01-02 - Sommaire N°2:Mise en page 1 22/12/08 8:04 Page 2



Le rocher dit "des curés" à Chapias- commune de Labeaume.



Le long du sentier Roche près de Coudon.

Barth foliote?:Mise en page 1 9/01/09 11:31 Page 1

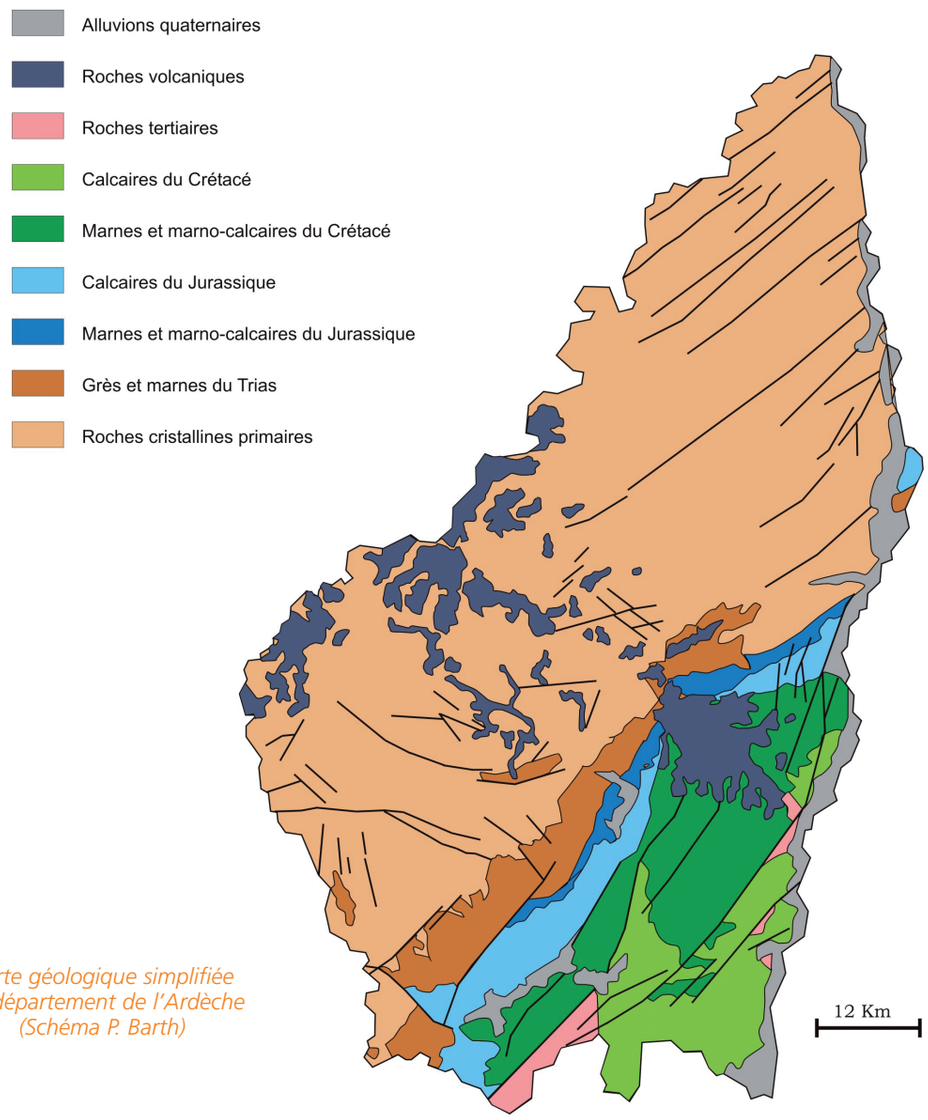
Aperçu géologique de
L'Ardèche méridionale

DE
Philippe Barth

L'Ardèche méridionale, adossée contre les reliefs du Massif central et située à proximité immédiate des chaînes subalpines, est au carrefour de deux grands ensembles géologiques : les massifs hercynien et alpin.

Les roches qu'on peut y observer, parmi les plus variées de France, sont issues d'une histoire vieille de plus de 300 millions d'années. En cherchant à reconstituer cette histoire, on découvre que nos modestes "cailloux", sur lesquels se sont échinées tant de générations, prennent leur place dans les grands mécanismes terrestres qui façonnent la planète depuis 4,6 milliards d'années.

Carte géologique simplifiée du département de l'Ardèche



Carte géologique simplifiée du département de l'Ardèche (Schéma P. Barth)

Barth foliote?:Mise en page 1 9/01/09 11:31 Page 2

LE SOCLE HERCYNIEN.

Il n'échappe pas au randonneur que les roches qui constituent les "serres" cévenols sont d'une nature tout à fait différente de celles qui constituent les plaines et les "gras" du piémont. Plus dures, parfois feuilletées mais non stratifiées et dépourvues de fossiles, ce sont les roches cristallines. Ce qui les différencie des roches sédimentaires, c'est un passage par des températures et pressions élevées qui modifient leur composition minéralogique et leur structure, parfois jusqu'à la fusion totale !

Il y a environ 300 millions d'années, au Carbonifère, tous les continents étaient réunis en un seul : la Pangée. Cette réunion, due à la collision de plusieurs masses continentales, a provoqué l'édification de puissantes chaînes de montagnes, dont la chaîne hercynienne qui traversait toute l'Europe et dont les reliques s'appellent aujourd'hui : Massif Armoricain, Ardennes, Vosges, Massif Central, Esterel… Bref, tous les massifs dits "anciens". Si aujourd'hui ces massifs sont péjorativement qualifiés de "montagnes à vaches", il n'en a pas toujours été ainsi puisque la hauteur de la chaîne hercynienne a été estimée à environ 8 000 mètres !

Comme dans les icebergs, les montagnes ne constituent que la partie visible du phénomène de collision continentale : l'épaississement de la croûte terrestre forme une racine dont la profondeur est plus de dix fois supérieure à l'altitude de la partie "émergée". Ainsi, des roches formées à la surface de la Terre peuvent être enfouies à des dizaines de kilomètres et subir plus de 10 000 fois la pression atmosphérique et des températures supérieures à 600°C ! Dans ces conditions, les roches se transforment tout en restant à l'état solide : la pression fait apparaître un feuilletage et des minéraux nouveaux se forment au détriment des anciens. L'ensemble de ces phénomènes s'appelle le métamorphisme, et les roches formées, des roches métamorphiques.

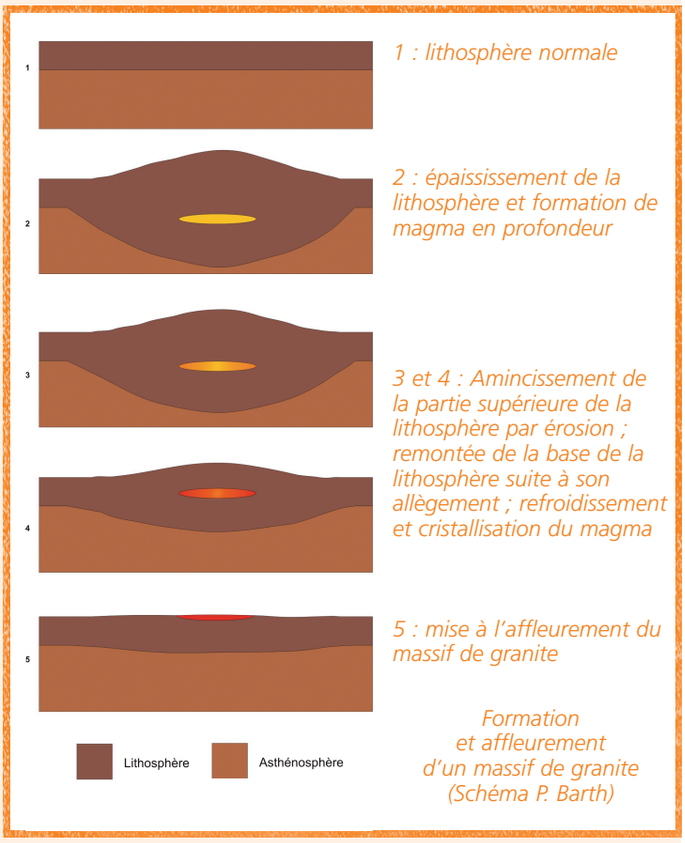
Au delà de 600°C (à plus de 5000 atmosphères) les roches fondent, il se forme alors des magmas. Ces derniers peuvent migrer dans la croûte terrestre et cristalliser dans des niveaux plus froids pour former des roches plutoniques dont le représentant principal est le granite.

