien	C B A				
			346,7	Viséen						
			INF.	MOY.			SUP.	358,9	Tournaisien	C B A

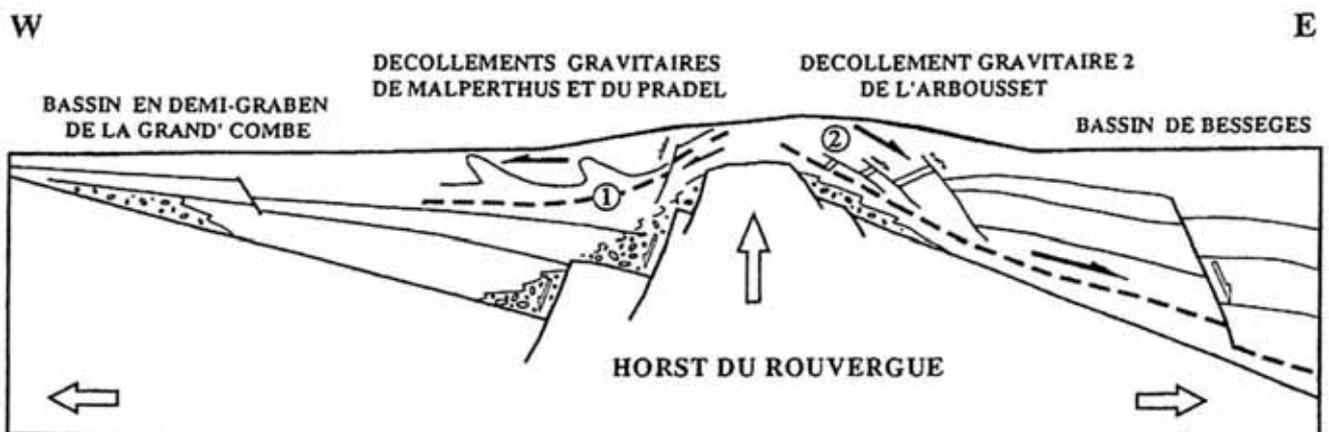
Stratigraphie du Carbonifère – à cause d'une actualisation récente les âges indiqués diffèrent légèrement de ceux du texte. (extrait du dictionnaire de géologie 8e édition, Foucault et al.)

Tout cet ensemble houiller repose directement sur le socle métamorphique (schistes et gneiss des Cévennes) et est constitué par les produits de l'érosion de la chaîne hercynienne.

Le climat était alors chaud et humide ; la végétation se développait très rapidement ; les phénomènes d'érosion pouvaient être parfois très violents et alors détruire des forêts entières en très peu de temps, les enfouissant sous des mètres de sédiments. Puis une autre forêt se développait par-dessus. Ce cycle s'est répété très souvent. Les végétaux enfouis sont peu à peu transformés en charbon de nature variable selon les conditions d'enfouissement et d'évolution.



Carte géologique simplifiée du bassin houiller Alès-Bessèges

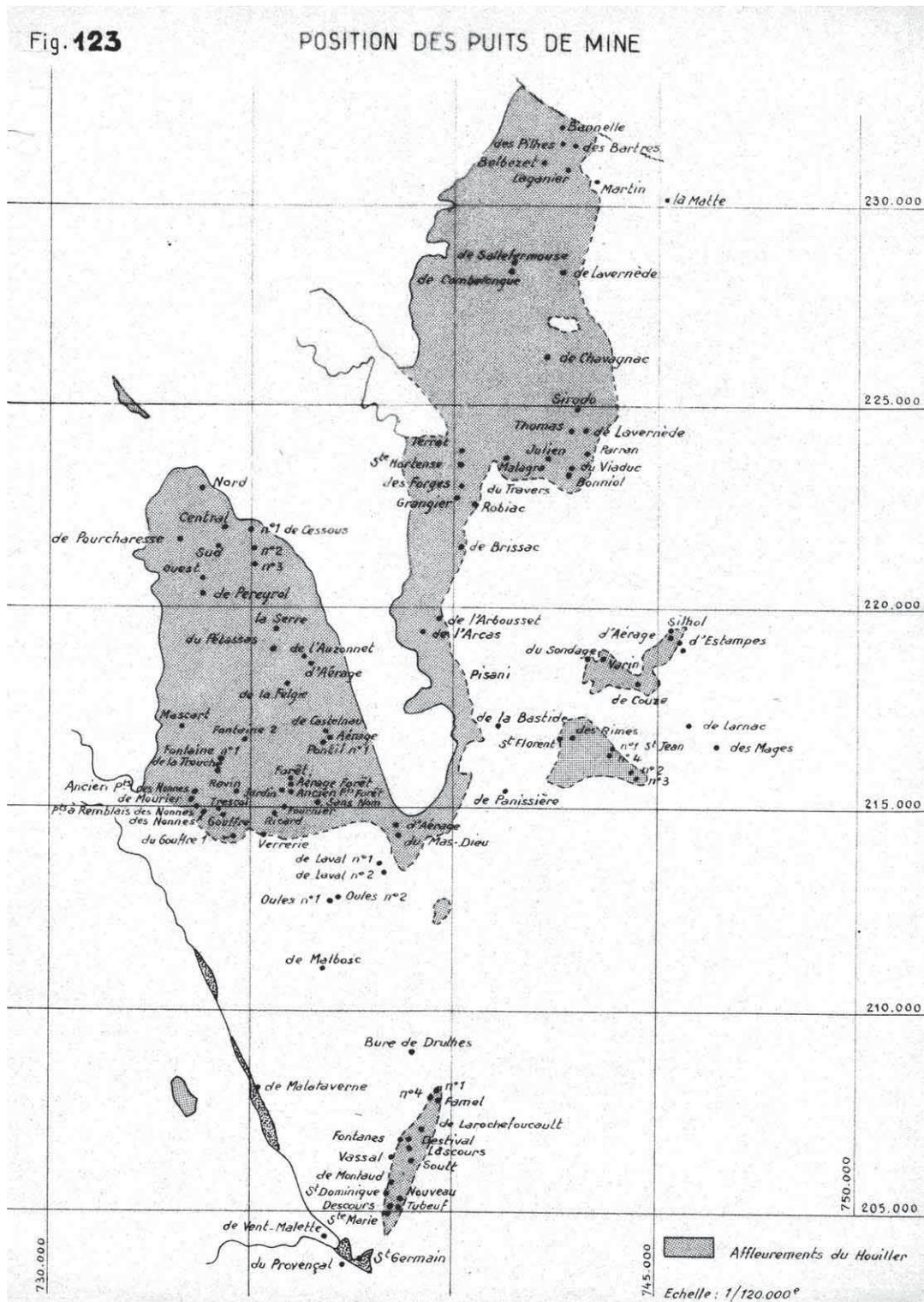


Modèle de bassin associant structuration extensive régionale et décollements gravitaires en relation avec la surrection d'un horst central dissymétrique.

coupe W-E synthétique (Djarar 1996)

Fig. 123

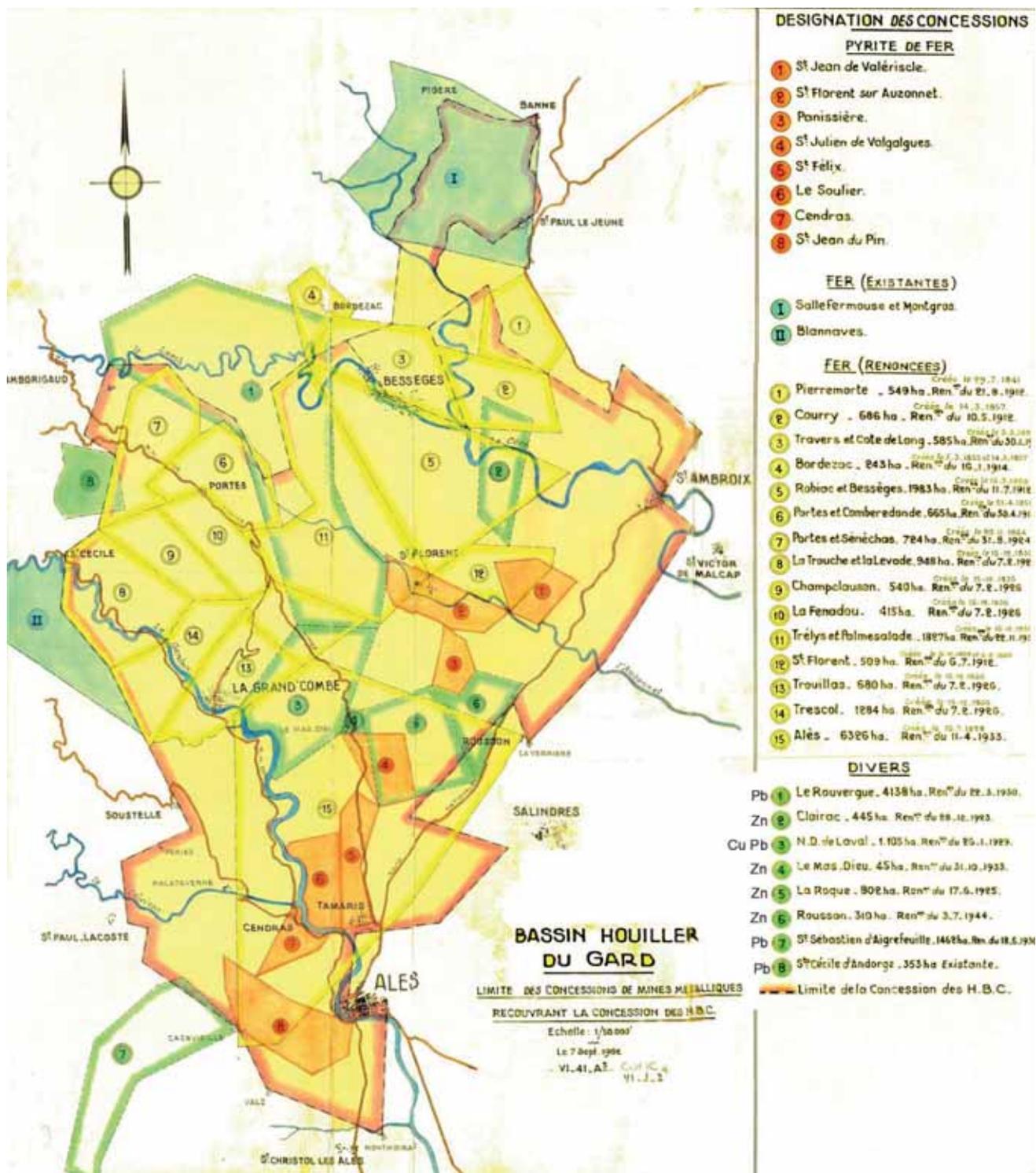
POSITION DES PUIXS DE MINE



Carte des affleurements du Houiller dans le bassin avec localisation des puits (H. Gras – thèse 1970)

Dans le bassin de Bessèges les variétés de charbon vont des anthracites (charbons contenant 92 à 95 % de carbone, avec une très faible teneur en matières volatiles) aux charbons gras (20 à 25 % de matières volatiles) ce qui a conduit à la construction de nombreux fours à coke et au développement d'une puissante industrie métallurgique.

