Divisions des temps géologiques et âges en millions d'années (Ma)

	Système	Série	Étage		Ma
ÈRE TERTIAIRE OU CÉNOZOÏQUE	QUATERNAIRE	HOLOCÈNE			0,01
		PLÉISTOCÈNE	TYRRHÉNIEN SICILIEN CALABRIEN		1,8
	NÉOGÈNE	PLIOCÈNE	PLAISANCIEN ZANCLÉEN		
		MIOCÈNE SUPÉRIEUR	MESSINIEN TORTONIEN		11
		MIOCÈNE MOYEN	SERRAVALLIEN LANGHIEN		16
		MIOCÈNE INFÉRIEUR	BURDIGALIEN AQUITANIEN		23,5
	PALÉOGÈNE	OLIGOCÈNE	CHATTIEN RUPELIEN	STAMPIEN S.L.	34
		ÉOCÈNE SUPÉRIEUR	PRIABONIEN BARTONIEN		40
		ÉOCÈNE MOYEN	LUTÉTIEN		
		ÉOCÈNE INFÉRIEUR	YPRÉSIEN		53
		PALÉOCÈNE	THANÉTIEN DANIEN		65
ÈRE SECONDAIRE OU MÉSOZOÏQUE	CRÉTACÉ	SUPÉRIEUR	MAASTRICHTIEN CAMPANIEN SANTONIEN CONIACIEN TURONIEN CÉNOMANIEN		96
		INFÉRIEUR	ALBIEN APTIEN BARRÉMIEN HAUTERIVIEN VALANGINIEN BERRIASIEN		135
	JURASSIQUE	SUPÉRIEUR OU MALM	TITHONIEN KIMMÉRIDGIEN OXFORDIEN CALLOVIEN		154
		MOYEN OU DOGGER	BATHONIEN BAJOCIEN AALÉNIEN		180
		INFÉRIEUR OU LIAS	TOARCIEN DOMÉRIEN PLIENSBACHIEN CARIXIEN SINÉMURIEN HETTANGIEN		205
	TRIAS	SUPÉRIEUR	NORIEN		
		MOYEN	LADINIEN		
		INFÉRIEUR	WERFÉNIEN		245
ÈRE PRIMAIRE OU PALÉOZOÏQUE	PERMIEN				
	CARBONIFÈRE				
	DÉVONIEN				
	SILURIEN				
	ORDOVICIEN				
	CAMBRIEN				540
PRÉCAMBRIEN	PROTÉROZOÏQUE				2500
	ARCHÉEN				3500
	KATARCHÉEN				4550

(d'après Elmi S. et Babin C., 1996, *Histoire de la Terre,* Ed. Masson - 3e éd. - 187 p.)

GÉOLOGIE DANS LES PAYS DU LUBERON

Christine BALME et Stéphane LEGAL*

La géologie des pays du Luberon, au travers de ses principales disciplines (stratigraphie, sédimentologie, tectonique, géologie appliquée et paléontologie) est relativement bien connue.

Depuis le début du XIXe siècle ces régions ont été l'objet de recherches, certainement à cause de la présence de certains niveaux originaux tels que les sables ocreux ou les marnes argileuses du pays d'Apt qui justifièrent la création de l'étage aptien. Cet engouement était dû aussi, pour une grande part, à la découverte précoce de gisements paléontologiques remarquables (la Débruge, Cucuron, Bois d'Asson, Céreste...), dont nous reparlerons ultérieurement.

Pour autant, d'un point de vue structural ou tectonique (la structure d'une région étant son agencement interne), les pays du Luberon ont toujours eu une réputation de simplicité. Dans sa *Description géologique du département de Vaucluse,* en 1862, Scipion Gras écrivait : « *Peu de chaînes ont une structure aussi simple* ». Édouard Roch en 1971 écrivait à son tour dans *Géologie du Pays d'Apt : « La structure du pays d'Apt est remarquablement simple* ». Il est vrai que dans ces régions, les reliefs sont conformes à la structure interne, c'est-à-dire que, globalement, aux montagnes correspondent des anticlinaux et aux vallées des synclinaux. L'observation des paysages permet donc souvent, (à un œil exercé toutefois) d'en reconnaître l'organisation interne.

En réalité, des travaux récents ont mis en évidence que ces régions sont plus complexes qu'on ne le pensait.

Après une brève présentation de la structure du Luberon, nous proposerons un état des lieux partiel de la connaissance scientifique, établi à partir d'articles et de documents anciens ou actuels. Il ne s'agit pas ici de réaliser un inventaire bibliographique ni même un historique des recherches sur les pays du Luberon. Certains auteurs sont cités, beaucoup d'autres ne le sont pas. Ce bilan est donc loin d'être complet mais représente plutôt une esquisse des connaissances.

LES GRANDES LIGNES DE L'ORGANISATION GÉOLOGIQUE DU LUBERON

De la dépression de la Durance, au sud, jusqu'aux plateaux des Monts de Vaucluse, au nord, la région se divise en quatre grandes unités structurales d'orientation sensiblement est-ouest.

Le bassin de la Durance constitue un « synclinorium » oligo-miocène, c'est-à-dire un ensemble ayant globalement valeur de synclinal, mais affecté de plis successivement synclinaux et anticlinaux à plus faible rayon de courbure. En l'occurrence, il est accidenté, dans sa partie médiane, par l'émergence d'un petit anticlinal crétacé, l'anticlinal de la Déboulière qui sépare le synclinal de Cucuron, au nord, du synclinal de Pertuis-Cadenet, au sud.

Vers l'est, le synclinorium se resserre, réduit à un étroit couloir entre les deux massifs de Beaumont-de-Pertuis et de Mirabeau.

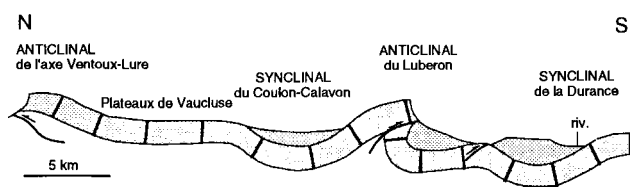


Fig 1 - Coupe simplifiée du Mont Ventoux à la Durance.

* Géologues au Parc naturel régional du Luberon.

Photo : H. Vincent.

Fig 2 - Anticlinal de Mirabeau constitué de terrains d'âge jurassique et entaillé en cluse par la Durance. Les flancs de l'anticlinal sont calcaires, son cœur marneux forme une combe érodée.

Ces deux massifs sont des anticlinaux à la faveur desquels affleurent des terrains du jurassique (les plus anciens connus sur le territoire du Parc) et du crétacé.

Tous deux sont limités au sud-est par la faille de la moyenne Durance. Cet accident majeur affecte toute l'épaisseur de la couverture sédimentaire, atteignant le socle cristallin, et existe depuis près de 250 millions d'années. On peut suivre cette grande faille jusqu'à St-Paul-lez-Durance, en rive droite de la Durance (entre Volonne et Mirabeau, le tracé de la Durance, rectiligne, est parfaitement guidé par cet accident). Là, elle s'interrompt brusquement. Commence alors la faille d'Aix-en-Provence, sur le flanc ouest du massif de Mirabeau, qui se poursuit jusqu'à Marseille. Le décrochement en relais de ces deux failles pourrait résulter du jeu de la faille de Rians.

Vers l'ouest, le synclinorium se resserre également. Le synclinal de Cucuron se biseaute et disparaît. Celui de Pertuis se prolonge un peu plus à l'ouest pour disparaître dans la région de Lauris.

La montagne du Luberon correspond à un anticlinal formé de roches crétacées, essentiellement calcaires, à forte dissymétrie nord-sud : le flanc sud, dont la série stratigraphique est relativement réduite, a un fort pendage qui peut aboutir au déversement ou au chevauchement. À l'opposé, le flanc nord, à série stratigraphique plus dilatée, s'incline plus doucement vers le bassin d'Apt.

On note une accentuation du relief d'ouest en est, couplée avec un relèvement de l'axe du pli : les terrains qui en forment le cœur sont plus anciens à l'est qu'à l'ouest. Le pli est tronçonné obliquement à son axe par de grandes fractures : celle de Robion à l'ouest, qui interrompt la montagne à l'aplomb de la plaine de Cavaillon, celle de Lourmarin-Buoux, celle du Mourre Nègre et celle de Vitrolles qui provoque un étonnant pointement de roche effusive (lherzolithe) au nord de Peypin-d'Aigues. Dans le Petit Luberon occidental, vers Mérindol, la masse des calcaires barrémiens du massif a repoussé et ployé devant elle, en replis aigus, les alternances de calcaires et d'argilites lacustres rouges du crétacé terminal et de l'éocène.