Si tout cela se passe à de telles profondeurs, on peut se demander pourquoi, aujourd'hui, vers Malarce, nous pouvons fouler des roches métamorphiques ? Ici intervient l'érosion.



Granite de la Borne (Montselgues) - Photo P. Barth

En effet, soumises au gel, à la pluie et tout simplement à la gravité, les montagnes les plus puissantes finissent toujours par se transformer en plaines. L'allègement de la partie supérieure sous l'effet de l'érosion entraîne la remontée de la racine, comme la fonte de l'iceberg provoque sa remontée. Ainsi, des roches métamorphiques formées à plus de 30 kilomètres de profondeur, finissent par arriver en surface.



1 : lithosphère normale

2 : épaississement de la lithosphère et formation de magma en profondeur

3 et 4 : Amincissement de la partie supérieure de la lithosphère par érosion ; remontée de la base de la lithosphère suite à son allègement ; refroidissement et cristallisation du magma

5 : mise à l'affleurement du massif de granite

Formation et affleurement d'un massif de granite (Schéma P. Barth)

Barth foliote?:Mise en page 1 9/01/09 11:31 Page 3

Les micaschistes se forment à partir de roches sédimentaires de type argiles ou marnes à des températures de l'ordre de 500°C sous des pressions supérieures à 3000 atmosphères (soit environ 10 kilomètres de profondeur). Leur feuilletage, lié à la pression, est aussi appelé schistosité. Il ne s'agit pas de strates héritées des roches sédimentaires initiales. Dans les micaschistes des Cévennes, l'intercalation de bancs de quartzites reflète des niveaux plus riches en silice dans les roches d'origine. Cependant, souvent, seule une analyse géochimique permet d'identifier une stratification dans des roches métamorphiques.



Schistes cévenols (Thines) - Photo P. Barth

Sous les micaschistes apparaissent des gneiss qui représentent un stade supérieur de métamorphisme. La température avoisinant les 600°C, les minéraux légers, quartz et feldspaths, proches de leur point de fusion, migrent et se rassemblent en lits et en amas. Sur un affleurement, cela ce manifeste par une roche sombre veinée de blanc, présentant parfois des ocelles (gneiss œillés) ou des amygdales (gneiss amygdalaires).

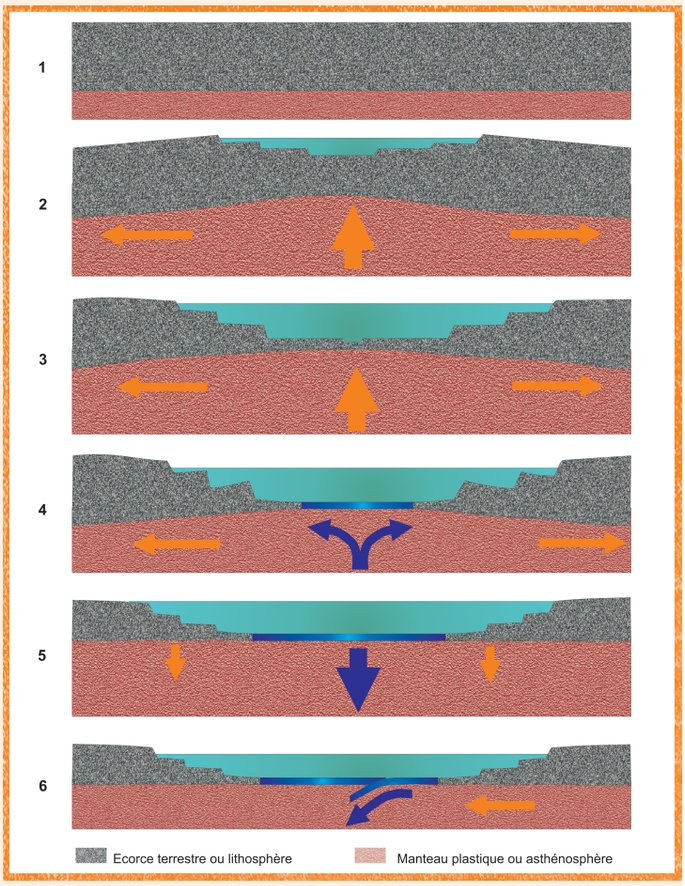
Dès sa formation, la chaîne hercynienne a été soumise à l'érosion, mais à partir de 260 millions d'années, celle-ci devint plus active que la surrection finissante, le serrage des blocs continentaux étant devenu maximal. En une quinzaine de millions d'années, jusqu'à la fin de l'Ere primaire, l'ensemble de la chaîne va disparaître et se transformer en plaine d'érosion, dite pénéplaine.

Ainsi, après que les historiens nous ont appris que les civilisations ne sont pas éternelles, les géologues montrent que les montagnes elles-mêmes n'échappent pas à l'éphémère…

Mais voici que sur les ruines de la chaîne hercynienne se prépare une nouvelle histoire :

Le cycle alpin.

Faire démarrer le cycle alpin aussi tôt peut surprendre ; toutefois, l'érection d'une chaîne de montagne se produisant lorsque deux continents se rencontrent, cela signifie que l'océan qui les séparait a disparu. Il paraît alors légitime de commencer l'histoire lorsque naît cet océan.



Etapes schématiques de l'histoire de l'océan ligure (Schéma P. Barth) :

1 : Fin de l'Ere primaire (vers – 250 millions d'années). Pénéplaine formée par l'érosion de la chaîne hercynienne
2 : Trias (vers – 240 millions d'années). Bombement de l'écorce terrestre. Formation de bassins d'effondrement.
3 : Jurassique inférieur et moyen (de – 200 à – 170 millions d'années). Approfondissement des bassins, largement envahis par la mer.
4 : Fin du Jurassique moyen et Jurassique supérieur (de -170 à -140 millions d'années). Ecartement des deux blocs continentaux et création d'une croûte océanique.
5 : Crétacé inférieur (de – 140 à -115 millions d'années). Refroidissement de la croûte océanique. Enfoncement des marges océaniques.
6 : Crétacé moyen (vers – 115 millions d'années). Subduction : plongement

(Une colonne théorique reprenant les différentes strates de la série sédimentaire ardéchoise est fournie en annexe.)

Le Trias (-245 Ma à -200 Ma)

Dès le début du Trias, il y a environ 245 millions d'années, des mouvements de faille et la formation de petits bassins d'effondrement annoncent que la croûte terrestre subit une

Barth foliote?:Mise en page 1 9/01/09 11:31 Page 4

distension qui tend à l'amincir. Une mer peu profonde envahit la pénéplaine ; des fleuves descendent des derniers reliefs, chargés de débris d'érosion, sables et graviers, qui s'accumulent en formant des deltas. Quelques reptiles primitifs courent le long des lagunes…

La base du Trias est représentée par des grès très grossiers contenant parfois des blocs de micaschistes arrachés aux reliefs résiduels tout proches. Cette couche du Trias inférieur est appelée formation détritique de base.