Le secteur de Bessèges, longtemps autosuffisant grâce à sa sidérurgie, n'a été désenclavé qu'en 1857 avec l'ouverture de la ligne de chemin de fer Alès-Bessèges ; il a alors pu développer la commercialisation de ses productions. La commune de Bessèges n'a été créée qu'en 1868.



Carte des concessions de mines métalliques couvrant l'emprise de la concession houillère des HBCM – 1962.

La législation des mines est ainsi faite que le détenteur d'une concession pour le charbon ne peut exploiter les autres minerais pouvant être présents sur celle-ci. Or il se trouve que le minerai de fer est très fréquent dans les terrains houillers du bassin. Voyant d'un mauvais œil l'éventuelle venue d'étrangers presque tous les concessionnaires pour charbon ont donc fait des demandes en concession pour le fer avec généralement des périmètres très similaires. Certainement pas dupe l'administration des mines a généralement accepté leurs demandes. Mais rares sont ceux qui ont développé l'extraction du minerai de fer.

La carte ci-dessus récapitule les diverses concessions attribuées pour des mines métalliques.

Arrêt 1 : Lalle.

Arrêt en bordure de la Cèze, quartier de Lalle au nord de Bessèges, sous le stade où se trouvait l'orifice du puits St Henry. Dans le talus, en bordure du chemin, nous observons de gros blocs de scories, provenant vraisemblablement des fours à coke dont deux batteries se trouvaient à proximité.

Nous sommes ici au cœur de l'exploitation de charbon de la concession de Lalle. Si l'extraction de charbon y a commencé très tôt, la concession n'a été attribuée qu'en 1828 pour une superficie de 406 ha. Il fallut cependant attendre les années 1850, avec son acquisition par la Cie des fonderies et forges de la Loire et de l'Ardèche (qui se rapproche alors de sa concurrente de Bessèges), pour voir commencer une activité plus ou moins importante. Entre 1850 et 1900 plusieurs puits ont été foncés, de faible profondeur, car le charbon était ici presque au niveau du sol ; les mineurs accédaient fréquemment aux travaux par des galeries et descenderies ouvertes depuis la surface.

L'histoire de cette concession est assez chaotique, parsemée de négociations, rachats, faillites, etc. Elle acheta entre autres les concessions de fer de Bessèges Robiac, Bordezac, Travers Côte de Long. Son activité cessa en 1928.

La catastrophe de Lalle. Les mines de Lalle ont connu l'un des plus graves accidents miniers de l'époque. Le 11 octobre 1861 de très fortes pluies s'abattent sur la région. Le niveau de la Cèze monte en quelques heures de plus de 4 m, bloquant le libre écoulement de son affluent, le ruisseau de Long. Il se forme à ce niveau un lac mais le toit de l'exploitation se fragilise et s'effondre ; les eaux se précipitent dans la mine noyant rapidement les trois puits et les galeries. Les mineurs les plus proches des sorties peuvent rapidement regagner la surface. Le matin 139 mineurs avaient pris le travail ; à la fin de la journée seuls 29 avaient pu s'échapper. Les secours s'organisent sous la direction de l'ingénieur des mines A. Parran ; on endigue le ruisseau de Long, on met en œuvre de nombreuses pompes pour évacuer l'eau qui a noyé l'exploitation (le volume d'eau extrait par pompage est de 157 000 m³ pour un volume de vide dans la mine, évalué à 200 000 m³), on ouvre de nouveaux accès, creuse des galeries de secours. Cinq mineurs de plus seront sauvés, les trois derniers 14 jours après la catastrophe. Il y eut officiellement 105 victimes, noyées, d'autres suffoquées dans les poches d'air comprimées. En souvenir une croix a été placée au-dessus du ruisseau de Long et un monument érigé à la sortie nord de Bessèges.

Cette catastrophe a immédiatement attiré la presse et a eu un retentissement national ; elle a de plus inspiré plusieurs de nos écrivains, notamment Hector Malot (*Sans Famille*, 1878) et Émile Zola (*Germinal*, 1885).

Arrêt 2 : Côte de Long



Arrêt 2. Ensemble stérile de grès et conglomérats redressé avec de fins lits charbonneux (photo jpb)

Quittant Bessèges nous prenons la route de Bordezac pour nous arrêter peu après la mairie annexe de Bordezac, devant un affleurement manifestement « chahuté ». Nous sommes dans le niveau des stériles houillers dits stériles de Feljas-Ricard.

Nous y distinguons de minces lits irréguliers de matière noire charbonneuse, coincés entre d'épais bancs de grès et conglomérats, l'ensemble étant très redressé. Le matériau tendre charbonneux, a été fortement déformé, il a joué le rôle de surface de glissement entre les bancs très durs de grès et a formé de petits nodules sombres, fragiles, à surface lustrée. Plus tard une déformation en extension, soulignée par les V dessinés par les roches, a suscité des effondrements traduits par l'aspect chaotique de cet affleurement.

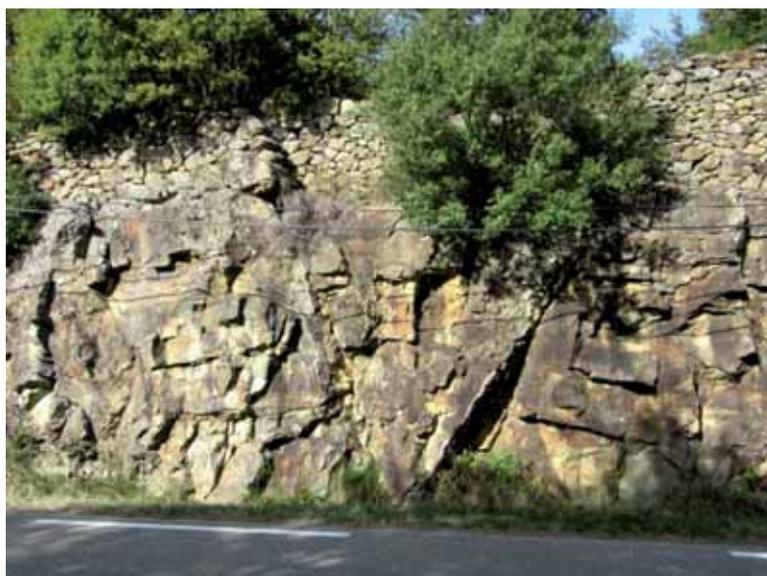
Arrêt 3 :

Cet arrêt n'a pas été fait. Plusieurs concessions pour l'exploitation du fer ont existé dans ce secteur, à ciel ouvert et en souterrain. Les minerais (oxydes, hématite, oligiste) étaient extraits des niveaux dolomitiques du Trias moyen puis traités dans les usines de Bessèges. Lors de leur abandon elles étaient toutes économiquement épuisées.

concession	dates		surface km ²	production tonnes
	attribution	renonciation		
Bordezac	1833	1914	2,43	~220 000
Travers - Côte de Long	1833	1920	5,8	~700 000

Arrêt 4 : dans la montée en ligne droite vers Bordezac.

Nous nous arrêtons face une petite falaise le long de la route, Nous sommes toujours dans les niveaux massifs, en bancs pseudo-horizontaux, grés-conglomératiques du Trias inférieur qui ici renferment de la barytine souvent crêtée en surface. La barytine est un sulfate de baryum BaSO₄, à utilisations diverses, médicales et industrielles. Il n'y a pas eu ici d'exploitation mais de nombreuses recherches ont été faites, notamment par Péchiney vers 1962, par tranchées et sondages, jusqu'à Bordezac. Elle se présente en filons interstratifiés, irréguliers, certains ayant jusqu'à 8 m de puissance. Sur cet affleurement elle a cristallisé dans deux fractures bien visibles formant un V.



Filons de barytine dans le conglomérat du Trias inférieur. et détail de surface (photos jpb)

Quelques mètres plus loin, toujours en direction de Bordezac, il semble qu'une faille intervienne pour faire apparaître des niveaux formés de grès fins, à petits micas blancs, finement stratifiés, et de conglomérats à petits galets de quartz blanc assez arrondis ; s'agirait-il déjà de sédiments du Houiller ?

En remontant encore de quelques dizaines de mètres nous nous trouvons devant un vaste panorama sur la vallée de la Cèze, allant de la sortie nord de Bessèges, sur la gauche, au hameau du Plo sur la droite.



Grès fins, pélites et conglomérats avec rubéfaction (ph jpb)



Panorama sur la vallée de la Cèze (photo jpb)

Arrêt 5 : contact Trias, Houiller et socle

Puis nous gagnons un large terre-plein, quelques centaines de mètres avant Bordezac.

En bordure de la route nous observons toujours les conglomérats du Trias inférieur, en bancs épais, surmontant des niveaux beaucoup plus fins argilo-gréseux contenant vers la base de nombreux nodules ovoïdes, de taille souvent pluri-décimétrique, de couleur brune, ferrugineux (stériles du Houiller ?). Le dessous du banc conglomératique montre des figures de chenalisation.



À gauche les bancs de conglomérat avec figures de chenalisation surmontant des sédiments argilo-gréseux. À droite la zone inférieure à nodules ferrugineux (photos jpb)

Nous traversons ensuite la route pour prendre le chemin en descente. De suite nous nous trouvons devant des conglomérats très différents, grossiers, à galets de quartz mais contenant également de nombreux éléments schisteux.



Affleurement en début du chemin de conglomérat grossier avec nombreux éléments de schiste (photos jpb)



Conglomérat houiller avec blocs de schistes et affleurement de schistes en dalles très redressées (photos jpb)

Plus nous progressons dans le chemin, plus les éléments schisteux deviennent abondants ; puis les premiers bancs de schistes apparaissent dans le chemin, en dalles fortement redressées (pendage ESE d'environ 45°).

En moins de deux cent mètres nous sommes passés du Trias inférieur au socle schisteux, un saut dans le temps de plus de 200 Ma.

Le temps passant vite nous oublions l'arrêt 6, reprenons les véhicules pour redescendre vers Bessèges mais bien avant nous prenons sur la gauche, en direction des Vans, par le col de la Matte et gagnons directement l'arrêt 8, omettant également le point 7. Nous suivrons pendant plusieurs kilomètres sur notre droite les affleurements massifs de conglomérats du Houiller.

Les mines d'antimoine

En limite du bassin houiller, dans les schistes et gneiss, la stibine, minéral d'antimoine de formule Sb_2S_3 , a été exploitée depuis une époque ancienne ; entre 1816 et 1840 il y eut une première concession de Malbosc et Bordezac attribuée en 1794, oubliée et abandonnée. Plus tard deux concessions ont été concédées :

- Malbosc, attribuée en 1816, avec une surface de 420 ha, étendue à 640 ha en 1840.
- Le Fraissinet, concédée en 1838, avec une superficie de 160 ha.

Une usine de traitement (fonderie) avait été construite à Malbosc, une seconde, plus tard, près du mas d'Abeau. La production totale a dépassé les 1 000 t métal.

Arrêt 8 : le Bulidor

Sur la fin de ce parcours de liaison nous sommes passés devant plusieurs sites qui ont fait l'objet de prospection d'or.

Au pont de l'Habitarelle on peut encore voir une galerie de recherche (galerie du Pont) ouverte au bout d'une tranchée d'une vingtaine de mètres, à la Loubatière une autre (galerie Mathieu) s'ouvre au ras de la route.