À partir d'une ligne Montfuron - la Bastide-des-Jourdans, le crétacé s'abaisse et disparaît sous une épaisse couverture oligocène qui constitue alors le Luberon de Manosque, au relief moindre et aux formes arrondies. Dans le cœur de cet anticlinal se trouve l'épaisse masse de sel utilisée par la société GEOSEL pour y stocker des hydrocarbures.

À Volx, le crétacé resurgit des sédiments tertiaires à la faveur d'un petit anticlinal, largement érodé en son cœur.

Le bassin d'Apt au sens large constitue un synclinal très dissymétrique par sa constitution géologique et sa disposition entre massif du Luberon et Monts de Vaucluse. L'axe du synclinal est décalé vers le sud, ce qui lui donne, d'une part un flanc nord épais et largement étalé en cuestas successives montant à l'assaut des Monts de Vaucluse, et d'autre part, un flanc sud, d'épaisseur réduite, très étroit, plus ou moins redressé contre le Luberon.

À l'ouest, le remplissage du synclinal est constitué de calcaire miocène qui forme notamment le plateau des Claparèdes, de Sivergues à Bonnieux. L'oligocène, marneux ou calcaire, domine à l'est.

Au cœur du bassin, entre Apt et Roquefure on note la remontée du socle calcaire urgonien (zone du karst du Coulon).

Vers l'est, se différencie le bassin de Céreste (qui dessine dans le paysage une très belle gouttière synclinale entre Montjustin et Reillanne) puis celui de Manosque-Forcalquier.

Les monts de Vaucluse correspondent aux plateaux de calcaires urgoniens très épais qui forment le flanc sud, monoclinal, de l'axe structural Ventoux-Lure. Ils sont limités à l'ouest par la faille de Fontaine-de-Vaucluse. Ils sont bordés à l'est par le champ de fractures de Banon.

Dans la moitié ouest, on note un découpage structural dominé par des accidents d'orientation Nord 40° qui déterminent des grabens importants (Murs, Sénanque) où sont piégés des sédiments crétacés ou tertiaires.

L'ÉPOQUE DES PRÉCURSEURS

Géologie

Dès le XIXe siècle, les géologues, dans des travaux souvent remarquables de justesse d'observation et d'interprétation, dressaient les grandes lignes de la connaissance scientifique sur la région. Les précurseurs sont entre autre, Scipion Gras (1862) et Wilfrid Kilian. Toutefois à l'époque certains phénomènes comme les chevauchements (c'est à dire les déplacements horizontaux d'ensembles de terrains) sont encore inconnus. Les moyens d'investigations et les méthodes d'études en sont à leur balbutiements. En tout état de cause, certaines observations débouchent sur des interrogations ou des interprétations erronées.

La fameuse réputation de simplicité structurale du Luberon explique peut-être qu'il ait fallu attendre 1932 pour voir paraître la *Description géologique du Luberon* de Jean Goguel, première monographie sur ce massif.

Jean Goguel reconnaît au Luberon son appartenance au domaine provençal plutôt qu'au domaine alpin. Il y définit également deux principaux épisodes de plissement successifs. Le premier correspond à la phase pyrénéo-provençale (- 40 millions d'années) conférant au chaînon son orientation est-ouest réputée provençale, la deuxième correspond à la phase alpine (- 8 millions d'années). Pour J. Goguel la première est prépondérante, rajeunie par l'action de la deuxième. Cinquante ans plus tard, les travaux de Georges Clauzon démontreront que le volume orogénique du massif relève de la phase alpine.

Pendant cette même période les sables ocreux font l'objet de nombreuses recherches débouchant sur différentes hypothèses : geysérienne, éolienne, dunaire.

Pourtant, dès 1890, Kilian et Leenhardt, en véritables précurseurs avaient suggéré que dans la région de Rustrel les sables ocreux « passaient latéralement » aux sables verts glauconieux marins de l'Albien... ce que les études sédimentologiques des années 1970-1980 confirmèrent.

En 1840, Alcide d'Orbigny crée l'étage aptien à partir des marnes argileuses grises des environs d'Apt. Suite à de nombreuses controverses, en 1887, W. Kilian crée le bédoulien et le gargasien à partir des localités de la Bédoule et de Gargas pour désigner respectivement l'aptien inférieur et l'aptien supérieur, ce qui permet de clarifier la situation. Les marnes argileuses grises datent effectivement de l'aptien supérieur, les calcaires des Monts du Vaucluse appartiennent eux à l'aptien inférieur.

Photo : H. Vincent.

Fig 3 - Marnes grises de l'Aptien à la Tuilière (St-Saturnin-lès-Apt).

En 1893, C. Depéret redéfinit le pontien méditerranéen, étage de la fin de l'ère tertiaire, à partir d'un nouveau stratotype comprenant notamment les différents faciès de la coupe de Cucuron.

Paléontologie

Les gisements cités ci dessous ont été découverts dès le XIX^{e} siècle mais ils sont encore actuellement l'objet d'études, à partir soit du matériel ancien conservé dans différentes collections soit de spécimens extraits lors de fouilles plus récentes.

Le gisement de l'Aumane de Cucuron (d'après C. Guérin, P. Mein et J. Michaux, non publié)

Les gisements du secteur de Cucuron découvert en 1832 par J. de Christol furent l'objet à partir de 1862, de fouilles à grande échelle menées par Alfred Gaudry, alors professeur de Paléontologie au Muséum National d'Histoire Naturelle. Elles permettent de recueillir de nombreux invertébrés et environ 1200 restes de vertébrés comprenant 14 ou 15 espèces de macromammifères et 3 de tortues. Elles donnent à Gaudry l'occasion de faire une des premières études modernes de l'histoire de la paléontologie des mammifères, appliquant le concept de lignée, proposant des reconstitutions de milieu et des interprétations des ressemblances entre faunes.

Toutefois la liste des fossiles recueillis par Gaudry est loin d'être exhaustive. En sont absentes toutes les espèces de petite taille. En effet, les petits mammifères, au squelette plus fragile, ont pu être détruits et disparaître. Ils ont aussi pu être transportés plus loin parce que plus légers. Peut-être n'ont-ils même pas été recherchés à cette époque, l'intérêt allant d'abord vers la mégafaune, plus spectaculaire.

LISTE DE LA FAUNE DE CUCURON

Carnivores

Machairodus giganteus, Adrocuta eximia, Ictitherium hipparionum, Ictitherium orbignyi.

Proboscidiens

Dinotherium giganteum.

Périssodactyles

Hipparion prostylum, Dicerorhinus schleiermacheri, Aceratherium incisivum.

Artiodactyles

Microstonyx major, Ctenocervus matheroni, Helladotherium duvernoyi, Gazella deperdita, Tragoportax gaudryi leberonensis, Graecoryx sp., (?) Palaeoreas.

Rongeurs

Chalicomys jaegeri, Ruscinomys schaubi, Kowalskia lavocati, Eliomys truci, Vasseuromys chenii, Parapodemus barbarae, Occitanomys adroveri, Stephanomys stadii, Spermophilinus cf. bredai.

Insectivores

Galerix (Parasorex) sp., Talpa gilhoti, Desmanella crusafonti, Dibolia pontica.

Chiroptères

Vespertilionidae indét.

Lagomorphes

Prolagus crusafonti.

Le gisement de la Débruge (d'après J. Sudre, non publié)

La date de la découverte de ce gisement est inconnue, mais c'est à Paul Gervais qu'est dû le premier article en 1846, concernant cette faune d'âge éocène. L'étude de ce gisement donna lieu à toute une série de publications. Par la suite M. Courtois propriétaire du terrain décida d'exploiter le site pour vendre des fossiles. Dans ce but il fit creuser des galeries, aujourd'hui éboulées permettant d'accéder aux couches de lignite fossilifère. Le matériel recueilli au cours de ces fouilles est maintenant dispersé dans

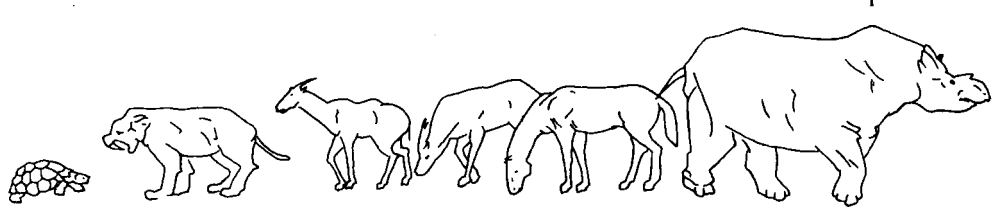


Fig. 4 - Les restes fossiles de tous ces animaux ont été retrouvés à Cucuron

les collections de nombreuses institutions (Universités de Lyon, de Montpellier, Musée d'Avignon, British Museum...)

