Description géologique du bassin oligocène de Manosque-Forcalquier (Luberon oriental)

Jean Paul Destombes

▶ **To cite this version:**

Jean Paul Destombes. Description géologique du bassin oligocène de Manosque-Forcalquier (Luberon oriental). 1962. insu-00904953

HAL Id: insu-00904953
https://insu.hal.science/insu-00904953

Submitted on 15 Nov 2013

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE

R. BARBIER

BULLETIN
DU SERVICE
DE LA CARTE
GÉOLOGIQUE
DE LA FRANCE

DESCRIPTION GÉOLOGIQUE DU BASSIN OLIGOCÈNE DE MANOSQUE-FORCALQUIER (Luberon oriental)

par

Jean-Paul DESTOMBES

N° 266 - TOME LVIII

LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE CH. BÉRANGER
Paris : 15, rue des Sts-Pères - Liège : 17, Bd de la Sauvenière

1962

MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE

BULLETIN
DU SERVICE
DE LA CARTE
GÉOLOGIQUE
DE LA FRANCE

DESCRIPTION GÉOLOGIQUE DU BASSIN OLIGOCÈNE DE MANOSQUE-FORCALQUIER (Luberon oriental)

par

Jean-Paul DESTOMBES

N° 266 - TOME LVIII

LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE CH. BÉRANGER
Paris : 15, rue des Sts-Pères - Liège : 17, Bd de la Sauvenière

1962

© Librairie Polytechnique Ch. Béranger, 1962

DESCRIPTION GÉOLOGIQUE DU BASSIN OLIGOCÈNE DE MANOSQUE-FORCALQUIER (LUBERON ORIENTAL)

PAR

JEAN-PAUL DESTOMBES
Docteur de l'Université.
Ingénieur-Géologue au B. R. G. M.
Collaborateur adjoint
au Service de la Carte Géologique de la France.

INTRODUCTION

L'interprétation des contours des feuilles au 50.000e de Reillanne et de Manosque, destinées à remplacer une partie de la feuille de Forcalquier au 80.000e, nécessite une monographie descriptive détaillée se rapportant spécialement à l'Oligocène.

La région comprise entre Apt à l'W et Manosque et Forcalquier à l'E a constitué en effet, pendant tout l'Oligocène, un bassin de subsidence laguno-lacustre très particulier, à proximité immédiate des Alpes alors dans leur phase précoce de surrection. Ce bassin est actuellement déformé en un vaste synclinal appuyé au N sur la montagne de Lure et plissé au S en anticlinal supporté latéralement par un axe crétacé.

Tous les problèmes géologiques propres à ce bassin sont loin d'être résolus, mais les dépôts ligniteux, bitumineux, salifères et sulfureux qu'on y rencontre ont fait l'objet, depuis vingt ans, de recherches telles qu'on a pu circonscrire assez précisément leur extension, qui paraît bien étroitement liée à celle de faciès particuliers du bassin oligocène. D'autre part, les différentes recherches, sondages et travaux miniers, destinés à la reconnaissance de ces différentes substances ainsi qu'à celle des hydrocarbures

liquides et du sel gemme, ont révélé d'intéressantes coupes, restées jusqu'ici en grande partie inédites, coupes qui précisent certaines formes de structures difficiles à interpréter sur la base des seuls affleurements.

Si, à l'échelle du 80.000e ou même du 50.000e, les structures paraissent simples, les levés au 20.000e et aussi à l'échelle minière amènent dans certains secteurs de sérieuses difficultés d'interprétation dues notamment :

— à des disharmonies entre assises de comportement mécanique très différent (gypse, marne, calcaires en plaquettes) ;

— à la répétition, sur une même verticale, de couches de même nature (calcaires en plaquettes pratiquement sans fossiles utilisables) ;

— à de véritables décoiffements de sommets de collines sur des accidents importants qui en cachent la continuité ;

— au diapirisme du salifère, de découverte récente.

C'est en faisant la part de chacune de ces anomalies et en suivant pas à pas les différentes assises avec le maximum de repérage lithologique que la structure d'ensemble a pu être débrouillée suivant un schéma qui sera proposé.

Sources bibliographiques.

Cette monographie prend place à la suite de nombreuses études régionales antérieures dont les deux plus importantes, pour notre objet, datent de l'entre-deux-guerres.

L'une est celle de M. Gignoux et L. Moret : *Structure de l'anticlinal de Volx, et des bassins oligocènes de Manosque et de Forcalquier* (1930). Cette étude est centrée sur les liens que présentent les différentes roches ligniteuses et bitumineuses régionales entre elles ; elle comporte de nombreuses coupes stratigraphiques de détail, des coupes structurales et une carte au 100.000e.

L'autre est la *Description géologique du Luberon* de J. Goguel (1932) : Luberon crétacé à l'W, Luberon oligocène à l'E. Les perspectives structurales qui y sont schématisées pour le socle crétacé donnent la clé de bien des interprétations relatives à la tectonique de l'Oligocène. Je suis heureux de remercier ici M. J. Goguel de l'aide qu'il m'a apportée au cours de cette étude, entreprise sur ses conseils.

On trouvera dans le second de ces ouvrages les références bibliographiques les plus nombreuses sur la région considérée.

Par ailleurs, l'étude de l'extension et des réserves de lignite et de schistes bitumineux, la recherche de soufre et, plus récemment, celle d'hydrocarbures liquides ont fait l'objet de rapports inédits qui ont pu être utilisés ici [1]. Enfin les archives du Service des Mines de Marseille et celles des

[1] Les documents relatifs à la recherche du sel gemme sont entièrement inédits (archives B. R. G. M.).

concessionnaires ont pu être consultées. J'exprime ici ma vive gratitude à tous ceux qui m'ont permis d'exploiter ces documents.

Limites de l'étude.

Limites géographiques. — Les caractères constants, épaisseurs exclues, de toutes les assises de l'Oligocène entre Apt à l'W, et Manosque, Forcalquier et la Durance à l'E permettent de circonscrire assez précisément le bassin subsident. Ces assises passent latéralement, très rapidement, vers l'E et vers le S à des faciès entièrement détritiques qui paraissent compréhensifs durant tout l'Oligocène et où le repérage lithologique n'est plus possible (fig. 1).

Limites stratigraphiques. — Elles ont été prises, à la base, au toit de l'Éocène fossilifère (Ludien) et, au sommet, à la molasse marine burdigalienne, transgressive et fossilifère.

C'est entre ces deux limites stratigraphiques bien nettes, dans l'ensemble du territoire délimité ci-dessus, qu'a régné un climat généralement humide et chaud, favorable à la prolifération organique, probablement surtout végétale et bactérienne. Grâce à une subsidence localement très énergique, l'Oligocène entier mesurant plus de 1.500 m à Manosque [1], de nombreuses couches de charbon, des séries entièrement bitumineuses, des faisceaux solfifères et des évaporites ont pu s'enfouir rapidement et nous avoir été sauvegardés localement.

La composition du Crétacé, socle de notre bassin, n'entrera ici que pour mémoire et en fonction de celle des conglomérats de base de l'Oligocène qui lui ont emprunté ses éléments. Le rocher de Volx, dont le méridien coïncide avec la limite orientale de notre étude, est complexe ; il est bordé d'écailles de Cénomanien et probablement d'Éocène qui l'ont flanqué lors des mouvements pyrénéens-provençaux.

Enfin, *toute la série oligocène est plus ou moins bitumineuse*, c'est un de ses dénominateurs communs et le rappel n'en sera fait qu'à l'occasion de bancs localement plus riches, ou particuliers.

Plan de l'étude.

a) La plus importante partie de cette étude sera consacrée à *la description stratigraphique des différentes assises du bassin.* Elle sera basée sur des coupes d'affleurements ainsi que sur celles de sondages de reconnaissance. La très grande variation de puissance de l'Oligocène du N au S et de l'E à l'W, avec sa plus grande épaisseur immédiatement au N de Manosque, obligera à décrire séparément les trois panneaux individualisés par

[1] Et peut-être le double si on y incorpore le sel gemme et son mur, rencontrés à la base, en sondages.

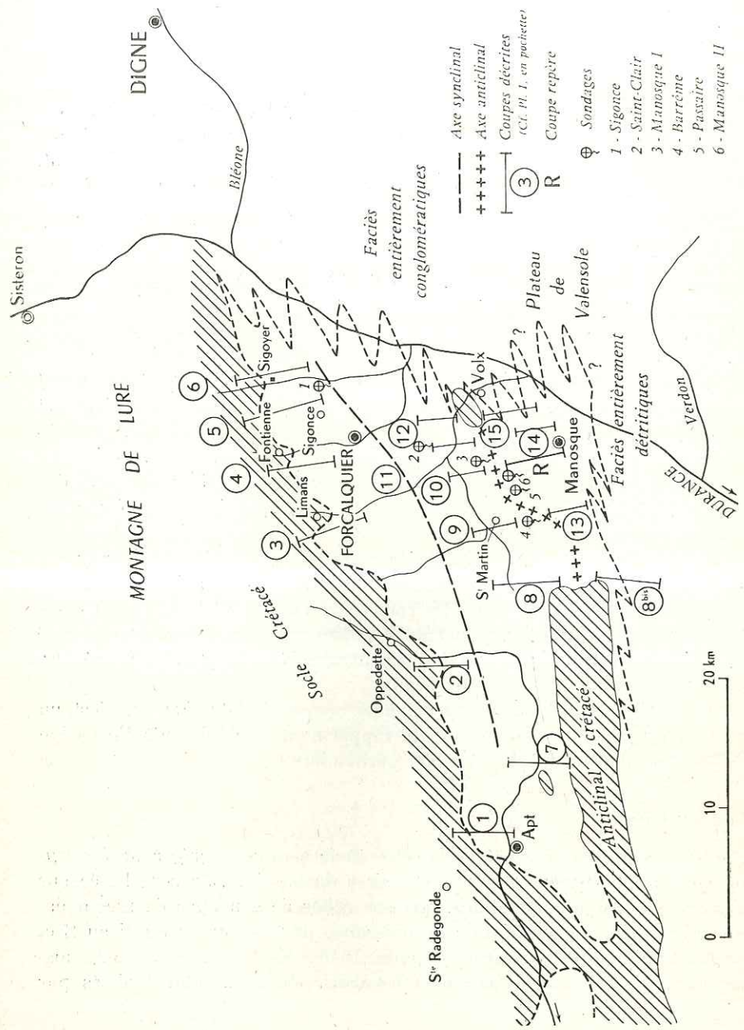


Fig. 4. — Extension du bassin oligocène d'Apt-Manosque-Forcalquier.

la surrection anticlinale et le flanc N du synclinal de Forcalquier, puis à comparer leurs compositions respectives.

Nous verrons notamment comment l'existence des substances recherchées est généralement étroitement contrôlée par les faciès caractéristiques des différents niveaux de l'Oligocène.

La description détaillée des observations sera étayée ou même remplacée, chaque fois que cela sera possible, par leur figuration.

b) Dans une deuxième partie, j'examinerai *les différentes déformations que ces assises ont subies*, en tenant le plus grand compte des coupes fournies par les recherches : sondages et travaux miniers.

c) En complément de l'exposé général, une annexe, d'ordre essentiellement stratigraphique, montrera *les conditions de gisement et la répartition des substances utiles*.

CHAPITRE PREMIER

STRATIGRAPHIE

Du choix d'une coupe de référence dépendent la nature et le nombre des facteurs entrant dans la discussion, notamment sur la forme du bassin ou sur l'origine des apports à un moment donné de la sédimentation. On peut se donner de décrire la coupe la plus complète, soit en niveaux, soit en puissance totale, facteurs d'ailleurs quelquefois contradictoires, ou encore celle qui renferme aux affleurements le plus de niveaux exploités ou caractéristiques.

De toute façon, c'est un parti pris subjectif dont les conséquences devraient se réduire dans la mesure où toutes les coupes régionales qui lui seront comparées auraient été analysées avec le même soin.

Malgré toutes les précautions, malgré la qualité des fonds topographiques et celle des photographies aériennes, il est évident que ce travail d'analyse n'a pas été pratiqué partout dans les mêmes conditions, ne serait-ce que par l'intervalle de temps qui a séparé les premières observations des dernières, l'œil de l'observateur ayant varié entre les deux époques, distantes, en ce qui me concerne, d'une quinzaine d'années.

Quoi qu'il en soit, la coupe la plus classique et la plus connue, parce que la plus facile à établir, est visible sur la route de Manosque au col de la Mort d'Imbert, axe de l'anticlinal méridional. Elle sera adoptée ici et complétée, comme coupe de référence, par celle des couches inférieures des « calcaires en plaquettes » (Sannoisien inférieur), à 3 km à l'W, sans pouvoir atteindre toutefois le socle crétacé du « fond du bassin ».

Ce « socle » n'est connu qu'aux affleurements crétacés latéraux, de Volx à l'E et de la Bastide-des-Jourdans à l'W, ou au N du bassin appuyé sur la Montagne de Lure. Tout permet de penser que les couches qui sont ici transgressives sur le Crétacé sont superposées dans le synclinal à d'autres couches plus profondes (ou même à des assises antérieures à l'Oligocène). Les bassins subsidents révèlent en effet, de quelques manières, des surprises, et en général dans le sens d'une augmentation notable des épaisseurs lorsqu'on peut en atteindre le fond par sondage. Ainsi, malgré les quelques importantes données de sondages effectués vers le centre du

bassin, la coupe de référence sera incomplète par la base, ces sondages n'ayant pas touché le socle crétacé. Par contre, les levés faits le long des bordures crétacées septentrionales correspondent à des coupes complètes.

La discussion restera donc ouverte sur la composition de l'Oligocène de base et sur la nature de son mur au centre du synclinal de Forcalquier avant qu'un sondage profond ne nous ait éclairé sur ce point.

Pour que l'exposition de ce chapitre ne soit pas fastidieuse, la méthode employée ici sera essentiellement graphique, la représentation de la composition lithologique des différents niveaux se faisant par des figurés, et l'échelle utilisée sera la plus petite possible compatible avec la représentation de certains niveaux relativement peu épais, mais essentiels. Des coupes de détail pourront compléter les coupes d'ensemble lorsque cela paraîtra nécessaire. Il aurait été tout aussi fastidieux de figurer le détail de toutes les alternances calcaires-marnes que comportent les différentes assises ; lorsqu'un ensemble est à dominantes de calcaires en plaquettes, par exemple coupé de marnes, même sableuses, ce qui est fréquent, on indiquera : *calcaires en plaquettes* ; lorsqu'ils seront massifs, sans marnes interposées, la figuration l'indiquera. Les désignations des différentes assises de la carte géologique, Forcalquier au 80.000e (2e éd.), ont été maintenues ici, comme plus commodes, en l'absence de faunes nouvelles, caractéristiques.

I. — Coupe de l'Oligocène, de Manosque au col de la Mort d'Imbert

(feuille 20.000e, Manosque 1) (Planche 2, en pochette).

Sous la molasse miocène, les calcaires de Reillanne, bien développés entre Céreste et Forcalquier, sont ici inapparents. Il est vraisemblable qu'ils sont représentés latéralement par les formations du sommet de la coupe de la carrière de la Tuilerie de Manosque, décrite ci-dessous.

A. — *Aquitanien.*

Marnes de Viens. — Marnes sableuses avec quelques lits de calcaires en plaquettes, marnes bleues plastiques, exploitées. Dans la moitié supérieure, faisceau de lignite dit « de Bus » sur le flanc S, ce faisceau est ici inexploité ; il se parallélise avec le faisceau de Sube, exploité sur le flanc N du synclinal dans la même assise, au sein de la concession de Sigonce. Ces marnes de Viens sont bien visibles dans la carrière de la Tuilerie de Manosque ($x = 876{,}4$; $y = 177{,}4$).

Épaisseur à Manosque : entre le toit des calcaires massifs de Vachères, comportant des lits de marnes riches en marcassite, et la molasse miocène fossilifère : 220 m ($\pm$ 10 m).

B. — ***Stampien.***

1. **Calcaires de Vachères.** — Important ensemble essentiellement calcaire, en gros bancs, en plaquettes ou en feuillets plus ou moins bitumineux, épais de 350 m environ.

L'ensemble supérieur est formé de gros bancs massifs, de 0,50 à 2 m d'épaisseur, coupés par des marnes grises peu épaisses ; on y trouve des fossiles d'eau douce : *Limnea pachygaster*, *Potamides margaritaceus*, *Planorbis cornu*. Épaisseur 110 m.

L'ensemble moyen, calcaires marneux et calcaires feuilletés, correspond en général à une morphologie déprimée. Épaisseur 125 m.

L'ensemble inférieur, calcaires en plaquettes avec schistes bitumineux et toit du complexe à lignite (couches 19 à 22 de Manosque), a une épaisseur de 125 m.

La coupe de détail est fournie par le travers-bancs dit « de la gare », servant de voie de roulage aux lignites exploités à la Mine de Gaude (Mine de Manosque) ; c'est celle de la planche 2. Le faisceau des schistes bitumineux est présent, mais peu épais ici où il n'a pas fait l'objet de recherches ; j'en reparlerai ultérieurement.

2. **Marnes et grès à lignites de Manosque et de Bois d'Asson.** — Complexe essentiellement marno-sableux et gréseux, par endroits conglomératique. Rares bancs calcaires, surtout confinés dans la partie supérieure. Faisceau de lignites gras, couches 7 à 18 de Manosque.

Les teintes des marnes sableuses sont toujours plus rutilantes que celles des autres ensembles marneux et notamment de celles de la série marneuse insérée dans les calcaires en plaquettes. Épaisseur : 350 m.

Un seul niveau-repère de marnes rouges, sableuses, épais de quelques mètres, existe dans ce complexe ; il correspond à des lits gypseux sur la retombée N, près de Marcaud ; il est bien reconnaissable encore au N de Montfuron. Ce niveau est situé à peu près au tiers supérieur de la série.

3. **Calcaires en plaquettes supérieurs.** — Toujours composés de trois termes : un terme calcaire au sommet (*a*) et un autre à la base (*c*), encadrant une série marno-gréseuse (*b*).

On y trouve encore des lignites et le gypse y est fréquent à la base des deux masses calcaires. Le soufre a été exploité à Apt, à la base de la masse inférieure « *c* ». Ces trois ensembles ont, sur le versant S, de Manosque, une épaisseur totale du même ordre que celle des deux séries précédentes (350 m), se partageant entre les trois termes :

a) partie supérieure ;
b) marnes et grès moyens ;
c) calcaires inférieurs dits « petits cubes ».

a. *Partie supérieure calcaire.* — C'est la partie la plus riche en calcaires : calcaires en plaquettes typiques, de quelques centimètres à quelques décimètres d'épaisseur, séparés par des délits de marnes brunes. On trouve vers la partie moyenne un ensemble plus marneux de 8 m de puissance, au sein d'un petit faisceau de lignite (base du faisceau gras de Manosque, couches 1 à 6). Les calcaires sont de plus en plus chargés vers la base en cargneules gypseuses. La base même est constituée presque uniquement de cargneules et de marnes bitumineuses. Les cargneules remplacent d'anciens lits salifères (anhydrite ou gypse), après un processus qui tient peut-être de l'écoulement mais certainement du foisonnement. Épaisseur totale 130 m.

b. *Les marnes moyennes.* — Épaisses d'environ 90 m à Manosque, elles alternent avec des grès brun sépia, très chargés en muscovite. Quelques bancs de calcaires feuilletés peuvent servir de repère ; les lignites y sont rares.

Au sommet, à deux mètres des dernières cargneules, un banc de calcaires marneux, en feuillets, de 2 m de puissance, montre des polygones de dessiccation (*banc* p).

A 40 m du sommet, un banc de même nature comporte de véritables sols de végétation fossile avec *septaria* (*banc* m).

A 20 m de la base, un banc de calcaire marneux blanc, souvent papyracé, est épais de 4 m et riche en Poissons d'eau douce (*Smerdis macrurus* Ag.).

L'extension de ce banc [1], avec ce caractère paléontologique très particulier, jusqu'à Passaire au N et jusqu'à la métairie des Rochers à l'W, en fait un repère précieux probablement moins local que les deux précédents (*niveau S*).

c. *Calcaires « petits cubes ».* — Ce sont des calcaires en plaquettes d'un type semblable au type *a*, mais qu'on trouve le plus souvent ondulés et cassés en fragments parallélépipédiques aux affleurements. Ceci tient certainement pour une grande part aux poussées répercutées sur cette face inférieure des calcaires en plaquettes par les gypses et anhydrites sous-jacents. Le relevé de la coupe de détail de ces calcaires a été possible grâce au sondage carotté de Barème.

Sur la route de Manosque, on distingue deux parties :

— la partie supérieure, épaisse de 60 à 65 m, ne comprend que des calcaires en fines plaquettes avec quelques délits de marnes sableuses rousses ;

— la partie inférieure est, comme la base de l'ensemble des plaquettes « *a* », constituée par des alternances rythmiques (0,30 à 0,50 chacune) de marnes claires ou blanches, finement feuilletées, de schistes bitumineux et de cargneules gypseuses, en lits de 1 à 10 cm, avec de rares calcaires

[1] La faune et surtout la flore du Stampien de ce bassin ont été décrites en détail par de Saporta (1867).

francs, mais avec une épaisseur beaucoup plus importante (60 m). La base de ce faisceau gypso-bitumineux correspond stratigraphiquement au gisement de soufre des Tapets, à Apt, dont la coupe sera donnée plus loin. En profondeur, le sondage de Barème a reconnu les marnes et les schistes bitumineux, mais les cargneules sont remplacées par l'anhydrite ; ceci prouve que les cargneules de surface proviennent ici de l'hydratation de l'anhydrite profonde et non d'un autre processus de bréchification. On ne rencontre ce type de cargneules « litées » que dans le Stampien.