Durant le Trias moyen, la croûte terrestre



Grès du Trias avec empreintes de reptiles (Payzac) - Photo P. Barth

continue à s'amincir et à s'enfoncer lentement, la mer s'approfondit. D'un domaine deltaïque, la bordure sud-est du Massif Central évolue vers un bassin marin plus franc où s'accumulent des sédiments fins, essentiellement des argiles, et des boues calcaires. Cet envahissement par la mer est qualifié de transgression marine.

Les couches du Trias moyen, argileuses à la base, renferment un niveau dolomitique (la dolomie est un carbonate mixte de calcium et de magnésium) appelé barre carbonatée

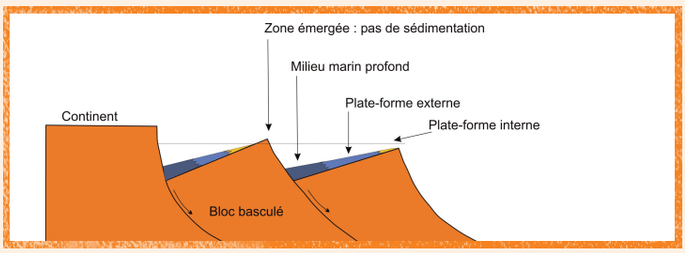


Entrée de la grotte de Pézenas dans les calcaires dolomitiques du Trias moyen (Sanilhac) - Photo P. Barth

médiane. A la fin du Trias moyen, un retour à une sédimentation argileuse indique un retour à des conditions plus côtières, donc à une baisse du niveau marin, ou régression.

Au Trias supérieur, la régression se poursuit et s'aggrave comme en témoigne les grès à stratifications entrecroisées. Ces sédiments se mettent en place dans des chenaux divaguant au milieu de vastes plaines d'inondation où se déposent des argiles. Dans ces dernières, des fentes de retrait et des "fantômes" de cristaux de sel prouvent qu'elles étaient soumises à des émersions régulières. Nous voici donc revenus à un environnement côtier deltaïque.

Tout à la fin du Trias, au Rhétien, l'amincissement de la croûte s'emballe, des failles en extension, de direction nord-est – sud-ouest, individualisent des blocs basculés. Une série de fossés d'effondrement se forment et se rejoignent pour former un rift qui est le premier stade de formation d'un océan.



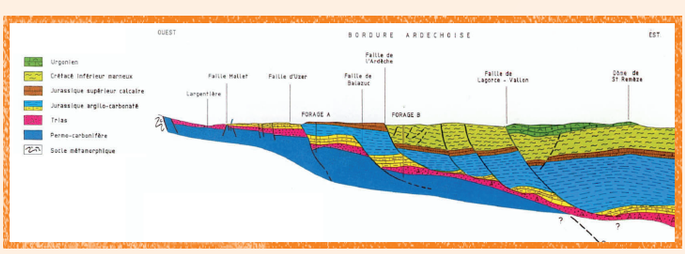
Structure en blocs basculés et environnements sédimentaires associés (Schéma P. Barth)

Le Jurassique (-200 Ma à -135 Ma)

Le Jurassique inférieur, ou Lias

La période qui s'étend de la fin du Trias au début du Jurassique (Lias inférieur) est un vrai casse-tête pour les géologues. En effet, la géométrie en blocs basculés implique un substrat extrêmement hétérogène où de petits bassins assez profonds (parties basses des blocs), jouxtent des zones très peu profondes, voir émergées (parties hautes des blocs).

De plus, une intense activité tectonique pendant la sédimentation (dite syn-



Coupe géologique schématique à travers la paléo-marge océanique ardéchoise - (D. Giot et F. Roure. In Documents du BRGM n° 176 : forages scientifiques de l'Ardèche)

Barth foliote?:Mise en page 1 9/01/09 11:31 Page 5

sédimentaire) provoque des glissements de sédiments semi-indurés.

Ajoutons à cela que la proximité du continent implique des décharges locales de matériel détritique (argiles, sables et graviers) dans des sédiments calcaires franchement marins et on comprendra la difficulté à avoir une idée d'ensemble des terrains de cette époque. Une bonne nouvelle toutefois : le milieu marin implique la présence de fossiles qui permettent des datations précises et des reconstitutions environnementales.



Calcaire gréseux du Lias avec blocs de grès (Les Avelas) - Photo P. Barth

Après ces périodes d'enfantement difficile, l'océan du sud-est ou océan ligure entre, au Jurassique moyen, dans une période d'adolescence durant laquelle la situation s'éclaircit peu à peu.

L'évolution de notre jeune océan est particulièrement lisible sur la D 298, depuis Chassagne jusqu'à la route des Vans, qui trace une jolie coupe à travers les couches qui s'étendent de la fin du Trias jusqu'au Jurassique supérieur.

Le **Trias** s'y présente sous forme d'argiles bariolées plus ou moins sableuses. Le **Rhétien-Hettangien** (indifférenciables ici), peu visible, se limite à un "chicot" de grès.

Les couches du Jurassique moyen y sont bien visibles. Toutefois, les niveaux inférieurs, **Bajocien** et **Bathonien** sont absents. Durant ces époques, une émersion temporaire et localisée, liée au mouvement d'un "bloc basculé", a empêché la sédimentation.

Le Jurassique moyen ou Dogger

Le **Callovien** est épais de plus de 40 m, il peut être divisés selon les ensembles suivants :

Les couches de Naves, à la base, sont constituées exclusivement de marnes, c'est à dire des roches argileuses contenant entre 35 et 65 % de calcaire. Compactes en profondeur, elles s'altèrent à l'affleurement où elles se délitent en petites plaquettes. Peu résistantes à l'érosion elles forment des dépressions et des talus entaillés de petits ravins. Les nodules centimétriques ferrugineux sont des pyrites (sulfure de fer) oxydées.

La nature de ces roches, qui correspondent à des dépôts en milieu marin profond, et leur large extension, montrent que le fond marin s'enfonce et se décloisonne. La juxtaposition de petits bassins laisse place à un domaine marin largement ouvert vers l'océan.



Couches marneuses du Callovien (Chassagnes) - Photo P. Barth

Les couches des Vans sont une alternance de bancs de calcaires argileux (moins de 35 % d'argile) et de bancs de marnes. Ces bancs sont épais d'un à quelques décimètres ; l'alternance marne – calcaire est assez régulière.



Couches marno-calcaires du Callovien (Chassagnes) - Photo P. Barth

La présence de calcaires indique une production biologique plus importante. En effet, si l'argile provient de l'érosion des roches

Barth foliote?:Mise en page 1 9/01/09 11:31 Page 6

du continent, l'essentiel des boues calcaires est produit par des microorganismes : accumulation de coquilles de foraminifères*, précipitation chimique au sein de voiles bactériens ou algaires recouvrant les fonds marins… Cette prolifération d'organismes indique un fond suffisamment éclairé, donc une tranche d'eau plus faible que dans les couches de Naves. Toutefois les sédiments fins ne peuvent se déposer sur les fonds agités par les vagues. La limite inférieure d'action des vagues se situant vers 130 mètres de profondeur, nous pouvons imaginer, pour cette époque, une plate-forme continentale profonde de 150 à 200 mètres.

L'alternance rythmique des bancs calcaires et des bancs marneux est due à des variations de productivité biologique, issues de variations du climat ou du niveau marin. Le fond marin se trouve successivement au dessus puis en dessous de la limite d'éclairement suffisant pour le développement des algues. Celles-ci, producteurs primaires, constituent le premier maillon d'une chaîne alimentaire benthique*.