La faune de ce gisement nous donne une excellente image de la diversité des faunes de l'éocène supérieur, en particulier pour les ongulés, très nombreux sur le site.

Là encore, les micromammifères sont absents. En effet, au siècle dernier les pratiques de fouilles ne faisaient appel ni aux techniques de lavage-tamisage du sédiment, ni au tri sous loupe binoculaire qui seuls permettent de découvrir les restes de micromammifères.

Le site de la Débruge se singularise par l'abondance des restes de *Palaeotherium,* qui, pour Cuvier, combinait les caractères du porc, du tapir et du rhinocéros. Ce genre s'est éteint sans descendance au début de l'oligocène. Les restes de *Palaeotherium* de la Débruge ont largement contribué au dénombrement des différentes lignées du genre et c'est l'analyse des modalités évolutives de ces lignées qui permit d'affiner la biochronologie de cette période.

LISTE DES FOSSILES DE LA DÉBRUGE

Marsupiaux

Amphiperatherium minutum, Amphiperatherium sp., Peratherium cayluxi, Peratherium cuvieri.

Insectivores

Saturninia gracilis.

Carnivores Créodontes

Pterodon dasyuroides, Hyaenodon requieni.

Carnivore fissipède

Cynodictis lacustris.

Rongeurs

Theridomys pseudosiderolithicus, T. perrelaensis, Plesiarctomys gervaisi, Sciuroides quercyi ?, Gliravus cf. priscus.

Primates

Adapis parisiensis, Microchœrus edwardsi.

Périssodactyles

Palaeotherium magnum girundicum, Palaeotherium medium perrealense, Palaeotherium curtum villerealense, Palaeotherium crassum robustum, Palaeotherium siderolithicum, Palaeotherium muehlbergi muehlbergi, Plagiolophus minor, Plagiolophus annectens, Anchilophus radegondense.

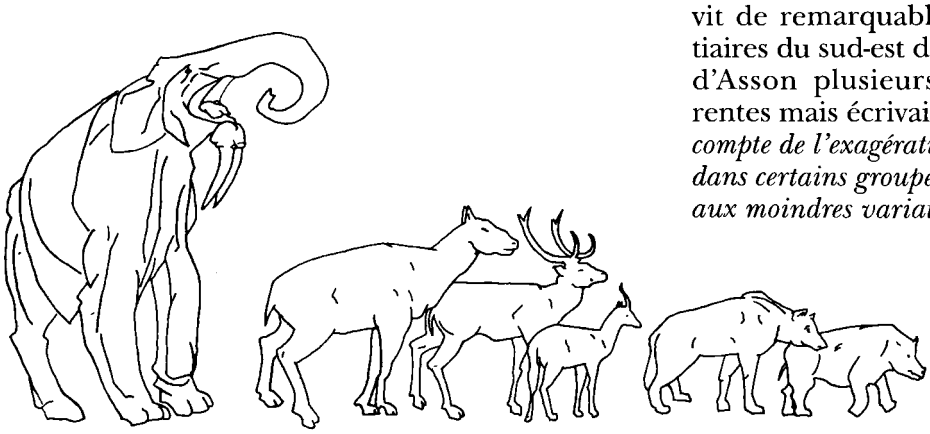
Artiodactyles

Dichobune leporinum, Acotherulum saturninum, Chœropotamus parisiensis, Dacrytherium saturninii, Tapirulus hyracinus, Anoplotherium commune, Anoplotherium latipes, Anoplotherium laurillardi, Diplobune secundarium, Elomeryx crispus, Oxacron courtoisi, Xiphodon gracile, Dichodon cf. fronhstettense, Amphimeryx murinus.

Le gisement de Bois d'Asson

Ce gisement se situe dans les calcaires en plaquettes de l'oligocène, sur les communes de St-Maime et de Villeneuve et livre en quantité des empreintes végétales.

La date de la découverte de ce site est inconnue mais c'est au marquis Gaston de Saporta que l'on doit la révélation à partir de 1862 de l'extraordinaire richesse et diversité de cette flore fossile. Durant toute sa vie, Saporta poursuivit de remarquables travaux sur les flores tertiaires du sud-est de la France. Il reconnut à Bois d'Asson plusieurs centaines d'espèces différentes mais écrivait toutefois : *« Il est juste de tenir compte de l'exagération probable du nombre d'espèces dans certains groupes par suite de la valeur attribuée aux moindres variations morphologiques des feuilles et aussi des doubles emplois résultant de la description séparée des différents organes d'une seule et même espèce ».*



Le gisement de Bois d'Asson révèle un mélange de flore européenne dont la plupart des genres existent encore dans nos contrées (bouleau, pin, chêne, saule..) et pour une grande part de flore à affinité exotique (laurier, séquoia, palmier...).

Les gisements de Céreste (d'après M. Thiebaud)

Les gisements de Céreste consistent en de nombreux affleurements de calcaires feuilletés et bitumineux qui ont livré des restes de vertébrés, de très nombreux insectes et une paléoflore composée essentiellement de feuilles, de fruits ou de graines.

L'exploitation de ces sites débute lors de l'exploration du gisement par Goret et Fliche (Professeur à l'École supérieure des forêts de Nancy) puis par Malin (naturaliste du pays) au milieu du siècle dernier. Leurs impressionnantes collections sont étudiés en 1880, par Sauvage en ce qui concerne les poissons, et par Gaston de Saporta, en 1891, pour la paléoflore. Saporta met en évidence le caractère singulier de ce gisement, qui se distingue des autres de la région (Manosque, Bois d'Asson) par la présence de certaines espèces. Il y décrit également une végétation très contrastée mêlant des espèces de milieux humides tempérés à d'autres de milieux secs ou de milieux frais.

En 1874, E. Oustalet étudie les insectes fossiles de ces gisements, suivi en 1914 par J.-H. Fabre puis en 1937 par N. Théobald. Le même Théobald étudie en 1937, avec Piton, les poissons fossiles du gisement, envisageant un environnement de forêts humides et denses sur les marges de lacs ou d'étangs.

LISTE DES FOSSILES DE CÉRESTE

PALÉOFLORE

Magnolidae
Cinnamomum, Daphnogene, Persea, Nelumbium, Nymphea, Ceratophyllum.

Hamamelidae
Platanus, Ulmus, Zelkova, Hemiptelea, Betula, Ostrya, Salix, Populus, Quercus, Carya.

Rosidae
Lomatites, Rhus, Cercis, Rhamnus.

Arecidae
Flabellaria.

PALÉOFAUNE

Gastéropodes
Hydrobia.

Arachnides
Lycosidae.

Crustacés
Cypris.

Insectes
Odonates, *Blattodea, Saltatoria,* Thysanoptères, Héteroptères, Homoptères, Coléoptères, Hyménoptères, Lépidoptères, Diptères.

Poissons
Prolebias, Dapalis.

Chiroptère
Tadarida.

Rongeur
Pseudoltinomys gaillardi.

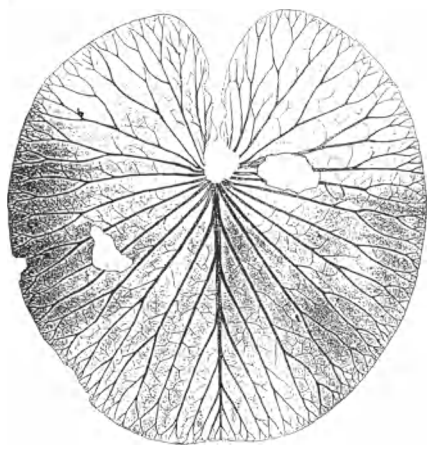


Fig. 3 - Feuille intégralement conservée de Nymphea ameliana. *Figure extraite de Saporta (1891).*

La géologie moderne

Durant les décennies 60 et 70, de nouveaux concepts et méthodes d'études vont permettre de préciser et d'approfondir les connaissances sur des secteurs géographiques, des niveaux sédimentaires ou des groupes paléontologiques particuliers.