C. — *Sannoisien.*

1. **Marnes et gypses de la Mort d'Imbert.** — Ensemble généralement très bien défini par deux bancs de marnes plus ou moins sableuses, *rouges*, encadrant des marnes bleues exploitées pour tuiles. La couleur rouge se retrouve *avec la même intensité dans les sondages*, alors que la couleur rouge de surface peut correspondre dans certains cas à une peroxydation superficielle de la pyrite (Trias notamment). Ce repère est un des meilleurs de la région et il est double (double banc de marnes rouges), alors que le « rouge » inférieur à ces formations ne comprend, comme nous le verrons, qu'une seule bande colorée.

A la Mort d'Imbert, l'épaisseur de cette trilogie marneuse rouge, bleue, rouge est de 30 m (5 m pour le rouge supérieur ; 10 m de marnes bleues, 15 m de marnes rouges inférieures), alors qu'au sondage de Barème, l'ensemble mesure 40 m environ. Le gypse n'est pas très abondant au col de la Mort d'Imbert, mais il a été exploité en carrière souterraine à 2 km à l'E, en bancs épais (10 à 15 m), situés stratigraphiquement à quelques mètres au-dessus de la bande supérieure des marnes sableuses rouges. Aucun de ces niveaux rouges n'a paru, aux affleurement ou aux sondages, être de nature bitumineuse. Au toit du gypse de cette carrière, il existe trois niveaux de brèches, épais au total de 5 m environ, dans 10 m de sédiments calcaréo-bitumineux ; ce sont manifestement des *brèches de foisonnement.*

2. **Calcaires en plaquettes inférieurs.** — C'est le complexe le plus différencié de la série. Des calcaires, souvent *papyracés aux affleurements* (massifs en sondage), occupent la partie supérieure sur quelques dizaines de mètres d'épaisseur. On y trouve en majorité des marnes, des grès, des gypses et des schistes bitumineux, ainsi qu'une nouvelle formation marno-sableuse rouge. La coupe de détail peut être observée notamment, au N du col de la Mort d'Imbert, et sous la ruine de Pellegrin ($x = 874{,}5$; $y = 179$) jusqu'au cœur de l'anticlinal. Le sondage de Barème (1958) a recoupé la partie supérieure de cette série.

Du sommet vers la base, on trouve, sous les marnes rouges « bifides » :

— Zone de calcaires feuilletés à papyracés, violacés et verdâtres, dans des marnes ocre jaune . . . . . 40 m
— Zone de calcaires très asphaltiques en gros bancs (3 bancs, le banc

supérieur B étant le plus épais : 5 à 8 m), dans des marnes sableuses à poupées calcaires . . . . . 60 m
— Zone de marnes sableuses, de grès micacés bitumineux et de schistes bitumineux (gros banc de grès repère aux affleurements, à 5 m au toit du « rouge » ci-dessous) . . . . . 20 m
Repère inférieur, marnes sableuses rouges alternant avec des grès bitumineux. 10 m
— Marnes ocre jaune, sableuses et grès tendres . . . . . 50 m
— Marnes à plaquettes ferrugineuses, rosées . . . . . 10 m
— Marnes bleues, schisteuses, à lits finement gréseux; épaisseur supérieure à . . . . . 30 m

En résumé : La série de sédiments lacustres oligocènes, visible au N de Manosque, sous la molasse burdigalienne, a une puissance qui dépasse 1.500 m. Elle se compose aux affleurements, d'une alternance de calcaires plus ou moins feuilletés et papyracés et de marnes sableuses, ainsi que de grès plus ou moins grossiers ; cette série est riche en faisceaux de lignites, en schistes bitumineux, en couches de gypse et en cargneules.

A défaut de bons fossiles, *il existe de sérieux repères lithologiques* ; ce sont, sous la molasse fossilifère :

La succession des 3 assises du Stampien, épaisses chacune de 300 à 350 m :
— calcaires en gros bancs (sommet) et feuilletés (base) de Vachères ;
— marnes et grès de Manosque et de Bois d'Asson ;
— calcaires en plaquettes « supérieurs ».

Ces derniers sont eux-mêmes composés de trois assises ; deux assises calcaires (« *a* » et « *c* ») encadrant une assise marneuse « *b* » ; chacune épaisse d'environ 100 à 125 m à Manosque. La base des deux séries calcaires « *a* » et « *c* » contient aux affleurements des cargneules « litées » (lits anhydritiques et sondages), plus épaisses dans la partie inférieure « *c* » : 50 % de l'épaisseur totale. Celle-ci peut se nommer « petits cubes » en raison du débit parallélépipédique de ses bancs de plaquettes. Les marnes moyennes « *b* » de ces calcaires en plaquettes contiennent plusieurs bancs caractéristiques de calcaires feuilletés ou *papyracés blancs*, *non bitumineux*, peu épais, dont l'inférieur, situé à 20 m de la base, est riche en Poissons (*Smerdis macrurus* Ag.) ; on ne rencontre de cargneules « litées » que dans le Stampien.

Le Sannoisien comporte deux repères colorés très constants :

— un niveau supérieur de marnes rouges en deux bancs (« bifide supérieur ») et, à 100 m sous celui-ci, un autre niveau de marnes sableuses rouges *avec grès épais adjacents* (inexistants avec le « bifide supérieur ») ;

— des calcaires papyracés bitumineux violacés et verdâtres (aspect d'altération) ne se rencontrant pas ailleurs que dans le sommet du Sannoisien, sous le « bifide » supérieur ;

— des calcaires asphaltiques, en gros bancs, à 40 m sous le « rouge » supérieur, bifide.

II. — Variations latérales de la série oligocène.

Je vais examiner maintenant les variations latérales de cette série stratigraphique laguno-lacustre. Il m'a paru nécessaire de décrire en détail certaines régions particulières du bassin pour montrer comment les différents régimes sédimentaires ont pu varier au cours de l'Oligocène. L'occasion de certaines études de détail a souvent été fournie par les recherches (lignites, schistes bitumineux, soufre) plus ou moins connexes de la dernière grande crise économique (1940-1944), recherches aujourd'hui abandonnées pour la plupart et qui ne seront retenues ici que sous leur aspect purement stratigraphique.

Les assises oligocènes, de même faciès ou de faciès peu différents de ceux que nous avons vus précédemment à Manosque, peuvent s'étudier (planche 2, en pochette) :

— sur le flanc N du synclinal d'Apt-Forcalquier, entre Apt à l'W et la Durance à l'E (coupes 1 à 6) ;

— sur les deux flancs de l'anticlinal du Luberon, entre les mêmes méridiens (coupes 7 à 12, 8 *bis*, 13 à 15).

La comparaison des coupes entre elles permettra de proposer une esquisse paléogéographique de ce bassin aux différents époques de l'Oligocène.

A. — ***Flanc N du synclinal Apt-Forcalquier*** (planche 2, en pochette, coupes 1 à 6).

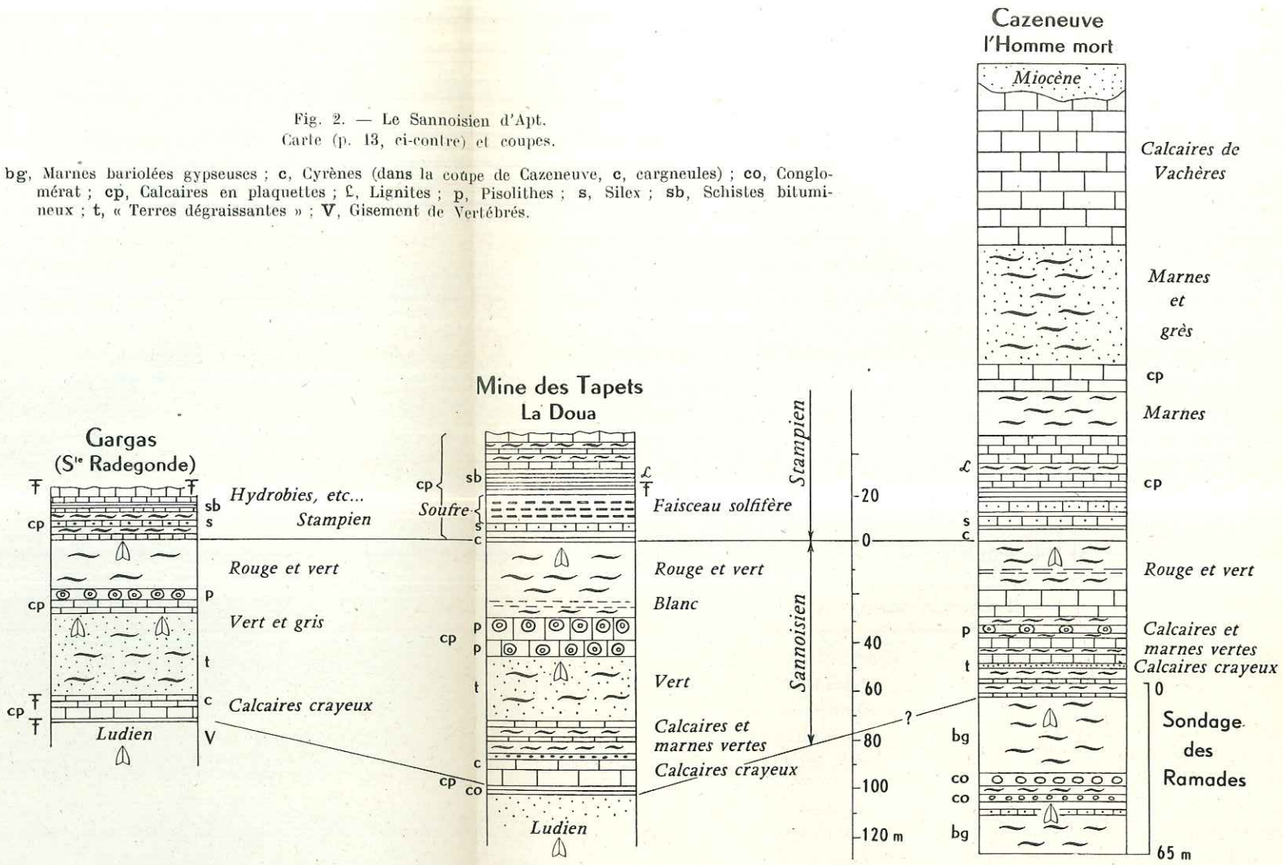
Sur la planche 2, j'ai schématisé les différentes coupes numérotées de 1 à 6 qu'on peut relever sur le flanc N du synclinal d'Apt-Forcalquier (bord N du bassin lacustre Apt-Forcalquier-Manosque), coupes appuyées sur le Crétacé de la Montagne de Lure (feuilles topographiques 20.000^{e} : Cavaillon 4 ; Reillanne 1 à 3 ; Sault 7, 8 ; Forcalquier 5, 6).

J'y ai ajouté pour comparaison, *à une échelle réduite de moitié*, la coupe de Manosque décrite précédemment.

D'Apt à l'W à Forcalquier à l'E, différents repères lithologiques permettent des comparaisons latérales ; mais, à l'E des exploitations de Sigonce jusqu'à la Durance, le faciès marno-sableux et conglomératique est prépondérant et il devient illusoire de vouloir paralléliser les assises de l'Oligocène entre elles. Rappelons que les fossiles d'eaux douces ou saumâtres, souvent abondants d'ailleurs, n'ont pas permis jusqu'ici d'attributions stratigraphiques valables. Le repérage paléontologique fera donc place le plus souvent à un essai de mise en équivalence lithologique des principales assises, méthode dont il ne faut pas surestimer d'ailleurs la précision. Sur la base de ces différentes coupes, dont le détail ne sera

Fig. 2. — Le Sannoisien d'Apt.
Carte (p. 13, ci-contre) et coupes.

bg, Marnes bariolées gypseuses ; **c**, Cyrènes (dans la coupe de Cazeneuve, **c**, cargneules) ; **co**, Conglomérat ; **cp**, Calcaires en plaquettes ; **ℓ**, Lignites ; **p**, Pisolithes ; **s**, Silex ; **sb**, Schistes bitumineux ; **t**, « Terres dégraissantes » ; **V**, Gisement de Vertébrés.



Carte géologique. — *Bulletin n° 266.*

donné que si besoin en était, la discussion des variations de composition des différents niveaux de l'Oligocène sera faite ici, niveau par niveau, ou par ensemble de niveaux, de la base au sommet.

1. **Ludien.** — Les lignites de la Débruge, situés au sommet des marnes bariolées de la partie moyenne de la colline-graben de Sainte-Radegonde près d'Apt, ont fourni des faunes de Vertébrés d'âge ludien [1]. On a donc l'âge du mur des calcaires en plaquettes qui coiffent cette colline et on peut considérer sans grand risque d'erreur que les marnes bariolées gypsifères d'Oppedette (coupe 2, planche 2), supportant des calcaires en plaquettes régionaux, sont également d'âge ludien.

L'extension orientale des affleurements du Ludien, avec ses gypses et ses marnes colorés, ne paraît pas dépasser de beaucoup le méridien d'Oppedette (coupe 2).

Par contre, le bassin gypsifère laguno-lacustre de l'Éocène supérieur s'étendait vers l'W et le NW : gypses de Mormoiron et de Mazan, datés par des faunes de Vertébrés, appuyés sur le socle crétacé des Monts de Vaucluse occidentaux.

Un sondage, effectué aux Ramades (4 km à l'E d'Apt ; en $x = 850$; $y = 180{,}2$), a reconnu, sous le Sannoisien (calcaires en plaquettes inférieurs), la composition du Ludien régional sur 60 m d'épaisseur : marnes bariolées et gypses avec deux conglomérats superposés (fig. 2, coupe de Cazeneuve).

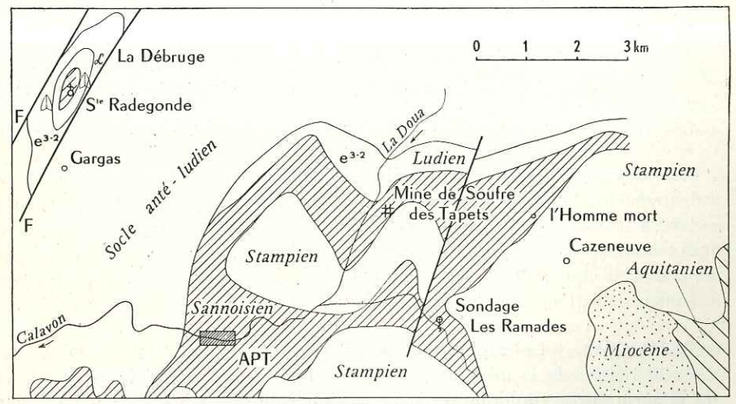


Fig. 2 *a*.

[1] La faune de la Débruge a été énumérée par Scipion Gras (1862) ; voir aussi de Saporta (1863, p. 38).

2. **Sannoisien.** — La 2e édition de la feuille de Forcalquier groupe dans cet étage l'ensemble des calcaires en plaquettes compris entre le Ludien et les gypses « de Gargas » et de la Mort d'Imbert. Sans aucune preuve paléontologique nouvelle, il paraît commode de conserver ce parti, mais en faisant débuter toutefois le Stampien aux calcaires en plaquettes supérieurs, en raison de leur transgressivité assez générale sur le Crétacé de l'axe anticlinal principal Luberon-Volx ; je laisserai donc dans le Sannoisien les niveaux gypseux et les marnes rouges, équivalents latéraux de ceux de la Mort d'Imbert de Manosque qui constituent un des meilleurs repères lithologiques régionaux, situés à la base de ces calcaires en plaquettes supérieurs transgressifs.

Les niveaux colorés et gypseux coiffant le Ludien du flanc N qui nous occupe actuellement ne s'étendent guère davantage à l'E d'Apt que le Ludien, c'est-à-dire jusqu'au méridien d'Oppedette. Dans la région d'Apt où ils sont les plus typiques (fig. 2), ils sont formés de calcaires à Cyrènes non bitumineux, blancs, crayeux, à silex rares, sableux ou caillouteux, surtout à la base. Ces calcaires forment deux corniches séparées par des marnes sableuses vertes, contenant vers leur partie supérieure le gypse de Gargas. Le banc supérieur contient deux niveaux de pisolithes. Cet ensemble est bien observable : à la colline de Sainte-Radegonde, sur les sables ocreux, crétacés, exploités, et les marnes à lignites du Ludien, dans les couches solfifères d'Apt, au mur des formations, ainsi qu'au ravin de la Doua. Les calcaires à Cyrènes et les marnes intercalées ont 55 m d'épaisseur à Sainte-Radegonde et 70 m au ravin de la Doua au NE d'Apt. A la Laye (coupe 3, planche 2), leur épaisseur se réduit à 12 m.

Les marnes rouges plus ou moins gypseuses superposées ont 20 à 30 m d'épaisseur à Apt et à Oppedette ; c'est ce niveau rouge qui, à Apt comme à Manosque, supporte la base du Stampien (calcaires *c* « petits cubes »).

En résumé, les formations attribuées ici au Sannoisien se composent de calcaires en plaquettes à Cyrènes, blancs, non bitumineux, et de marnes colorées, rouges ou vertes, plus ou moins gypseuses. Ce complexe est bien individualisé dans la région d'Apt mais ces caractères se perdent à l'E du méridien d'Oppedette (coupe 2, planche 2). L'épaisseur maximum de cet étage paraît se situer un peu à l'E d'Apt (fig. 2).

3. **Stampien** — Les recherches effectuées entre 1940 et 1946 au NE d'Apt, dans la région de la mine de soufre des Tapets, ont relevé la composition de la série stratigraphique de la formation solfifère. C'est en particulier le regretté D. Schneegans qui, en 1945, a reconnu la position stratigraphique du faisceau solfifère, à la base des calcaires en plaquettes supérieurs ; nous verrons ultérieurement, notamment dans la partie orientale du bassin, qu'ils marquent l'avènement d'un régime de sédimentation beaucoup plus

calcaire et bitumineux. Un schéma de la composition de la série solfifère est donné au chapitre III (fig. 12, page 66).

Des calcaires en plaquettes, des marnes et des grès et enfin les calcaires de Vachères donnent ici une trilogie correspondant au Stampien, en une alternance calcaire-marne qu'on peut suivre jusqu'à l'E du méridien d'Oppedette avec les mêmes caractères pétrographiques qu'à Manosque. L'épaisseur totale de ce Stampien dans la région comprise entre Apt et la Laye (coupe 3, planche 2) est d'environ 190 m à Apt-Cazeneuve, 170 m à Oppedette et ne dépasse guère 150 m au ravin de la Laye, en aval de Limans. Rappelons qu'à Manosque cet étage a plus de 1.000 m de puissance.

Plus à l'E (coupes 4 à 6, planche 2), les calcaires de Vachères paraissent encore individualisés par leurs bancs massifs jusqu'au sondage de Sigonce (coupe 5) où leur toit contient, comme aux affleurements de la « chaux », des nodules de marcassite [1] et où ils supportent un faisceau de lignite ; mais déjà à ce méridien l'ensemble du Stampien s'épaissit par des marnes sableuses intercalaires et des conglomérats intraformationnels et il serait illusoire, dans l'état actuel du repérage stratigraphique, de vouloir les authentifier plus à l'E. Par ailleurs, les coupes 5 et 6 ne permettent plus les assimilations stratigraphiques latérales du Stampien moyen et inférieur qu'on pouvait faire à Apt avec la coupe de référence de Manosque.

En résumé, le Stampien n'est bien caractérisé lithologiquement qu'à l'W du méridien de la Laye (coupe 3) ; il a, en tout état de cause, une épaisseur minimum au méridien du Beuveron (coupe 4) et se charge ensuite vers l'E en sédiments de plus en plus grossiers et épais.

4. **Aquitanien.** — C'est un régime de sédimentation nouveau qui apparaît à l'Aquitanien, dans la région centrale du flanc N du bassin. On y rencontre en effet un faisceau de lignites qui a été exploité à Sigonce, au toit des calcaires des Fours à Chaux de Sigonce.

La position stratigraphique de ce faisceau lignitifère a fait l'objet de discussions que je ne reprendrai pas ici. Elles ont été évoquées en leur temps par M. Gignoux et L. Moret (1930, p. 30) qui ont conclu à leur équivalence avec le faisceau avorté de lignites visible dans la carrière de la Tuilerie de Manosque au toit immédiat des calcaires de Vachères. C'est ce même faisceau avorté et inexploité qui a été recoupé par le grand travers-bancs de la gare de Manosque (planche 2), au toit des exploitations de lignites des calcaires de Vachères (Stampien supérieur). Il n'y a pas actuellement, faute de sondages profonds atteignant le Crétacé entre Sigonce et Manosque, d'autres justifications à cette attribution stratigraphique que leur position d'une part au mur des calcaires de Reillanne situés eux-

[1] Caractère semblable au toit des calcaires de Vachères à Manosque (carrière de la Tuilerie).

mêmes sous le Burdigalien fossilifère, et d'autre part au toit de calcaires qui sont en prolongement des calcaires typiques de Vachères, de cette localité où ils ont pris leur nom.