Nous arrivons enfin sur le site du Bulidor (ou Boulidou). Tout autour affleure le conglomérat houiller, plus ou moins grossier, très dur, en massifs arrondis.



Galeries du Bulidor, rive gauche et rive droite du Bulidou (photos jpb)

Après quelques mètres sur la piste qui remonte le ruisseau nous distinguons à travers les arbres et sur l'autre rive du ruisseau, une entrée de galerie de recherche d'or. Un peu plus loin, cette fois sur notre gauche, une seconde entrée, facilement accessible (il faut quand même se courber). Mais nous sommes démunis de lampes et la roche est si dure qu'aucun de nous ne se sent une vocation de chercheur

L'or en Cévennes est connu depuis longtemps, notamment par sa présence en paillettes et petites pépites fréquentes dans plusieurs rivières cévenoles, Gardons, Cèze, Gagnière, etc. De nombreux orpailleurs l'y ont recherché mais très rares sont ceux qui ont pu en faire une activité lucrative.

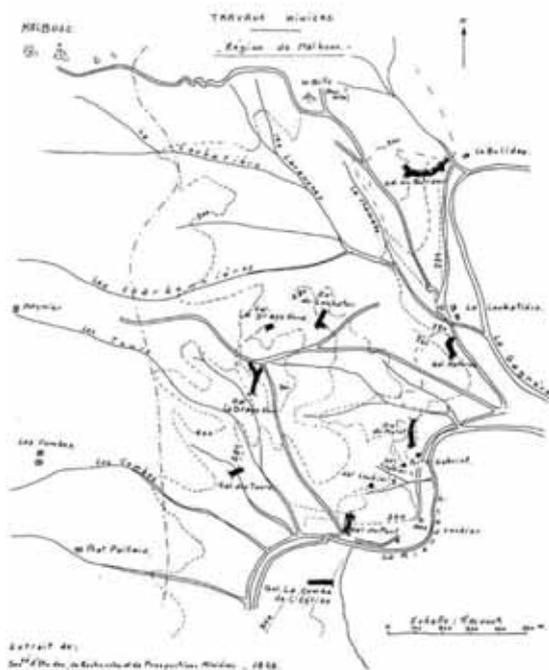
Au XIXe siècle on pensait que cet or alluvial avait son origine dans les conglomérats de base du Houiller où il s'y présente sous deux formes :

- à l'état natif, en paillettes et petits grains d'une part, dans le ciment du conglomérat.
- associé à l'Arsénopyrite (ou Mispickel) $FeAsS_2$ d'autre part.

De nouvelles prospections, avec des moyens beaucoup plus importants, ont très rapidement débuté (tranchées, galeries, etc.).

Vers 1910 la Société des mines d'or de la Gagnière, qui a déjà entrepris des travaux de recherche (grattages en surface, galeries, etc.) fait une demande de concession (concession dite du Bulidor).

Le service des mines étudie cette demande, mais s'étonne des concentrations élevées annoncées par les demandeurs. Il approfondit donc son enquête,



Carte des travaux de recherche d'or sur le site d'Abeau

multiplie les prélèvements et analyses qui révèlent des concentrations inférieures à 1 g/t, très au-dessous de celles annoncées par les demandeurs (teneurs de 6 à 10 g/t). Les demandeurs font également valoir leurs recherches dans le puits de Chavagnac (l'entreprise a acquis la concession de houille des Pinèdes en 1912). Ils ont trouvé dans les conglomérats traversés par ce puits (creusé en 1863 pour l'exploitation du charbon, profond de 501 m), des teneurs en or de 1,5 à 10 g/t, parfois même plus. Les contrôles réalisés par le service des mines indiquent des teneurs inférieures à 1 g/t). L'administration conclut donc à une supercherie ; la demande de concession sera rejetée.

D'autres entreprises prospectoront cette zone, le BRGM y fera aussi des recherches (bateyage et sondages).

Plus tard, en 1986, deux ingénieurs font une demande de permis exclusif de recherche (Permis d'Abeau) pour la recherche d'or, argent, tungstène, antimoine et substances connexes et créent une société, Cevenor.

Malgré de nombreuses oppositions ce PER est accordé par décret du 24 août 1988 avec une surface de 38,2 km² et une durée de 3 ans renouvelable deux fois.

Il est prolongé par décret le 20 mai 1992 jusqu'au 1/9/1994 avec une superficie réduite à 16,91 km². Le décret du 12/3/1996 le prolonge à nouveau jusqu'au 1/9/1997.

Il semble que ce permis n'a ensuite pas été renouvelé mais les documents manquent à ce sujet.

Quant à l'origine de cet or, on a aujourd'hui tendance à la rechercher dans les terrains du socle. On reconnaît trois sources :

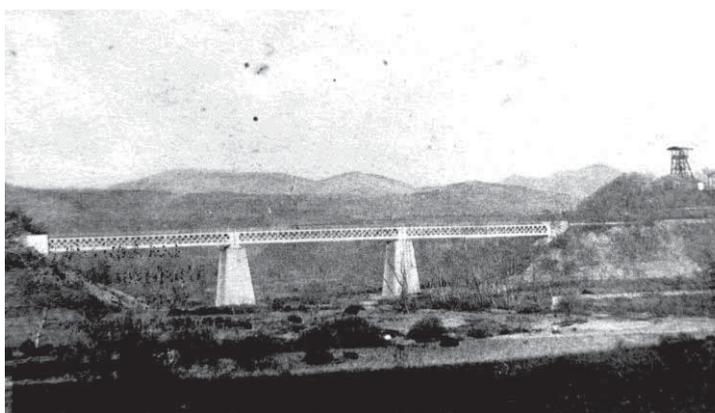
- les alluvions des rivières cévenoles.
- les conglomérats de base du Houiller, notamment les galets de quartz issus de l'érosion du socle et contenant de l'arsénopyrite aurifère.
- les filons de quartz du socle parfois aurifères mais difficiles à déceler. L'or a également été signalé avec de l'argent dans les filons de stibine (minerai d'antimoine).

Arrêt 9 : viaduc du chemin de fer

Puis nous rentrons sur Gagnières après avoir traversé la rivière Ganière au pont du Martinet. Au passage nous pouvons voir, sur notre droite, les nombreux sites qui attirent encore les orpailleurs. Puis loin nous passons à côté du puits de Chavagnac qui s'est illustré dans cette recherche d'or. Arrivant à Gagnières, par le nord, nous traversons le quartier des Hauts Fourneaux où était traité le minerai des mines de fer de Pierre Morte (mines exploitées vers Courry). Puis nous longeons, l'ancienne voie ferrée, passons au droit des puits Lavernède et Parran.

Enfin nous arrivons à notre dernier arrêt, aux Granges, où subsistent les restes des anciens viaducs de chemin de fer.

Nous sommes sur le passage de la ligne de chemin de fer Alès – Le Teil, ligne à voie unique, large de 1,435 m, réalisée par la Cie PLM, ouverte en 1857 (section Alès-Robiac) et 1871 (section Robiac-Le Teil).



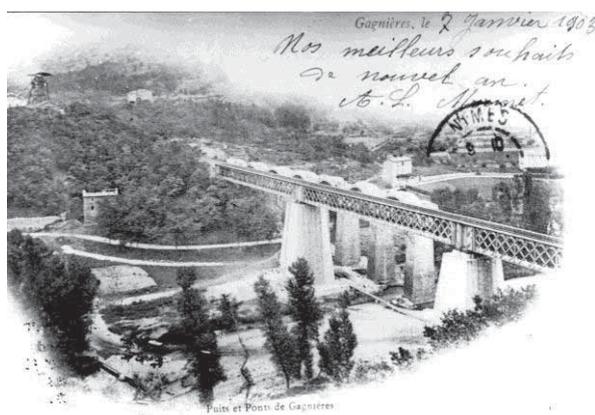
Le premier viaduc en courbe, le second viaduc à tablier métallique avec le puits Viaduc (ph collection AAMM).

Pour franchir la Ganière la compagnie a, en 1870, construit un viaduc à 13 arches plein cintre de 12 m d'ouverture. Long de 212 m, haut de 24 m au maximum, il formait une courbe de 800 m de rayon.

Mais, dès 1878, les exploitants constatent divers défauts (affaissement des voûtes, écartement des tympans) attribués aux travaux miniers ou à des défauts de réalisation.

Après plusieurs réparations et nombreuses mesures de sécurité, il est décidé, en 1886, de construire un nouvel ouvrage plutôt que réparer et consolider. Ce nouveau viaduc aura une longueur de 160 m et sera constitué d'un tablier métallique à 3 travées de 56 m de portée reposant sur deux énormes piles et 2 culées. Il sera totalement démoli en 1989.

Le premier viaduc restera en service durant la construction du second viaduc puis sera démoli.

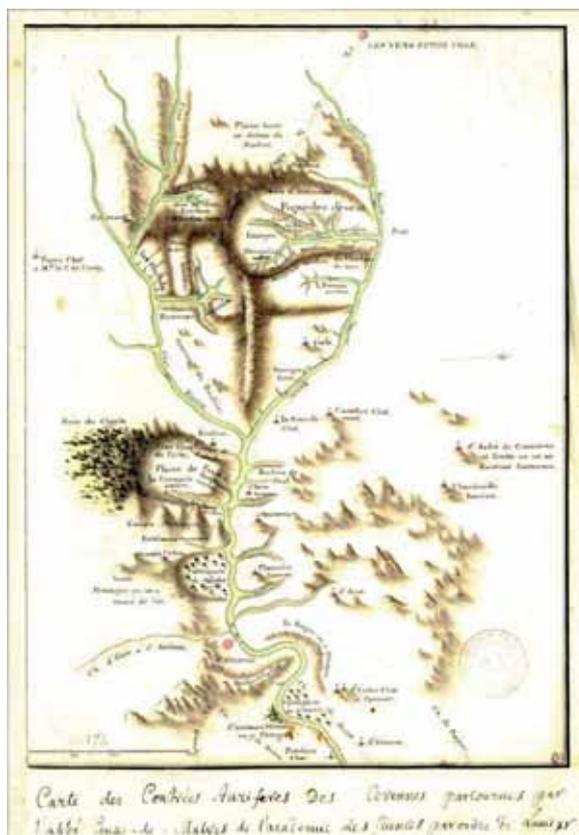


Photographie montrant, au 1er plan, le nouveau viaduc avec ses 2 piles et son tablier métallique, juste derrière le 1er viaduc en cours de démolition (le tablier a déjà été enlevé). Au fond, à gauche, en direction de la gare de Gagnières, le puits du Viaduc. (photo collection AAMM)

Il ne reste aujourd'hui, du premier viaduc, qu'un élément tronqué d'une pile sur lequel ont été placés une berline poussée par un mineur ; du second les 2 énormes piles maçonnées.

Jean-Pierre Bouvier

Aperçu sur l'or des Cévennes



Les romains ont souvent parlé de la France comme la Gallia aurifera (la Gaule aurifère) ou Galia Deaurata (la Gaule dorée) et les Cévennes semblent avoir été particulièrement réputées pour être aurifères.

Il semble, en effet, que l'or a été exploité en Cévennes depuis la plus haute antiquité et que cette exploitation se soit poursuivie de façon plus ou moins continue jusqu'à une période récente.