J.-P. Destombes en 1962 propose une *Description géologique du Bassin oligocène de Manosque-Forcalquier,* comprenant une étude stratigraphique et tectonique des différentes assises du bassin ainsi qu'un exposé sur les conditions de gisement et de répartition des substances utiles : (gypse, soufre, lignites, schistes bitumineux, sel gemme). Destombes définit la région de Manosque-Forcalquier comme une aire critique durant l'oligocène, aire de subsidence à mettre en liaison avec le dépôt de matières utiles, hydrocarbures et évaporites.

C'est dans les années 1970 qu'a lieu la reconnaissance de l'accident durancien confirmé grâce à des mesures de géophysique sismique par la suite.

G. Demarcq propose en 1962 une *Étude stratigraphique du miocène rhodanien,* premier travail d'ensemble sur ce sujet et qui traite entre autre des pays du Luberon. Cette étude présente la description et la localisation des différentes formations et propose également des corrélations des unités stratigraphiques malgré de nombreuses variations d'épaisseurs ou de faciès.

Édouard Roch publie, en 1971, *Géologie du pays d'Apt* ouvrage très complet dans lequel il souligne outre la simplicité structurale de la région, un certain nombre de problèmes comme l'âge et les modalités de formation des sables ocreux, les attributions stratigraphiques de certains niveaux comme les faciès de Pied Bousquet ou le « sidérolithique » du Coulon ou encore la corrélation entre les différents bassins oligocènes présentant des stratigraphies différentes.

En 1975, a lieu le 9e congrès international de sédimentologie à Nice. Le compte-rendu présente un ensemble d'études d'un grand intérêt sur le Vaucluse et les Alpes-de-Haute-Provence : évolution structurale du fossé de Manosque, corps détritiques duranciens (P. Gigot), surfaces à *Microcodium* (J.-M. Triat et G. Truc), etc.

En 1976, J.-P. Masse publie sa thèse sur *Les calcaires urgoniens de Provence* dans laquelle il décrit ces calcaires blancs qui constituent le petit Luberon et les Monts de Vaucluse. Il définit, notamment, une stratigraphie précise des formations à partir de l'étude des rudistes, des algues calcaires et des foraminifères.

En 1977, J.-P. Silvestre présente sa thèse : *Étude hydrogéologique de la montagne du Luberon ou Contribution à la connaissance de l'aquifère de la fontaine du Vaucluse.* Son étude apporte des compléments de connaissance à la fois d'ordre stratigraphique et tectonique et conclut à la participation du versant nord du Luberon à l'impluvium de Fontaine de Vaucluse.

La même année, J.-P. Silvestre découvre un étonnant petit affleurement de roches magmatiques, de la lherzolithe, au nord de Peypin d'Aigues, remontées à la faveur d'une faille.

QUELQUES TRAVAUX DES 20 DERNIÈRES ANNÉES

Le texte qui suit est un bref aperçu des connaissances dans certains domaines et à partir des travaux de quelques auteurs. Il est bien entendu que ces travaux puisent leurs racines dans d'autres plus anciens. Les thèmes abordés reflètent souvent le résultat d'années de recherches. Dans cette sélection, beaucoup de sujets ne sont pas abordés. Ils le seront, souhaitons le, dans de prochains numéros.

Les sables ocreux (d'après les travaux de J.-M. Triat)

Nous l'avons dit précédemment, les sables ocreux sont étudiés depuis le milieu du XIXe siècle. Les préoccupations sont alors purement stratigraphiques, les géologues ne sachant pas où placer les ocres : fin de l'ère secondaire ou ère tertiaire.

Kilian et Leenhardt avaient, dès 1890, pressenti le caractère particulier des sables ocreux mais il aura fallu attendre J.-M. Triat qui publie, en 1979, *Paléoaltérations dans le crétacé supérieur de Provence rhodanienne,* pour que soit enfin connue la genèse des sables ocreux... Ils résul-

tent de l'altération continentale sur place de sédiments, sables et grès verts originellement marins.

Cette couleur verte, particulière, est liée à la présence massive de petits grains de glauconie. La glauconie est un minéral proche des argiles qui renferme dans son réseau cristallin des atomes de silice et d'aluminium auxquels se substituent des atomes de fer. Elle se forme en milieu marin, sur le plateau continental.

Formation des sables ocreux

Il y a 100 millions d'années, une des conséquences des premiers mouvements tectoniques compressifs du grand cycle alpin est la formation de plissements d'axe sensiblement est-ouest. Ils seraient à l'origine d'une zone d'émersion incluant les sables et les grès verts, entre Massif Central et Maures, appelée « isthme durancien ». Les conditions climatiques tropicales accompagnées de pluies diluviennes ont entraîné une profonde altération des roches mères. Ainsi se sont formés les faciès des « sables ocreux » par altération des sables et grès verts marins glauconieux albo-cénomaniens.

La première étape de l'altération consiste en une décarbonatation. À la base des profils, juste au-dessus des sables verts glauconieux carbonatées, on rencontre des niveaux de sables verts, encore très glauconieux, mais totalement dépourvus de carbonates.

La deuxième étape est celle de l'ocrification. La nouvelle perméabilité acquise va favoriser, dans la suite du profil, les dissolutions, et notamment celle de la glauconie. Cette altération de la glauconie libère assez d'aluminium et de silice pour que naisse l'argile stable classique des conditions latéritiques : la **kaolinite.** En même temps, le fer de la glauconie s'est oxydé au contact des eaux interstitielles entraînant la formation d'hydroxyde de fer, la **gœthite.** Kaolinite et gœthite sont les constituants principaux de l'ocre, et c'est l'hydroxyde de fer, souvent en très faible quantité, qui est responsable des spectaculaires colorations des sables ocreux.

Dans les ocres du pays d'Apt, on remarque, au sommet du profil, la présence d'une cuirasse ferrugineuse qui peut atteindre deux à trois mètres d'épaisseur. Celle-ci est composée d'une accumulation massive de gœthite associée à un peu d'hématite et de 50% de silice. C'est le minerai de fer de Rustrel exploité au siècle dernier. Cette ferruginisation entraîne la désilicification des sables. La silice libérée va s'accumuler au-dessous des cuirasses ferrugineuses pour former des lentilles de quartzite blanc.

Dans toutes les régions latéritiques du globe, le contact entre les ocres et les cuirasses ferrugineuses sommitales montre de manière constante un horizon « blanchi » issu de la disparition des oxydes et des hydroxydes de fer en raison des conditions réductrices qui règnent sur quelques décimètres d'épaisseur sous les cuirasses ferrugineuses. Dans les ocres du pays d'Apt, l'extrême perméabilité des sédiments altérés a entraîné la formation d'un horizon blanchi de plusieurs mètres d'épaisseur.

Au cœur du territoire des sables ocreux, de Rustrel à Roussillon, une suite verticale de faciès, résumée par le schéma suivant s'observe aisément, complète ou partielle.

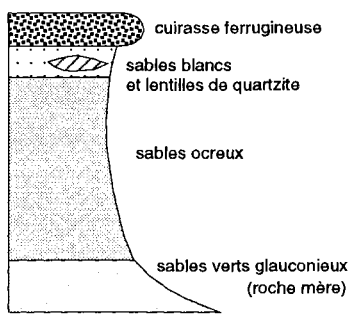


Fig. 6 : Le passage successif d'un stade à l'autre, à partir de la roche mère saine, se fait par un degré d'altération de plus en plus poussé.

La surrection du Luberon et l'implantation de la Durance depuis 10 millions d'années. (d'après les travaux de G. Clauzon)

La première structuration anticlinale de ce chaînon résulte, comme l'a écrit en son temps J. Goguel, du plissement pyrénéo-provençal qui s'est produit à la fin de l'éocène vers - 40 Ma. Mais sous l'action d'une érosion prolongée, dès

le début du miocène vers -20 millions d'années, plus rien ne subsistait de ce relief initial.

Georges Clauzon mit en évidence que la genèse du relief actuel avec ses deux unités prépondérantes que sont le Luberon et la Durance s'était opérée à partir du miocène supérieur, durant 10 millions d'années.