Les couches des Assions sont une succession, sur quelques mètres, de bancs de calcaire argileux sans intercalations marneuses. D'un faciès très proche des couches précédentes, ces couches se sont aussi formées à l'extrémité distale de la plate-forme continentale.

Le Jurassique supérieur ou Malm

La base de **l'Oxfordien**, ainsi que la partie supérieure du Callovien, sont absent. Il s'agit d'une lacune de sédimentation qui pourrait être due à une trop forte agitation par les vagues. Un niveau induré au sommet du Callovien moyen semble confirmer cette hypothèse. Les niveaux indurés ou "hard grounds" sont des sédiments qui se transforment lentement en roche sans subir d'enfouissement sous d'autres sédiments. Cette induration de surface, très lente, indique donc une lacune de sédimentation sans émersion.

Dans la coupe de Chassagne, l'Oxfordien moyen et le début de l'Oxfordien supérieur débutent par quelques mètres de calcaires et marnes en bancs centimétriques. Les niveaux calcaires contiennent des morceaux de sédiments indurés repris dans une matrice plus meuble ; on les appelle intraclastes ; ils donnent leur aspect grumeleux à ces niveaux justement nommés "cordon grumeleux".

Au-dessus, quelques mètres de calcaires, toujours grumeleux, mais plus compacts, forment un petit décrochement dans les talus qui bordent la route. Ici, certains "grumeaux" sont des encroûtements d'algues unicellulaires, appelés stromatolithes.

Enfin, cette "série grumeleuse" se termine par environ 25 mètres de calcaires et de marnes alternés en bancs décimétriques bien individualisés : les couches de Chanabier. Le faciès des calcaires est très semblable au niveau précédent.

La présence des tapis algaires indique que cette série s'est déposée dans la zone éclairée du fond marin. Toutefois, l'instabilité des sédiments, mise en évidence par les nombreux intraclastes, indique un dépôt sur une pente assez forte. Le milieu de dépôt correspond donc à la limite entre la plate-forme continentale et le talus continental qui plonge vers les fonds océaniques tout nouvellement formés.

Durant le Jurassique moyen et la majeure partie de l'Oxfordien, l'enfoncement d'origine tectonique (subsidence), compensait plus ou moins l'accumulation de sédiments. Ainsi, sur une verticale de plus de 100 mètres de roches, on conserve un milieu d'extrême plate-forme situé autour de 200 mètres sous la surface de l'océan.

Durant l'Oxfordien supérieur, un événement important se produit : les failles qui limitaient les blocs basculés cessent de fonctionner. La marge océanique ardéchoise atteint une phase de maturité, elle cesse de s'enfoncer, l'accumulation sédimentaire n'est plus compensée par l'enfoncement du fond marin, la tranche d'eau diminue progressivement. Le milieu de sédimentation va donc se déplacer vers la partie de la plate-forme la plus proche du rivage. L'agitation des vagues et l'éclairement du fond augmentent. La diminution de la quantité de particules fines et l'augmentation de la production de calcaire par voie biologique fournissent des sédiments franchement carbonatés qui évolueront vers des calcaires plus purs et plus compacts.

La coupe simplifiée à travers la paléo-marge océanique ardéchoise, montre les relations entre les failles et les couches géologiques. La faille de Balazuc délimite deux "blocs basculés" : elle affecte le socle cristallin et les formations sédimentaires jusqu'à l'Oxfordien.

Barth foliote?:Mise en page 1 9/01/09 11:31 Page 7

Elle marque une différence d'épaisseur dans le Jurassique marneux car son fonctionnement syn-sédimentaire a créé, au sud-est, un compartiment plus subsident dans lequel la sédimentation a été plus importante. A partir de l'Oxfordien supérieur, les couches ne sont plus affectées par la faille car elle a cessé de fonctionner. Les failles de Balazuc et d'Uzer ont eu un fonctionnement similaire. La coupe fait apparaître un autre type de failles dont il sera question plus loin.

Sous l'ermitage Saint-Eugène, juste au dessus du Chassezac, la falaise du Jurassique supérieur débute par un niveau dur regroupant la fin de l'Oxfordien et le début du **Kimméridgien**. Il forme le premier escarpement du Jurassique supérieur. Au-dessus, la falaise marque le pas dans la partie inférieure du Kimméridgien, composée de calcaires plus argileux. Enfin, la corniche qui borde le plateau est formée de calcaires du Kimméridgien moyen. Elle est constituée de bancs métriques de calcaires compacts très purs, limités parfois par des lits marneux centimétriques ; ce sont les calcaires de la Beaume.



Vue de la série du Jurassique supérieur sous l'Ermitage Saint-Eugène depuis la Chapelette - Photo P. Barth

Au-dessus, formant l'ossature du bois de Païolive, vient une vingtaine de mètres de calcaires gris mouchetés à patine blanchâtre, très compacts, formant des bancs pluri-métriques mal individualisés : les calcaires du Kimméridgien supérieur.

Durs et compacts, ces calcaires ont réagit aux différentes contraintes tectoniques par une fissuration intense. La solubilité du calcaire alliée au nombreuses fissures (ou diaclases) est à l'origine du développement de réseaux souterrains (endokarst) ainsi que de formes de dissolution de surface, parfois spectaculaires (exokarst) d'où le nom de cette formation : les calcaires ruiniformes de Païolive !



Calcaires ruiniformes de Païolive (Coudon) - Photo P. Barth

Grottes, avens et rivières souterraines font des "gras" jurassiques un terrain de jeu (et de recherche…) privilégié pour les spéléologues ardéchois !



Grotte des Estinettes (Lanas) - Photo P. Barth

La série du Jurassique supérieur se termine par les calcaires tithoniques datés du **Portlandien**. Blancs, massifs, en bancs métriques, ils ont parfois été qualifiés, abusivement, de "marbres" et ont donné lieu à une importante exploitation, à Ruoms notamment.

Le Crétacé (-135 Ma à -65 Ma)

Le Crétacé inférieur

Le **Berriasien**, premier étage du Crétacé, mérite une attention particulière puisque, comme sont nom l'indique, il a été défini à Berrias. Le lieu précis où sont décrit les niveaux de référence est appelé stratotype. Pour le Berriasien, il s'agit d'une portion de la vallée du Graveyron.

Barth foliote?:Mise en page 1 9/01/09 11:31 Page 8

Si les tout premiers niveaux sont difficiles à différencier du Portlandien, les calcaires du Berriasien deviennent plus argileux vers le sommet de la série, épaisse de 25 mètres. Les caractères sédimentologiques, ainsi que la faune d'ammonites et de brachiopodes*, indiquent un retour à un environnement plus profond, de type talus continental.

Alors que l'arrêt de la subsidence tectonique à la fin du Jurassique avait entraîné un comblement du bassin, le début du Crétacé est marqué par une reprise de l'enfoncement de la marge océanique.

Cette fois, le mécanisme en est différent. Au Crétacé inférieur, l'océan ligure est en pleine maturité, il est formé d'un plancher océanique constitué d'une croûte basaltique de quelques kilomètres d'épaisseur. Au fur et à mesure de la production de ce plancher dans les volcans sous-marins du rift central, les continents européen et africain s'écartent de quelques centimètres par an. La croûte océanique la plus éloignée du rift est aussi la plus vieille, donc la plus froide. Devenue plus dense, elle s'enfonce légèrement dans le manteau sous-jacent, entraînant avec elle le talus et la plate-forme continentale. L'enfoncement généralisé de la marge ardéchoise au Crétacé inférieur est donc un phénomène de subsidence thermique.