Au XVe siècle l'or est activement exploité dans la vallée de la Cèze, puis dans celles des Gardons d'Anduze et d'Alès : "l'or de paillole" est recueilli dans le sable des rivières par des équipes de gens du pays appelés "doriers" (A. Thomas, 1981). Cet or aurait alimenté l'Atelier des monnaies de Montpellier (J. Combes, 1977).

Au XVIIIe et au XIXe siècle, l'Abbé de Gua de Malves (1764), M. de Genssanne (1776) et E. Dumas (1876) évoquent l'or des Cévennes et de la Ganière. L'Abbé de Gua de Malves établit, sur

l'ordre de Louis XV, la carte des contrées aurifères des Cévennes. Cet auteur parle longuement des mines et paillettes d'or de la vallée de la Cèze et de son affluent la « Gagnere », et classe comme " aurifères presque tous les ruisseaux, particulièrement ceux des environs de Pigère, Malbosc et Brahic. Il cite également des « monticules aurifères » qui abondent entre autre dans le Savel et Sallefermouse à proximité de Bessèges.

Pour M. de Genssanne l'origine de l'or est liée à des "terres fauves" riches en "pierres noires" (magnétites ?), appelées par les orpailleurs du pays "la mère de l'or".

E. Dumas, attribue l'origine de l'or de la région de Gagnières au conglomérat houiller qui serait très aurifère notamment à la montagne de Chamade sous le village de Malbosc (Ardèche).

En 1889, la découverte par un berger ardéchois, Adrien Noël, près des Avols, d'une pépite³ de 543 g va provoquer un nouvel intérêt pour l'or des Cévennes. En effet en 1886 en Afrique du Sud se produit une ruée sur le Witwatersrand et ses conglomérats aurifères. Certains imaginent que les conglomérats du houiller cévenol pourraient, eux aussi, être un nouvel eldorado ! Malheureusement il n'en fut rien comme le signale Jean-Pierre Bouvier ci-dessus.

En arrivant à l'École des Mines à la fin des années 70, je me suis intéressé à ce problème et j'ai recruté Hossein Ahmadzadeh dans l'espoir d'apporter une solution à cette énigme de l'or des Cévennes. Cela a relancé brièvement l'intérêt pour le sujet comme signalé plus haut.



Copie de la pépite des Avols au musée de l'École des Mines

Mais le secret semble toujours bien gardé.

Jean-Pierre Rolley

LA RUBRIQUE SCIENTIFIQUE

Aperçu sur les *microcodium* de La Plane d' Houme et du Serre des Buis (Gard)

I – Les *Microcodium*

Les *Microcodium*, structures semblant carier des roches calcaires, font partie de ces objets géologiques qui, bien que connus depuis longtemps, n'ont pas encore reçu d'explication satisfaisante et acceptée de tous !

Découverts en 1904 par G. Capeder, baptisés *Microcodium elegans* et assimilés à des algues de la famille des *Cordiacées* par Glück en 1912, les *Microcodium* ont fait l'objet de diverses interprétations.

À défaut d'une identification certaine, la dénomination de *Microcodium* est restée.

Le rattachement aux algues a, assez rapidement, été contesté. Certains ont envisagé une origine purement minéralogique (Jodot, 1935) mais Bodergat (1974), grâce à des analyses isotopiques du carbone et de l'oxygène, a confirmé l'origine organique de ce phénomène.

³ Il semble que l'origine de cette énorme pépite soit à attribuer à un lingot artisanal probablement perdu lors d'une crue par exemple.

Plus récemment, on a essayé de les rattacher à des encroûtements racinaires dans un sol au niveau de la « rhizosphère »⁴ (Klappa 1978, Morin 1993).

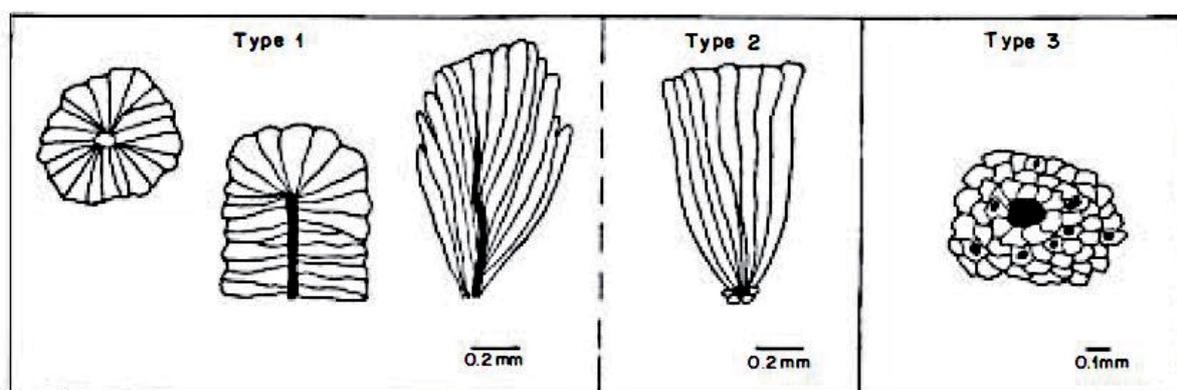
En fait il semble que le terme de *Microcodium* ait été utilisé pour décrire des structures diverses et ne recouvrant pas toujours les mêmes objets par confusion avec des formes ressemblantes (Jaillard et al., 1991).

La plupart des auteurs s'accordent sur le fait qu'il s'agit d'organismes vivants qui progressent en dissolvant les roches calcaires et en accumulant le CaCO₃ dissous.

Les *Microcodium* sont considérés par certains comme le plus important phénomène de bio-corrosion connu dans les temps géologiques.

Nous n'avons pas ici la prétention de résoudre le problème de l'origine de ce fossile, nous nous contenterons de décrire quelques échantillons récoltés sur les sites que nous avons visités, d'essayer d'émettre quelques hypothèses et d'ouvrir, peut-être, quelques voies de réflexions.

Classiquement les auteurs s'accordent pour définir trois types de *Microcodium* :



Classification morphologique des *Microcodium* extrait de Alonso- Zarza et al. 1998

Le type 1, assimilé à *Microcodium elegans* de Glück (1912), en « épis de maïs » de Boulanger et Gros (1957), en « rosette » (ou de type 1) de Bodergat (1974).

Ce type correspondrait à une arborescence de cylindres flexueux se développant dans les trois directions de l'espace : chaque cylindre est constitué d'un rang de prismes arrangés autour d'un canal central.

Le type 2, correspondant à *Microcodium cuvillieri* de Maslov (1956), *Microcodium* « laminaire » de Lucas et Montenat (1967) ou de type 2 de Bodergat (1974).

Ce type correspond pour sa part à une succession de couches ou lamines donnant un aspect feuilleté (Gottis 1963) ou en « palissade ».

Le type 3, a été défini par Bodergat (1974) à partir d'un échantillon du gisement espagnol de Jijona (prince d'Alicante). Ce type semble devoir être rattaché à des encroûtements racinaires (Jaillard et al., 1991).

II – Observations de terrain

Les éléments qui suivent portent essentiellement sur des observations et des échantillons, récoltés par Jean-Pierre Bouvier et moi-même, sur deux gisements :

⁴ La **rhizosphère** est la zone du sol directement formée et influencée par les racines et les micro-organismes associés qui font partie du microbiote des végétaux.



Plan de situation des deux gisements

Le gisement du Serre des Buis (commune de Caveirac), qui bien que classé au patrimoine géologique national, a été en grande partie détruit par l'implantation d'une ferme solaire. Les *Microcodium* se rencontrent dans les calcaires hauteriviens à proximité d'une butte constituée de terrains fluviolacustres attribués au Paléocène et Éocène inférieur et couronnée par un peu d'Oligocène.



1 - Vue du Serre avant son nivellement (photo JP Rolley)



2 - Aujourd'hui (photo JP Rolley)

Le gisement de la Plane de l'Hourme (commune d'Aramon). Ici les *Microcodium* se rencontrent dans les calcaires du Barrémien supérieur, recouverts localement par des lambeaux de marnes versicolores de l'Éocène inférieur réputées à *Microcodium*.

Nos observations ont porté uniquement sur les amas de *Microcodium* dans les calcaires crétacés (nous n'avons pas encore échantillonné les formations tertiaires).

Le Serre des Buis avait l'avantage de permettre des observations sur des sections de bancs et donc de voir la répartition des *Microcodium* dans la masse même du calcaire (photo 3).

À la Plane d'Hourme, les affleurements sont dans le fond d'une cuvette et les observations sont plus délicates à réaliser mais on y rencontre des amas parfois très importants (photo 4)



3 – Une section de banc montrant des amas de *Microcodium* (en rose) Serre des Buis octobre 2009 (Photo JP Rolley)



4 – Plane d’Houme, amas de *Microcodium* couvrant une surface importante (Photo JP Rolley 2016)

Sur les affleurements on observe deux grands types de structures :

II.1 - Les structures en « chou-fleur » : Le terme de chou-fleur vient de ce que la forme extérieure ressemble à des fleurettes de chou-fleur comme le montre la photo 5, mais la structure interne correspond à des couches (lamines) plus ou moins concentriques rappelant des écailles d’oignons (photo 6).



5 – Structure en chou-fleur (photo JP Rolley)



6 – Structure interne en couches (photo JP Rolley)

Les édifices constitués de structures en chou-fleur se rencontrent préférentiellement à l’intérieur des bancs où ils paraissent « grignoter » la roche. On les rencontre généralement en groupes plus ou moins compacts et ils semblent pouvoir présenter un développement linéaire important (photo 7).



7 - Développement linéaire d'un édifice en chou-fleur (photo JP Rolley).

II.2 – Les structures laminaires planaires : Il s'agit d'amas où les couches (lamine) se présentent de façon plus ou moins parallèle et constituent des ensembles allongés grossièrement plans (photo 8).



8 – Structure laminaire (photo JP Rolley).



9 – Fissure montrant une organisation essentiellement laminaire (photo JP Rolley).

Les structures laminaires se rencontrent en général dans les interbanco ou dans les fissures (photo 9). Les épaisseurs semblent très variables et aller de la simple lamine à des ensembles de quelques dizaines de centimètres. Leur développement semble surfacique avec des liaisons plus ou moins complexes avec des structures en chou-fleur.

Parfois une simple lamine relie plusieurs colonies (photo 9)

En fait, sur le terrain, il semble que l'on passe parfois insensiblement d'une architecture à l'autre sans que l'on perçoive une réelle modification dans l'organisation des assemblages (photo 10).



9 – Lamine reliant deux édifices
(photo JP Rolley)



10 – Un exemple d'amas complexe avec choux-fleurs et lamines
(photo JP Rolley)

III - Observations macroscopiques et microscopiques des échantillons

III.1 – Observation des architectures

La première chose qui retient l'attention lorsque l'on regarde de près un échantillon prélevé dans un amas de *Microcodium*, est que les surfaces « supérieures »⁵ des « couches » que forment ces *Microcodium*, montrent très souvent un enchevêtrement en « spaghettis » tout à fait spectaculaire (photos 11 et 12). Le même phénomène peut s'observer sur les faces « inférieures » mais il est généralement moins visible.