Progressivement le Luberon émerge puis acquiert ses dimensions présentes tandis qu'à ses pieds la Durance occupe peu à peu son cours actuel.

La phase majeure est celle du miocène supérieur, remarquablement enregistrée par les dépôts continentaux de la bordure sud du grand Luberon. Ces dépôts se disposent non pas à la verticale comme on le pensait autrefois, mais selon une séquence latérale.

Au contact du chaînon, ces dépôts sont constitués par un tablier d'éboulis consolidés issus du démantèlement de l'anticlinal (faciès des « brèches de Cucuron »). Puis ces brèches passent latéralement à des limons roses qui ont livré la célèbre faune de grands mammifères dite du Mont Luberon (Gaudry, 1873). À leur tour, ces derniers passent aux faciès palustres et lacustres du cœur du bassin. C'est dans ce lac peu profond que venait se jeter la Durance, accumulant une épaisse série de galets le colmatant rapidement.

L'observation de ces séries et de leur déformations ainsi que la découverte à Pertuis d'un gisement à rongeurs donnant une datation précise, permit à G. Clauzon de proposer un âge et une durée pour la surrection du Luberon. C'est entre - 8,5 et - 5,7 Ma, dans un laps de temps d'une durée de l'ordre de 3 millions d'années, que le Luberon s'est mis en place.

Le creusement du canyon messinien de la Durance

À l'extrême fin du miocène, cette évolution est brutalement interrompue par un événement inopiné : la **crise de salinité messinienne.** Celle-ci résulte d'une fermeture temporaire de la Méditerranée entre - 5,7 et - 5,3 Ma qui provoque un abaissement considérable du niveau marin et se concrétise sur les continents de bordure par l'enfoncement de tout le réseau hydrographique.

L'effondrement de l'ordre de 1500 mètres du plan d'eau méditerranéen déclenche une vague d'érosion régressive le long des fleuves riverains. Certains cours d'eau dont la Durance creusent alors d'impressionnantes gorges que l'on appelle « canyons messiniens ».

Le tracé de cette Durance messinienne diffère nettement du cours actuel. Sa confluence avec le Rhône s'opérait alors au droit d'Arles. Entre ce point et Oraison le dénivelé relevé est de l'ordre de 1300 mètres .

L'incision messinienne n'est cependant pas confinée à l'axe durancien. À des degrés divers mais avec une amplitude moindre, elle s'est propagée sur son réseau affluent. On en retiendra 2 exemples : le touristique canyon du Régalon et la vallée de l'Aiguebrun.

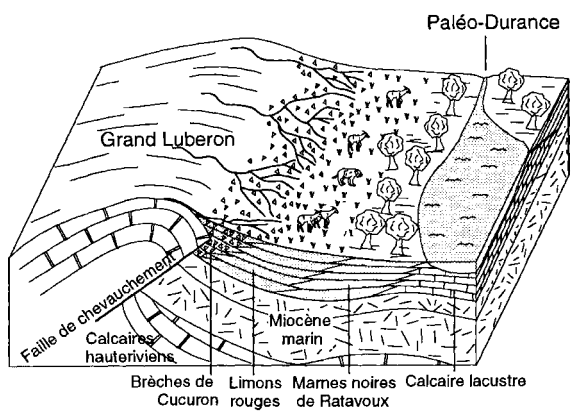


Fig. 7 - Reconstitution du paysage entre Luberon et Durance à la fin du miocène (- 6 millions d'années).

L'ultime incursion marine : la « ria » pliocène

La remise en eau du bassin méditerranéen intervient au tout début de l'époque Pliocène, vers - 5,3 Ma, avec l'ouverture du détroit de Gibraltar. L'existence des canyons messiniens occasionne une extraordinaire pénétration mari-

ne le long des grands axes fluviaux. À titre d'exemple, s'agissant du Rhône, le bras de mer dépasse Lyon vers le nord. Le canyon de la Durance fut transformé en un bras de mer filiforme et profond qui atteignait la latitude de Manosque.

Cet insolite paysage est appelé « ria ». Le phénomène est singulièrement évident le long de la Durance avec la submersion des étroites gorges de Pont de Mirabeau et du Régalon.

Les karsts des Monts de Vaucluse et du Luberon (d'après J. Nicod, communication personnelle)

Par référence au *Kras* slovène (*Karst* en allemand) on désigne sous le terme de karst des ensembles calcaires caractérisés par de nombreuses cavités, la prédominance du drainage souterrain et une morphologie de surface spécifique (lapiez, dolines, ...). Ces formes karstiques sont liés à la dissolution des roches carbonatées par l'eau chargée en CO2 et s'opère à partir des joints de stratification, des diaclases et des failles.

Le Luberon et les Monts de Vaucluse sont des karsts tant au point de vue hydrogéologique que géomorphologique, mais ils sont très inégaux par leur taille et leur développement.

Les monts de Vaucluse constituent l'impluvium principal de la Fontaine-de-Vaucluse (1100 km^2 environ). Sa partie centrale (plateau d'Albion ou de Saint-Christol) est particulièrement karstique, totalisant plusieurs centaines d'avens.

Le Luberon, bien moins étendu, n'a que des formes karstiques dispersées.

Le relief karstique consiste en formes de surface ou souterraines. Les premières sont :

- des **dolines** de quelques décamètres remplies de terra-rossa, des **ouvalas** résultant de la coalescence de plusieurs dolines généralement cultivés et des **poljés,** dépressions de grande taille, à terra-rossa (poljés de Brouville et de Lagarde-d'Apt).
- des **lapiez,** formes de dissolution de bancs durs et massifs impliquant le creusement de cannelures ou de rigoles séparées par des lames tranchantes (plateau sommital du petit Luberon, Oppedette).
- des **vallées sèches,** dues à la disparition, sous terre, d'une partie des réseaux hydrographiques par enfoncement. Le Grand Luberon et la plus grande partie des plateaux de Vaucluse sont incisés par des vallons formant des réseaux souvent hiérarchisés. Ces vallées sèches contribuent à l'alimentation de réservoirs karstiques, spécialement celui de Fontaine-de-Vaucluse.
- des **canyons** karstiques, gorges profondes, aux parois verticales ou à corniches. La retombée méridionale du plateau de Vaucluse est incisée par trois courts canyons : « combes » de Vaumale, de Lioux et de Font-Jouvale ; ainsi que du profond canyon d'Oppedette. Le Petit Luberon est incisé par les canyons du Régalon au sud et la « combe de Vidauque » à l'ouest.

Les formes souterraines sont les **avens,** gouffres plus ou moins verticaux et les **grottes.** Certains avens du plateau d'Albion ont permis aux spéléologues d'atteindre des profondeurs voisines de 600 mètres

Contrairement au plateau d'Albion, on ne connaît dans le Luberon que quelques avens mais de nombreuses petites grottes ou **baumes.** L'aven de Bruny (- 73 m), sur la commune d'Auribeau constitue l'aven le plus profond du Grand Luberon. Dans le petit Luberon, les grottes et baumes sont abondantes, s'ouvrant dans les falaises ou les parois de canyons entaillés dans les calcaires urgoniens (Baume Martin dans la combe de Vidauque, grottes du canyon de Régalon, ...).

Dans les canyons s'ouvrent aussi d'anciennes émergences, actuellement inactives (grotte des Brigands, dans la combe de Lourmarin) ou temporaires (grotte de Baume-Rousse, grotte de Boulon). Les principales résurgences karstiques pérennes se trouvent au sud du Luberon (source de Mirail, source du Bon Dieu - résurgence de l'Aiguebrun, à l'aval de la combe de Lourmarin -, source des Borrys - résurgence des eaux d'infiltration du Petit Luberon -).

Les insectes fossiles oligocènes du Luberon (d'après les travaux de A. Nel)

À l'oligocène, le massif du Luberon était entouré d'un ou plusieurs lacs très vastes. D'épaisses couches de sédiments se sont alors déposées sous la forme d'empilements de feuillets de boues argilo-calcaires, emprisonnant toute une faune et une flore admirablement conservés. Deux niveaux principaux livrent des insectes fossiles. Ce sont les calcaires en plaquettes de Céreste et de Bois d'Asson.

Les insectes constituent une des plus grandes richesses de ces sites. Ils sont pour la plupart du temps complets, avec des traces de coloration. Les poils, les soies, les facettes des yeux, les organes génitaux sont en excellent état, permettant la détermination précise des espèces présentes.