Durant le **Valanginien**, la tendance se confirme. En effet, une puissante série marneuse s'accumule sur plusieurs centaines de mètres d'épaisseur (330 mètres dans le forage pétrolier de Vallon-Pont d'Arc). Le maintien d'un milieu de bassin profond sur une telle épaisseur confirme l'enfoncement lent et régulier du fond marin durant les 7 millions d'années que dure le Valanginien. Les marnes crétacées sont semblables aux marnes jurassiques. Comme dans ces dernières, la présence de pyrite (sulfure de fer) indique un dépôt dans un milieu marin peu oxygéné. En effet, en présence d'oxygène, le soufre, issu de la matière organique, se combine plutôt en sulfates.



Les marnes du Valanginien (Grospierres) - Photo P. Barth

Comme dans le Jurassique, la faible résistance à l'érosion des marnes valanginiennes les place toujours dans les dépressions et les talus qui les raccordent aux reliefs avoisinants.

Epais de plus de 700 mètres, **l'Hauterivien** est constituée essentiellement d'une alternance de marnes et de calcaires argileux. Les bancs calcaires sont plus épais et plus nombreux dans la moitié la plus haute de la série. Ils se présentent le plus souvent sous forme de calcaire à "miches" issues d'une altération en boules. Plus compacts et résistants au sommet, les derniers bancs calcaires de l'Hauterivien peuvent édifier des corniches de quelques mètres comme au Puy Lacher, juste au nord du col de la Serre, à Grospierres.



Les marno-calcaires de l'Hauterivien à l'Est du Col de la Serre
Photo P. Barth

La prédominance croissante des sédiments carbonatés par rapport aux sédiments argileux indique un déplacement du milieu de sédimentation d'un bassin profond vers le talus continental. La subsidence thermique n'agit plus, le bassin se comble peu à peu et, de nouveau, la tranche d'eau diminue.

La subsidence thermique des marges continentales fonctionne, normalement, durant toute la vie d'un océan. Dans le cas des océans anciens, l'enfoncement de la marge finit par ralentir fortement ou par s'arrêter ; dans ce cas, bien souvent, les zones les plus anciennes

Barth foliote?:Mise en page 1 9/01/09 11:31 Page 9

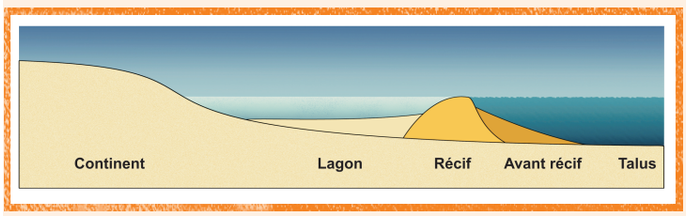
de la croûte océanique finissent par plonger sous le continent pour former une zone de subduction. La marge passive devient marge active ; des volcans générés par la subduction apparaissent. Actuellement la Cordillère des Andes est l'un des meilleurs exemples de marges actives.

L'Océan Ligure a connu une fin précoce à cause de son voisin, l'Océan Atlantique. En effet, l'Atlantique sud, en séparant, dès le Jurassique inférieur, l'Amérique du Sud et l'Afrique, a entraîné la rotation de cette dernière vers le nord-est. L'Océan Téthys, qui séparait l'Europe de l'Afrique, et son diverticule, l'Océan Ligure, ont commencé à se fermer. Ainsi, dès la fin du Crétacé inférieur, la croûte océanique ligure s'engage sous la future Italie ; d'une extension continue depuis le Trias, la région passe en régime de compression.

L'épisode urgonien

Durant la deuxième moitié du Barrémien, la tranche d'eau se réduit considérablement. Sur un fond bien éclairé et bien oxygéné se développent des coraux qui édifient une barrière récifale. Celle-ci sépare la plateforme en deux parties : une partie externe battue par les vagues océaniques et un lagon peu profond, mais abrité des vagues.

A cette époque, et jusqu'à l'Aptien inférieur, il y a environ 110 millions d'années, quatre milieux de sédimentation distincts s'étagent sur la marge océanique ardéchoise :



Coupe schématique à travers le littoral ardéchois durant le Barrémien supérieur et l'Aptien (Dessin : F. Prud'homme in exposition du musée d'Orgnac : le calcaire et l'eau)

Une zone de **talus** où se déposent de fines particules de calcaire qui évoluent vers un calcaire à grain fin, exploité par les cimenteries du Teil et de Cruas.

Une zone d'**avant récif**, battue par les vagues où se déposent les débris des récifs (coraux) et de faune associée. Le sable calcaire ainsi formé évolue en une roche appelée calcarénite. Ce faciès est très courant dans les corniches des gorges, notamment dans les vires de Gaud.



Calcarénites urgoniennes (Gaud) - Photo P. Barth

Une **zone récifale,** plus ou moins abritée des vagues, très éclairée, où se déposent des débris de plus grosse taille, voire entiers. Le sédiment évolue en calcaire compact à coraux bien conservés, visibles notamment sur la route d'accès au château de Gaud.

Une zone de **lagon** où prolifèrent des algues et des microorganismes, mais aussi des bivalves asymétriques, les rudistes. Il s'y dépose des sédiments fins, riches en fossiles entiers qui évoluent vers les calcaires à rudistes.



Calcaire à rudiste de l'Urgonien (Orgnac) Photo P. Barth



Rudistes mis en reliefs dans une grotte des Gorges de l'Ardèche Photo P. Barth

Ce faciès est particulièrement spectaculaire dans certaines galeries souterraines où les coquilles de rudistes sont parfois mises en relief par la dissolution des parois.

Barth foliote?:Mise en page 1 9/01/09 11:31 Page 10

Ces quatre environnements sédimentaires se sont côtoyés latéralement à un instant donné. Cependant, durant la dizaine de millions d'années qu'a perduré la plateforme récifale, des variations du niveau marin ont entraîné le déplacement du récif. En effet, pour maintenir leurs conditions optimales de développement, les coraux migrent lentement vers le continent lorsque le niveau d'eau monte, et vers le large lorsqu'il baisse. Ainsi, la tranche d'eau qui les recouvre reste identique. Le déplacement du récif entraîne le déplacement de tous les environnements sédimentaires qui se superposent aux dépôts précédents. Ainsi les roches formées dans ces milieux de dépôt se trouvent superposées verticalement en un lieu donné.

De courtes périodes d'approfondissement généralisées sont mises en évidence par la présence de trois couches marneuses appelées "vires marneuses". Les marnes sont des roches argileuses contenant de 35 à 65 % de calcaires. La présence de particules argileuses implique des conditions de dépôt à l'abri des vagues, sur un talus continental.

Ces couches marneuses sont appelées "vires" car, rendues poreuses par l'argile, elles sont plus sensibles au gel et s'érodent plus rapidement en formant des concavités allongées plus ou moins horizontalement. La vire du Planchard dans le cirque d'Estre est probablement la meilleure illustration de ce phénomène d'érosion différentielle.



Vire marneuse dans le Cirque de Gaud - Photo P. Barth

A la fin du Crétacé inférieur, la plateforme ardéchoise fait partie d'ensembles d'environnements récifaux du sud-est de la France : Vercors au nord, Provence au sud, Gard et Ardèche à l'ouest. Ceux-ci entourent une zone, centrée sur les Barronies, où la sédimentation se produisait sur un talus continental. Les roches qui s'y sont formées à cette époque sont des calcaires argileux dits calcaires hémi-pélagiques. Comme les calcaires urgoniens (d'Orgon en Provence), ils se sont formés durant les étages géologiques Barrémien et Aptien. L'Urgonien n'est donc pas un étage géologique mais un faciès sédimentaire. Il n'a d'ailleurs pas tout a fait le même âge partout : dans le Vercors, il ne se développe qu'à partir de l'Aptien.