L'extension latérale de ce faisceau lignitifère est d'environ 10 à 12 km entre les ravins de la Laye à l'W et celui de Sigoyer à l'E. De part et d'autre de ces deux méridiens, les marnes de Viens, au toit des calcaires de Vachères, ne sont représentées que par des marnes, sables et conglomérats rutilants. Toutefois une veine de lignite exploitée à Saint-Martin-de-Castillon, au toit immédiat des calcaires de Vachères ($x = 855{,}7$; $y = 180{,}0$), paraît constituer le témoin le plus occidental du faisceau (coupe 7).

De très bonnes coupes enregistrées le long des ravins de la Laye, du Beuveron, du Lauzon et de Manus, ainsi que dans les exploitations de Sigonce et pour une part dans les petites exploitations artisanales qui ont existé pendant la dernière guerre, permettent de proposer un schéma synthétique [1] de ce faisceau de lignite visible aux affleurements de la région de Forcalquier.

Coupe de la Laye (coupe 3). — Entre le moulin de Peugeon ($x = 872{,}7$; $y = 197{,}7$) et Mane, une coupe comparable à celle d'Oppedette (coupe 2) montre, au-dessus de 30 m de calcaires en dalles tenant la place des calcaires de Vachères, des lignites irrégulièrement répartis dans un ensemble de calcschistes (base) et de marnes sableuses (sommet), épais au total de 170 m. Une meilleure coupe de la série de lignites peut se relever sous le talus W de la route montant du moulin de Peugeon à Forcalquier [2]. Elle montre la superposition de 3 groupes de lignites situés respectivement à 20,55 et 90 m du toit des calcaires de Vachères.

— 7 à 8 filets de lignite dans 12 m de calcschistes bitumineux : « faisceau de la Laye »;

— « couche de Mane », formée de 0,60 m de lignites (dont 2 lits de 0,25 m) dans plus d'un mètre de calcaires marneux;

— ensemble de 5 à 6 filets de lignite, au mur immédiat de calcaires marneux en plaquettes avec silex; ces derniers calcaires à silex se trouvent à environ 100 à 120 m de distance stratigraphique de la molasse burdigalienne. Des calcaires en feuillets et des calcaires « troués » à délits rosâtres (calcaires de Reillanne) les en séparent.

Coupe de Beuveron (coupe 4). — Le ravin du Beuveron, bordant à l'W la petite route de Fontienne à Forcalquier par la Rouyère montre la série superposée de trois niveaux de lignites :

— la recherche de la Rouyère ($x = 877{,}6$; $y = 194{,}8$), pointée sur la feuille de Forcalquier au 80.000e (2e éd.), se situe à environ 20 m au toit des calcaires francs, grumeleux (calcaires de Vachères), dans des calcaires marneux. On trouve, à 10 m de part et d'autre de la couche de la Rouyère, quelques mètres de schistes bitumineux. La coupe de la rive gauche (à l'E) est décalée vers le S par rapport à celle de la

[1] J'ai pu, en 1942, établir quelques-unes de ces coupes en compagnie de mon maître, M. P. Pruvost, à qui je dois une aide substantielle pour les assimilations stratigraphiques proposées dans cette discussion.

[2] A partir de la borne Forcalquier 4,200 km, vers le SE.

rive droite (à l'W) par une faille subméridienne à rejet E. Cette couche inférieure (la Rouyère) supporte ici deux autres couches ayant fait l'objet de reconnaissance dans les ravins de Bois-le-Roi montant vers le signal de Rocheruine (cote 893);

— « couche de Fontienne » qui a été exploitée en galerie; elle est située à 30 m au toit de la précédente, formée de nombreux filets, dont le plus épais, au toit, a 0,30 m de puissance et a été exploité. Des calcaires à silex coiffent, à 5 m sur cette dernière couche, l'ensemble de ce faisceau supérieur [1].

50 à 60 m de calcschistes (vers la base) et 30 m de marnes (soit au total environ 90 m) séparent ce toit de calcaires à silex des calcaires de Reillanne en bancs massifs.

Coupes dans la région de Sigonce (coupe 5). — Le faisceau lignitifère situé sous les calcaires de Reillanne paraît avoir son maximum de développement au méridien de Sigonce. De bonnes coupes sont données par le puits Saint-Étienne d'extraction et le puits « neuf », le ravin de Manus (ou de la Combe-d'Amour) et le sondage de Notre-Dame-du-Plan [2].

La couche exploitée à Sigonce était reconnue en 1947 sur environ 2 km d'extension E-W. :

— à 1.400 m à l'W du puits Saint-Étienne, elle a 0,95 m de puissance totale, dont environ 40 cm de « stériles » (nerfs) dans son épaisseur;

— au puits Saint-Étienne, elle a 1,10 m d'épaisseur, dont 90 cm de puissance utile;

— à 400 m à l'E du puits, son avilissement par épaississement des stériles inclus a déterminé son abandon (1,30 m de puissance totale).

La coupe du sondage exécuté en 1924 [3] au S de la mine ($x = 881{,}5$; $y = 194{,}05$) a montré la superposition de trois groupes de lignites, à des calcaires relativement massifs (calcaires de Vachères), épais de 100 m environ, avec nodules de marcassite au toit (coupe 5). La cote 0 de cette coupe (cote au sol) a été placée en regard du point correspondant de la coupe des affleurements, pour tenir compte de l'épaisseur mesurée des marnes situées aux affleurements entre ce point et le Burdigalien.

Aux affleurements on observe, au toit des calcaires massifs à nodules de pyrite (caractère du toit des bancs massifs du calcaire de Vachères à Manosque), de la carrière des fours à chaux de Sigonce ($x = 881{,}3$; $y = 195{,}7$), la superposition vers le S de trois séries de couches ligniteuses [4] :

— couche dite « de la Chaux » (0,60 m de lignites dans 0,90 m de calcaires marneux);

— faisceau dit « de Sigonce », bien visible aux affleurements à 800 m à l'E de Sigonce, sur un escarpement face au N (0,80 m de lignites dans 1,50 m de calcschistes);

[1] Un puits abandonné ($x = 876{,}3$; $y = 194{,}5$) montrait la superposition stratigraphique descendante : calcaires à silex, couche de la Beaume (à 5 m), couche de Fontienne (à 35 m).

[2] La Société des Mines de Sigonce a mis à ma disposition les documents d'ordre géologique qu'elle possédait ainsi que les carottes de sondage, lors de mes visites entre 1942 et 1947. Je l'en remercie vivement ici.

[3] Archives du Service des Mines de Marseille.

[4] Ceci n'est qu'un schéma ; il serait fastidieux de décrire une par une les couches ligniteuses, très abondantes dans toute la série, aux affleurements et en sondages.

— un faisceau supérieur, à épontes beaucoup plus marneuses et sableuses, est visible au ravin des Gaillardons (x = 880,0; y = 194,5), ce faisceau paraissant superposé d'environ 20 m aux couches attribuées à celles du toit du faisceau contenant la couche exploitée à Sigonce.

En suivant cette même coupe vers le S, on recoupe des conglomérats et des calcaires francs (calcaires de Reillanne), à 70 m de distance stratigraphique du toit de ce dernier faisceau, et enfin le Burdigalien à environ 40 ou 50 m au-dessus de mur de ces calcaires.

Vers Forcalquier, au SW (x = 879; y = 193,5), les épaisseurs totales des marnes de Viens diminuent [1].

La coupe 6, suivant le méridien 883, au ravin du Lauzon, ne montre plus de lignites intercalés dans les marnes, sables et conglomérats, généralement rutilants, de la partie haute de la coupe correspondant au faisceau de lignites des marnes de Viens décrit précédemment. Vers le socle crétacé, on ne peut pas davantage reconnaître de niveaux particuliers soit du Sannoisien, soit du Stampien, les calcaires étant réduits généralement à de petits lits plus ou moins feuilletés n'ayant plus d'odeur de bitume; le faciès marneux, sableux (de couleur ocre jaune) et conglomératique y est le plus fréquent. Ces conglomérats sont quelquefois à très gros éléments pouvant atteindre *plusieurs mètres cubes* de roches reprises aux niveaux immédiatement sous-jacents; notamment à 50 m en amont rive droite du pont de Sigoyer (x = 883,0; y = 193,5). Tous ces conglomérats sont des « langues » orientées, s'épaississant de l'W vers l'E.

En résumé, l'Aquitanien du flanc N du bassin (marnes de Viens et calcaires de Reillanne) se caractérise essentiellement, entre les méridiens de la Laye (coupe 3) et celui du sondage du Plan (coupe 5), par le développement d'un faisceau lignitifère complexe dont une couche a été exploitée régulièrement (couche de Sigonce). On peut attribuer provisoirement cette couche au faisceau central des différentes coupes décrites précédemment, mais sans *aucune preuve paléontologique* et seulement pour des raisons de superposition géométrique.

Le faisceau de la Chaux (coupe 5) de Sigonce, au toit des calcaires de Vachères, paraît avoir la plus grande extension latérale vers l'W (couche de Saint-Martin-de-Castillon située au toit de calcaires de Vachères).

A l'W de la coupe 3 et à l'E du sondage du Plan, les marnes de Viens sont sableuses et conglomératiques, de teintes rutilantes, et représentent, surtout à l'E, un épisode détritique important. Tous les conglomérats de la partie supérieure de la coupe 6 sont formés essentiellement d'éléments anguleux ou roulés de calcaires crétacés et de *calcaires bitumineux oligocènes démantelés*.

Les calcaires de Reillanne ne sont bien caractérisés qu'à l'W du méridien de Forcalquier.

[1] On ne trouve par exemple que 50 m de marnes sableuses (avec calcschistes à la base) entre le toit de ce faisceau supérieur et les calcaires de Reillanne typiques.

Conclusion. — Ce bord N du bassin oligocène nous a montré les principaux caractères suivants :

— des faciès comparables à ceux de la coupe de Manosque jusqu'au méridien de la Laye (coupe 3), mais réduits en épaisseur dans la proportion de 1 à 4 ;

— le Sannoisien (gypses et marnes rouges et vertes) a des caractères « occidentaux » qui le rapproche davantage de l'Oligocène (Sannoisien?) des Monts de Vaucluse que des couches les plus profondes, actuellement visibles, de la « fosse de Manosque » ;

— à l'E de la Laye, on ne peut reconnaître, avec quelque certitude, que les calcaires de Vachères, liés, à leur toit, à un faisceau lignitifère important (le plus continu du bassin comme nous le verrons par la suite) dans des épontes marno-calcaires. A leur mur, le sondage de Sigonce a révélé des schistes bitumineux correspondant très probablement à ceux de Bois d'Asson, vers le centre du bassin ;

— l'instabilité du bassin, dont témoigne le nombre de couches de lignite du faisceau de Sigonce (20 couches dénombrées au sondage du Plan) ne paraît pas avoir, sur ce flanc N, d'ampleur notablement plus grande à l'W qu'à l'E. La transgressivité du Burdigalien marin à Apt, directement sur le Stampien, peut signifier cependant que cette région s'est déformée plus activement après l'Oligocène, comme elle avait marqué cette tendance à un relative subsidence durant le Sannoisien. Par contre, à l'E de Sigonce, une subsidence très importante a permis l'enfouissement de dépôts grossiers deux fois plus épais qu'à l'W.

Les faciès bitumineux, calcaires et schistes, ne débutent ici qu'au Stampien.

Enfin, si nous admettons que le gypse traduit un apport d'eaux marines, cet apport n'aurait guère été sensible ici qu'immédiatement après le Sannoisien, alors qu'ailleurs, comme nous le verrons, des dépôts gypseux ou anhydritiques se rencontrent à peu près dans toute l'épaisseur de l'Oligocène. Ce n'est probablement pas fortuit que le soufre, dont nous verrons qu'il demande pour se former la juxtaposition des faciès gypseux d'une part et bitumineux d'autre part, se situe à Apt à la limite commune de ces deux faciès (Sannoisien supérieur-Stampien inférieur).

B. — ***Flanc N de l'anticlinal de Manosque*** (planche 2, en pochette, coupes 7 à 12).

Feuilles topographiques 20.000e : Reillanne 1 à 4, Manosque 1.

J'ai figuré sur la planche 2, les coupes schématiques qu'on peut relever sur le flanc N de l'anticlinal crétacé du Lubéron entre Apt et le rocher de Volx.

On trouve ici une beaucoup plus grande variété de formations que sur le

flanc N du bassin et *les plus grandes épaisseurs*. Par ailleurs, les coupes centrales de la fosse de Manosque (coupes 9, 10 et 11) ne sont plus appuyées sur le socle crétacé qui n'affleure pas entre la Bastide-des-Jourdans à l'W et Volx à l'E : chacune d'elles a pu être complétée ou précisée par des données de sondages, effectués à peu de distance des affleurements étudiés, et surtout par des coupes de détail fournies par des travaux souterrains de reconnaissance.

J'étudierai les variations de la composition stratigraphique étage par étage, d'W en E, comme je l'ai fait pour le flanc N du bassin. Certaines séries seront reprises en détail dans le chapitre annexe consacré à la stratigraphie des matières utiles (lignites, schistes bitumineux, gypses, soufre et sel gemme).

1. **Sannoisien.** — Essentiellement gypso-marneux et sableux à Apt, le Sannoisien disparaît vers l'E (Castelet, coupe 7), recouvert en transgression sur le socle par le Stampien conglomératique. Sa réapparition coïncide, à 15 km à l'E de Castelet, avec l'ennoyage du socle crétacé, entre la Bastide-des-Jourdans et Montfuron.

Les affleurements de Matheronne et des Capons (coupe 8), à l'W de Montfuron (x = 868,5 ; y = 175,5), en contrebas de la route de Forcalquier à Aix, montrent en superposition directe sur le Crétacé : des conglomérats, des gypses, des grès feuilletés et des calcaires à gros pisolithes. Cet ensemble plonge à l'E sous le Stampien de Montfuron tandis que, vers le S comme vers le N, ces formations gypseuses s'amincissent et le socle crétacé ne supporte plus que des couches essentiellement détritiques. Des marnes rouges, épaisses à la route nationale n° 556 à l'W, coiffent ce complexe ; elles sont peu gypseuses ici mais renferment aux Capons un gypse qui a fait l'objet d'exploitation. On a donc ici, comme à Apt et comme nous le verrons à l'E, deux ensembles gypseux superposés dans la base de l'Oligocène. Il est évidemment très difficile d'affirmer que les gypses inférieurs, associés aux conglomérats et aux pisolithes, sont d'âge sannoisien ; je n'ai pas observé ici les Cyrènes fréquentes à Apt dans les Calcaires en plaquettes inférieurs (Sannoisien inférieur), et par ailleurs les pisolithes présents dans la région d'Apt ne peuvent servir de bon repère. *C'est donc avec réserve que j'attribuerai la base de cet ensemble au Sannoisien.* Un schéma de cette transgression oligocène a été donné, pour cette région, par J. Goguel (1932, p. 35).

C'est à 10 km environ à l'E qu'il faut ensuite se transporter pour étudier la composition des affleurements du Sannoisien à la fermeture anticlinale des « Marnes rouges » de la Gypière ; quatre sondages en donnent des compléments partiels [1] : coupes 9 et 10.

[1] Le sondage de Barème (x = 873,40 ; y = 179,08) a été exécuté en 1958 et abandonné provisoirement avant la rencontre de « gypses » inférieurs. Le sondage de Passaire 1 (x = 874,20 ; y = 179,32), exécuté en 1959, a été implanté sous le « rouge » inférieur

a. *Les marnes rouges supérieures*, continues depuis le col de la Mort d'Imbert (coupe de référence) sont bien représentées à la Gypière.

Elles sont formées, ici comme là, de deux niveaux de marnes sableuses rouges mais elles encadrent ici des marnes sableuses claires à trois petits lits de calcaires en plaquettes et non des argiles « à tuiles » bleues ; des grès minces et un petit filet de lignite ont été carottés au sondage de Barème. L'épaisseur totale de ce niveau rouge, « bifide », est supérieure à 18 m à la Gypière : elle est de 46 m au sondage de Barème et de 26 m au sondage de Manosque 2.

Le banc de calcaires bitumineux B (5 à 10 m), qui forme un si beau repère structural à égale distance stratigraphique des deux niveaux rouges, entre Manosque et Saint-Martin-les-Eaux, est difficile à reconnaître en sondages. Les gypses de surface sont représentés dans les sondages par de petites alternances d'anhydrite et de calcaires ou de schistes bitumineux, au toit du repère rouge supérieur (doublet coloré).

b. *Les marnes rouges inférieures*, liées à des grès micacés, roux en surface, bleus en sondages, ont 8 à 10 m d'épaisseur au S de Saint-Martin (8,50 m à Manosque 1) et 53 m au sondage de Manosque 2. Aucune donnée ne permet d'apprécier actuellement où se situe le maximum d'épaisseur du Sannoisien au N de Manosque [1]. C'est avec réserves que, dans la coupe 10, l'anhydrite et le sel gemme des sondages de Passaire 1 et de Manosque 1 sont incorporés à l'Oligocène (cf. chapitre Tectonique).

Vers l'E, le Stampien recouvre transgressivement les marnes rouges qui n'apparaissent qu'en quelques pointements anticlinaux, de part et d'autre de la petite plaine (470,3) de Chautoue, à 1 km à l'E du sondage de Manosque 1.

En résumé, le Sannoisien du flanc N de l'anticlinal du Luberon oligocène se compose de deux niveaux de marnes rouges (le niveau supérieur est formé de deux bandes), séparés par environ 100 m de marnes sableuses, grès et calcaires en plaquettes, schistes papyracés, bitumineux, gypseux et anhydritiques (en profondeur). Un bon repère structural se poursuit dans toute l'étendue des affleurements sous-jacents aux « rouges supérieurs » ; c'est un gros banc de calcaires bitumineux situé à peu près à égale distance

et a carotté du sel gemme entre 108 et 151 m (fond) sous des brèches gypseuses et anhydritiques. Le sondage de Manosque 1 (x = 876,63 ; y = 180,77) pour recherche d'hydrocarbures a, en 1958, traversé les 2 « rouges » et des couches redressées. Il s'est arrêté à 1.170 m dans le sel gemme. Enfin le sondage de Manosque 2, exécuté en 1960 (x = 874,7 ; y = 179,9), a recoupé, sous les deux niveaux rouges repères (46 et 195), environ 600 m de sel gemme (447-1040) entre mur et toit d'apparence oligocène. Les quatre coupes détaillées figurent aux archives du B. R. G. M.

[1] Ceci malgré la très grande puissance apparente de ce « Sannoisien » au sondage de Manosque 1 (pendages souvent très élevés, brèches tectoniques ou diapiriques, carottage pratiquement inexistant (5 %)).

des deux « rouges » (niveau repère B des coupes ci-dessus). A l'W de Céreste, dans le « bassin d'Apt », on ne peut identifier avec certitude que les marnes rouges à gypse de Sainte-Radegonde et de l'Homme-Mort, supportées par des calcaires blancs crayeux, non bitumineux, et le gypse de Gargas. Enfin, du sel gemme, avec un toit anhydritique, découvert récemment par sondages, pourrait appartenir à la base du Sannoisien.

2. **Stampien.** — Le Stampien du flanc N du Luberon oligocène a été l'objet de très nombreuses reconnaissances par galeries souterraines destinées à recouper notamment :

— des *schistes bitumineux* (Stampien supérieur) entre le ravin de l'Osselet et celui de Bois d'Asson (flore étudiée par de Saporta) ;
— des *lignites* (ensemble du Stampien) : mines de Lincel et de Villemus, colline de Biabaux N et S, mines de Bois d'Asson ;
— du *soufre* (Stampien moyen et inférieur) : colline de Biabaux, Saint-Martin, ravin de Piffërat, Bourne.

Ne seront discutées ici que les variations stratigraphiques les plus importantes du Stampien du flanc N de l'anticlinal.

A l'E d'Apt, où le Stampien est bien caractérisé, notamment à sa base, par les calcaires à soufre des Tapets, le Crétacé de Castellet supporte la trilogie habituelle du Stampien (calcaires en plaquettes [1], marnes et grès tenant la place de ceux de Bois d'Asson et de Manosque, calcaires de Vachères), par l'intermédiaire d'un conglomérat à éléments roulés de calcaires crétacés ; l'ensemble est relativement peu épais (200 m environ).

Au SW d'Apt, la coupe de Bonnieux ($x = 841{,}7$; $y = 175{,}3$), décrite par de Saporta (1864), présente les mêmes faciès mais des épaisseurs réduites vis-à-vis de celles de Castellet. Le Stampien renferme, vers le même niveau qu'à Manosque, *Smerdis macrurus* Ag.