Ces faunes entomologiques sont très riches en individus, elles sont aussi très variés. Seul un pourcentage relativement restreint des insectes a été décrit à ce jour malgré plusieurs années de recherche. Il est possible d'estimer à 2000 le nombre d'espèces présentes dans ces niveaux.

Les faunes d'insectes du Luberon ont un cachet typique de l'oligocène mais bien que proche de celles des autres gisements de Provence, elles appartiennent à des espèces différentes, propres à ces sites.

Ces faunes oligocènes se caractérisent par l'absence quasi complète de plusieurs groupes xylophages vivants dans les forêts chaudes et humides. Par contre, les diptères de toutes familles et les coléoptères curculionides (charançons) et carabidés, ainsi que les orthoptères acridiens (criquets) sont largement représentés dans le Luberon.

Il semble que les faunes d'insectes soient généralement associés à une faune de poissons très particulière constituée de petits spécimens de *Prolebias* et de *Dapalis*.

Les insectes fossiles du Luberon ont un très grand intérêt pour la reconstitution de l'histoire des continents au tertiaire. Ils sont pour la plupart directement apparentés aux faunes de la région indo-malaise (Inde, Indochine, Malaisie, Bornéo) et de la Chine du Sud. Néanmoins, quelques espèces montrent des affinité très nettes avec des insectes africains actuels suggérant que les échanges de faune ont pu avoir lieu, dès l'oligocène moyen entre l'Europe et l'Afrique, encore séparées par une mer assez large : la Téthys.

D'autres appartiennent à des lignées anciennes qui n'existent plus qu'en Australie ou en Amérique du Sud. Leur présence en Europe au milieu du tertiaire montre que ces groupes ont eu une répartition beaucoup plus vaste par le passé. Ces fossiles sont les témoins directs de la complexité de l'histoire de la vie sur notre planète, même à une époque relativement récente.

La plupart des insectes du Luberon appartiennent à des familles, voire des genres modernes. Néanmoins, alors que les libellules sont les types mêmes de l'ordre ancien dont l'évolution était supposée achevée à l'oligocène, le site de Céreste a livré des représentants de la famille des Sieblosiidae, famille entièrement fossile et propre à cette période. Cet exemple montre que ces sites peuvent apporter encore bien des surprises. Leur étude est indispensable à l'analyse de l'histoire des liens de parentés au sein des insectes. Mais leur étude correcte nécessite une documentation spécialisée importante et des connaissances approfondies des insectes modernes. Extrêmement abondants et variées, les insectes sont incontournables pour qui veut appréhender la diversité et la richesse de la vie en Provence il y a 35 millions d'années.

Photo : T. Stoeckle.

Fig. 8 - Lethe corbieri, *papillon fossile de l'Oligocène (- 30 millions d'années) trouvé sur la commune de Céreste.*

Les poissons fossiles du Luberon (d'après les travaux de J. Gaudant)

Le Vaucluse est le département français le plus riche en poissons fossiles de l'ère tertiaire. Et c'est l'oligocène qui fut de beaucoup la période la plus poissonneuse. Dans les vastes lacs qui recouvraient alors notre région pullulaient deux espèces de poissons téléostéens qui, pour l'essentiel, se partageaient deux biotopes différents. Le plus abondant était une perche apparentée aux chandidés actuels de la région indo-australienne : *Dapalis macrurus* (Agassiz), dont les individus de taille moyenne se regroupaient en bancs dans les eaux relativement proches du rivage, tandis que certains solitaires des eaux plus profondes atteignaient des tailles supérieures.

La seconde espèce, *Prolebias goreti* Sauvage, appartient à la famille des Cyprinodontidae, représentée de nos jours dans les eaux saumâtres des lagunes côtières du bassin méditerranéen par deux espèces du genre *Aphanius*. Cette espèce insectivore vivait dans la zone palustre, à la périphérie du lac.

Une troisième espèce, *Enoplophthalmus schlumbergeri* Sauvage a été décrite au siècle dernier à partir d'un unique spécimen aujourd'hui perdu. Des recherches récentes ont permis de découvrir un nouveau matériel et d'en préciser les affinités. Il s'agit d'un osméridé dont le seul représentant connu en France est l'éperlan *(Osmerus eperlanus)*. Plus précisement, l'espèce fossile du Vaucluse est étroitement apparentée au capelan de l'Atlantique Nord *(Mallotus villosus)*. La présence d'*Enoplophthalmus* est donc peut-être révélatrice d'un refroidissement climatique.

Deux autres espèces ont été découvertes dans le bassin d'Apt, représentées par quelques individus. Il s'agit d'*Esox primaevus* Gaudant, un brochet à corps trapu et de quelques gobies semblables au *Gobius papyraceus* italien.

Les poissons fossiles du bassin d'Apt constituent ainsi une association relativement diversifiée caractéristique d'un milieu lacustre dans lequel pouvait se manifester éventuellement une faible salinité, compatible toutefois avec les conditions requises par les grenouilles et les poissons comme le brochet.

Les dalles à empreintes de pas de mammifères fossilisées

Sur les communes de Viens et de Saignon se trouvent respectivement deux dalles portant à leurs surfaces des empreintes de pas de mammifères de l'ère tertiaire, sites exceptionnels dont le Parc est propriétaire. Ils représentent l'un des rares exemples connus, à l'échelle de la planète, de traces laissées par des mammifères dans leurs activités journalières.

La dalle de Saignon a été étudiée en 1984 par G. Demathieu, L. Ginsburg, C. Guérin et G. Truc qui y ont défini quatre genres et espèces d'ichnofossiles.

Il s'agit de *Ronzotherichnus voconcense,* empreinte caractérisée par l'impression de trois doigts, de *Bifidipes velox,* empreinte à deux doigts, de *Sarcotherichnus enigmaticus,* trace de carnivore créodonte, de *Pulchravipes magnificus,* empreinte d'oiseau et de *Keckia punctata,* probablement le fait d'un mollusque gastéropode.

Les empreintes au nombre de plusieurs centaines s'organisent en pistes qui traversent la dalle donnant des informations sur le mode de locomotion, l'enjambée, etc.

Par ailleurs, ces pistes se placent à un âge de transition tout à fait capital. Les animaux à qui ces empreintes sont attribués correspondent à un renouvellement de faune. Il paraît s'agir de la première invasion d'un peuplement nouveau arrivant d'Asie par migration succédant à la grande coupure définie par Stehlin en 1909 et qui marque en Europe la limite éocène-oligocène. Le genre *Palaeotherium* très répandu dans l'éocène disparaît. Cette faune nouvelle, tout en gardant des caractères archaïques, annonce déjà les grands mammifères actuels.

Une Réserve naturelle géologique dans le Luberon : outil de protection, de sensibilisation et de connaissance scientifique

Plus de 50 gisements fossilifères furent inventoriés dans une étude réalisée en 1980, à l'initiative du jeune Parc du Luberon. Cette exceptionnelle richesse paléontologique ainsi que les convoitises, menaces et pillages dont ces sites faisaient l'objet, aboutirent au classement en Réserve naturelle par décret ministériel en date du 16 septembre 1987 de 28 sites paléontologiques représentant 312 hectares sur 20 communes des départements du Vaucluse et des Alpes-de-Haute-Provence.

Depuis 1996, elle est englobée dans un périmètre de protection de 70000 hectares sur le territoire de 27 communes. Le Parc du Luberon est gestionnaire de cette Réserve.

Photo : H. Vincent.

Fig 10 - Dalle à empreintes de pas de mammifères fossilisées de Saignon.