En Ardèche, l'épisode récifal urgonien a édifié une "carapace" de calcaires rigides, épaisse d'environ 300 mètres.



Corniche urgonienne du Cirque de Gaud - Photo P. Barth

Le Crétacé supérieur

Le comblement de la plate-forme continentale se poursuit durant le Crétacé supérieur, parfois jusqu'à l'émersion totale. Si le remplissage sédimentaire joue un rôle capital dans cette émersion, la compression liée à la fermeture océanique, ajoute une surrection d'origine tectonique.

Les terrains qui se sont formés depuis **l'Aptien** jusqu'au **Campanien** montrent des environnements littoraux évoluant vers des milieux continentaux. Les récifs à rudistes ensablés du Turonien illustrent bien cette forte influence des débris d'origine continentale (sables siliceux) dans des sédiments côtiers. Les marnes bitumineuses et les niveaux de lignites du **Santonien** sont issus de l'accumulation de débris végétaux dans des lagunes côtières. A Lagorce, le Santonien livre parfois de petites billes d'ambre qui sont d'anciennes gouttes de résine de conifères.

Barth foliote?:Mise en page 1 9/01/09 11:31 Page 11



Rudistes dans les calcaires gréseux du Turonien de Miquenly (Vallon-Pont-d'Arc) - Photo P. Barth

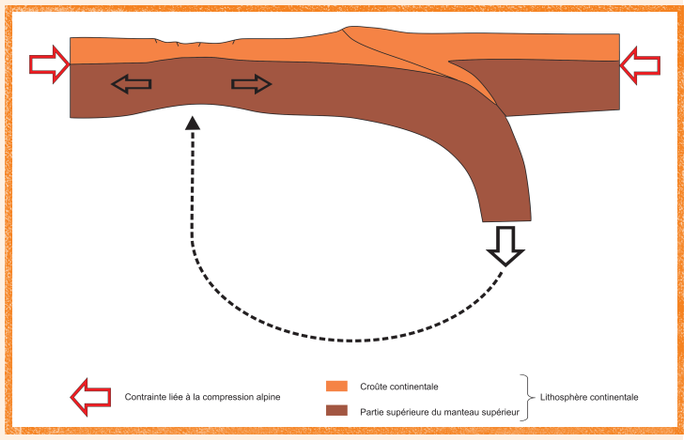


Lit de lignite dans les marnes santoniennes de Lagorce - Photo P. Barth

Dans les parties plus centrales du bassin, là où se trouvent aujourd'hui les Alpes, la sédimentation marine a encore quelques beau jours à vivre. Au Crétacé supérieur se déposent des sédiments franchement marins (actuels calcschistes). En revanche, sur la marge ardéchoise, c'en est bien fini de la belle bleue !

Le tertiaire (-65 Ma à - 2 Ma)

Le phénomène marquant du Tertiaire en Ardèche est l'apparition d'une tectonique distensive durant **l'Oligocène**. Il peut sembler étonnant qu'en pleine compression alpine, la croûte terrestre ait pu s'étirer ! Pourtant, c'est à cette époque que se forment tous les fossés d'effondrement qui bordent les Alpes : vallée du Rhône, fossé rhénan, Limagnes, fossé d'Alès… Il est probable qu'une remontée du manteau terrestre, repoussé des zones centrales alpines, soit à l'origine de l'extension et de la fissuration de la croûte. De plus, la contrainte alpine, de direction est – ouest, s'est exercée sur un matériau hétérogène qui présentait, comme des cicatrices, nombre de failles liées à l'histoire hercynienne. Certaines de ces failles, en rejouant, ont participé à fragiliser la croûte terrestre. C'est ainsi que s'est formé le bassin d'Alès, le long d'un accident cévenol d'âge hercynien.



Hypothèse sur la formation des fossés d'effondrement durant l'oligocène (Schéma P. Barth d'après O. Merle et L. Michon (2001))

Les terrains oligocènes y sont très épais (600 à 800 mètres) car ils se sont déposés sur un substrat qui s'enfonçait de manière continue. A Bessas, situé sur la limite nord occidentale du fossé, l'Oligocène est constitué essentiellement de marnes gréseuses. Plus au centre du bassin on peut y rencontrer des bancs de calcaires crayeux et des niveaux de lignite ; la nature des dépôts et les fossiles observés sont représentatifs d'un milieu lacustre.



Calcaires lacustres de la limite Eocène – Oligocène (Orgnac) Photo P. Barth

La tectonique globalement distensive de l'Oligocène a aussi pour conséquence la formation de failles, dirigées nord-est – sud-ouest, soit perpendiculairement à la contrainte alpine. Un retour sur la figure 5, montre la différence entre ces failles (faille de l'Ardèche, faille de Vallon) et les failles déjà citées (Uzer et Balazuc). En effet alors que celles-ci n'affectent

Barth foliote?:Mise en page 1 9/01/09 11:31 Page 12

que le socle et les terrains sédimentaires jusqu'au Jurassique supérieur, les failles oligocènes affectent toute la couverture sédimentaire et "ripent" contre le socle dans les terrains plastiques du Trias moyen. La faille de la Serre peut être incluse dans cette seconde famille.

Cette différence de géométrie a une conséquence économique : seules les failles affectant le socle sont susceptibles de favoriser la remontée de fluides minéralisés depuis les roches cristallines jusque dans les roches sédimentaires. Le gisement métallifère de Largentière, proche de la faille Mallet, est dû à ce phénomène.

Durant le **Miocène**, c'est-à-dire lors des phases les plus intenses de la compression alpine, les failles distensives vont rejouer en failles compressives. A côté de ces failles majeures, tout un maillage d'accidents de directions variées va affecter les roches ardéchoises. Parmi celles-ci, les calcaires compacts du Jurassique supérieur et du Crétacé inférieur vont acquérir une intense fracturation qui va favoriser l'établissement de réseaux souterrains de type karstique*.

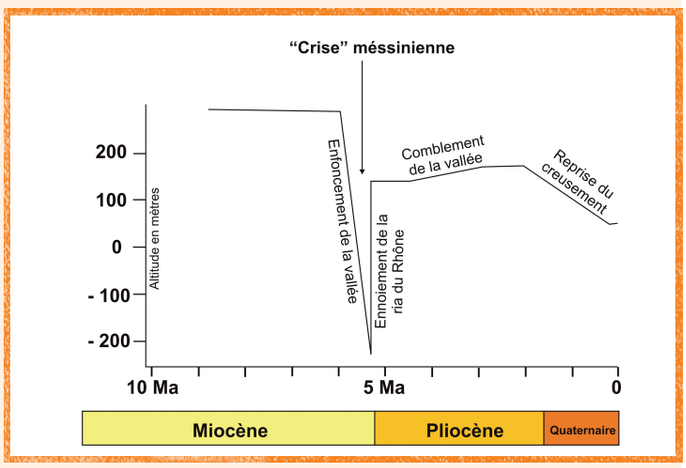
La compression alpine a aussi généré des plis. Sur la carte géologique de Bessèges, le synclinal* de Saint-André de Cruzières et l'anticlinal* des Ramades apparaissent nettement. D'un grand rayon de courbure, ils n'occasionnent que des pendages faibles et ne sont bien visibles qu'en cartographie. Orientés est – ouest, ils sont une réponse à une contrainte orientée nord – sud. On peut donc en déduire qu'ils se sont formés durant la phase provençale, orientée nord – sud, responsable de la formation des Pyrénées, il y a environ 40 millions d'années.

L'anticlinal de Saint-Remèze, dont l'axe initial était aussi orienté est-ouest a été gauchi au Miocène par l'application de la contrainte alpine, d'où son aspect sigmoïde en cartographie.