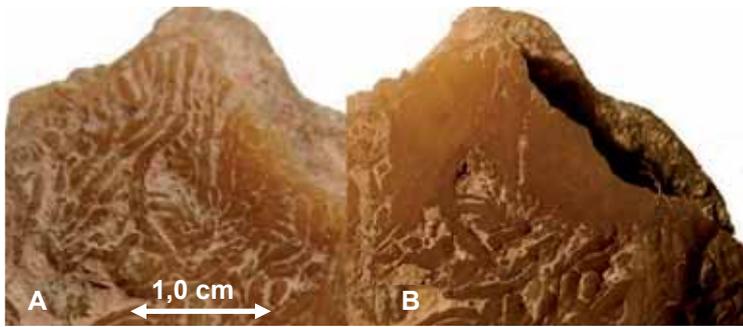
11 – Enchevêtrement à la surface d'un lit de *Microcodium*
(Photo JP Rolley)



12 – Enchevêtrement sur tout un ensemble de lits (Photo JP Rolley)

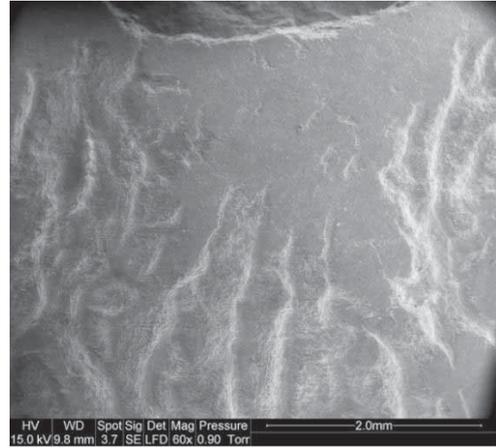
Certains pensent voir dans ces enchevêtrements un développement dichotomique de type racinaire. On discutera de cette hypothèse un peu plus loin.

⁵ Il n'y a pas de haut et de bas pour les *Microcodium*. Nous donnons le terme de haut et de bas pour indiquer ce qui est probablement le sens de développement des colonies.



13 – surface brute (A) et surface partiellement polie (B)
(Photo JP Rolley)

14 – même échantillon vu au MEB
(Photo EMA)

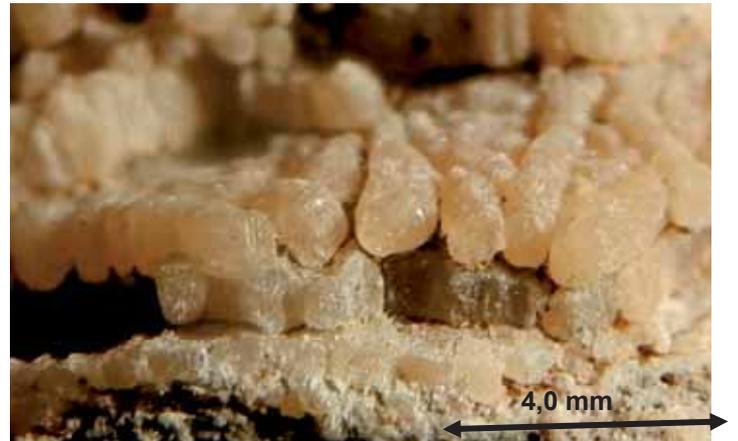


Une autre curiosité de ces structures réside dans le fait que ce phénomène ne s'observe qu'en surface, si l'on polit celle-ci, on n'observe plus qu'un matériau d'allure uniforme, ne montrant plus la moindre structure, comme si l'on avait à faire à une masse cristalline unique (photos 13 A et B et 14). C'est un phénomène important, que l'on rencontrera à plusieurs reprises et sous différentes formes lors de nos observations.

L'observation d'une section d'un amas de *Microcodium*, qu'il s'agisse de structures en chou-fleur ou d'horizons laminaires, montre un empilement de couches (photo.15) formées de la juxtaposition d'éléments de section plus ou moins rectangulaires ou ovoïdes de taille millimétrique. Ces éléments semblent pouvoir s'associer linéairement pour donner cet aspect de « spaghetti » (photo.16). L'association pouvant se réaliser dans toutes les directions, on peut donc obtenir des arrangements variés (dichotomie, peignes, etc.) comme ceux de la photo 11.



15 – Couches de *Microcodium*
(Photo JP Rolley)

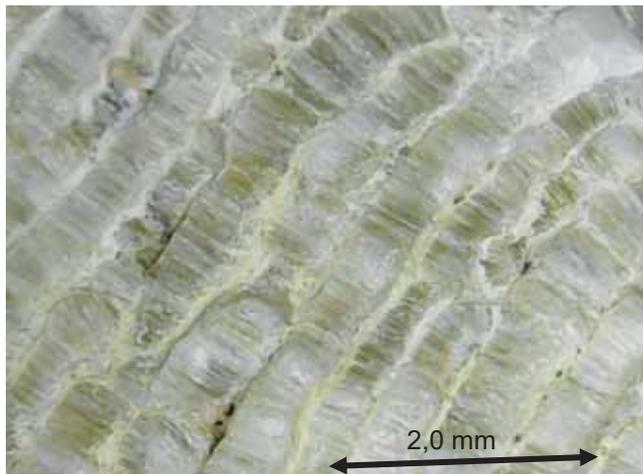


16 – Association de *Microcodium* en « spaghetti »
(Photo JP Rolley)

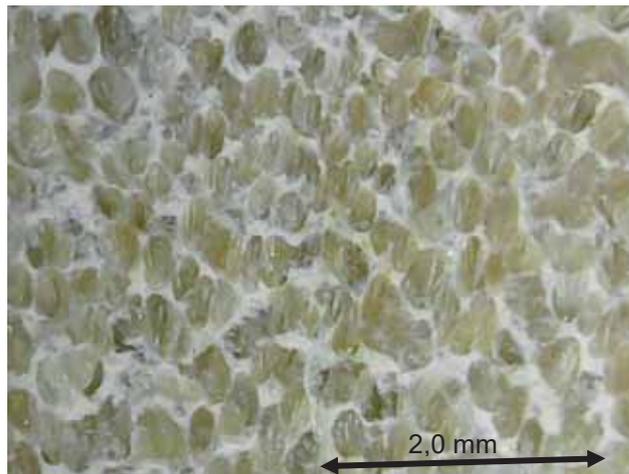
Sur des échantillons peu altérés et avec un grossissement ad-hoc (x50 par exemple), on constate que les lits sont séparés par un fin interlit d'une substance blanchâtre qui est probablement de l'argile (photos 17 et 18). On perçoit également que ces « briques élémentaires » sont des objets composites, constitués de la juxtaposition de fins prismes. (On retrouve ainsi une configuration proche de ce qui est décrit en introduction.)

L'étude des échantillons récoltés montre que les éléments (briques) qui constituent la base des différents édifices rencontrés ont des formes et des tailles qui varient selon l'édifice et la place dans cet édifice. Ainsi dans les lamines (qu'elles soient planes ou concentriques) les « briques » sont généralement jointives et ont une forme globalement prismatique avec des dimensions voisines de 0,5 x 0,75 à 1 mm (dans nos échantillons). Par contre lorsque les « briques » sont isolées ou peu liées à leurs voisines, elles ont une forme généralement ovoïde

de taille variable mais généralement un peu plus faible que celles des « briques » prismatiques et le liseré blanc entoure alors souvent l'ensemble de l'élément (photos 19 et 20).



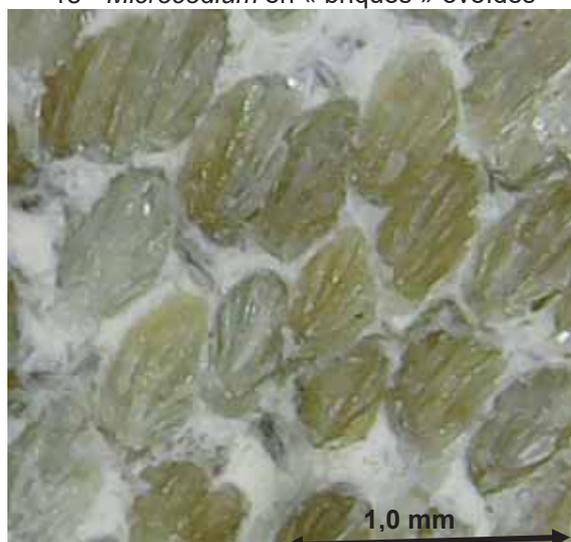
17 - *Microcodium* en « briques » prismatiques



18 - *Microcodium* en « briques » ovoïdes



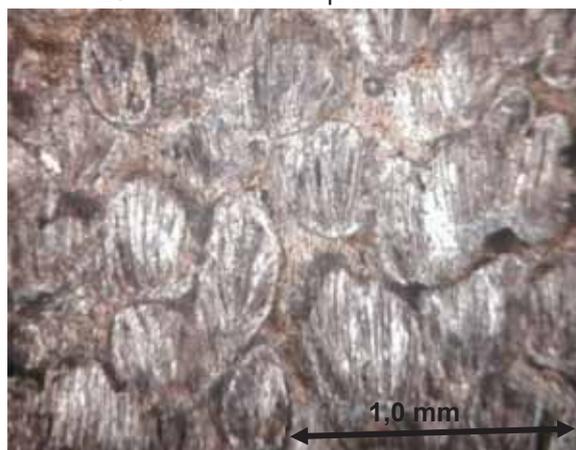
19 – détail de « briques » prismatiques



20 – détail de « briques » ovoïdes



21 – détail de « briques » prismatiques en lame mince



22 – détail de « briques » ovoïdes en lame mince
(photos JP Rolley)

Qu'elles soient prismatiques ou ovoïdes, ces « briques » sont constituées de fins prismes plus ou moins hexagonaux (photo 21) dont la section ne dépasse que rarement 0,1 mm. et dont la longueur est égale à la hauteur de la « brique » (généralement entre 0,75 et 1,5 mm dans nos échantillons). Ces prismes sont disposés en éventails plus ou moins ouverts dans les



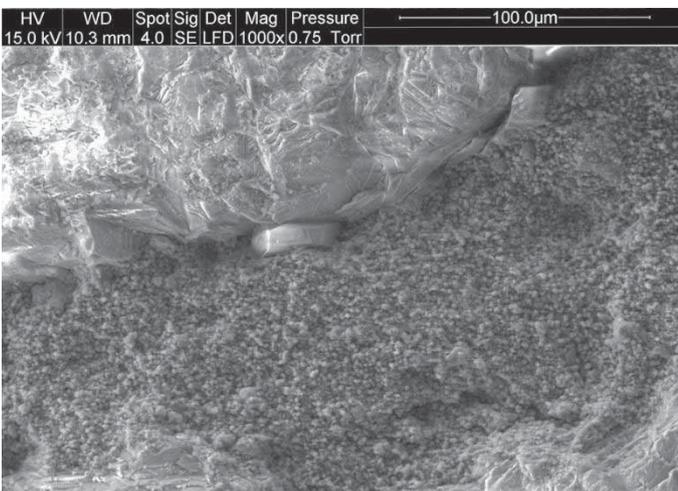
22 - assemblage de formes ovoïdes en lamines

formes ovoïdes (photos 20 et 22), alors qu'ils forment une succession de colonnes serrées les unes contre les autres et parallèles entre elles dans les « briques » prismatiques (photos 19 et 21).