Entre Castellet et Montfuron, le Crétacé supporte, directement ou avec un conglomérat de base, le Stampien, dont les niveaux calcaires sont *très peu épais* et dont on ne peut reconnaître l'individualité que par continuité entre les coupes 7 et 8. Puis vers l'ennoyage du Crétacé du Luberon, à l'E de la route nationale de Forcalquier à Aix, et en même temps que le Sannoisien s'interpose entre la base du Stampien et le socle, le Stampien prend tous ses caractères orientaux, de plus en plus épais, et composé des formations variées et typiques de la série stratigraphique de la « Fosse de Manosque ». D'W en E, l'épaisseur du Stampien est de 200 m à Montfuron (coupe 8), de 800 m au S de Saint-Martin (coupe 9) ; de 1.200 m entre Saint-Martin et l'Osselet (coupe 10) puis de 700 m au méridien de la mine de Dauphin (coupe 11). Davantage à l'E, l'épaisseur de la série paraît être de l'ordre de 1.300 m (coupe 12) sous un faciès calcaréo-détritique à la base et

[1] Avec un indice de soufre au Moulin de Paraire ($x = 834{,}0$; $y = 176{,}7$).

sablo-conglomératique au sommet. Nous l'étudierons ici du sommet (calcaires de Vachères), à la base (calcaires en plaquettes supérieurs).

a. *Les calcaires de Vachères* comportent 10 m de calcaires francs à Montjustin (coupe 8). Ces calcaires passent à 200 m d'épaisseur à Saint-Martin (coupe 9), à 350 m à l'Osselet (coupe 10) puis à 200 m à Bois d'Asson (coupe 11). On ne peut séparer de ces calcaires les schistes bitumineux, bien reconnus au ravin de Bois d'Asson, entre le faisceau de lignites de Sube (à leur toit, base des marnes de Viens) et celui du Bois d'Asson directement à leur mur. Ici, ces schistes bitumineux (coupe 11) tiennent pratiquement toute la place occupée ailleurs par les calcaires de Vachères, tandis qu'à l'W, comme à Manosque, cette formation n'occupe que la base des calcaires de Vachères, épais en ces deux points de 350 m. L'extension latérale des schistes bitumineux sera discutée ultérieurement ; disons tout de suite que le bassin des schistes bitumineux paraît étroitement cantonné, sur le flanc N de l'anticlinal, entre deux méridiens distants de 5 km, alors que son extension du N au S est beaucoup plus importante.

Les lignites reconnus à Manosque caractérisent ici aussi l'ensemble du Stampien. C'est vers la base des calcaires de Vachères que nous retrouvons, comme à Manosque, le sommet d'un faisceau de lignites dont certaines couches ont été longuement exploitées de Villemus à Volx. Ce sont, de l'W à l'E, les couches de 1 à 7 de Lincel-Saint-Martin (coupe 9) et la couche « Fine-Crasseuse » de Villemus (couche 3 de Lincel), située dans la partie axiale des calcaires. A Biabaux, ce faisceau correspond vraisemblablement aux lignites **L1** et **L4** du travers-bancs inférieur, noyé depuis 50 ans, et du travers-bancs supérieur (Sainte-Jeanne) où les couches sont, dans sa partie N, complètement disloquées. A Gontard, entre les couches 10 et 11, le faisceau supérieur y fut exploité (grande Mine) en continuité occidentale des couches dites du « toit et du mur du Bois d'Asson », les premières à être exploitées à la mine de Dauphin (coupe 11) : doublet maigre. Ce doublet est situé ici aussi à l'extrême base des calcaires de Vachères.

b. *Le Stampien moyen* (marnes et grès de Manosque et Bois d'Asson) se caractérise, sur le flanc N du Luberon oligocène, par l'existence de grès plus ou moins grossiers et par l'absence presque complète des calcaires, si abondants dans l'ensemble du Stampien supérieur et inférieur. Il se caractérise surtout, à l'E (coupe 11), par un faisceau de lignites gras (faisceau de Queyron) qui a été exploité à la mine de Dauphin. Son épaisseur varie, sous un même faciès, de 50 m à Apt et à Castellet à l'W (coupes 7 et 8) à 150 m à la mine de Dauphin à l'E (coupe 11) mais passe entre ces deux points à 300 m au ravin de l'Osselet (coupe 10) et probablement à 330 ou 350 m à la colline de Biabaux [1].

[1] D'après la coupe des travers-bancs de Biabaux et la nature des affleurements, l'ensemble calcaires de Vachères, marnes et grès du Stampien supérieur et moyen, a une longueur de traversée de 720 m, en couches très redressées (voir page 32).

Ce Stampien moyen a comme caractères accessoires de contenir des imprégnations de bitume dans les grès, comme aux Plaines (x = 872,3 ; y = 178,5), où ils ont fait l'objet d'exploitation. M. Gignoux et L. Moret en citent en différents points (1930, p. 37 à 42) et ils situent stratigraphiquement ces grès bitumineux au mur de la série gréso-marneuse, aux niveaux des lignites bitumineux dits du Collet-Rouge de la mine de Dauphin. Or ces lignites appartiennent au toit des calcaires en plaquettes supérieurs (Stampien inférieur) et nous verrons que cet horizon de lignites est très constant dans des épontes de *calcaires bitumineux*. Mes observations ne concordent pas avec celles de ces auteurs, ayant trouvé ces grès à différents niveaux de la série et notamment ceux des Plaines, très au-dessus du toit des calcaires en plaquettes. Je pense que ce bitume a migré le long de failles (comme on en voit chaque fois qu'on ouvre une galerie dans la région, et après un certain temps) jusqu'à des magasins favorables. L'origine de ce bitume a été discutée par des spécialistes (Louis et Gageonnet, 1951).

Enfin le Stampien moyen contient aussi des gypses, notamment à Marcaud, en amont-pendage et dans le faisceau solfifère qui a été exploité à Biabaux et je reviendrai sur cette question ultérieurement. La position stratigraphique de ce gypse de Marcaud est exactement celle du niveau de *marnes rouges* [1] situées dans le tiers supérieur du Stampien moyen, niveau-repère assez constant depuis Montfuron à l'W, jusqu'à Gontard à l'E, soit 8 km d'extension d'W en E sur ce flanc N.

c. *Le Stampien inférieur* (ou niveau des *calcaires en plaquettes supérieurs* de la 2e édition de la feuille géologique Forcalquier au 80.000e) est *l'assise dont la composition est la plus régulière de tout le bassin.* Elle se compose, entre Manosque et Apt (30 km de distance), des trois niveaux : calcaires-marnes-calcaires (*a*, *b*, *c*) dont la base (calcaires gypseux en « petits cubes ») s'appuie sur les marnes rouges de la Mort d'Imbert. Les épaisseurs de ces calcaires en plaquettes supérieurs aux différentes coupes de la planche sont les suivantes : 75 m à Apt (1), 100 m à Castellet (7), 120 m à Montjustin (8), 360 m à Saint-Martin (9), 550 m à Marcaud-Babiaux (10) et 400 m environ au S de la mine de Bois d'Asson. Sur le socle crétacé de Volx (coupe 12), les calcaires du mur, extrêmement riches en matières bitumineuses, et ceux du toit se chargent en marnes sableuses et en conglomérats mais sont bien reconnaissables en continuité latérale des précédents et paraissent épais d'environ 300 m. Sur cette distance de 30 km, leurs caractères stratigraphiques permanents sont les suivants :

Les deux masses calcaires, supérieure (*a*) et inférieure (*c*), sont formées

[1] Les niveaux rouges de l'Oligocène remplacent latéralement le gypse (dans le Vaucluse notamment). Cette couleur rouge reste telle, en sondages, alors que les marnes irisées du Trias, rouges en surface, sont vertes en profondeur (hyperoxydation des pyrites des dolomies associées, voir J.-P. Destombes, 1949, p. 59 et 60).

de petites plaquettes jaunâtres, généralement épaisses de quelques centimètres à 10 cm, de calcaires bitumineux et souvent ligniteux. Les silex sont plus fréquents à la base. La base de ces deux masses et surtout de la masse inférieure est riche en cargneules gypseuses [1] et en marnes bitumineuses d'où sourdent des sources sulfureuses régionales.

Les marnes intermédiaires (*b*), de couleur brun sépia, ne sont jamais rutilantes ; les grès associés sont très micacés. Un banc à Poissons (*Smerdis macrurus* Ag.) se situe à environ 10 à 20 m de leur base. Ici comme à Manosque, ces marnes intermédiaires comprennent d'autres bancs de calcaires en plaquettes et de schistes papyracés associés, peu épais, formant localement de bons repères, tels que ceux décrits dans la coupe de Manosque. Entre la ruine du Jas et Saint-Martin, on y trouve exceptionnellement du gypse.

Enfin, et dans l'ensemble, la puissance des 3 niveaux *a*, *b*, *c* est du même ordre ; j'étudierai ultérieurement les variations de détail de ces épaisseurs qui, comparées à celles des autres niveaux de l'Oligocène, conduisent à d'intéressantes considérations sur les déformations successives du bassin.

Un autre caractère de ces calcaires est de recéler dans la « fosse de Manosque » des lignites en faisceaux exploitables, base de la série continue qui s'étendra jusqu'à la fin de l'Oligocène dans la même région. Ces lignites à épontes de calcaires bitumineux sont eux-mêmes très riches en bitumes et s'agglomèrent à la chauffe. On les connaît sur plus de 10 km d'extension latérale, depuis Montfuron et Villemus, à l'W (inexploités). A Biabaux, le travers-bancs méridional dit « Arestein » les a recoupés (cote 483) à son entrée S et on les suit ensuite, par Gontard, où ils affleurent et où ils ont été exploités, jusqu'à la mine de Dauphin (faisceau du Collet-Rouge : 4 couches). Ce faisceau gras, au sommet des calcaires en plaquettes supérieurs, correspond exactement, stratigraphiquement et pétrographiquement, aux lignites gras de Manosque (couches 1 à 6 inexploitées).

Les variations d'épaisseur du Stampien du flanc N du Luberon oligocène entre les coupes 8 et 11 se révèlent lorsqu'on peut disposer d'un bon fond topographique ou de photographies d'avion agrandies au moins à l'échelle du 5.000e. L'utilisation complémentaire de toutes les données actuelles des travers-bancs de recherche et enfin, et surtout, la part qu'il faut faire aux accidents tectoniques (qui restent dans la région de Biabaux extrêmement délicats à reconnaître et à interpréter) amènent à l'établissement d'un schéma des variations de la composition et des épaisseurs des trois termes du Stampien (fig. 3).

Sans pouvoir donner ici toutes les coupes relevées entre Villemus à l'W et Dauphin à l'E dans le Stampien, disons que : les plus grandes épaisseurs des calcaires en plaquettes (Stampien inférieur) se situent avec certitude au méridien de Passaire (coupe des ravins de l'Agasson et de Marcaud

[1] Correspondant à des lits anhydritiques en sondages.

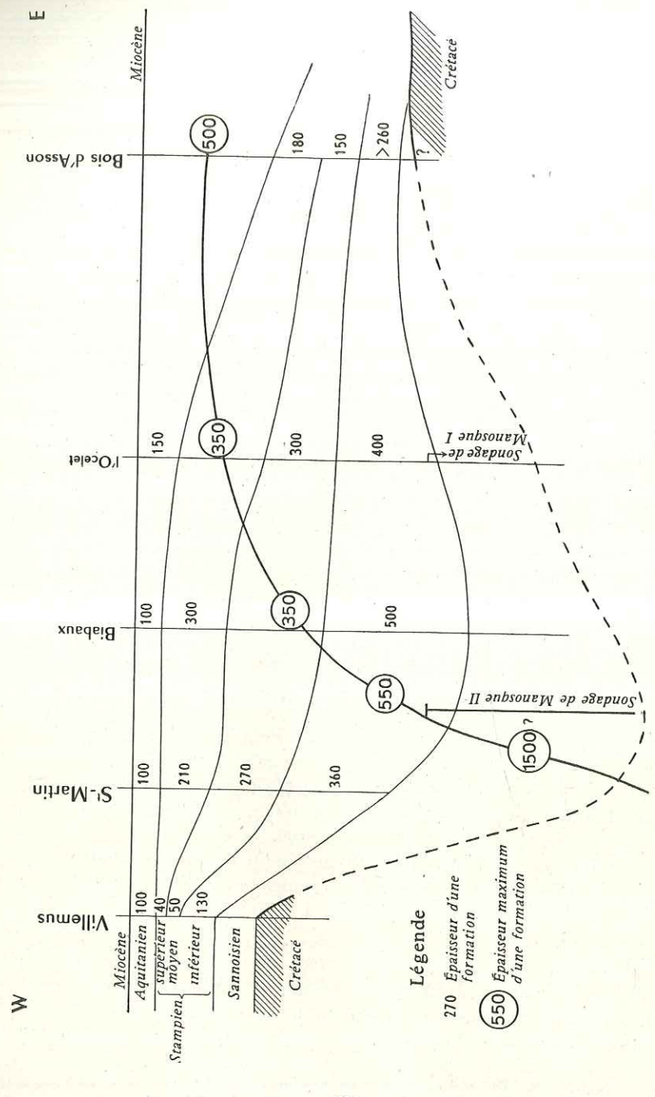


Fig. 3. — Déplacement de la subsidence vers l'E durant l'Oligocène.

[$x = 874$; $y = 181$]). Ici, ces calcaires ont leur terme supérieur (*a*) épais de 250 m au minimum [1], les autres, au S, s'épaississant dans une moindre proportion ; au total, les calcaires en plaquettes ont là 550 m environ d'épaisseur.

La plus grande épaisseur du Stampien moyen marno-gréseux, comprenant exceptionnellement ici (recherches de Biabaux) quelques calcaires en plaquettes, du gypse et du soufre, est de 350 m environ au méridien de Biabaux ($x = 874{,}3$; $y = 181{,}5$).

La plus grande épaisseur du Stampien supérieur, calcaires de Vachères et schistes bitumineux associés, est de 350 m au ravin de l'Osselet ($x = 876{,}3$; $y = 182{,}5$).

En résumé, le Stampien du flanc N de l'anticlinal oligocène du Luberon est extrêmement épais dans la « fosse de Manosque » ; cette épaisseur de 1.250 m est maximum ici sous des faciès que nous avons rencontrés depuis Apt, à l'W, où le Stampien ne mesure que 200 m. Mais *cette fosse de subsidence lacustre paraît s'être déplacée au cours du Stampien d'W en E*, comme le suggère le déplacement dans ce sens du maximum d'épaisseur de chacune des trois assises considérées [2].

En relation probable avec ces phénomènes de subsidence apparaissent localement : des gypses et de petits bassins lignitifères assez bien délimités par l'extension de chacun des faisceaux charbonneux, exploités ou non ; et enfin un lac qui, à la fin du Stampien, a été le siège d'une sédimentation boueuse à base de matières organiques, boues très fines transformées par diagénèse en schistes bitumineux. Mais ce lac est brusquement limité, à 300 m à l'E des plus beaux affleurements de schistes bitumineux, par des conglomérats extrêmement épais.

Les invasions d'eaux saumâtres plutôt que marines (car on n'y a jamais signalé de fossiles franchement marins) provoquent des dépôts sulfatés : *gypses et anhydrites*, plus rares qu'au Sannoisien, invasions qui sont certainement à l'origine de la formation du soufre. Les roches bitumineuses témoignent de la *prolifération animale et végétale à tous les niveaux du Stampien, étage privilégié sous ce rapport, dans tout le bassin.*

Mais ne faudrait-il pas considérer plutôt l'influence momentanée de la vitalité bactérienne plutôt que celle du « substratum » végétal ou animal pour expliquer cette richesse du Stampien en hydrocarbures et en soufre. Il semble bien que cette « épidémie » thyogène notamment ait été générale à cette époque dans les lacs de l'Europe occidentale.

Nous verrons ultérieurement comment la région d'Apt a pu, au début du

[1] De nombreuses failles, très obliques (NNE) sur la direction des couches (NE) et à regards SE, augmentent certainement l'épaisseur réelle de ces calcaires au ravin de Marcaud. L'épaisseur apparente est ici d'environ 350 à 380 m uniquement pour la masse supérieure « *a* » (500 m de largeur en « travers-bancs », avec pendages moyens de 45° à 60°).

[2] Il est intéressant de replacer dans ce schéma l'existence probable d'une fosse salifère sannoisienne (ou ludienne) dans la région de Saint-Martin — Eau Salée.

Stampien, comme elle paraît l'avoir pu au Sannoisien, constituer, elle aussi, une petite fosse de subsidence, mineure si on la compare à celle de Manosque, et nous avoir laissé, en témoignage de ces proliférations bactériennes et de ces hécatombes périodiques, des dépôts de soufre qui ont été les premiers [1] exploités en France. Cette question si intéressante, mais encore non résolue, de l'origine du soufre qui fut exploité à Apt et à Biabaux sera évoquée dans le dernier chapitre.

3. **Aquitanien.** — a. *Les calcaires de Reillanne*, calcaires lacustres en bancs et marnes vertes interposées, à *Helix ramondi*, sont bien développés et relativement massifs entre Céreste et Dauphin. Leur épaisseur varie de 30 à 35 m à l'W à quelques mètres à l'E. Mais, au centre du bassin, ils peuvent atteindre une centaine de mètres (Reillanne).

b. *Les marnes de Viens*, superposées aux calcaires de Vachères du Stampien supérieur, gardent ici, sur la plus grande partie de leur extension latérale (W de la coupe 8) jusqu'à Dauphin (coupe 11), leur caractère de sédiments détritiques : marnes sableuses jaunes ou rouges et quelquefois conglomératiques, et leurs épaisseurs : 100 à 150 m. On n'y connaît pas de lignite à l'W de Dauphin (coupe 11) mais les travaux de reconnaissance de l'exploitation des lignites de Bois d'Asson, au toit des calcaires de Vachères, ont révélé la composition exacte du faisceau de Sube, exploité à Sigonce et correspondant au faisceau de Bus de Manosque, au même niveau stratigraphique (toit des calcaires de Vachères du Stampien supérieur). L'extension des lignites affleurant à Bois d'Asson, à ce niveau, est connue en profondeur par la coupe du sondage de Saint-Clair à Saint-Maime (x = 877,52 ; y = 185). Ce sondage a montré [2], entre autres résultats, que ce faisceau, apparemment encore plus riche, en nombre de couches, jusqu'à Sigonce au N du Bassin et épais ici de 230 m (de la profondeur 375 à 605 [3], à la base des marnes de l'Aquitanien inférieur, supporte, à son toit et sous la molasse marine burdigalienne, 265 m de marnes et de conglomérats (2 bancs) entre les profondeurs 110 et 375.

La comparaison de la coupe de ce sondage, assez bien carotté, avec celle des affleurements, au toit des calcaires de Vachères du puits neuf de la mine de Dauphin (x = 878,5 ; y = 183,7), montre que les amont-pendages des couches recoupées en sondage s'épanouissent d'environ 60 m (pour 1 km de déplacement vers l'E) en marnes détritiques et conglomératiques au toit du faisceau, alors que l'épaisseur du faisceau lui-même est inchangée.

La coupe 12, au ravin de la Médecine, vers Tourrache, montre bien au toit des calcaires de Vachères (ou de ce qu'il en reste, noyé dans les

[1] Et les derniers, jusqu'à la découverte du gaz sulfureux de Lacq.
[2] J.-P. Destombes. — Le sondage de Saint-Clair à Saint-Maime (Basses-Alpes). *Rapport B. R. G. G.* A 156 (inédit) et archives B. R. G. M.
[3] Couches horizontales dans tout le sondage.

sédiments clastiques) que c'est l'Aquitanien qui est presque entièrement conglomératique sous une épaisseur dépassant probablement 600 m, décharges dont nous avons vu les extrémités occidentales, sous forme de deux « langues » conglomératiques, au sondage de Saint-Clair, à 4 km à l'W.

En résumé, l'Aquitanien du flanc N de l'anticlinal oligocène du Luberon (bord S du synclinal de Forcalquier) est composé, à l'W de Dauphin, de marnes, de sables et de rares conglomérats, complexe essentiellement détritique et relativement peu épais (100 à 150 m), supportant les calcaires de Reillanne, derniers calcaires lacustres avant l'arrivée de la mer burdigalienne. A l'E de Dauphin, l'Aquitanien est presque entièrement formé de dépôts détritiques, avec une épaisseur (600 m) très comparable à celle de l'Aquitanien du flanc N du bassin. A la limite (flexure de subsidence) des deux faciès, marneux à l'W, et presque entièrement détritique à l'E, on retrouve, dans des épontes calcaires, le faisceau lignitifère de Sube connu au N (et au S. à Manosque, dans les épontes marneuses) au même niveau stratigraphique.

Il est intéressant de constater que *nous retrouvons ici*, avec l'Aquitanien marno-sableux (de faciès « normal », en partie calcaire puis, vers l'E, conglomératique), *le même phénomène de déplacement vers l'E de la subsidence* que nous avions constaté à l'W, au cours du Stampien (fig. 3).

Conclusion. — Ces différentes coupes, dont la partie centrale peut correspondre au centre du bassin, ont montré les principaux faits suivants :

— *Une subsidence très énergique* du bassin paraît, comparée à la coupe de Manosque, se situer *vers ce flanc N de l'anticlinal*, entre Saint-Martin-les-Eaux et Dauphin ; et cet approfondissement régional semble s'être déplacé dans le temps d'W en E, sous un même faciès de dépôt.

Deux sondages profonds, Manosque 1 et Manosque 2, ont rencontré, sous les deux repères colorés du Sannoisien, de nouveaux dépôts bitumineux en couches redressées et du sel gemme. S'il paraît possible d'incorporer au Sannoisien les roches bitumineuses des sondages, on ne peut affirmer, jusqu'à plus ample informé, que le sel gemme soit aussi d'âge oligocène. Quoi qu'il en soit, la « fosse de Manosque », aux sondages de Manosque 1 et Manosque 2, paraît déjà bien individualisée à l'aurore de l'Oligocène.