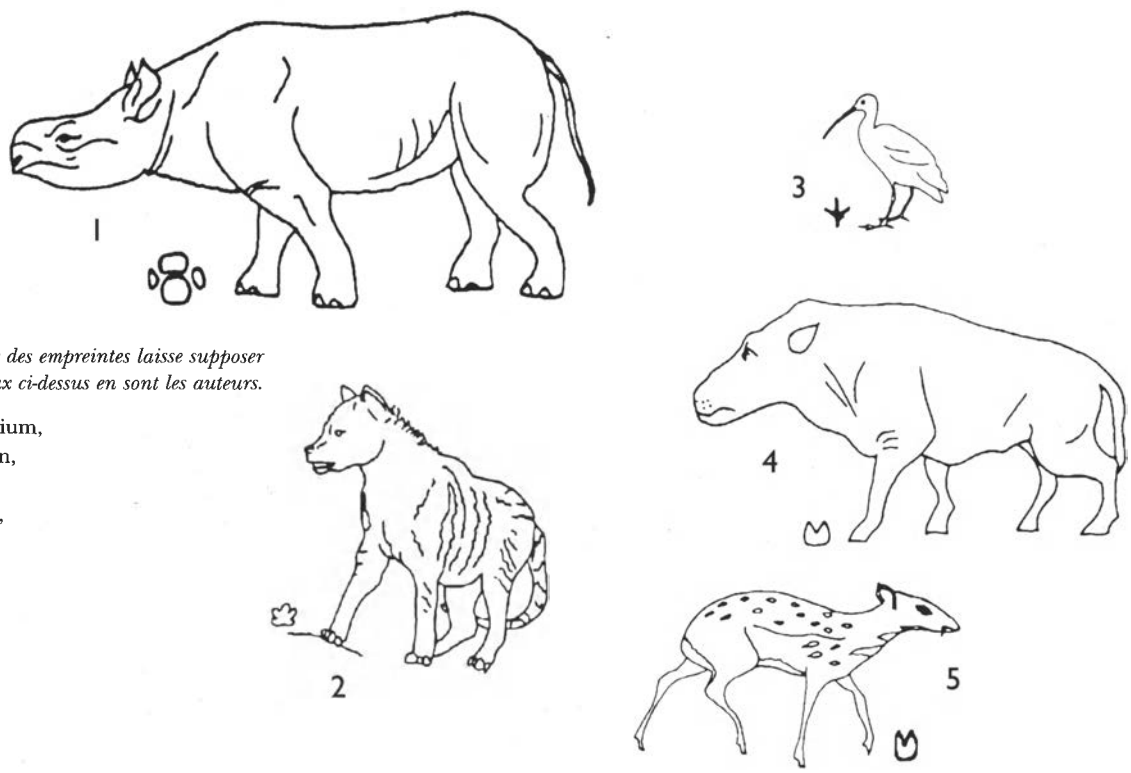
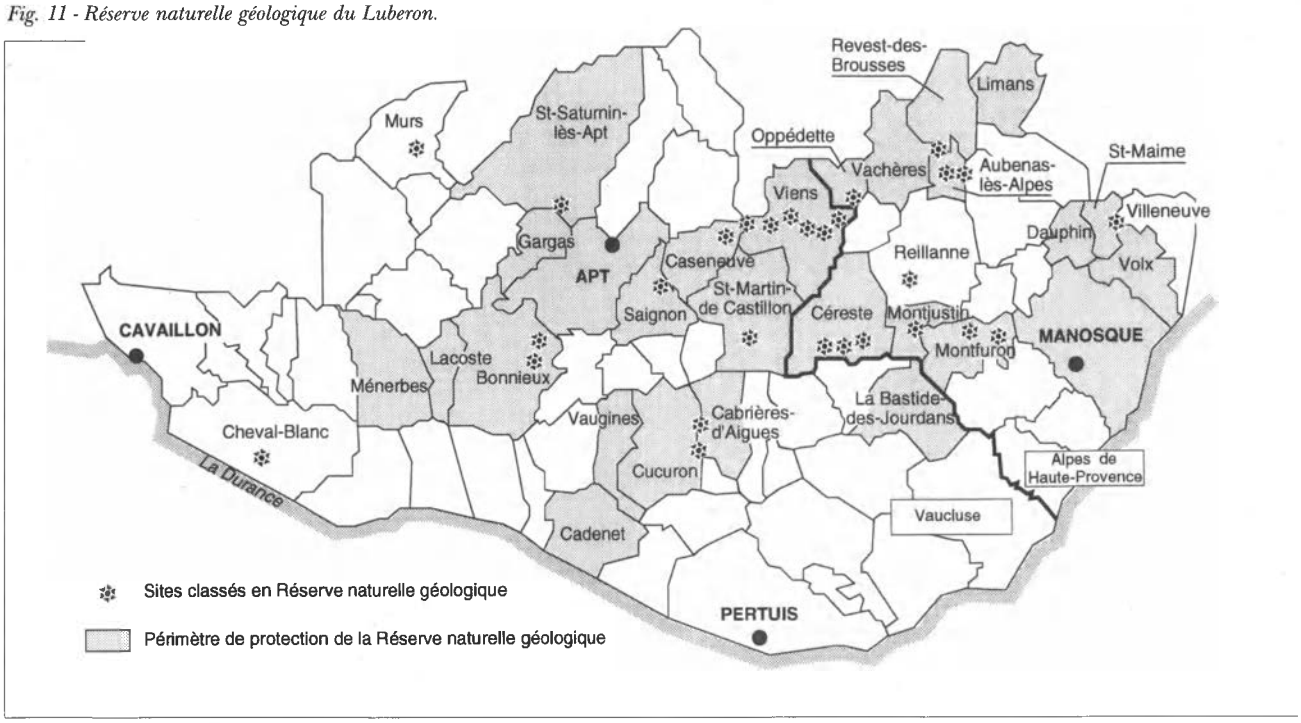


Fig. 9 - L'étude des empreintes laisse supposer que les animaux ci-dessus en sont les auteurs.

1 - Ronzotherium,
2 - Hyaenodon,
3 - Ibis,
4 - Entelodon,
5 - Gelocus.

Fig. 11 - Réserve naturelle géologique du Luberon.



L'objectif premier de celle-ci était de stopper le pillage des sites, résultat rapidement atteint à 90%, mais ses missions sont beaucoup plus larges et comprennent des actions s'articulant autour de 3 thèmes. Les deux premiers concernent la protection des sites (protection juridique et protection physique *in situ*) et l'ensemble des actions de sensibilisation, communication, pédagogie, tourisme culturel.

Le troisième thème, qui nous intéresse davantage dans le contexte de ce courrier, concerne l'enrichissement de la connaissance scientifique, se déclinant de diverses façons :

- inventaires et prospections (recensement des sites géologiques au sens large incluant les sites géomorphologiques, miniers et autres).
- recherche scientifique (organisation de chantiers de fouilles, proposition de sujets de recherches, accueil des universitaires...).
- création d'archives, de collections de références, de documentation et de banques de données.

Ces trois axes de travail sont actuellement mis en œuvre mais de façon partielle. Ainsi un inventaire des carrières existantes a été réalisé en 1993. Deux études sont en cours, la première concerne les sites liés à l'exploitation des ressources minérales (soufre, gypse, lignite...), la deuxième consiste en un inventaire et une recherche sur les sites d'exploitation et de transformation du minerai de fer.

Des chantiers de fouilles ont eu lieu sur la dalle à empreintes de pas fossilisés de Saignon, à Manosque afin d'extraire de sa gangue un sirénien du miocène et encore sur les gisements de Céreste. D'autres doivent nécessairement être organisés, afin de permettre une étude précise et complète de ces niveaux.

Des collections sont rassemblées à la maison du Parc, provenant de dons, de legs, de mise en dépôt. Des inventaires photographiques sont réalisés pour constituer une banque de données des espèces fossiles du Luberon. Toutes ces actions doivent se poursuivre et surtout se développer.

Du point de vue de la recherche fondamentale, nous l'avons présenté précédemment, les études sur le Luberon se sont succédées depuis plus d'un siècle. Certains sujets sont relativement

Photo T. Stachlé.

Fig 12 - Grenouille fossile des calcaires en plaquettes de l'Oligocène (- 30 millions d'années) de Viens.

bien connus, d'autres, plus anciens, mériteraient d'être révisés ou approfondis. Citons trois exemples.

Les vertébrés fossiles des calcaires en plaquettes, autres que les poissons (grenouilles, oiseaux, chauves-souris...), ont été très peu étudiés.

On s'interroge encore sur la véritable raison du feuilletage particulier de ces calcaires en plaquettes de l'oligocène.

Enfin, les gisements historiques de la Débruge et de l'Aumane n'ont plus été l'objet de fouilles scientifiques depuis le siècle dernier.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

CHRISTOL J. de, 1832, Description du genre *Hipparion*, *Annales des sciences et de l'industrie du midi de la France*, Marseille, vol. 1, p. 180.

CLAUZON G., 1974, Quel âge le Luberon a-t-il ?, *Études Vaclusiennes*, N° 11, Janvier-Juin 1974, pp. 1-6.