Il semble cependant que l'on puisse observer un passage plus ou moins progressif d'un agencement à l'autre ; des formes ovoïdes pouvant parfois être serrées les unes contre les autres et amorcer une organisation laminaire. Les structures laminaires ainsi formées sont généralement obliques et dessinent souvent des lignes en chevrons (photo 22)

III.2 – Les interlits⁶

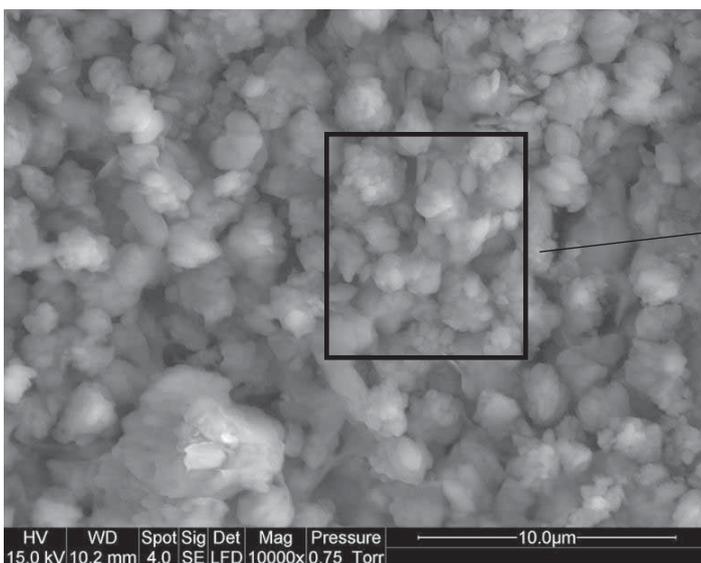
Nous avons vu que les couches de *Microcodium* étaient séparées par des interlits



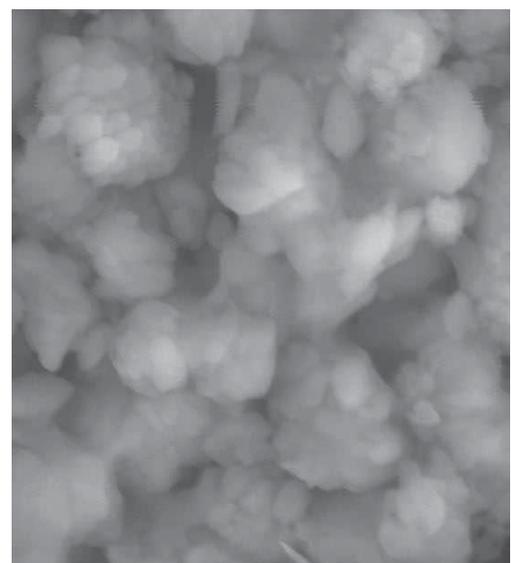
23 – Un interlit vu au MEB (photo EMA)

constitués d'une substance blanchâtre considérée par les auteurs comme l'accumulation des résidus insolubles de la matrice calcaire. En effet il semble que la composition globale de la roche encaissante et des colonies de *Microcodium* ne montre pas de variations significatives, ni en composition chimique (même s'il semble que les *Microcodium* soient plus pauvres en phosphore) ni en composition minéralogique (Bodergat 1974). La composition de ces interlits devrait donc être essentiellement argileuse. Nos observations montrent une matière finement granuleuse (photo 23). Ces granules étant elles-mêmes constituées d'amas de granules plus petites (photos 24 A et B).

granules étant elles-mêmes constituées d'amas de granules plus petites (photos 24 A et B).



24-A – Détail de la constitution d'un interlit (photo EMA)

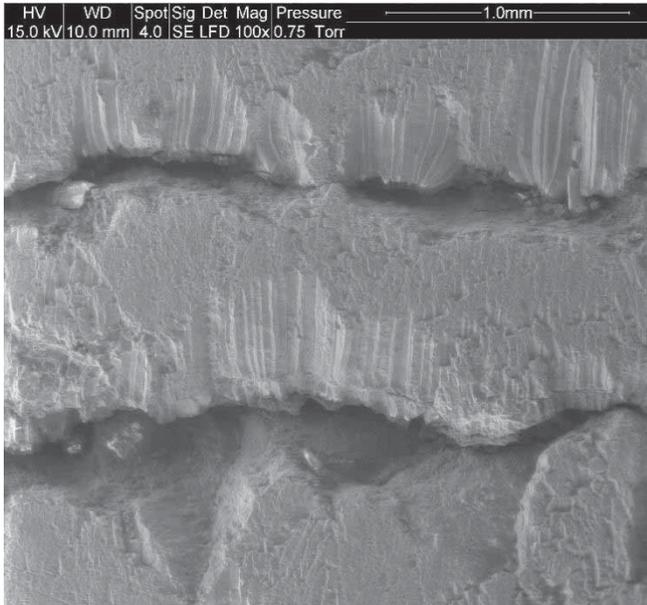


24-B – Détail des granules

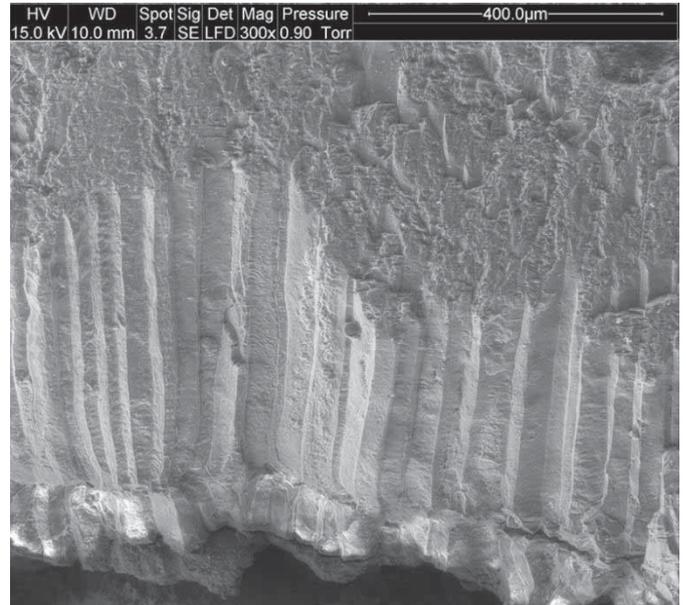
⁶ Les images MEB, sont de JC Roux de l'École des Mines d'Alès (EMA)

III.3 – Les « briques »

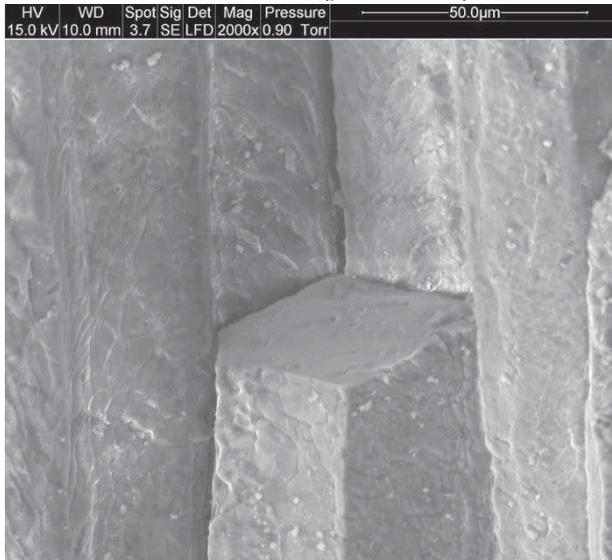
Quand les *Microcodium* sont groupés en lamines, nous avons vu qu'ils sont constitués de « briques » élémentaires grossièrement prismatiques plus ou moins fortement jointives au point que sur un polissage il devient impossible d'en observer les contours. Nous allons en avoir l'illustration sur un échantillon observé au MEB (photo 25) où la partie polie des lamines est totalement lisse alors que les bords non atteints pas le polissage montrent une constitution en fines colonnettes prismatiques (photo 26), à section hexagonale (photos 27 et 28) de quelques dizaines à une centaine de microns, et dont la longueur correspond à l'épaisseur de la lamine (généralement, ici, de 0,75 à 1,5 mm).



25 – Lamines vues au MEB (photo EMA)



26 – structure en colonnettes (photo EMA)



27 – Détail de la section d'une colonnette (photo EMA)



28 – Détail d'une lamine au microscope numérique avec une colonnette hexagonale de forte section (photo JP Rolley)

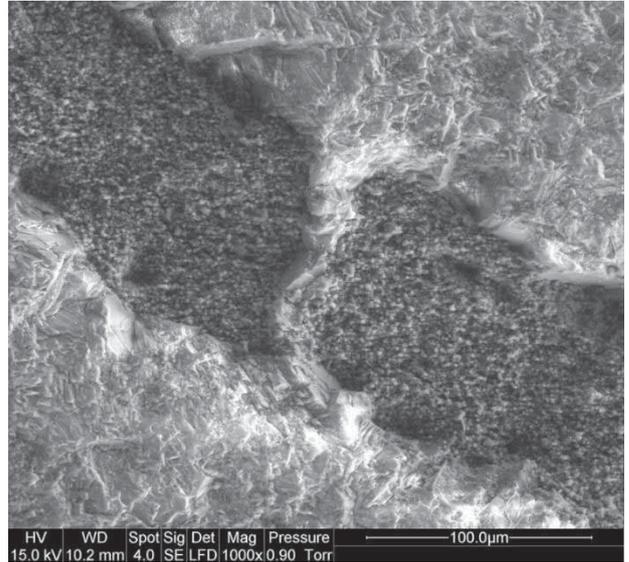
Les colonnettes sont généralement parallèles entre elles mais montrent parfois une légère convergence à leur base (photo 29).

Il convient de noter que dans les échantillons que nous avons observés, toutes les « briques » montrent une polarité identique, c'est-à-dire que les convergences se font toujours dans le même sens.

On observe par ailleurs assez souvent des liaisons entre deux lamines superposées (photo 30)



29 – Exemple de convergence de colonnettes à la base d'une « brique » prismatique (photo EMA)



30 - Exemple de liaison entre deux lamines (photo EMA)

Les « briques » ovoïdes suivent les mêmes règles que ci-dessus sauf pour ce qui est des colonnettes qui sont parfois en éventail prononcé (photo 31). Elles montrent aussi, localement, des structures « exotiques » en chandelier ou en plume (photo 32).

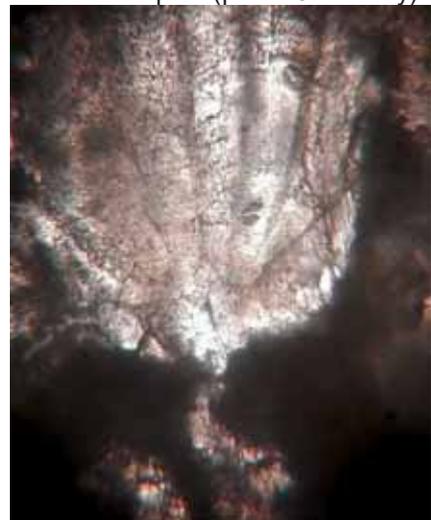
Enfin on observe parfois, à la base des formes ovoïdes une sorte de « racine » (photos 33 et 34) qui semble les mettre en communication avec une autre « brique ».