— *Les invasions marines* (ou tout au moins celles qui se traduisent par des dépôts de sulfate de chaux) se sont poursuivies, ici comme à Manosque, au moins jusqu'à la fin du Stampien moyen (gypses de Biabaux).

— *Les dépôts lignitifères* ont débuté ici dès le Stampien inférieur (faisceau gras) et se sont poursuivis à travers le Stampien (faisceau de Queyron et du « toit de Bois d'Asson ») jusqu'au milieu de l'Aquitanien (faisceau de Sube).

— *Le bassin de schistes bitumineux*, moins étendu que le précédent, *s'intercale*, au Stampien supérieur (calcaires de Vachères), *à travers les*

dépôts charbonneux. Ses limites sont « abruptes », tout au moins à l'E du ravin de Bois d'Asson, où les 150 m de schistes en bancs massifs passent, en moins de 1 km, à des dépôts entièrement détritiques, voire à des conglomérats à très gros éléments.

— Enfin, ici comme au N du bassin, des conglomérats d'une épaisseur comparable limitent à l'E les faciès habituels de la « fosse de Manosque » et nous pouvons donc penser en outre, en raison de l'épaisseur de l'Aquitanien à l'E, que *le déplacement de la subsidence du bassin oligocène vers l'E est un de ses traits généraux, au moins depuis la fin du Sannoisien* [1].

C. — ***Flanc S de l'anticlinal oligocène du Luberon*** (planche 2, en pochette, coupes 8 *bis*, 13 et 15).

On trouve sur la planche 2 les 5 coupes les plus importantes qu'on peut relever sur ce flanc S entre la Bastide-des-Jourdans et Volx.

La coupe 8 *bis*, flanc S (symétrique de la coupe 8) sera suivie de la coupe 13, de la coupe-repère de Manosque et enfin des coupes 14 et 15 appuyées à l'E, comme les coupes 8 et 8 *bis* appuyées à l'W, sur le Crétacé ; ces dernières encadrent l'extrémité méridionale de la fosse de Manosque.

1. **Sannoisien.** — Le Sannoisien du flanc S n'est connu sous son aspect typique de marnes rouges à gypses que sur le bord N du socle crétacé de la Bastide-des-Jourdans ; épais et comportant deux niveaux gypseux à Matheronne (coupe 8), il perd ses caractères au S (coupe 8 *bis*). L'interposition d'un petit lambeau d'Éocène fossilifère porté sur la 2e édition de la feuille de Forcalquier (entre le Crétacé et les marnes rouges) tendrait à justifier l'âge oligocène inférieur de cette transgression conglomératique à gypses et calcaires pisolithiques, si on parallélise les marnes rouges des deux flancs.

Au S du socle crétacé, les marnes sableuses prédominent mais sans avoir une épaisseur exceptionnelle et les repères calcaires se perdent.

On ne retrouve plus, aux affleurements vers l'E, de couches inférieures au Stampien qu'au N de Manosque où le Sannoisien a été décrit précédemment au cœur de l'anticlinal oligocène.

En résumé, le socle crétacé de la Bastide-des-Jourdans n'est pas recouvert transgressivement ici par le Stampien mais probablement par le Sannoisien. Sans qu'on puisse connaître son épaisseur au centre de cette partie méridionale par manque de sondages profonds, il est vraisemblable que le Sannoisien y est représenté sous les faciès que nous connaissons à Manosque et avec des épaisseurs assez importantes.

[1] Et depuis l'aurore de l'Oligocène, si le sel gemme des sondages était d'âge sannoisien.

2. **Stampien.** — Le Stampien, dont nous avons pris les caractères typiques à Manosque (coupe centrale de la planche 2), évolue ici très rapidement d'W en E.

La partie supérieure (*a*) des calcaires en plaquettes supérieurs (Stampien inférieur) est bien reconnaissable à Jonquier ($x = 872$; $y = 176$) où elle est très bitumineuse et où sa partie basale paraît recéler davantage de gypse qu'à Manosque (30 m environ). Ce gypse n'appartient pas au Sannoisien, car il repose au Moulin de la Dame ($x = 872{,}0$; $y = 176{,}5$) sur les marnes brunes *b*, formant le cœur de l'anticlinal central, à flanc N faiblement penté. Les calcaires en plaquettes sont appuyés directement (coupe 15) sur le socle crétacé oriental de Bellevue, aux Margarides ($x = 879$; $y = 181$), par un conglomérat de base à éléments roulés d'Urgonien. Les trois termes typiques y sont présents avec des caractères très comparables à ceux de Manosque.

Cette base du Stampien est recouverte transgressivement à 1 km à l'E (méridien 880) par des conglomérats qui paraissent poursuivre vers l'E la bande du Stampien moyen (partie haute du ravin de la Tuilerie) comportant des grès et des lignites. La colline 580,1 ($x = 880{,}6$; $y = 181{,}4$) montre des calcaires et des conglomérats renversés (pendage N) sous le Crétacé, qui semblent bien s'aligner en direction avec la bande des calcaires de Vachères (Stampien supérieur).

Ces conglomérats contiennent, en plus d'éléments roulés du Crétacé, *des galets de calcaires bitumineux* oligocènes (absence de galets gréseux).

— Le Stampien moyen (grès, marnes de Manosque et de Bois d'Asson) garde ses caractères mais diminue d'épaisseur à l'E et à l'W de Manosque ; il est transgressif sur le socle à Volx (au N de la colline de la Tuilerie, cote 613) où il a 50 m d'épaisseur, sous des calcaires à lignites (calcaires de Vachères probables).

— Le Stampien supérieur (calcaires de Vachères) perd à peu près tous ses bancs calcaires à 5 km à l'W de Manosque (coupe 13). A la Chaume (cote 383,4 : $x = 872{,}5$; $y = 174$) on trouve quelques bancs de calcaires gris, gréseux, noyés dans 250 m de marnes. Les collines 507,4 et 616,7 formées de calcaires en bancs de plus en plus massifs relaient, en direction, « les fantômes » de calcaires de Vachères de la Chaume aux collines de Manosque où ils ont, rappelons-le, 350 m d'épaisseur.

Sur le Crétacé du ravin de la Tuilerie (coupe 15), les calcaires de Vachères sont encore caractérisés mais les faciès détritiques prévalent sur les calcaires. Le faisceau de lignites exploité à Manosque dans la partie basale des calcaires de Vachères sur 3 km en direction E-W, et reconnu sur 400 m de dénivelée verticale au puits de Gaude, reste visible aux affleurements du ravin de la Tuilerie mais n'est plus exploité ici, en raison notamment de la nature marneuse de ses épontes.

En résumé, le Stampien du flanc S de l'anticlinal oligocène de Manosque a les faciès et la puissance caractérisant les dépôts de la « fosse de Manosque » mais seulement jusqu'à peu de distance à l'E et à l'W du méridien de cette ville, où les faciès détritiques envahissent la série. Cela se traduit latéralement par l'inexploitabilité de ces lignites.

Deux résultats complémentaires peuvent être tirés des observations relatives aux changements latéraux de faciès du Stampien et à la composition des conglomérats qui en prennent la place.

— *Le Stampien de base* (calcaires en plaquettes supérieurs) marque une nette transgression sur le socle de Volx, comme nous l'avons vu à l'W de Montfuron sur le flanc N de l'anticlinal crétacé.

— *Le Stampien moyen puis le Stampien supérieur*, chacun débordant l'assise précédente vers l'E, sont transgressifs sur ce socle. La composition des galets du conglomérat de base prouve que les calcaires bitumineux du Stampien inférieur (calcaires en plaquettes), qui fournissent une partie des éléments roulés, s'étaient déposés aux abords du socle, sous les affleurements actuels du Stampien supérieur.

Enfin, il ne paraît pas douteux que, si nous avons pu reconnaître, à la base de ces coupes, les calcaires en plaquettes du Stampien inférieur, sur ce flanc, alors que les termes supérieurs du Stampien passaient à des faciès détritiques, c'est que nous avons pu étudier les premiers dans des régions plus septentrionales que les derniers. Il est probable qu'en sondage tous les termes du Stampien apparaîtraient sous un faciès monotone et entièrement détritique. Ces faciès marqueraient la limite de la « fosse stampienne de Manosque » vers le S.

3. **Aquitanien.** — Les calcaires de Reillanne ne sont pas individualisés ici. Les « marnes de Viens » superposées aux calcaires de Vachères sont entièrement détritiques, mais non conglomératiques, et très épaisses (environ 400 m à la coupe 13) à l'W de Manosque. Elles sont recouvertes par la molasse burdigalienne à Pymayon (coupe 14) mais paraissent encore recéler des lignites avec un faciès « septentrional » comprenant des calcschistes, très près du socle crétacé, au ravin N de la colline 613,0 (coupe 15). Au-delà, vers la Durance, elles sont cachées sous le Burdigalien. Ainsi l'Aquitanien avec son faisceau de lignites paraît avoir une extension géographique un peu différente, sous le faciès calcaires-lignites, des autres faisceaux lignitifères du bassin.

Le Burdigalien déborde l'Aquitanien au NE de Manosque pour venir recouvrir le Stampien supérieur, comme à l'W du bassin dans la région d'Apt. Nous verrons ultérieurement quelles autres données nous sont fournies par les sondages ainsi que par la composition et l'épaisseur de certains conglomérats intraformationnels de l'Oligocène pour essayer de préciser les phases successives d'un gauchissement, sinon d'un plissement, d'âge oligocène et anté-burdigalien.

Conclusion. — Le bord S de la « fosse de subsidence oligocène de Manosque » ne déborde probablement guère le parallèle de cette ville.

Le méridien de Manosque paraît constituer, sur le flanc S, l'axe de la fosse de subsidence et son extension latérale ne devait pas déborder de plus de quelques kilomètres, de part et d'autre, ce méridien. Nous savons d'autre part, par les travaux de reconnaissance de la mine de Gaude, qu'au Stampien moyen et supérieur cette fosse gardait ses caractères à quelques distances vers le S (400 m d'aval-pendages verticaux).

Les bordures crétacées de ce bassin étroit, mais extrêmement instable, ont fourni en bien des points les éléments des différentes assises transgressives de l'Oligocène. Les premiers témoignages des différentes transgressions que nous livrent les éléments de ces conglomérats pourront ainsi permettre d'ébaucher l'histoire de ce bassin et d'examiner notamment les liaisons entre sa forme et l'existence des différents faciès bitumineux, lignitifères, gypseux et salifères qu'il recèle.

III. — Paléogéographie.

Les plissements post-lutétiens (phase pyrénéo-provençale) ont déterminé la surrection de chaînons composés essentiellement de roches crétacées et généralement orientées E-W.

La structure propre de ces chaînons sera évoquée au chapitre Tectonique en ce qu'elle intervient, indirectement, dans le mode de plissement de notre bassin oligocène ; je n'envisagerai ici cette structure que sous les deux aspects externes suivants :

— forme de l'aire dans laquelle les sédiments oligocènes se sont déposés ;
— nature des apports détritiques durant cette phase de sédimentation.

Les formes successives du bassin d'Apt-Forcalquier-Manosque et la composition de son contenu sédimentaire durant l'Oligocène seront ainsi schématisées dans cet exposé paléogéographique qui termine l'exposé stratigraphique en lui empruntant ses résultats essentiels. Une brève comparaison avec les bassins oligocènes adjacents terminera ce chapitre.

La carte (fig. 4) représente la plus grande partie du cours de la Durance et les affleurements actuels du socle jurassique et crétacé, base la plus générale de la transgression ludo-oligocène dans tout le bassin durancien ; on y a reporté également l'Éocène supérieur concordant sous l'Oligocène. Les contours de ces affleurements délimitent l'aire des bassins oligo-miocènes dont celui de Forcalquier-Manosque-Apt occupe une position relativement centrale, vis-à-vis de l'extension des dépôts d'un même âge affleurant actuellement entre Carpentras à l'W, Aix-en-Provence au S et Digne au NE.

On peut considérer en première analyse que la Durance actuelle sépare

les trois bassins orientaux appuyés sur le socle, la terminaison méridionale de celui de Carpentras étant actuellement cachée vers les Alpilles. Ce sont :

a) le bassin d'Apt-Forcalquier-Manosque au N ;
b) le bassin de Carpentras-l'Isle-sur-Sorgue à l'W ;
c) le bassin d'Aix au S ;
d) le bassin de Digne à l'E.

Ces quatre bassins ont une étendue d'un même ordre de grandeur mais diffèrent beaucoup quant à leur contenu sédimentaire ; je ne pourrai guère, par ailleurs, m'attacher au bassin de Digne, recouvert dans sa plus grande partie par le Miocène, et ne dirai que quelques mots des deux autres.

A. — *Bassin d'Apt-Forcalquier-Manosque.*

L'extension actuelle des dépôts oligocènes sous les faciès de Manosque, décrits précédemment, paraît correspondre approximativement à la limite paléogéographique du bassin.

— Nous en avons pour preuve le passage rapide des faciès de Manosque à des faciès compréhensifs, entièrement détritiques et conglomératiques, limités à l'E à une droite dirigée NNE passant par le rocher de Volx, droite distante de 3 km à l'W de la Durance actuelle ; et au S à une droite dirigée ESE joignant Vitrolles et Sainte-Tulle, direction définie par J. Goguel (1932, p. 54) comme un axe de plissement éocène, à 8 km au S de Manosque [1].

— Au SW, le bassin se trace d'une façon moins directe par le repos de la molasse burdigalienne sur le Crétacé et, au N du Crétacé du Luberon, entre Bonnieux et Céreste, par le peu d'épaisseur et la disparition des faciès typiques de l'Oligocène entre le Crétacé et le Burdigalien : sur le flanc N, par l'amincissement progressif de ces dépôts, plaqués sur le Crétacé de la Montagne de Lure, vis-à-vis des épaisseurs des mêmes faciès rencontrés dans le sondage de Notre-Dame du Plan (SE de Sigonce).

Enfin, la subconcordance de l'Oligocène et du Burdigalien dans l'ensemble du bassin autorise à mettre en doute une importante phase d'érosion anté-burdigalienne. On peut donc penser que, dans ces dernières régions, l'Oligocène n'aurait pu être érodé avant le dépôt de la molasse, s'il s'y était déposé ; sauf peut-être à Apt, où manque l'Aquitanien.

Nous allons préciser maintenant, en fonction de l'extension et de la nature des différentes assises, les formes successives du bassin aux différentes époques de l'Oligocène.

[1] Cette bordure méridionale est alignée par les failles, dirigées ESE, de Vitrolles (carte géologique au 80.000e, 2e édition) qui se prolongent dans l'Oligocène, à 700 m à l'E de la Bastide-des-Jourdans (carrefour 440,9).

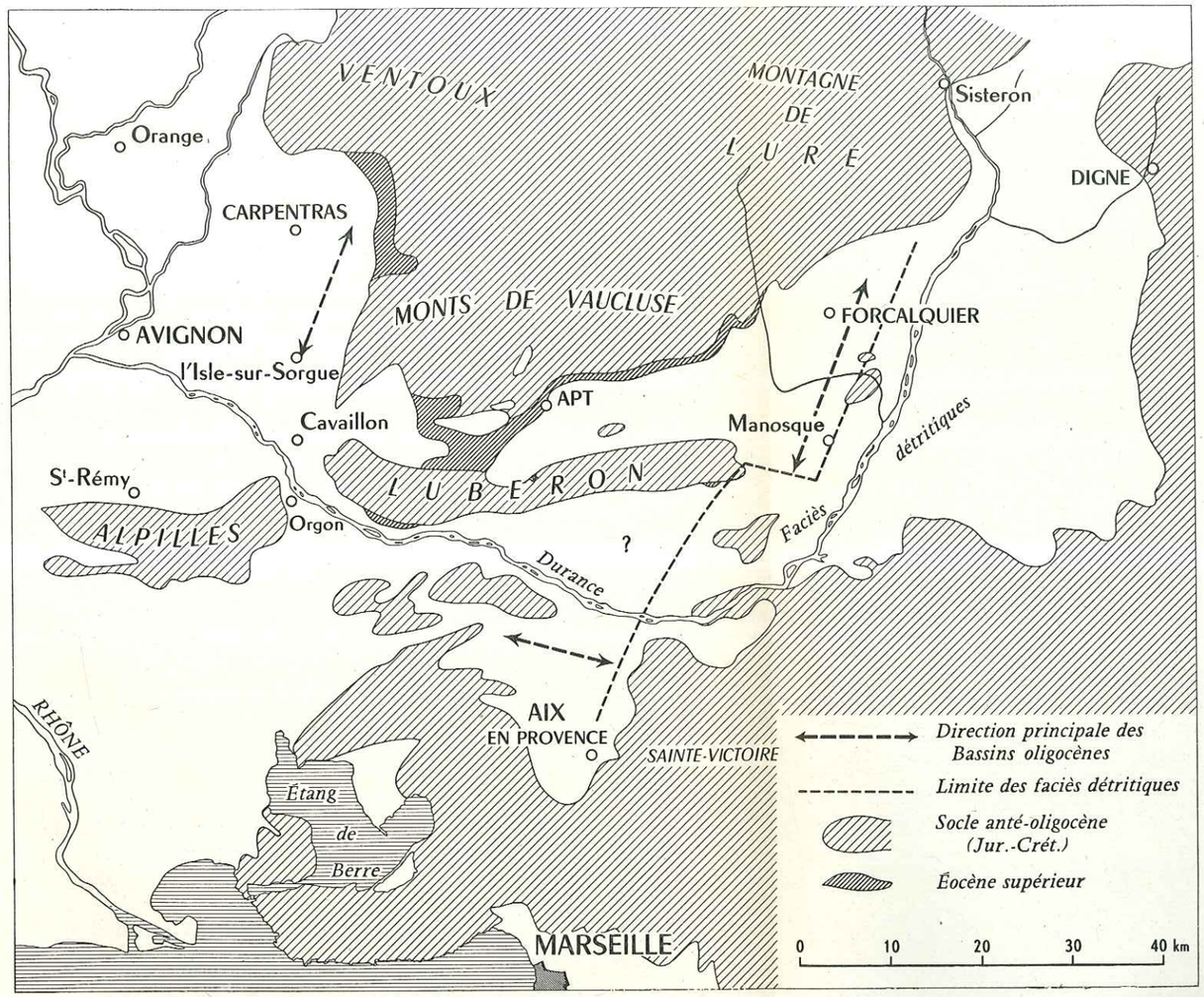


Fig. 4. — Bassins oligocènes provençaux.

1. **Sannoisien.** — Nous avons fait déjà allusion à l'existence d'un petit bassin oligocène occidental, centré sur la région d'Apt.

Les éléments prouvant cette individualisation précoce, vis-à-vis du bassin qui nous occupe, sont les suivants :

— *existence d'un « seuil » urgonien à Castellet*, supportant directement les conglomérats stampiens. A l'W de cet « étroit », le Sannoisien, concordant au Ludien, se compose de calcaires en plaquettes à Cyrènes, non bitumineux, de gypses (2 niveaux), de marnes sableuses vertes, d'argiles smectiques ; *cet ensemble très caractéristique de la région d'Apt* (nous l'appellerons Sannoisien de faciès Apt) *y est épais d'environ 100 m.* Cette épaisseur est réduite de moitié, sous les mêmes faciès, à Oppedette (coupe 2, flanc N) et ces caractères lithologiques se perdent totalement à la Laye (coupe 3).

— A 12 km à l'W d'Apt, en concordance avec le Ludien gypseux, les faciès « calcaires en plaquettes » subsistent presque seuls, avec quelques marnes vertes sableuses et gypses très rares ; notamment à Lacoste, Goult et, directement sur le Crétacé à Murs, plus au N. Les sables et marnes verts glauconieux alternant avec des calcaires blancs de la base de cette série laguno-lacustre, épaisse à Apt de 40 m, correspondent probablement à la reprise de sables crétacés sous-jacents.

Cette concordance au Ludien et les faciès gypseux relativement épais du Sannoisien d'Apt traduisent ici le *relais* vers l'E des conditions de dépôts, *très caractéristiques*, de l'Éocène supérieur de Mormoiron et de Mazan dans le Vaucluse. Le gypse, les argiles smectiques et les calcaires plaquetés blancs non bitumineux constituent l'essentiel de la sédimentation de l'Éocène supérieur dans ces régions, avec quelquefois des épaisseurs très importantes, notamment en ce qui concerne les argiles smectiques de Mormoiron et les gypses de Mazan.

— Dans la fosse de Manosque, à l'E du seuil de Castellet, des gypses, anhydrites (et peut-être du sel gemme très épais), des marnes rouges sableuses et des calcaires bitumineux paraissent exister dès le début du Sannoisien. Il est donc certain que la « contagion bactérienne » qui a développé les hydrocarbures noyés dans les calcaires en plaquettes a débuté ici plus tôt qu'à Apt.

L'analyse minutieuse de la flore faite par de Saporta (1867) pour une grande partie du bassin ne lui a pas permis de conclure à une grande différence de climat entre la région d'Apt et celle de Manosque au Sannoisien. Les différences entre les faciès d'Apt et ceux de Manosque proviennent probablement de la nature du socle : à Apt, très chargé en sables verts crétacés, comme l'était celui de Carpentras encore plus à l'W, à l'Éocène supérieur, alors qu'à l'E (Montfuron, Volx) c'est le Crétacé marneux ou formé de calcaires massifs qui constitue la base des premiers dépôts sannoisiens, tout au moins aux affleurements actuels.