CLAUZON Georges, 1979, Le canyon messinien de la Durance (Provence, France) : une preuve paléogéographique du bassin profond de dessiccation, *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeœcol.*, n° 29, 1/2, pp. 15-40.

CLAUZON G., 1984, Évolution géodynamique d'une montagne provençale et de son piémont : l'exemple du Luberon (Vaucluse, France), *Revue de Géographie des Pyrénées et du sud-ouest*, vol. 1, pp. 427-442.

CLAUZON G., 1988, Évolution géodynamique pliocène du bassin de Cucuron/Basse-Durance (Provence, France) : une mégaséquence de comblement d'une ria méditerranéenne consécutive à la crise de salinité messinienne, *Géologie Alpine*, Mémoire hors-série, n° 14, pp. 215-226.

D'ORBIGNY, A., 1840, *Paléontologie française. Terrains crétacés. I Céphalopodes*, Paris, 662 p..

DEMATHIEU G., GINSBURG L., GUERIN C. et TRUC G., 1984, Étude paléontologique, ichnologique et paléoécologique du gisement oligocène de Saignon (bassin d'Apt, Vaucluse), *Bulletin du muséum d'histoire naturelle*, Paris, 4, 6, C, 2, pp. 153-183.

DEPERET C., 1893, Sur la classification et le parallélisme du système miocène, *Bulletin de la société géologique de France*, Paris, t. 3, n° 21, pp. 170-266.

DESTOMBES J.-P., 1962, Description géologique du bassin oligocène de Manosque-Forcalquier (Luberon oriental), *Bulletin du Service de la Carte Géologique de France*, N° 266, T. LVIII.

FABRE J.-H., 1914, Vorweltliche Insekten. Bilder aus der Insektenwelt, 3. Reilhe ; Stuttgart (Franckh). (autorisierte Übersetzungaus : « Souvenirs entomologiques », « Mœurs des insectes » und « La Vie des insectes »).

GAUDANT J., 1978, Découverte du plus ancien représentant connu du genre *Esox* L. (Poisson, Téléostéen, Esocoidei) dans le stampien moyen du bassin d'Apt (Vaucluse), *Géologie Méditerranéenne*, Marseille, t. 5, n° 2, pp. 257-268.

GAUDANT J., 1978, Sur une nouvelle espèce de poisson téléostéen cyprinodontiforme de l'oligocène des environs de Manosque (Alpes-de-Haute-Provence), *Géologie Méditerranéenne*, Marseille, t. 5, n° 2, pp. 281-290.

GAUDRY A., 1873, *Animaux fossiles du Mont Leberon (Vaucluse), Étude sur les vertébrés*, Paris, F. Savy Édit, 112 p..

GERVAIS P., 1846, Observations sur les différents mammifères fossiles du midi de la France, *Annales de Sciences Naturelles*, 3e série, tome V, p. 257.

GIGOT P., 1975, Les klippes sédimentaires et les mégabrèches associées du bassin continental oligocène de Manosque-Forcalquier, in *IX*e *Congrès International de Sédimentologie*, Nice, Thème 4, pp. 147-162.

GOGUEL J., 1932, Description géologique du Luberon, *Bulletin du service de la carte géologique de France*, t. 36, vol. 186, pp. 1-74.

GRAS S., 1862, *Description géologique du département de Vaucluse*, F. Savy Édit., Paris, 438 p..

GUERIN C. et MEIN P., 1971, Les principaux gisements de mammifères miocènes et pliocènes du domaine rhodanien. Documents du laboratoire de géologie de l'Université de Lyon, H.S., *5e congrès international du néogène méditerranéen*, pp. 131-170.

MEIN P. et MICHAUX J., 1979, Une faune de petits mammifères d'âge turolien moyen (miocène supérieur) à Cucuron (Vaucluse) ; données nouvelles sur le genre *Stephanomys* (Rodentia) et conséquences stratigraphiques, *Géobios*, Lyon, t. 12, n° 3, p. 481-485.

KILIAN W. et LEENHARDT F., 1890, Note sur les sables de la vallée d'Apt, *Bulletin de la société géologique de France*, t. 2, n° 16, pp. 255-269.

KILLIAN W., 1887, Système crétacé, *Annale géologique universitaire*, n° 3, pp. 299-356.

KILIAN W., 1888, *Description géologique de la Montagne de Lure (Basses-Alpes)*, Thèse Sciences, Éd. Masson, Paris, 1889, 458 p..

MASSE J.-P., 1976, *Les calcaires urgoniens de Provence (valanginien - aptien inférieur) Stratigraphie, Paléontologie, les environnements et leur évolution*, Thèse Sciences, Aix-Marseille II, Marseille, 3 t., 445 p..

NEL A., 1984, Sur la présence du genre *Lithymnetes* Scuder dans le bassin stampien d'Apt-Céreste (Vaucluse - Alpes-de-Haute-Provence) (Orthoptera, Locustidae), *L'entomologiste*, t. 40, n° 4, pp. 165-168.

NEL A., 1985, Sur la présence d'un coléoptère Mordellidae fossile dans les calcaires stampiens de Céreste (Alpes-de-Haute-Provence), *L'entomologiste*, t. 41,n° 3, pp. 119-121.

NEL A., 1986, Sur la présence du genre *Aeshna* Fabricius, 1775, dans les calcaires stampiens de Céreste (Odonata,Aeshnidae). *L'entomologiste*, t. 42, n° 4, pp. 195-198.

NEL A., 1987, Sur la présence du genre *Carabus* L., 1758, dans les calcaires du Stampien de Céreste (Alpes-de-Haute-Provence) (Coleoptera, Carabidae), *L'entomologiste*, t. 43, n° 5, pp. 243-246.

NEL A., 1987, Sur une espèce nouvelle d'Aeshnidae du Stampien supérieur du Bois d'Asson (Manoque, Alpes-de-Haute-Provence), *L'entomologiste*, t. 43, n° 6, pp. 321-323.

NEL A., 1987, Sur une nouvelle espèce fossile du genre *Lestes* Leach, 1815, du calcaire stampien de Céreste (Alpes-de-Haute-Provence) (Odonata, Lestidae), *L'entomologiste*, t. 43,n° 2, pp. 113-116.

OUSTALET, E., 1874, *Recherches sur les insectes fossiles des terrains tertiaires de France*, Thèse, Paris.

ROCH E, 1971, Géologie du Pays d'Apt, *Bulletin du Bureau de recherches géologiques et minières,* Orléans, 2e série, Section IV, n° 3 et 4, p. 29-114.

SAPORTA G. de, 1862, Études sur la végétation du sud-est de la France à l'époque tertiaire, *Annales de Sciences Naturelles - Botanique*, 4e série, t. XVI, p. 309 et t. XVII, p. 191.

SAPORTA G. de, 1891, Recherches sur la végétation du niveau aquitanien de Manosque, *Mémoires de la Société géologique de France*, Série 4, t. II et t. III.

SAUVAGE M.-E., 1880, Notices sur les poissons tertiaires de Céreste (Basses Alpes), *Bulletin de la Société Géologique de France*, t. 3, n° 8.

SILVESTRE J.-P., 1977, *Étude hydrogéologique de la montagne du Luberon (Vaucluse) ou contribution à la connaissance de l'aquifère de la Fontaine de Vaucluse*, Thèse, Université d'Aix-Marseille I, 259 p..

SUDRE J., 1978, Les Artiodactyles de l'éocène moyen et supérieur d'Europe occidentale ; systématique et évolution, *Mémoires des Travaux EPHE*, t. 1, pp. 1-229.

SUDRE J., 1986, Le genre *Bachitherium* Filhol 1882 (Mammalia,Artiodactyla), diversité spécifique, phylogénie, extension chronologique,. *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences,* Paris, t. 2, 303, (8), pp. 749-754. THEOBALD N. et PITON L., 1937, Les poissons tertiaires de Céreste, *Bulletin de la Société géologique de France*, t. 5, n° 7.

TRIAT J.-M. et TRUC G., 1975, La surface à *Microcodium* ; nature et origine de ces organismes, in *IXe Congrès International de Sédimentologie*, Nice, Thème 4, pp. 18-23.

TRIAT J.-M., 1979, *Paléoaltérations dans crétacé supérieur de Provence rhodanienne*, Thèse, Marseille, 2 vol., 313 p..