31 – Structure en éventail (photo JP Rolley)



32 - structures exotiques (photo JP Rolley)



33 et 34 – Exemples de « briques » ovoïdes avec « racine » (Photo JP Rolley)

III.4 - Exemples de structures en chou-fleur



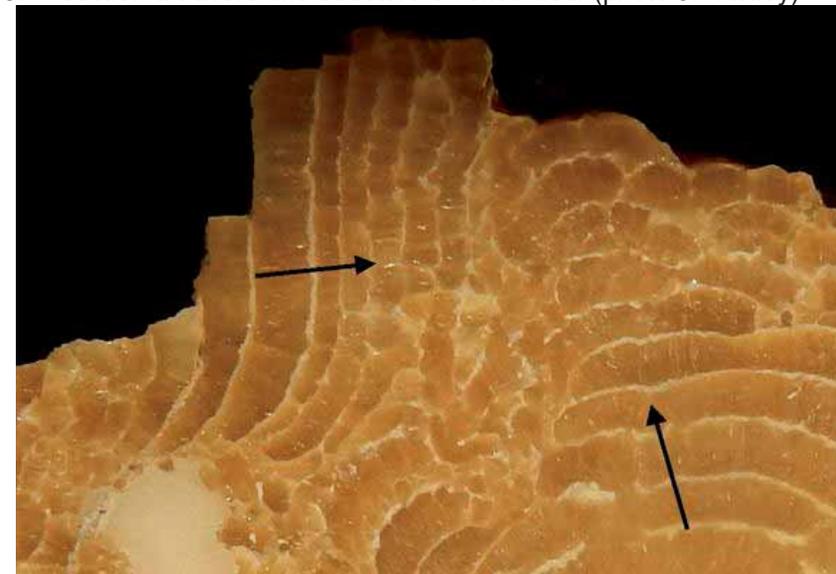
35 – Choux fleurs dans la roche (photo JP Rolley).



36 - Détail d'un chou-fleur (photo JP Rolley).



37 – section à travers une structure en chou-fleur (photo JP Rolley)



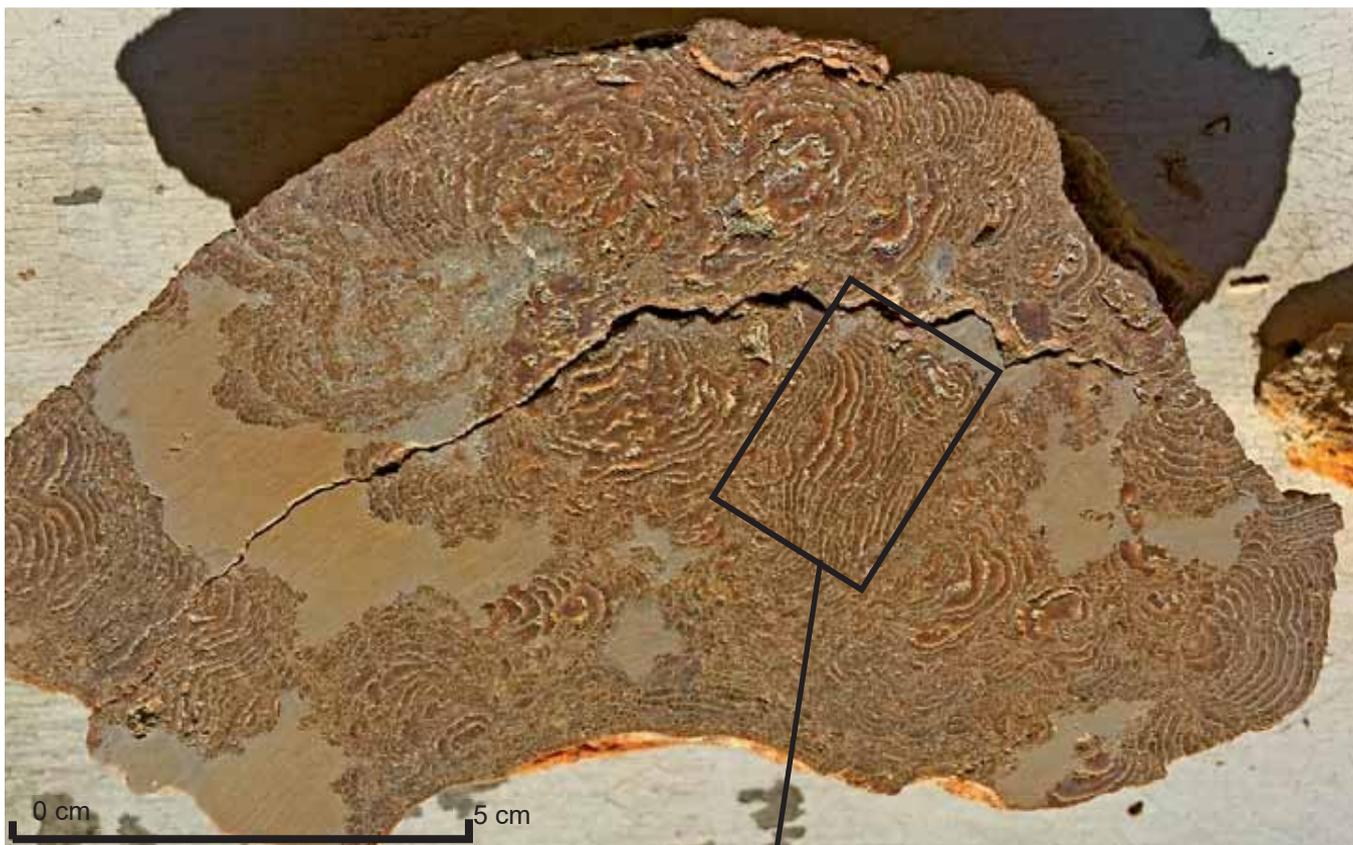
38 – détail du contact avec sens de développement (photo JP Rolley)

Nous avons vu que les structures en chou-fleur étaient les plus fréquentes et se développaient dans la roche elle-même (photo 35).

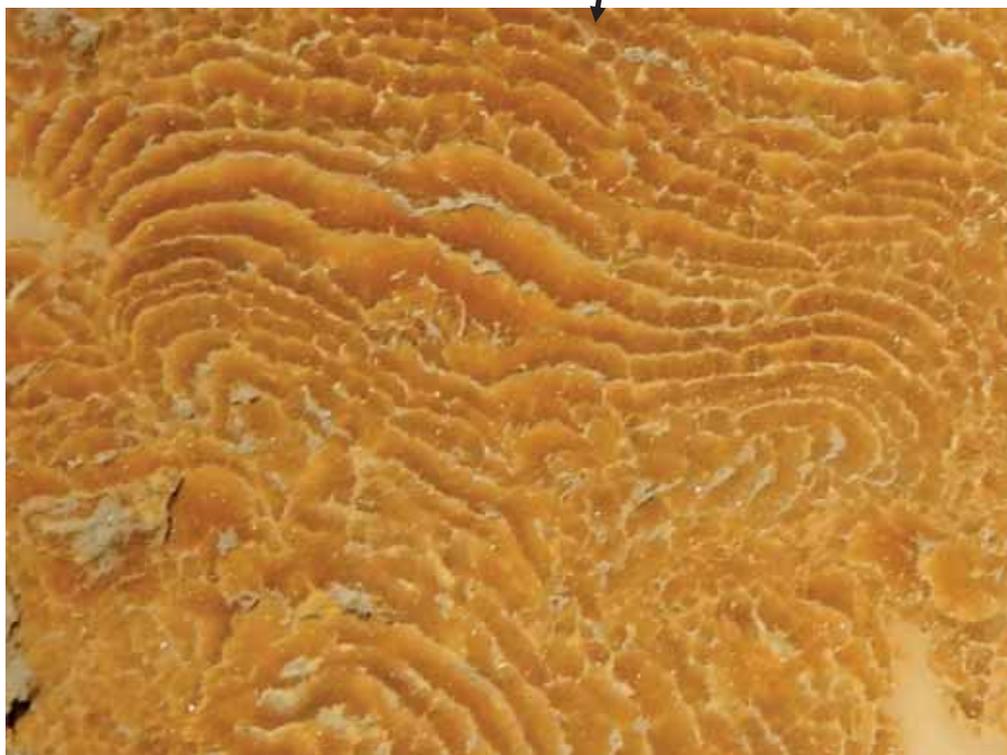
La photo 36 montre un chou-fleur présentant une succession de couches avec une texture en « spaghetti » sur le dessus de chaque couche.

La photo 37, elle, montre l'organisation interne en écailles d'oignons avec des « briques » qui ont toutes un développement rayonnant avec une organisation du centre vers l'extérieur. Dans les coins supérieur gauche et inférieur droit de la photo 37 on observe la rencontre entre des ensembles qui n'ont pas le même sens de développement. Le contact entre les différentes structures montre des désorganisations plus ou moins prononcées sans que l'on puisse savoir s'il y a mise en commun d'éléments ou altération mutuelle (photo 38).

Sur la photo 39 on peut observer une section d'un ensemble de choux fleurs. Il ne reste presque plus rien de la roche initiale et les choux fleurs s'imbriquent les uns dans les autres au point qu'il peut y avoir continuité entre deux « germinations » différentes (photo 40). On note aussi des zones de couleur plus claire qui sont probablement à rattacher à celles que nous allons voir ci-dessous.



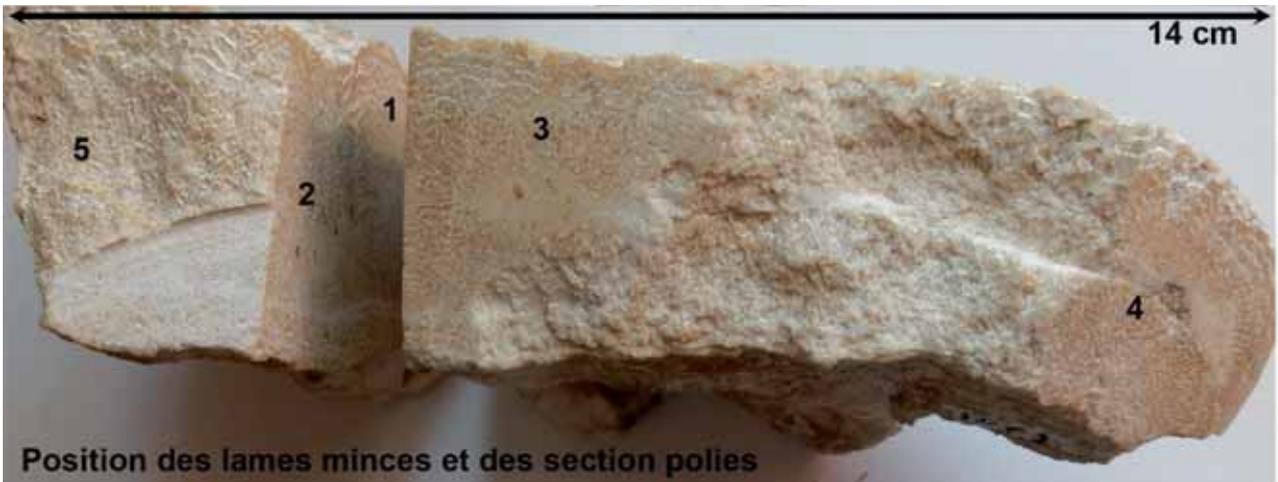
39 – Coupe à travers un ensemble de choux fleurs (photo JP Rolley)



40 – Exemple de deux structures ayant un point de départ (« germination ») différent et mettant en commun des lamines (photo JP Rolley).