En ce qui concerne les dépôts biochimiques, il paraît évident qu'une séparation géographique des deux bassins par le seuil de Castellet doit être à l'origine de la profonde différence de nature entre les calcaires blancs crayeux et jamais papyracés à Apt, alors qu'ils sont au contraire bruns, en feuillets, et très bitumineux à Manosque.

En résumé, au Sannoisien, dans la région d'Apt paraissent se poursuivre les conditions de sédimentation qui ont régné à l'Éocène supérieur dans la partie occidentale des monts du Vaucluse. Le bassin était peut-être limité vers l'E par le seuil de Castellet au-delà duquel les dépôts sont bitumineux au même âge. Il ne paraît pas douteux par ailleurs que la région d'Apt constituait au Sannoisien l'extrémité orientale d'un petit bassin où la sédimentation gypseuse était active, mais sans aucun développement de formations bitumineuses.

Les limites extrêmes du bassin sannoisien de Manosque ne peuvent être définies avec précision qu'aux deux bordures crétacées de Volx, à l'E (Stampien conglomératique reposant directement sur l'Urgonien), et de la Bastide-des-Jourdans, à l'W. Il est peu vraisemblable qu'en ce dernier point le faciès gypseux ait débordé de beaucoup les limites d'érosion actuelles du Sannoisien. Au N, le faciès gypseux est remplacé par des conglomérats et on atteint encore ici une limite du bassin. Vers le S, il est possible que le Jurassique de Mirabeau ait formé un jalon très méridional du bassin sannoisien dans la mesure où l'axe crétacé ESE, Vitrolles-Beaumont (J. Goguel), d'âge pyrénéo-provençal, n'ait pas constitué une limite plus septentrionale [1].

2. **Stampien.** — Au Stampien, la transgression des calcaires en plaquettes supérieurs (Stampien inférieur) sur le Crétacé de Castellet et de Volx, la similitude des faciès de ce Stampien, désormais d'Apt à Manosque, amènent à penser que c'est à cette époque que le bassin d'Apt-Forcalquier-Manosque prend son unité. L'épaississement considérable de chacune des assises du Stampien, d'une façon continue, d'W en E dans la fosse de Manosque, donne à cette fosse son caractère principal. Quels en sont les autres traits ?

— une sédimentation toujours plus ou moins bitumineuse en schistes et en calcaires ;

— existence de pulsations sédimentaires plutôt que de cycles classiques : de la base au sommet du Stampien, on trouve en effet successivement calcaires, sables et marnes, évaporites, calcaires, sables et marnes, schistes bitumineux ou calcaires très épais, précédant les sables et conglomérats de l'Aquitanien ;

[1] Le bassin d'Aix ne paraît pas recéler de dépôts gypseux du type Manosque-Apt avant la fin du Stampien.

— existence de plusieurs dizaines de couches de lignites toujours très bitumineux, noyés dans tous les types de sédiments précédents ;

— existence de soufre sédimentaire en relation avec des gypses.

a) L'aire de répartition des différents termes du Stampien prouve une *stabilité plus grande du socle septentrional* de la Montagne de Lure que celui du Luberon crétacé à la même époque. En effet, dans le N, les contours de tous les faciès s'emboîtent parallèlement entre eux sur le socle, tandis qu'au S, à Volx comme au S d'Apt, les différents termes du Stampien débordent, chacun, les termes précédents.

La transgression s'affirme donc en général sur le socle crétacé du Luberon au cours du Stampien.

b) En même temps que le Stampien marque une transgression progressive sur le socle crétacé méridional, les épaisseurs des calcaires en plaquettes puis celle des marnes de Manosque et puis enfin celle des calcaires de Vachères deviennent considérables, successivement d'W en E. La forme des isopaques ne peut être précisée avec exactitude en raison du recouvrement aquitanien et miocène, mais, si on se base sur la présence des affleurements actuels des schistes bitumineux (Stampien supérieur) à Manosque et à Dauphin et sur leur existence au sondage de Sigonce, soit sur 20 km d'extension NNE, alors que leur extension transversale ne dépasse certainement pas 5 km au parallèle de Dauphin, on peut assurer que l'allongement de cette « fosse » avait une *direction subméridienne ou NNE*, à peu près parallèle à la Durance actuelle. La forme des « fosses » antérieures, plus occidentales, au Stampien inférieur et moyen pourrait lui être comparable.

c) La répartition, au cours du Stampien, des substances utiles sera analysée dans un chapitre annexe ; mais on peut indiquer, sur la seule base des considérations stratigraphiques à l'échelle du bassin, que le nombre et l'exploitabilité des couches de lignite [1], ainsi que l'épaisseur des couches de schistes bitumineux à grosse teneur en hydrocarbures, paraissent fonction de l'épaisseur totale des niveaux du Stampien qui les recèlent, autrement dit de l'amplitude locale de la subsidence du bassin. Celle-ci multiplie dans le temps les enfouissements, en même temps que s'installe, grâce à un climat favorable, un régime bactérien propre à la décomposition des matières organiques, soit en lits ligniteux, soit en sédiments hydrocarburés, soit dans les deux types de sédiments simultanément.

Les invasions saumâtres sont plus rares qu'au Sannoisien, si l'on fait abstraction des gypses du début du Stampien (gypses de la base de la masse inférieure « *c* » des calcaires en plaquettes) ; de ceux des marnes « *b* » (au Jas), de la base de la masse supérieure « *a* » des calcaires en plaquettes et du niveau rouge (gypseux) de Biabaux, compris dans les marnes de

[1] Si on exclut le facteur « tenue des épontes » dans l'exploitabilité.

Manosque. Tenant compte de ce que deux de ces niveaux de gypse sont le siège d'indices de soufre, la subsidence est donc également la cause des dépôts sulfureux, dans une région où les bactéries sulfurigènes proliféraient.

En résumé, au début du Stampien s'individualise la fosse de Manosque, peu « profonde » à l'W, très « profonde » au centre et entièrement détritique à l'E. Les caractères communs à tous les dépôts stampiens de la fosse centrale sont l'*épaisseur considérable* des assises et leur *peu d'étendue spatiale* ; c'est enfin la liaison étroite des matières utiles, schistes bitumineux, lignites et soufres, avec les épaisseurs maxima des assises.

10 km séparent, d'W en E, et probablement guère plus de 15 km du N au S, les extrémités de cette fosse ainsi définie.

De nombreuses secousses subsidentes, plus importantes au centre et à l'E, ont pour effet de maintenir des tranches d'eau susceptibles d'une sédimentation biochimique végétale (lignites) et animale (schistes et calcaires bitumineux) alternant avec une sédimentation détritique, due à l'érosion de chaînons pyrénéo-provençaux.

L'instabilité du fond (subsidence générale) paraît s'être propagée d'W en E à partir du Sannoisien (bassin d'Apt), sans renouvellement massif d'eau salée (pas de fossiles franchement marins) mais avec apport important d'eau douce (pluies régionales subtropicales) compensant l'évaporation. Ce régime de déplacement vers l'E paraît se poursuivre à l'Aquitanien.

Enfin un caractère assez particulier du Stampien est le désordre apparent de la sédimentation lignitifère, réparti dans tous les types d'épontes possibles ; on ne trouve pas de cycle sédimentaire complet. C'est le début des secousses orogéniques alpines avec une subsidence de détail d'aspect anarchique, dont témoigne peut-être le volcan unique de Beaulieu, du Stampien supérieur du bassin d'Aix.

3. **Aquitanien.** — A l'Aquitanien, on observe :

— une extension plus grande de la lagune, dans la première moitié de l'étage et dans la région septentrionale, marquée par une répartition plus uniforme des lignites ; ceux-ci ne sont plus généralement liés qu'à un faciès calcaire alors que les lignites du Stampien gisent dans des épontes de toute nature ;

— une sédimentation beaucoup plus grossière, en général, qu'au Sannoisien et au Stampien ;

— la disparition progressive des faciès bitumineux, confinés presque exclusivement aux lignites, et l'absence de gypses et de soufre.

Examinons rapidement les causes paléogéographiques possibles d'un tel aspect sédimentaire.

Au début de l'Aquitanien, soit à quelques millions d'années de l'orogénèse pyrénéo-provençale, les reliefs anciens du lac de Manosque se sont

beaucoup amenuisés. La région d'Aix et de Marseille, si bouleversée par le plissement, est en partie sous les eaux depuis le Stampien. Mais au S de la Montagne de Lure, restée probablement en partie émergée, des îlots de calcaires subverticaux comme les rochers de Volx, de Tourrache (?) ou comme la crête structurale anticlinale du Luberon et la petite chaîne de Vitrolles-Corbières émergent encore probablement et jalonnent la lagune. Près de cette étendue aquatique et dans ses eaux prolifère toujours une vie végétale et animale intense et, depuis le début du Stampien, le climat n'a guère varié (de Saporta).

Cependant, à l'E, depuis le début du Sannoisien et même auparavant, une vieille « Durance » au delta complexe a consolidé les berges de la lagune par des apports détritiques importants ; mais il ne paraît pas douteux qu'avec l'Aquitanien, des gauchissements apparaissent, en certains points, précoces vis-à-vis de l'orogénèse alpine ou répliques attardées de la précédente.

De tous côtés, les apports conglomératiques vont tendre alors à combler la lagune (marnes rouges et conglomérats de Viens) et à repousser la sédimentation calcaire en son centre (calcaires de Reillanne terminant l'Oligocène).

Il semble bien que la base de l'Aquitanien soit partout concordante aux calcaires de Vachères (Stampien supérieur) auxquels elle est souvent liée par un niveau pyriteux. Le faisceau de lignites supérieur débute *dès la base des marnes aquitaniennes* au centre du bassin (Dauphin et sondage de Saint-Clair), au N du bassin, à Sigonce, et à l'extrémité W (Saint-Martin-de-Castillon), alors qu'au S (carrières de la Tuilerie de Manosque) le régime n'est pas ou peu lignitifère à la même époque. Par contre, au milieu de l'Aquitanien, la sédimentation houillère paraît générale avec des secousses subsidentes typiques telles qu'au centre du vieux bassin, entre Forcalquier et Manosque (au sondage de Saint-Clair), on compte environ 60 couches de lignites dans 200 m de sédiments calcaréo-marneux. Au sondage du Plan, à 6 km au N et dans l'axe (?) méridien du bassin se déposaient en même temps une vingtaine de lits ligniteux.

Parallèlement à cette subsidence, les anciennes bordures du bassin s'exhaussent. On trouve dans les conglomérats aquitaniens et surtout à l'E (Sigoyer, coupe 6 ; Volx, coupe 12) d'importants éléments, à peine transportés, de calcaires bitumineux stampiens. La comparaison latérale des coupes faites ici montre à l'évidence que les langues conglomératiques viennent de l'E (J. Goguel, 1959). Il est extrêmement vraisemblable que la région de Manosque fut isolée du lac de Forcalquier dès le milieu de l'Aquitanien par un début d'orogénèse qui a laissé son empreinte concrète telle qu'accidents anté-molassiques, ainsi que nous le verrons, ou telle qu'une transgressivité de la mer burdigalienne jusque sur le Stampien moyen des bordures orientales (Manosque, Volx) et occidentales (Saint-Martin-de-Castillon). Cet isolement du bassin de Forcalquier par rapport à celui de Manos-

que est probablement à l'origine de l'individualisation des calcaires de Reillanne dans la seule région septentrionale.

En résumé, le début de l'Aquitanien est marqué par un faciès détritique quasi général sur le versant S de la Montagne de Lure (bord du lac) et au N du Luberon crétacé (à l'E, ces faciès règnent en continuité).

Avec la poursuite d'un climat humide et chaud en région lacustre, la prolifération houillère est au moins aussi importante qu'au Stampien et des couches de lignites peuvent s'enfouir au milieu de sédiments surtout calcaires. Cependant, l'élaboration bactérienne n'est plus exactement du type de celle du Stampien, car les sédiments ne sont plus bitumineux ni sulfureux mais exclusivement charbonneux. Peut-être ce fait est-il en relation avec l'existence d'une aire désormais sans contact avec les eaux salines et sulfatées des apports marins (?).

Quoi qu'il en soit, des gauchissements (dont témoigne le faciès uniformément détritique du Stampien moyen) paraissent débuter à cette époque, gauchissements qui morcellent notre lac après le Stampien supérieur et séparent probablement le régime de sédimentation de Manosque de celui de Forcalquier. Ces mouvements développent de plus en plus l'aire de la sédimentation continentale et déforment quelque peu les bordures du lac sur lesquelles s'appuieront quelquefois en discordance les premiers dépôts burdigaliens.

B. — *Bassin de Carpentras-L'Isle-sur-Sorgue.*

Ce bassin se compose de sédiments lacustres non bitumineux, compris entre des couches datées par des fossiles (Ludien fossilifère et Burdigalien fossilifère), comme à Apt.

L'épaisseur est faible et dépend essentiellement de celle du gypse (20 à 70 m). Le gypse paraît avoir eu, à l'Isle-sur-Sorgue, une dispersion sédimentaire assez étroitement limitée à des fosses de subsidence dirigées NNE (structures en « coussins » ou lentilles à flanc abrupt), structure sédimentaire reprise par les lignes tectoniques alpines qui morcellent encore davantage les gisements en longs graben dirigés NNE (Destombes et Bricon, 1959).

L'épaisseur totale de l'Oligocène de Mormoiron et de l'Isle-sur-Sorgue (dont on ne sait, en l'absence de fossiles, s'il est d'âge sannoisien ou s'il recouvre toute l'époque oligocène) est très réduite vis-à-vis de celle des dépôts de Manosque : à Mormoiron 30 à 50 m ; à l'Isle-sur-Sorgue, ils ne dépassent probablement pas 100 m. On n'a donc aucunement affaire à un bassin subsident du type de celui de Manosque [1].

[1] Tout au moins aux bordures ; les sondages de la région située au S des Alpilles ont révélé au contraire des formations laguno-lacustres subsidentes et bitumineuses, très épaisses.

Deux points seulement retiendront l'attention, par comparaison avec le bassin d'Apt-Manosque :

— le *climat*, cause, en toute hypothèse, des faciès communs aux deux régions et paraissant uniforme ;

— et surtout *l'allure des gauchissements synsédimentaires* qui, dans les petits bassins à gypse subsidents de l'Isle-sur-Sorgue et probablement de Mormoiron-Mazan, s'alignent parallèlement à ceux de Manosque en direction NNE ; direction parallèle à celle des bordures du socle crétacé occidental du Ventoux.

Ces directions synsédimentaires sont en gros perpendiculaires à celle des derniers mouvements pyrénéo-provençaux, ici comme à Manosque, et cette direction sera reprise ensuite par les tassements post-alpins (Banon-Luberon oriental).

C. — *Bassin d'Aix.*

Le bassin d'Aix, au S, paraît ne s'être individualisé, ou tout au moins ne comporter un Oligocène de type Manosque qu'avec le Stampien. Il est gypseux au sommet de cet étage et couronné par un Aquitanien essentiellement calcaire. L'épaisseur totale de l'Oligocène ne dépasse pas 150 m, y compris les formations détritiques de la base.

Entre la région d'Aix au S et celle d'Apt-Manosque au N, l'Oligocène est marno-sableux et détritique avec quelques calcaires qui ne permettent aucun parallélisme entre les deux bassins.

Quoi qu'il en soit, il apparaît que la sédimentation oligocène du bassin d'Aix, où régnait, d'après de Saporta, un climat humide et chaud, a été guidée par les directions pyrénéo-provençales, E-W ou ESE, des rides très énergique de son socle méridional et septentrional, direction parallèle au cours local de la Durance au N d'Aix. Les conglomérats miocènes de la bordure orientale sont les homologues de ceux de Valensole (bord E de la fosse de Manosque).

D. — *Bassin de Digne.*

L'Oligocène du bassin de Digne, le plus souvent caché par le Miocène, paraît entièrement détritique. Nous ne pouvons donc retenir cette région, pour schématiser les formes de celle du bassin de Manosque-Forcalquier à l'E, durant l'Oligocène, autrement que par la forme des décharges.

La présence de très importants conglomérats compréhensifs, parallèles au cours de la Durance, à la limite orientale de notre bassin, durant tout l'Oligocène et surtout à la fin de cette époque, suggèrent simplement que, comme les décharges pontiennes de Valensole, ces dépôts devaient constituer des langues énormes sur lesquelles s'appuyaient les bassins lacustres de Manosque à l'W et de Digne à l'E durant l'Oligocène.

IV. — Conclusions de l'étude stratigraphique.

Le bassin oligocène d'Apt-Manosque-Forcalquier possède une individualité remarquable, mais cette individualité n'est entière qu'après le Sannoisien. Je tâcherai de récapituler ici les modalités les plus accusées de la sédimentation ; elles sont commandées essentiellement par les déformations, beaucoup plus que par le climat que ces déformations conditionnent d'ailleurs en partie.

Ces conclusions pourront constituer un avant-propos de l'étude tectonique dans ce qu'elles se seront attachées à reconstituer l'histoire des déformations dont les sédiments portent l'empreinte et notamment des déformations apparaissant comme les plus précoces dans le bassin.

Je rappellerai donc successivement, le plus schématiquement possible, d'une part : les différents aspects du bassin et les effets de sa forme sur le contenu sédimentaire ; et d'autre part : les grandes lignes et l'âge de ses déformations.

Au début de l'Oligocène, il existe probablement deux bassins encaissés dans des chaînons crétacés d'âge pyrénéen ; à l'W, le bassin d'Apt, appuyé au N sur la Montagne de Lure et au S sur le Luberon, et limité à l'E par l'étroit (?) de Castellet ; bassin ouvert à l'W jusqu'à Carpentras (?) où ne se déposeront pendant l'Oligocène que des faciès du type du Sannoisien d'Apt, superposés en concordance à ceux du Ludien fossilifère de Mormoiron.

Avec les gypses d'Apt et d'Oppedette, surmontant ceux de Gargas, se terminent le Sannoisien d'Apt et l'appartenance de cette extrémité orientale du bassin oligocène au bassin rhodanien, tourné vers les eaux marines. Le fond de la fosse de Manosque, de son côté, traduit à la même époque, par ses gypses, ses schistes bitumineux et probablement le sel gemme, un approfondissement subsident, important et précoce, dans sa région occidentale.

Au Stampien, transgressif partout sauf sur le flanc N, les deux bassins se réunissent en un seul. Le climat favorise l'épanouissement d'une flore et d'une faune homogènes, permettant des types de dépôts comparables avec des épaisseurs importantes surtout à l'E (fosse de Manosque).

Les augmentations d'épaisseur progressives se réalisent depuis la région d'Apt, à l'W, vers l'E, par l'effet de secousses subsidentes extrêmement nombreuses responsables de quelques apports marins ; il se dépose alors des lignites, gypses, soufres et schistes bitumineux, encaissés dans d'épaisses séries calcaires, marneuses et gréseuses.

Ce régime subsident se poursuit à l'Aquitanien, essentiellement dans le lac lignitifère de Forcalquier qui paraît séparé, à l'Aquitanien moyen, de celui de Manosque par un premier mouvement positif du Luberon de Manosque. Les faciès calcaires sont liés, à Forcalquier, aux lignites, tandis qu'à Manosque les marnes prédominent. A l'W (Oppedette, Céreste) et à l'E, les décharges conglomératiques tendent à envahir le bassin.

Dans la région d'Apt, où le Burdigalien repose directement sur les calcaires de Vachères, comme dans celle de Volx où le Burdigalien vient recouvrir transgressivement vers l'E tout l'Oligocène et même l'Urgonien, un gauchissement se poursuit qui a pour effet un resurgissement des roches crétacées. Dès lors, le Luberon crétacé à l'W et probablement le rocher de Volx à l'E, comme le sont restés les Monts de Vaucluse au N, resteront émergés et formeront les butoirs des plis alpins sur lesquels l'Oligocène plastique va se déformer.

Ainsi, bien que le détail de cette analyse stratigraphique n'ait pas révélé le déroulement complet des différentes phases d'un cycle sédimentaire classique, on peut conclure cependant qu'entre les plissements pyrénéo-provençaux et le début de la phase alpine, antémiocène, le lac oligocène d'Apt-Forcalquier-Manosque possède une histoire parfaitement équilibrée : les faciès détritiques précoces et tardifs encadrent une série de petits « cycles de sédimentation », calcaires, marneux et même de boues très fines (schistes bitumineux), dans lesquels les faciès d'évaporation et aussi les faciès grossiers s'intercalent.

Les passages de faciès brutaux, dans le temps, s'accompagnent de variations latérales très brusques qui ont permis de délimiter le bassin avec précision.

De tout cela, il reste évident qu'*on peut définir la région de Manosque-Forcalquier comme une aire critique durant l'Oligocène :*

— *aire subsidente en détail*, où l'épaisseur de l'Oligocène ne peut être comparée qu'à celle des bassins profonds de Marseille et surtout de Camargue, où l'on trouve aussi les mêmes faciès et les mêmes matières utiles qu'à Manosque : hydrocarbures, évaporites et soufre dans les sondages profonds ;

— *aire instable en grand*, située en charnière de la chaîne alpine où s'individualise la subsidence générale d'un bassin péri-orogénique. Ce bassin est appuyé, à l'W, sur des limites franches, déjà à peu près rigides après l'Éocène supérieur (si on fait abstraction des fractures méridiennes de Banon, d'âge alpin) et, à l'E, sur une véritable fosse de piedmont.