La mise en place des paysages actuels

Au Miocène, la compression alpine, qui est à son paroxysme, provoque le soulèvement de la bordure sud-est du Massif Central. Les rivières qui coulaient jusqu'alors sur des plateaux de faible altitude vont s'enfoncer à travers les reliefs naissants : c'est le phénomène de surimposition des cours d'eau. C'est à cette époque que se met en place le contraste entre les versants atlantique et méditerranéen du Massif Central : paisibles rivières à l'ouest contre torrents fortement encaissés à l'est. Cette pente cévenole faisait dire à Philippe Héritier : *ici, on ne descend pas, on dégringole !*

A la fin du Miocène, vers – 6 millions d'années, un autre événement vient accélérer l'enfoncement des rivières ardéchoises. Sous l'effet conjugué du serrage de l'Afrique contre l'Europe et d'une baisse du niveau marin, le détroit de Gibraltar se ferme. La mer méditerranée, devenue une mer fermée en climat tropical, voit son eau s'évaporer et son niveau baisser de plus de mille mètres. Une conséquence est l'accumulation de centaines de mètres de sel sur le fond marin révélés par les forages pétroliers, dans le Golfe de Syrte. L'autre conséquence est que le niveau de base des fleuves méditerranéens s'est enfoncé. Ces derniers ont donc creusé de véritables canyons à la recherche d'un nouveau profil d'équilibre. Ainsi le Rhône s'est enfoncé d'au moins 250 mètres, entraînant avec lui ses affluents. On considère donc que la phase majeure du creusement des gorges de l'Ardèche et des gorges adjacentes (Baume et Chassezac) date de la fin du Miocène.



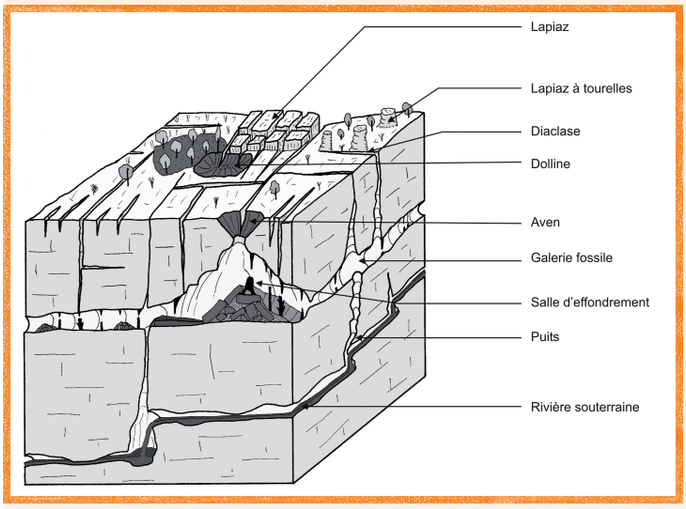
Variation du niveau du Rhône depuis la fin du Miocène (Schéma P. Barth d'après Mocochain et al. (2006))

Au **Pliocène**, il y a environ 5 millions d'années, la réouverture du détroit de Gibraltar provoque une remise en eau de la Méditerranée. La transgression marine qui suit transforme la vallée du Rhône en fjord ou "ria". C'est à cette époque que se déposent les argiles qui ont été exploitées, notamment à Saint-Marcel d'Ardèche, sous le nom de "marnes bleues".

Barth foliote?:Mise en page 1 9/01/09 11:31 Page 13

Le karst

Les calcaires compacts jurassiques et urgonien, de par leur solubilité et leur intense fracturation ont vu se développer des réseaux souterrains. Guidée par les failles et les diaclases, l'eau pénètre profondément dans le massif tout en corrodant la roche. L'élargissement des fissures en profondeur forme des puits et galeries qui édifient un véritable réseau hydrographique en trois dimensions.

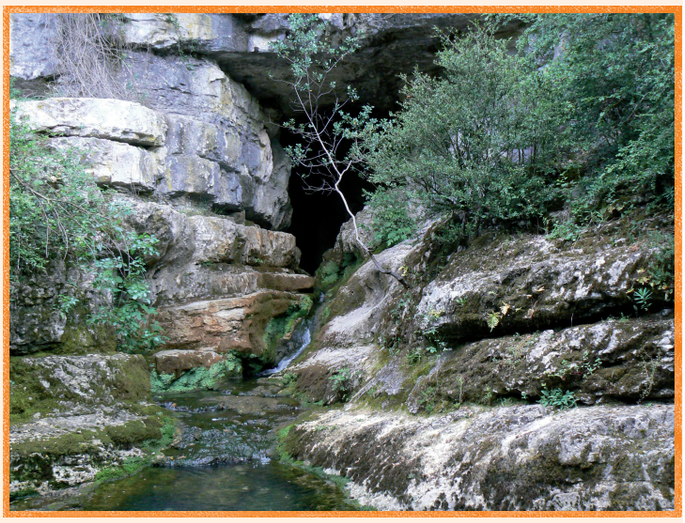


Bloc diagramme schématique illustrant les principaux éléments d'un massif karstique (Schéma P. Barth)

La grande majorité des conduits est impénétrable mais constitue des réserves d'eau considérables. Comme en surface, les conduits se hiérarchisent et parfois, les plus grands, situés en général vers l'aval du réseau, sont accessibles à l'homme, à la grande joie des spéléologues. Après un trajet plus ou moins long, les eaux finissent par arriver à un exutoire situé dans la rivière la plus proche.



Galerie souterraine dans une grotte de Bidon
Photo Mathieu Berger



Exsurgence de la Dragonnière de Banne

Ces sources, qui collectent des surfaces importantes, sont une bénédiction par le débit important qu'elles véhiculent. Mais gare ! Circulant très rapidement dans des drains de fort diamètre, les eaux du karst sont en général peu filtrées. Qu'une bête vienne à crever dans une doline et cette eau, si précieuse en nos contrées arides, peut devenir pourvoyeuse de mort. Que dire alors des avens, ces puits ouverts sur l'extérieur, qui servent parfois de décharge.



Dépollution à l'aven "poubelle" du Chazot à Vallon-Pont-d'Arc
Photo Mathieu Morverand

Barth foliote?:Mise en page 1 9/01/09 11:31 Page 14

Conclusion

Si la lecture d'un paysage doit intégrer de nombreux paramètres, la géologie doit être le premier à être décrypté. En déterminant la nature des sols, elle détermine la répartition des plantes. L'altitude et le relief, directement issus de l'histoire géologique, contingentent largement la végétation en déterminant la pente et le climat, et conditionnent le réseau hydrographique.

Altitude, relief, rivières, climat et type de végétation ont bien sûr fortement pesé sur le choix des hommes quant à leur habitat et leurs cultures. La trilogie des communautés paysannes traditionnelles : *ager*, *saltus*, *sylva* reflète bien cette contingence géologique. Les cultures sont placées dans les zones alluvionnaires, parfois dans les dolines argileuses des plateaux calcaires. Le parcours des ovins se satisfait des maigres pelouses à brachypode de ces mêmes plateaux. L'exploitation forestière est généralement rejetée sur les surfaces les plus ingrates.

Au-delà des impératifs de production, l'homme exploite au mieux le relief pour sa défense. Les oppida ardéchois, occupé à l'âge des métaux, en sont un excellent exemple : naturellement défendus par une corniche sur deux côtés, il suffisait d'édifier une muraille sur le troisième côté du triangle pour protéger les hommes… D'eux-mêmes !