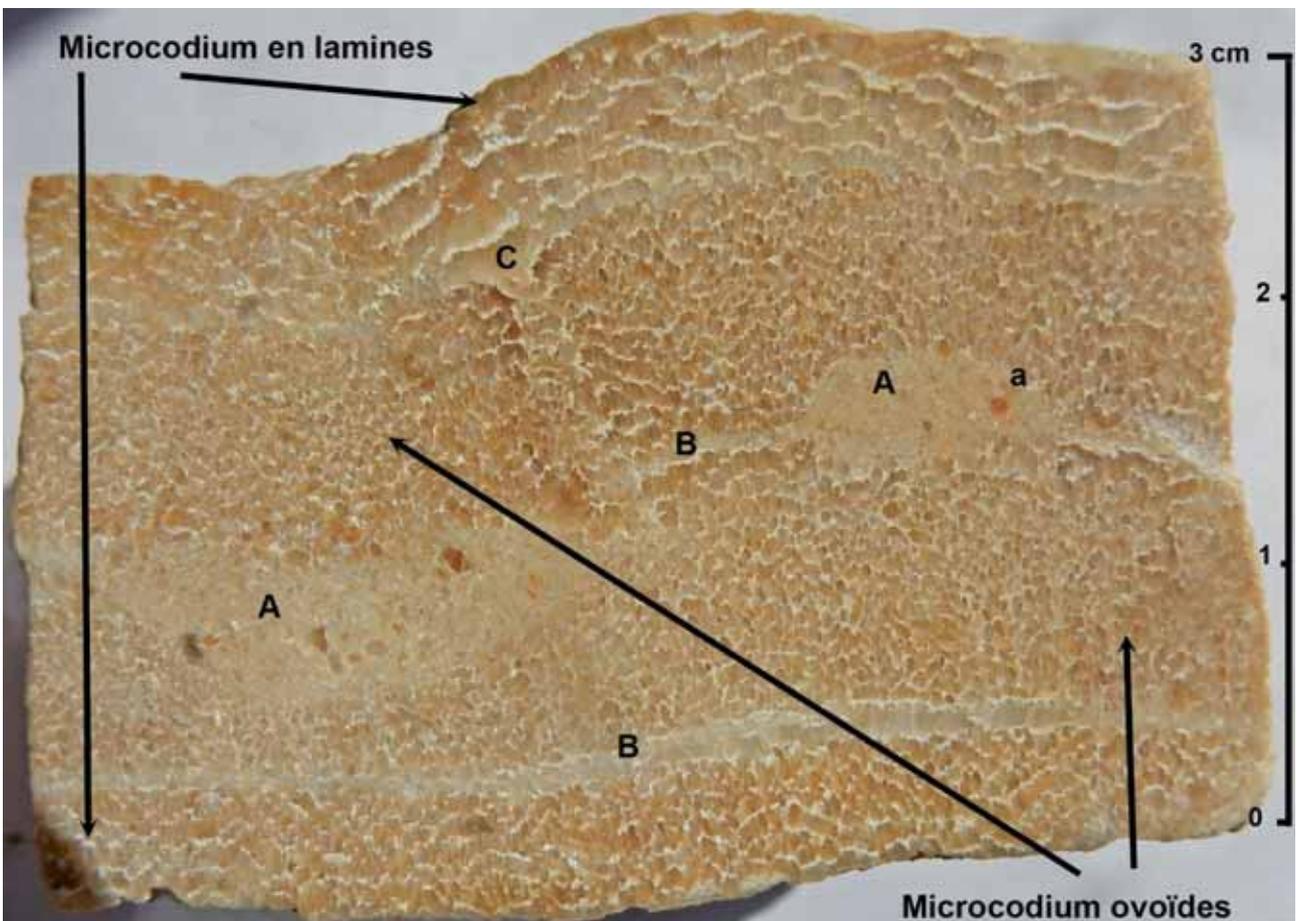
III.5 - Exemple de structure laminaire

L'échantillon 1053 provenant de La Plane d' Houme est un très bel exemple d'architecture laminaire globalement plane (photo 41). Nous avons fait réaliser dans cet échantillon deux lames minces situées entre les surface 1 et 2 et poli les surfaces 1, 2, 3 et 4 de façon à pouvoir observer en détail cette architecture.



41 – Echantillon 1053 (photo JP Rolley)

On observe une série de couches en lamines dans sa partie supérieure et une (moins nette) à sa partie inférieure. Entre les deux on rencontre essentiellement des *Microcodium* de formes ovoïdes plus ou moins isolés. Sur la photo 42 (surface 2) nous avons positionné ces éléments.



42 – échantillon 1053 face 2 (photo JP Rolley) (A, B, C, a voir page suivante)



43 – Surfaces A et C (photo JP Rolley)

La photo 43 montre les faces 1 et 3 et permet de constater que l'organisation est identique dans les deux directions. On a bien une organisation tridimensionnelle planaire.

Par ailleurs, cet échantillon nous permet d'observer les relations entre les *Microcodium* prismatiques en lamines et ceux de forme ovoïde. Il semble que les *Microcodium* en lamines, de couleur parfois un peu plus claire que les *Microcodium* ovoïdes, recoupent ou corrodent ces dernières (photos 44 et 45).

Cela pose un certain nombre de questions sur le mode de construction de ce type d'architecture, d'autant que toutes les « briques » montrent la même polarité du « bas » vers le « haut » de l'échantillon.



44 et 45 – relation entre les deux types de *Microcodium* (photos JP Rolley)

Enfin cet échantillon montre de curieuses structures au sein même de la masse de *Microcodium*. On trouve des poches d'un matériau clair "A" (photo 42) qui ne contient pas de *Microcodium* mais quelques fantômes de formes indéfinissables, d'une couleur proche de celle des formes ovoïdes ainsi que quelques éléments rougeâtres souvent arrondis "a" (photo 42). Ces poches ont un contact flou avec les *Microcodium* environnants et semblent être reliées latéralement à des couches de *Microcodium* prismatiques clairs "B" (photo 42), qui peuvent rejoindre d'autres amas de même type. On trouve même une structure qui ressemble à un puits de fuite "C" (photo 42).

IV - Conclusions

Les observations que nous avons faites ne portent que sur des colonies affectant le substratum calcaire de l'interface Crétacé-Tertiaire. Nous n'y avons pas trouvé de forme de type I, comme ce que nous avons pu voir, lors de notre voyage dans les Corbières, à Albas (photo 46 et 47) mais nous étions là dans une formation continentale, très différente.

Les gisements de La Plane d'Homme et du Serre des Buis montrent des phénomènes identiques, avec de grands ensembles coloniaux, pouvant couvrir de grandes surfaces sur des épaisseurs difficiles à préciser. Il est fort regrettable que le gisement du Serre des Buis ait été

en grande partie détruit car il offrait la possibilité de voir des bancs par la tranche et donc d'évaluer l'ampleur verticale du phénomène.

On peut noter cependant que, dans la Combe du Laurier de Babau (Est de la Plaine d' Houme), on rencontre des colonies de *Microcodium* dans des couches qui se situent à plusieurs mètres sous l'interface Crétacé-Tertiaire ce qui paraît déjà une profondeur importante.



46 – Colonie de *Microcodium* de type I d'Albas
(Photo JP Rolley)



47 – Section de *Microcodium* de type I (Albas)
(Photo JP Rolley)

Les observations réalisées, tant sur le terrain que sur les échantillons prélevés, apportent un éclairage qui me semble original sur ce curieux phénomène que sont les *Microcodium*. Elles posent quelques interrogations : comment interpréter les liaisons que l'on observe entre différentes colonies ? Comment interpréter les relations entre les deux formes de ce que nous avons appelé des « briques » ? Que représente les « racines » à la base de certaines formes ovoïdes ? À quoi correspondent les décolorations de certains horizons ? Les curieux remplissages observés dans l'échantillon 1053 (figure 42) sont-ils contemporains ou postérieur à la formation des *Microcodium* ? etc.

Les observations faites posent à l'évidence de nombreuses questions que nous n'avons pas les moyens de résoudre mais qui, je crois méritent d'être posées.

Quoi qu'il en soit, nos observations ne semblent pas aller dans le sens d'encroûtements de types racinaires, mais elles ne portent que sur un type de gisement unique. Il existe d'autres gisements pas trop loin de chez nous, dans le Gard, l'Hérault ou le Vaucluse, ils mériteraient sans doute que l'AGAR fasse un jour un petit détour pour leur rendre visite.

Jean-Pierre Rolley

Bibliographie sommaire

- GOTTIS M. -1963 : Sur un cas d'hétérotrophie de *Microcodium*. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, Vol 7, t 5: 338-343.
- BODERGAT A.M. -1974 : Les *Microcodium*, milieux et mode de développement. *Doc. Lab. Géol. Fac. Sci. Lyon.*, Vol 62 : 1-235.
- MORIN N. - 1993. Les *Microcodium* : architecture, structure et composition, comparaison avec les racines calcifères. Thèse Montpellier.
- KABANOV P. et al. – 2008 : *Microcodium* : an extensive review and a proposed non-rhizogenic biologically induced origin of its formation. *Sedimentary Geology*, vol. 205, issue 3-4, pp. 79-99, Elsevier.
- VARGA A. et RAUCSIK B. - 2014. Pedogenic calcrite records in southern Transdanubia, Hungary : a brief review with paleoenvironmental and paleogeographic implications. *Central European Geology*, vol. 57, issue 2, pp. 137-151.

SOMMAIRE

Éditorial	1
COMPTES RENDUS DE NOS ACTIVITÉS	2
Forum des associations et repas de rentrée	2
Perforations pontiennes de la Montagne de Saint Geniès et Microcodium de Saze	2
À la découverte du Puech de Mouriès	8
Quarantième anniversaire de la Société géologique de l'Ardèche	12
L'approvisionnement en eau de Montpellier, de la source du Lez au Peyrou.	14
Les rochers des Mourres	23
Plage fossile de Saint Sébastien d'Aigrefeuille	24
Assemblée générale 2017	25
Archéologie et science du sol Quelques exemples de paysages anthropisés méditerranéens .	29
Le bassin minier de Bessèges	42
LA RUBRIQUE SCIENTIFIQUE	55
Aperçu sur les <i>microcodium</i> de La Plane d' Houme et du Serre des Buis (Gard).....	55

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 ; manifestations de vulgarisation scientifique ; aide à l'enseignement et à la diffusion de la géologie ; réalisation de documents géologiques ; 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 25 €

couple 31 €

étudiants 16 €

BULLETIN d'adhésion à l'AGAR à recopier et à retourner à :

AGAR, 6, av. de Clavières – 30319 Alès cedex ou par mail à contact@geolales.net

Nom : Prénom :

Adresse :

Code postal : Ville :

Tél : e-mail :

Parrains (2)

Nom

Prénom

Date et signature

.....

.....

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

Association Géologique d'Alès et de sa Région - 6, avenue de Clavières, 30319 Alès cedex - siret 495 342 925 00015
<http://www.geolales.net> - contact@geolales.net

Imprimé par Imp'act - 483, Zac des Vautes – 34980 Saint Gély du Fesc – mars 2017