Ce bassin s'approfondit progressivement durant tout l'Oligocène, d'W en E, et finit par se réduire à une Durance actuelle, dernier chenal des décharges de la chaîne en cours de surrection, à travers l'époque helvétopontienne des conglomérats monstrueux de Valensole.

Ainsi, comme dans les grands bassins westphaliens paraliques classiques (P. Pruvost, 1931), l'approfondissement subsident est connexe de l'orogénèse. Les mouvements que le chapitre suivant va s'efforcer de définir ont bien débuté dès le Stampien par des affaissements subsidents, connexes des relèvements de bordure. Ces mouvements alpins précoces paraissent ici dirigés parallèlement aux décharges pontiennes des deux rives de la Durance actuelle : N à NE.

CHAPITRE II

TECTONIQUE DU LUBERON OLIGOCÈNE

Introduction.

Entre Cavaillon, à l'W, et Manosque, à l'E, les plissements pyrénéo-provençaux ont provoqué, à l'Éocène supérieur, la surrection d'un anticlinal de terrains crétacés, dirigé sensiblement E-W (J. Goguel, 1932, p. 63).

Après le dépôt de l'Oligocène, les déformations alpines, post-molassiques, du Luberon oriental sont dirigées NE.

Cette direction est nouvelle. *Que représente-t-elle vis-à-vis de l'ancienne forme, anté-oligocène, du bassin ?*

Plusieurs facteurs peuvent intervenir, la région envisagée se trouvant en charnière sur deux domaines ; l'un, à l'W, où l'empreinte de l'orogénèse ancienne a été et reste encore actuellement très marquée, et l'autre, le domaine alpin, où les plis locaux et les failles tardives sont régionalement subméridiennes ou dirigées NNE. On peut penser, *a priori* :

— à l'influence des faciès et des épaisseurs successives de la « fosse » de Manosque, se déplaçant dans le temps suivant des directions probables NNE ;

— à l'influence du butoir formé par les conglomérats pontiens de Valensole dont la limite occidentale est dirigée NNE ;

— à des disharmonies notables entre un socle rigide et une couverture épaisse et souple ;

— à des intrusions diapiriques salifères ayant morcelé le substratum et augmenté l'incompétence des couches en contact.

Tous ces facteurs ont pu jouer pour une plus ou moins grande part et ils posent le problème de la réaction propre du socle crétacé lors des mouvements principaux.

Dans ce chapitre, j'examinerai la carte tectonique détaillée (planche 1, en pochette), établie au sol et précisée concurremment avec les photographies stéréoscopiques aériennes. Son interprétation sera proposée ensuite en m'aidant des coupes fournies par les travaux profonds. Certains de ceux-ci, et notamment les recherches par travers-bancs de la colline de Biabaux, apportent un important élément de réponse au problème tectonique local dont la complexité propre s'accroît d'un décoiffement typique de la colline.

L'utilisation de toutes les données de travaux de profondeur [1] est souvent à la base de la valeur pratique d'un tel type de monographie régionale, même lorsque les résultats économiques que ces travaux avaient pour objet n'ont pas été atteints.

I. — Données de surface et de profondeur.

A. — *Les mouvements intra-oligocènes et anté-miocènes.*

Ceux-ci n'apparaissent sur les cartes que par la transgressivité, sur le socle crétacé de Volx et de la Bastide-des-Jourdans, des différents termes du Stampien. A Volx, les conglomérats de base du Stampien supérieur (calcaires de Vachères) comprennent des éléments roulés de calcaires fortement bitumineux du Stampien inférieur. Ce fait est de plus en plus général à partir du Stampien, et l'Aquitanien, entièrement détritique à la bordure orientale du bassin, est riche en galets roulés de calcaires oligocènes de tous âges.

Ainsi, comme l'a suggéré l'étude paléogéographique, *les bordures du bassin commencent à se relever dès le Stampien moyen et certainement au Stampien supérieur*. Hors de ces gauchissements, ces mouvements de bordure n'ont pas montré, jusqu'ici, d'accidents géologiques importants [2].

Beaucoup plus caractérisés, mais toujours mesurés vis-à-vis de l'orogénèse alpine, paraissent être les mouvements aquitaniens. A l'E comme à l'W du bassin, la carte géologique montre bien la transgressivité de la molasse marine burdigalienne sur un socle gauchi, où l'Aquitanien peut localement manquer. Cependant les conglomérats de base de la molasse, étudiés en détail en différents points, ne donnent pas la certitude de la présence de galets roulés de calcaires aquitaniens. On ne sait donc s'il s'est agi là de mouvements d'exhaussement anté-aquitaniens, tels que cet étage pourrait ne s'y être pas déposé, ou si, au contraire, s'y étant déposé, il se serait érodé avant le Miocène. Cette discussion paraît rester ouverte à l'W, dans la région de Saint-Martin-de-Castillon ; à l'E par contre, la transgressivité, *continue* vers l'E, du Stampien inférieur *jusqu'à l'Helvétien* sur le Crétacé de Volx, implique un mouvement négatif et une érosion continue du « Rocher de Volx » dont témoigne la composition des conglomérats de base des différents niveaux de l'Oligocène supérieur. Nous avons vu également se séparer, vers le début de l'Aquitanien, la région de Manosque de celle de Forcalquier.

[1] Le Bureau de Recherches Géologiques et Minières a pour attribution l'archivage de tous travaux profonds exécutés dans le sous-sol métropolitain, travaux dont la déclaration d'ouverture préalable est légalement obligatoire lorsqu'ils dépassent dix mètres de profondeur.

[2] A Saint-Symphorien, extrémité orientale de la Montagne de Lure, A.-F. de Lapparent (1941, p. 82) a montré qu'il existait une discordance entre le Sannoisien et le Stampien.

Ces mouvements anté-miocènes ont pu être individualisés assez précisément dans la région de Montfuron. A l'E et à l'W du village, deux failles subméridiennes, bien visibles, décalent de 50 m à 100 m en direction le contact des calcaires de Vachères et des marnes de Viens (penté ici N 45° à 70°) : *elles viennent buter contre la molasse marine burdigalienne*. La faille occidentale passe par le carrefour de la N 207 et de la N 556, à 1 km à l'W de la métairie de Maure. Cet accident est au moins en partie à l'origine de la source qui est captée pour l'alimentation en eau de Reillanne ; l'autre accident, plus à l'E, traverse la route nationale 207 au col situé juste au N de la même métairie de Maure.

D'autres failles de ce type sont fréquentes dans cette région, mais étant recoupées par d'autres accidents, post-molassiques, ESE, elles sont moins nettes. On peut peut-être préciser ici encore l'âge de ces accidents, grâce à la netteté de la coupe de la route nationale entre le carrefour précédent et la route nationale d'Avignon à Digne, à proximité immédiate du captage ci-dessus (point 569,9 de la feuille au 20.000e de Reillanne 4). Ces accidents, en effet, ne paraissent pas affecter les calcaires de Reillanne, de l'Aquitanien supérieur : ces calcaires, très peu épais (4 m), ont leur base conglomératique et comportent notamment des éléments d'un grès dur provenant d'un banc situé 20 m plus bas et appartenant aux marnes rouges gréseuses et conglomératiques de Viens, de l'Aquitanien inférieur ; ce banc dur peut d'ailleurs être suivi sur 200 m le long de la route nationale. De plus, le sommet des calcaires blancs crayeux de Reillanne à *Helix ramondi* est parfaitement concordant avec les marnes sableuses et glauconieuses de la base de la molasse burdigalienne fossilifère, et ceci sur plusieurs kilomètres de distance aux environs de Villemus.

Ces mouvements anté-molassiques ont donc certainement eu ici une phase aquitanienne tardive ; mais ceci n'est qu'un cas particulier des mouvements d'âge oligocène qui se révèlent, à l'analyse, plus ou moins continus depuis le début du Stampien. Le schéma tectonique : *orogénèse-subsidence-dépôts houillers*, établi dans le Nord de la France par P. Pruvost (1930), s'applique ici à une petite échelle si on compare notre bassin aux bassins paraliques, la fosse de Manosque étant adjacente, elle aussi, à une chaîne en son début de développement orogénique.

B. — ***Les mouvements post-oligocènes.***

L'essentiel de la structure alpine du Luberon a été précisé par J. Goguel (1932). J'indiquerai ici quelles sont les modalités des déformations de cet âge pour les assises oligocènes.

Le plissement principal du Luberon oligocène, qui a notamment porté à la verticale les couches du Stampien de la retombée sud, à la mine de Gaude près de Manosque, sur 400 m de hauteur, est d'âge pontien. *Les couches de calcaires de Vachères, du Stampien supérieur de la rive droite de la*

Durance, butent verticalement sur les conglomérats néogènes supportant ceux du plateau de Valensole de la rive gauche. Ces mouvements ont modelé les couches souples et très épaisses de la fosse de Manosque en un anticlinal apparemment simple dont l'axe est formé de deux tronçons, dirigés E et ENE, appuyés sur le Crétacé, tronçons reliés au centre de la structure par une torsion axiale dirigée NNE à NE (Villemus, Saint-Martin).

Les couches incompétentes de l'Oligocène (calcaires en plaquettes, marnes, gypses) paraissent avoir subi passivement, en bien des points, des poussées apparentes venues du N ; sur le flanc S notamment, elles se ploient et « s'agenouillent » vers le S, avec des renversements locaux qu'il faut attribuer à la pesanteur, les couches restant verticales en profondeur.

Des failles radiales, précoces, sont prises en écharpe par de grandes failles, beaucoup plus continues en direction, NNE et ESE, correspondant certainement à des jeux profonds du socle.

Des gonflements d'origine diapirique festonnent au centre (Saint-Martin) le flanc NW de la structure ; enfin, des décoiffements typiques recouvrent l'ensemble de ces structures entre Biabaux et Villemus.

Je passerai en revue, sans entrer dans tous les détails, les illustrations les plus caractérisées de ces accidents.

1. **Accidents radiaux.** — Ce sont des failles ou flexurations subnormales aux directions des assises, qu'on peut mettre en évidence en suivant un niveau typique tel, par exemple, que le banc calcaire à *Smerdis macrurus* Ag. des calcaires en plaquettes supérieurs, ou le gros banc de calcaires asphaltique des calcaires en plaquettes inférieurs, entre les repères colorés rouges. Les failles, dont le rejet a été mesuré au sol en de nombreux points, apparaissent souvent très bien sur les photographies aériennes. La planche 1 montre l'allure de certains de ces bancs avec l'indication de quelques rejets, en mètres. Ces rejets, dans une région donnée, sont indifféremment positifs ou négatifs.

D'une façon générale, l'examen direct, au sol, donne de bons résultats pour le tracé et l'évaluation directe du rejet des failles affectant des bancs rigides et peu épais, insérés dans les marnes ; celui des photographies aériennes permet de prévoir des accidents entre couches marneuses colorées différemment. Mais, de toute évidence, les observations simultanées, au sol et sur photographies aériennes, s'avèrent indispensables.

On n'a pas d'argument positif pour dater ces accidents radiaux avec précision ; ils paraissent toutefois avoir accompagné les déformations de l'anticlinal durant toute sa surrection et ils sont recoupés par des accidents de tout autre type qui leur sont postérieurs. Ces failles radiales ont beaucoup facilité les affalements des différentes assises par gravité (planches photographiques I et II ; fig. 5). L'allure du pendage en zig-zag des calcaires en plaquettes est fréquente sur le flanc S où les différentes couches des calcai-

res ont été verticalisées (planche photographique III 2). Certains vallons jalonnent des failles de ce type et montrent, d'une rive à l'autre, des pendages contraires. Les ondulations se remarquent à toutes les échelles ; des

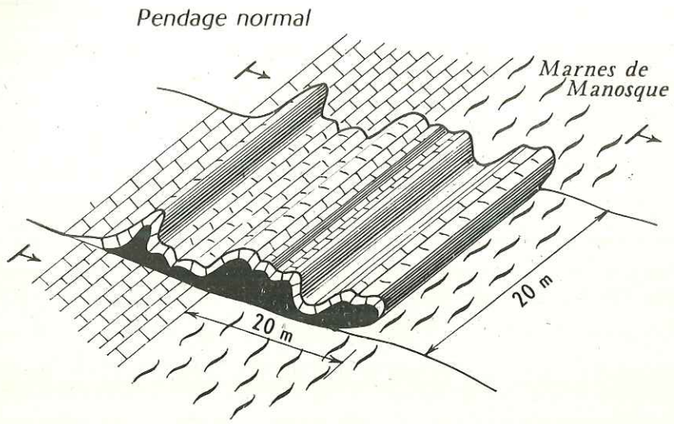


Fig. 5. — Glissement par gravité des calcaires en plaquettes sur les marnes de Manosque entre deux failles ou diaclases à 200 m N de Thomassine

(A rapprocher de la photographie de la pl. II).

grès ont été, comme des calcaires, ployés en véritable accordéon ; on peut penser que certains de ces affalements seraient précoces vis-à-vis de l'orogénèse majeure.

2. **Accidents dirigés NNE et ESE.** — Ceux-ci sont les plus continus : leur mise en évidence n'a cependant pas été immédiate.

a. *Faille NNE de Bourne-Marcaud.* — C'est structuralement la plus importante ; son rejet vers l'E est variable et d'environ 120 m au S, à Bourne, où elle met en contact les marnes moyennes du Stampien inférieur avec les marnes de Manosque du Stampien moyen. Elle a pour effet, en élevant l'extrémité occidentale de l'anticlinal, de prolonger vers le NW le cœur de la structure érodée. Au S de Marcaud, son rejet est certainement supérieur à 200 m (contact de la partie supérieure « *a* » des calcaires en plaquettes avec la partie inférieure « *c* », en couches peu pentées).

Cette faille est recouverte, en surface, par les décoiffements de Biabaux et c'est elle qui, en toute hypothèse, a perturbé, lors du fonçage, et perturbe toujours, par les eaux échappées de ses mylonites, le grand travers-banc de Biabaux (à la distance de 303) qui n'a jamais été « relevé ».

Vers le S (Valmiane), cette faille, ou sa réplique méridionale, s'incurve

légèrement vers l'W. C'est en effet par un petit chevauchement vers le SE que les calcaires en plaquettes du cœur de la structure, entre Bourne et le Moulin de la Dame, reposent sur les marnes de Manosque du flanc S ; le contact anormal (faille inverse) au Moulin de la Dame est très net grâce à la coupe du ravin (fig. 6). Ces accidents paraissent s'éteindre vers le SW (?) ou se répartir en faisceaux d'accidents dirigés NE à NNE (Pallières), toujours avec des regards E à SE.

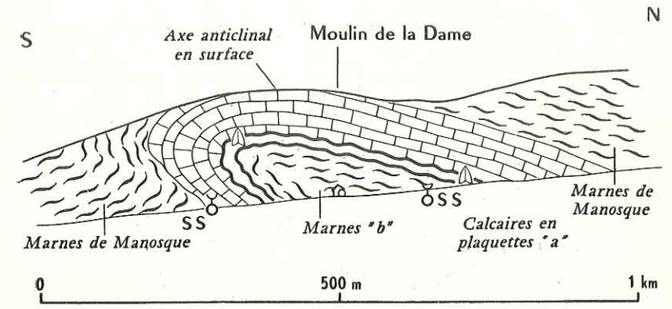


Fig. 6. — Fenêtre d'érosion du Moulin de la Dame.
Déversement vers le S de l'axe anticlinal entre Bourne et Montfuron.

SS, Source sulfureuse.

L'étude de la partie N de l'accident Bourne-Marcaud sera reprise ultérieurement lorsque j'examinerai la région septentrionale. Son influence paraît *à peu près seule en cause*, dans la grande inflexion, vers le NW, de la direction des assises oligocènes, entre Saint-Martin et Villemus.

b. *Un second accident*, du même type que le précédent (même sens de rejet), est jalonné par les métairies *Thomassine* et *Le Clément*. Au premier point, ce rejet est de l'ordre de 120 m et il paraît à l'origine de deux sources captées pour la ville de Manosque. Au N, le rejet s'amortit ; on est assuré notamment qu'aux environs de Pélissier (à 500 m au S de cette maison forestière), il est très peu important.

c. Parmi les accidents dirigés ESE, *les deux plus importants paraissent être ceux qui élèvent en horst la partie centrale de l'anticlinal* dans sa digitation vers l'W. Ce horst contribue encore davantage à faire affleurer le centre de la structure dans la région de Patatonis. Ces deux accidents ne sont plus visibles, en continuité, à l'E des deux grandes failles dirigées NNE décrites précédemment, qui les recoupent. Ils sont certainement amortis en direction orientale par les grandes épaisseurs et la plasticité de l'Oligocène qu'elles prennent en écharpe en direction très oblique.

Le horst, d'axe WNW, bordé au S par les ruines de la Cabane et de la

Gypière, a les calcaires en plaquettes de son flanc NW « affalés » sur les marnes de Manosque ; il est possible qu'en profondeur les couches se verticalisent (comme à la mine de Gaude, sur le flanc S, à l'E de Manosque).

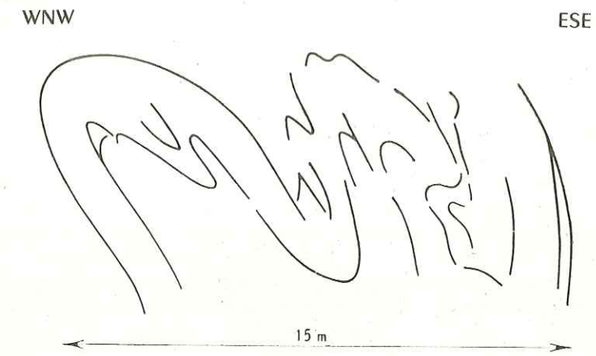


Fig. 7. — Calcaires en plaquettes « *a* » au S de Saint-Martin-les-Eaux.

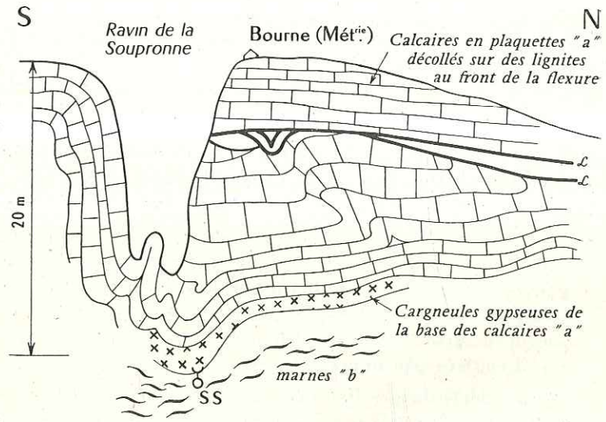


Fig. 8. — La flexure de Bourne.

SS, Source sulfureuse de Bourne, créée par la flexure au contact des marnes « *b* » sous les cargneules gypseuses.

Cependant les coupes de détail prises sur ce flanc, tout le long de la route montant à Saint-Martin, qui recoupe deux fois les calcaires verticalisés, montrent des replissements subverticaux (fig. 7) qui n'apparaissent pas

ailleurs lorsque la plasticité intervient seule. Ici, l'influence du gypse (et du sel) sous-jacent est peut-être à l'origine de ces débuts d'écaillement du flanc NW d'un diapir. La faille qui limite ce horst au N est complexe ; la plus septentrionale du faisceau correspond à la flexure de Saint-Martin, au N de laquelle les calcaires en plaquettes « *a* » du Stampien inférieur sont brusquement tordus à angle droit. Décalée en baïonnette par la faille de Bourne, elle se poursuit vers Passaire avec un rejet apparent de l'ordre de 100 m. Toutefois, l'intervention du bord N du diapir salifère de la plaine de Passaire peut avoir modifié ce rejet apparent.

L'ondulation anticlinale de Villemus-les-Plaines est aussi dirigée ESE, comme la flexure de Bourne (fig. 8). Entre Villemus et Montjustin, la molasse est décalée obliquement par des accidents de même direction (ESE).

La plupart des sources sulfureuses émergeant des calcaires en plaquettes sont situées, dans cette région, sur le trajet des grands accidents du type décrit ci-dessus (NNE et ESE), accidents qui paraissent les plus récents [1].

3. **Région de Biabaux.** — La colline, qui s'étend depuis le ravin de l'Osselet (au S du Dauphin) jusqu'à Saint-Martin-les-Eaux à l'W, a été l'objet de recherches pour lignites, schistes bitumineux et soufre. Trois travers-bancs et un puits y ont été foncés et ces travaux éclairent quelque peu l'interprétation des contours géologiques de surface ; une description détaillée en sera donnée ici.

Les figures 9 et 13 reproduisent et synthétisent les documents des exploitants au moment de la fermeture des recherches. Je dirai quelques mots de l'historique de ces recherches pour situer l'état progressif des connaissances géologiques sur la structure de Biabaux.