La gestion de l'espace par les populations du Néolithique nous échappe largement, mais il semble que la construction des dolmens ait obéi à quelques contraintes techniques d'ordre géologique. Parmi celles-ci, la proximité de dalles de calcaire compact, et la présence de diaclases en surface, permettant parfois, de caler les montants latéraux des monuments. Si les dolmens sont généralement placés sur les éminences calcaires, ce peut être une volonté de rapprocher les défunts du ciel… C'est aussi, probablement, pour ne pas empiéter sur les terrains plus fertiles situés dans les dépressions. Le sacré n'empêche pas un peu de pragmatisme !

Mais l'homme, peu à peu, subit de moins en moins la contrainte de l'environnement pour, à son tour, devenir un élément majeur de la structuration du paysage. Ainsi, dès le Néolithique moyen, une active déforestation de la forêt climacique* méditerranéenne, fait apparaître une végétation nouvelle : la garrigue. A l'époque moderne et particulièrement au XIX^{ème} siècle, en réponse à l'augmentation démographique, les pentes des Cévennes se transforment en gradins, et déjà, l'écoulement des eaux est largement perturbé. Aujourd'hui, plus que jamais, avec les habitations, les chemins de fer, les routes, les barrages et les lignes électriques, l'homme continue à marquer tous les paysages de sa présence…

Jusqu'à quand ?

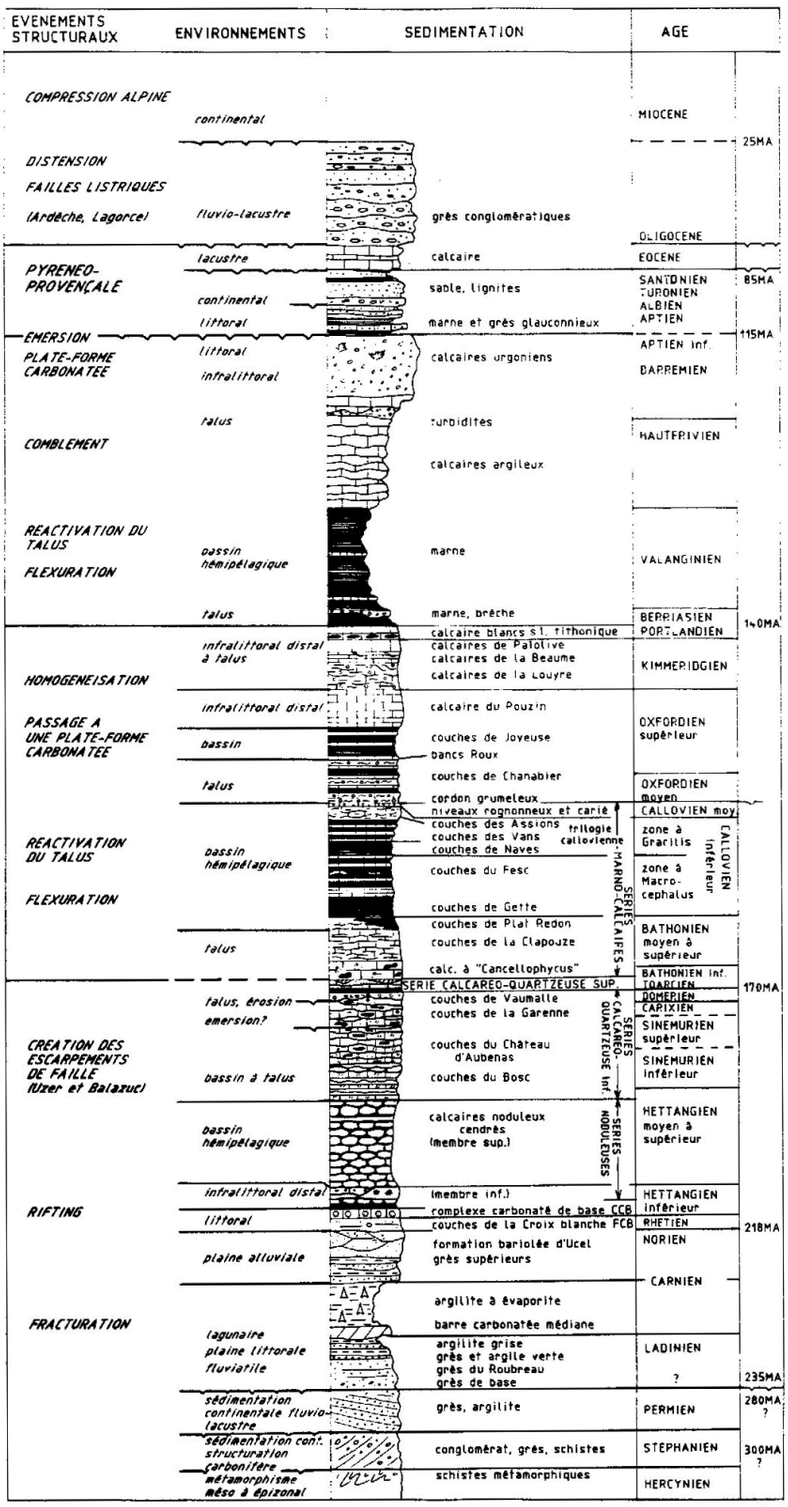


Dolmen des Gelys à Berrias - Photo P. Barth

Barth foliote?:Mise en page 1 9/01/09 11:31 Page 17

Synthèse tectono-sédimentaire de la série sédimentaire ardéchoise.

Cette colonne litho-stratigraphique regroupe toutes les formations sédimentaires d'Ardèche et les événements associés. Variations de faciès, lacunes et érosion font que cette succession de couches n'est observable nulle part. Il s'agit d'un regroupement théorique. L'échelle verticale n'est pas respectée.



Données tectono-sédimentaires synthétiques en bordure ardéchoise
S. Elmi, D. Giot

Barth foliote?:Mise en page 1 9/01/09 11:31 Page 18

Glossaire

Anticlinal : Pli convexe où les couches les plus récentes sont au centre de la structure.

Benthique : Adjectif relatif aux organismes qui se développent sur le fond des océans.

Brachiopode : Bivalve à symétrie bilatérale fixé au fond par un pédoncule sortant de la coquille. Sa structure interne est proche de celle des vers.

Climacique : De climax. Végétation naturellement en équilibre avec le climat. Largement perturbé par l'activité humaine, ce type de végétation n'existe plus, en Europe, qu'à l'état de reliques.

Foraminifère : Etre unicellulaire à coquille (appelée test) calcaire. Certains foraminifères à plusieurs noyaux peuvent atteindre des tailles de l'ordre du centimètre (nummulites).

Karst, karstique : Du nom d'une région de Slovénie. Massif calcaire ayant subi une érosion particulière due à une dissolution par les eaux de pluie chargées de gaz carbonique. Modelé karstique : ensemble des reliefs issus de ce type d'érosion

Pendage : Inclinaison des couches géologique définie par une direction (direction de l'horizontale) et une inclinaison (angle de plus grande pente).

Synclinal : Pli concave où les couches les plus récentes sont à l'extérieur de la structure.

Bibliographie

· **Carte géologique de la France au 1/50 000, feuilles de Bessège et Bourg Saint Andéol.** *Editions du B.R.G.M. 1989.*

· **G. NAUD. Guide du géologue en Ardèche.** *Société géologique de l'Ardèche. 1987*

· **D. GIOT, C. MEGNIEN, M. STEINBERG. Forages scientifiques de l'Ardèche, travaux préliminaires.** *Documents du B.R.G.M. 1989.*

· **P. DROUIN, T. MARCHAND. Spéléo. sportive en Ardèche.** *Edisud. 1989.*

· **C. POMEROL, Y. LAGABRIELLE, M. RENARD.** *Eléments de géologie (13ème édition), Dunod 2005.*

· **A. FOUCAULT, J.F. RAOULT. 2ème édition.** *Dictionnaire de géologie, Masson. 1984.*