Les recherches de Biabaux ont débuté à la fin du siècle dernier par un travers-bancs partant du N, au niveau du ruisseau du Largue, à la cote 410, pour reconnaître les lignites exploités à l'E (Bois d'Asson) et à l'W (Villemus), dans le Stampien supérieur et moyen (couches du toit et faisceau de Queyron). Vers la même époque, Arestein fonçait un autre travers-bancs à la cote 487, en partant du S, au sommet des calcaires en plaquettes supérieurs (Stampien inférieur), pentés au N, pour reconnaître le faisceau gras (Collet-Rouge) exploité à l'époque également à Bois d'Asson et à Gontard, point situé entre Bois d'Asson et Marcaud, au ravin de l'Osselet. Une cheminée d'aération relia bientôt les deux travers-bancs.

Le travers-bancs inférieur rencontra une mylonite aquifère au point 303 au-delà duquel les couches plongent à 75° au N en moyenne. Ce pendage se révéla remarquablement constant par la suite ainsi qu'aux recherches d'Arestein et ne diminue qu'aux affleurements du ravin des « Charbonniers », à l'entrée du travers-bancs Arestein, où les couches sont pentées en moyenne à 45° N.

Les différents ensembles lithologiques sont repérés sur cet ancien plan par leur point hectométrique. A partir de la faille 303, pentée à « 73° vers le N », on trouve

[1] La faille de Bourne-Marcaud est décalée, au Jas, par un accident de direction aberrante (NW), d'origine certainement diapirique et plus récent qu'elle (fig. 16, p. 86).

240 m de calcaires dont la base est charbonneuse (base des calcaires de Vachères : Stampien supérieur, faisceau du « toit ») puis 200 m de « calcaires, marnes et grès » (Stampien moyen : marnes de Manosque et de Bois d'Asson) avec trois couches de lignites, **L2**, **L3**, **L4** (sommet du faisceau de Queyron), puis les couches à soufre **S1** à **S7**, dans 70 m de marnes et calcaires, entre les P. K. 0,660 et 0,730.

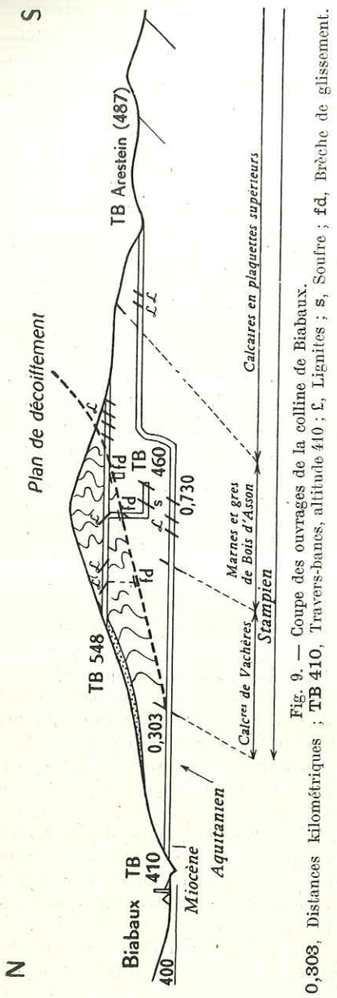


Fig. 9. — Coupe des ouvrages de la colline de Biabaux.

Au travers-bancs Arestein, la coupe se poursuit vers le S par des lignites, puis par deux couches de soufre. L'extrémité S du travers-bancs avait rencontré le faisceau de lignites pour lequel l'ouvrage avait été foncé, lignites gras (du « Collet-Rouge ») dans le tiers supérieur des calcaires en plaquettes supérieurs affleurant au ravin des Charbonniers. La traversée de la colline par les deux travers-bancs se fait sur une distance horizontale de 1.230 m environ suivant les deux travers-bancs échelonnés. Vers le S, les affleurements extrêmement nets des calcaires à lignites du Stampien inférieur, avec un pendage de 45° N, se retrouvent en profondeur, avec les mêmes indications de pendage ; ils limitent le Stampien moyen au S (avec une erreur possible de 20 à 30 m). Ce contact, en galerie Arestein, se situerait en prolongation à 1.000 m environ de l'entrée N du travers-bancs principal inférieur, à la cote 410.

Entre 303 (« faille-limite » des anciens) et 1.000, la distance horizontale de 700 m se réduit, si on tient compte du pendage (70° en moyenne), à 660 m d'épaisseur pour le Stampien moyen et supérieur, alors que la coupe de l'Osselet donne 640 m d'épaisseur totale pour les deux assises. L'impossibilité de trouver en surface une coupe valable en amont de ce travers-bancs ne permet pas d'apprécier le rejet de la « faille-limite ». On sait cependant que cette faille a un rejet supérieur à 200 m près de Marcaud. Ce rejet vertical de 200 m vers l'Est, s'il a intéressé les couches pentées à 70° au N (faille tardive), peut ne se traduire que par un échelonnement de quelques dizaines de mètres des couches en direction; *la coupe générale de la colline de Biabaux par les deux travers-bancs 410 et 487 est donc très claire*, si on admet que la « faille-limite »

des anciens, à 300 m de l'entrée N du travers-bancs inférieur, a un faible rejet apparent en couches verticales.

Les autres travaux pour recherche de soufre, découvert fortuitement par les anciens au grand travers-bancs inférieur, alors que l'on recherchait les lignites, n'ont pu se poursuivre par ce travers-bancs, noyé et dangereux d'accès (présence d'H_2S). On a donc cherché à atteindre le faisceau solfifère en amont-pendage par un travers-bancs parallèle au premier et situé à 140 m plus haut (cote 548); ce travers-bancs, effectué au début de la dernière guerre, n'a recoupé que les calcaires de Vachères en amont-pendage de ceux du travers-bancs inférieur, mais entièrement « affalés » (contre-pendage 10 à 20° S en moyenne), avec les lignites habituels de son mur (**L1** à **L4**). Vers la sortie S, les couches se verticalisent et la galerie débouche aux affleurements des grès et marnes de Bois d'Asson, avec des pendages normaux au N, superposés aux couches de lignites de l'entrée S du travers-bancs Arestein.

Les recherches de soufre ont été poursuivies en profitant de cet ouvrage supérieur pour essayer d'atteindre, sous les recouvrements anormaux de couches « retombées », les couches à prolongement normal des anciens. Une galerie horizontale fut donc foncée en partant d'un point relativement central de cette galerie : allongement en couches de lignites n° 2, puis une bure fut descendue à l'aplomb du soufre du travers-bancs inférieur. Ce puits rencontra d'abord une mylonite, puis enfin les couches de soufre avec leur pendage élevé vers le N, couches qui furent alors reconnues par un troisième petit travers-bancs, dirigé vers le S et long de 55 m. Les travaux de la colline de Biabaux furent arrêtés à ce stade en 1951, étant donné l'impossibilité de dénoyer les anciens travaux, retrouvés à ce niveau, par le débouchage du grand travers-bancs inférieur. Celui-ci a toujours gardé son bouchon d'éboulis aquifères au point 300 et il n'a même plus été possible de le contourner ultérieurement.

J'ai pu visiter tous ces travaux à l'intérieur de la colline avant qu'ils ne soient revêtus puis abandonnés ; l'une des observations les plus intéressantes est celle de la mylonite, située entre les cotes — 30 et 36,50 par rapport à la galerie supérieure, soit vers la cote 515. Cette mylonite correspond certainement à la base de la surface de glissement du décoiffement de Biabaux. Son épaisseur varie de 4 m (côté N) à 6,50 m (côté S), son pendage moyen est de 30° au N ; la base de cette mylonite tronçonne une couche de lignite subverticale épaisse de 80 cm.

4. **Les décoiffements du Luberon oligocène.** — Les calcaires de Vachères qui occupent, avec un pendage quelconque, le versant N de la colline de Biabaux, sont glissés par gravité comme le prouve la coupe des travaux précédents. La limite septentrionale des couches en place se situe à peu près au sommet de la colline, en couches pentées normalement et fortement au N. Un autre décoiffement de moindre volume, mais plus spectaculaire est visible au col de Villemus (point 662,1) à l'E du village. Vers l'W (aval-pendage, on voit la partie supérieure des calcaires de Vachères, massive, glissée sur les marnes moyennes du Stampien supérieur jusqu'à la molasse de Villemus. On s'assure qu'il s'agit d'un phénomène superficiel en parcourant les galeries directionnelles et les tailles d'extraction de

lignites, parfaitement en place, du faisceau situé à la base de l'ensemble calcaire inférieur, c'est-à-dire à moins de 100 m de la surface topographique actuelle (mines de Villemus, arrêtées en 1952).

Ces deux décoiffements permettent d'interpréter la structure aberrante de la région comprise entre eux, et plus précisément entre Saint-Martin et Biabaux (où de nombreux problèmes de cartographie se sont posés aux géologues et où des recherches de soufre ont été entreprises), comme un volume de décoiffement considérable (décoiffement de Saint-Martin-les-Eaux).

L'anarchie des pendages superficiels, constatée à Biabaux, se poursuit en continuité vers l'W jusqu'au village de Saint-Martin-les-Eaux, sur une largeur de 400 à 500 m suivant la direction des couches. Ici, aucun ouvrage profond ne permet d'atteindre les couches en place mais le sommet de la colline, au N de Saint-Martin, montre assez exactement la limite S du volume basculé vers le N et par conséquent suggère que l'épaisseur restante, après érosion, des couches impliquées dans le décoiffement, serait du même ordre qu'à Biabaux (100 à 150 m d'épaisseur normalement à la surface topographique). Toutefois, l'érosion a enlevé localement, au N de Saint-Martin, davantage de roches basculées qu'à Babiaux et laisse apparaître la partie supérieure, en place, des calcaires de Vachères ; on voit aussi, dans deux fenêtres d'érosion ($x = 873{,}3$; $y = 181{,}2$. — $x = 873{,}5$; $y = 181{,}4$), les grès et marnes jaunes de Manosque et de Bois d'Asson, en place, à l'E de leur torsion vers le N, bien visible à Saint-Martin.

Les affleurements des *calcaires de Vachères* et de *la molasse* de la région située au N du grand panneau décoiffé de Saint-Martin *sont enracinés et renversés*. Cet enracinement est prouvé d'une part par la continuité directionnelle des deux assises précédentes au droit de la métairie des Coupiers, prolongeant les directions visibles de Saint-Martin, et d'autre part par l'examen des vieux plans miniers montrant que les lignites de Villemus-Lincel (base des calcaires de Vachères) ont été reconnus en continuité directionnelle vers le N, jusqu'à la fin des travaux (août 1901), en couches verticales puis renversées (forts pendages vers le S). Le dernier point reconnu était situé à 100 m environ sous la surface topographique, et localisé en $x = 873{,}0$; $y = 181{,}0$; $z = 494{,}2$.

Le renversement augmente de la profondeur (70° vers le SE) vers la surface (45° SE) où le Stampien supérieur, l'Aquitanien et la base de la molasse sont impliqués. Des restes de calcaires de Vachères, du Stampien supérieur, reposent subhorizontalement sur la molasse, retournée à 15° S à la métairie des Coupiers, et, si cette disposition ne pose évidemment pas le problème de leur origine (décoiffement du panneau, qui peut encore glisser actuellement), elle pose certainement celui d'un mouvement, beaucoup moins superficiel et antérieur, de poussée vers le N, dans lequel la molasse est impliquée. Ces faits étant posés, examinons les différentes structures aberrantes afin de pouvoir proposer une interprétation.

Partant des plus superficielles jusqu'aux plus profondément enracinées de ces structures renversées, disons que, en couches verticales et probablement même beaucoup moins redressées, *toutes les assises de l'Oligocène du Luberon, typiquement incompétentes, glissent par gravité* (planches photographiques I, II, III 1 et 2 : fig. 5). Les exemples sont extrêmement nombreux. La verticalité, sur 400 m de hauteur, des exploitations de Gaude, sous les affleurements *renversés* (planche photographique III 2), à pendage N et sur plusieurs kilomètres d'extension, à l'E de Manosque, en sont un bon témoignage ; tout se passe comme si un décoiffement ici n'avait « pas encore eu lieu » (et ce décoiffement n'aura peut-être jamais lieu parce que le volume des couches verticales pesantes n'a jamais été suffisant pour sectionner les couches). A Biabaux, les anciens plans et les observations directes permettent de tracer la limite sous laquelle les couches sont certainement en place. Il s'agit d'un décoiffement important (Lugeon, 1949) puisqu'il y a eu mouvement relatif concrétisé par l'épaisseur (5 m) d'une brèche de friction. La surface impliquée dans ce mouvement est supérieure à 2 km × 0,5 km, avec une épaisseur supérieure à 100 m. A Villemus, c'est encore d'un décoiffement beaucoup plus typique, au sens de Lugeon, bien que moins volumineux, qu'il s'agit. Les couches ont ici glissé parallèlement à elles-mêmes, suivant leur pendage d'environ 20° N, qui est supérieur à celui de la surface topographique actuelle [1].

Mais à Saint-Martin, où les couches disloquées reposent d'une façon quelconque sur un substratum redressé ou renversé en place, le mouvement de glissement est certainement consécutif à un plissement qui a renversé la molasse sous la partie supérieure de l'Oligocène, subverticalisé et porté à une hauteur considérable. On ne peut pas attribuer à la pesanteur, au moins au sens où nous l'avons prise précédemment (c'est-à-dire post-orogénique), ce plissement.

Il s'agit d'une poussée apparente de toute la région située au N de Saint-Martin, vers le N, avec un festonnement centrifuge observé dans les couches inférieures ; phénomènes du même type que celui de Patatonis, immédiatement au S, où les couches stampiennes et sannoisiennes dessinent un arc et se renversent vers l'W, et vers le N, au sein d'un horst limité par deux failles ou flexures ESE.

La limite S du feston de Saint-Martin est très nette. A Saint-Martin même, c'est un accident dirigé NW à WNW, simple flexure large dans les couches de surface, mais flexure à angle droit dans le Stampien inférieur où les calcaires en plaquettes du petit col 620,4 ont des directions orthogonales à 50 m d'écart en direction, montrant leur plasticité parfaite. Au NW de ce point, dans le ravin descendant vers Saint-Martin, un coin de la partie haute de ces calcaires, pris entre les deux directions orthogonales, garde

[1] Le dernier tremblement de terre du Chili s'est révélé être le moteur d'une très importante translation *subhorizontale* de terrains (H. Tazieff, 1960).

dans toute son étendue une direction bissectrice, entre deux petits accidents annexes de la flexure à angle droit.

Au N, le feston de Saint-Martin ne peut être limité avec certitude sous les recouvrements du décoiffement : mais un accident double, dirigé ESE, paraissant ramener (par un regard N) les assises vers le S, est visible à 200 m au N et au S de la ruine de Marcaud ; et l'un au moins de ces accidents constitue une limite du festonnement de Saint-Martin vers le NE [1]. Ces accidents ESE paraissent se prolonger avec le synclinal transversal de Pélissier. Ici, comme pour le horst de Patatonis, il apparaît bien qu'il y a discontinuité de style en direction, en raison des failles ou flexures dirigées E à SE. Ces discontinuités n'empêchent pas un régime de verticalisation comparable, de part et d'autre de ces accidents-limites.

La grande faille de Bourne, prenant en écharpe la région de Saint-Martin, relève vers l'W le panneau des deux festons. Elle a certainement contribué à des affalements par gravité de couches verticales vers le NW ; mais la cause première de ces « bourrelets » doit être recherchée plus profondément.

5. **Le diapirisme.** — Les festons dessinés par l'Oligocène, entre Patatonis et Babiaux, suggèrent des poussées centrifuges, plus ou moins liées aux failles du socle crétacé.

Le sel gemme, rencontré aux sondages de Manosque 1 et 2, a été recherché plus à l'W dans la plaine de Passaire (sondage Passaire 1), au centre de l'anticlinal. Grâce à ce sondage, on connaît maintenant, non seulement sa présence, à une centaine de mètres de profondeur, mais la forme de son toit, à la suite d'une campagne de géophysique (électricité et sismique-réfraction) [2].

La coupe de la figure 16 montre comment on peut interpréter l'existence des affleurements de gypses massifs de Patatonis au moyen de la coupe du sondage de Passaire 1, alors que ces affleurements paraissaient difficilement explicables en continuité latérale des gypses sannoisiens. La masse saline supporte en profondeur, à Passaire, une épaisseur notable d'anhydrite qui s'est transformée en gypse aux affleurements.

La forme du toit de cette masse saline, évoquée par la géophysique, paraît en harmonie avec la structure des calcaires sannoisiens au cœur de l'anticlinal ; par contre, vers Saint-Martin, le diapirisme est certainement aigu [3].

[1] Malgré l'absence d'ouvrages profonds qui auraient pu recouper ces accidents transversaux ESE, leur continuité directionnelle suggère qu'ils ne sont pas superficiels. Ils sont d'observation difficile mais l'un d'eux au moins a le même effet sur les couches que l'accident NNE de Bourne, en les rejetant au SE. La difficulté d'analyse s'augmente de ce que les couches sont ici souvent subverticalisées.

[2] Campagne exécutée par le B. R. G. M. en 1960 pour le compte de tiers.

[3] La tectonique salifère sera discutée au chapitre III (§ V. — Le sel gemme).

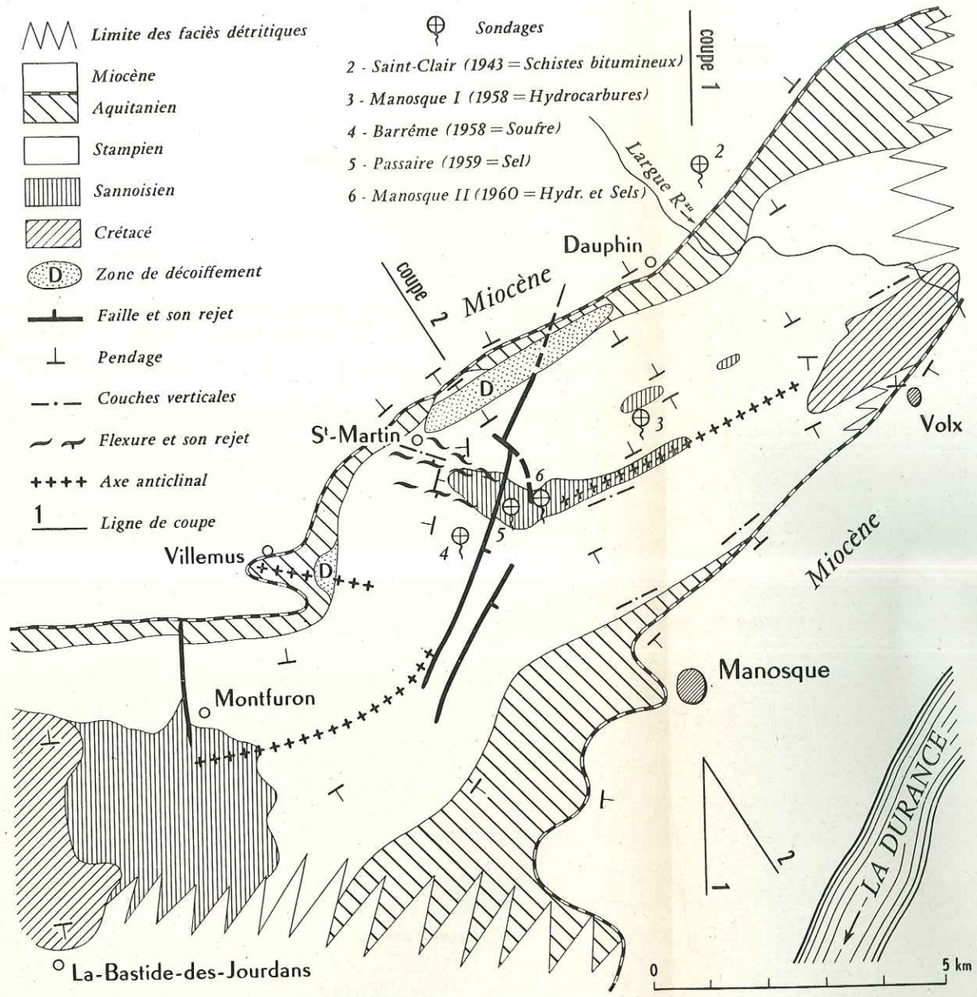


Fig. 10. — Schéma tectonique du Luberon oligocène.

II. — Interprétation. Âge et modalités des mouvements.

La fin des mouvements alpins, dans laquelle le Luberon oligocène est impliqué, est marquée par la subhorizontalité des derniers conglomérats du plateau de Valensole, d'âge pliocène (A.-F. de Lapparent, 1938). Les premières assises conglomératiques d'âge miocène, visibles sur les deux rives de la Durance, sont inclinées et faillées. Entre le début de l'Aquitanien, époque régressive à laquelle on peut rapporter les premières rides du Luberon oligocène, et le Pliocène, l'anticlinal de Manosque s'est édifié de façon discontinue. Chaque poussée de cette surrection correspond évidemment à une abrasion. De cette abrasion nous avons déjà vu les témoins dans la composition et l'épaisseur des conglomérats durant tout l'Oligocène, plus particulièrement après le Stampien sur toute la bordure E du bassin, et seulement à partir de l'Aquitanien dans les autres régions du bassin accessibles à l'observation.

Cette surrection était déjà certainement très accentuée au Pontien (formations notées m^{4a} sur la feuille de Forcalquier) où on trouve des bancs-repères de calcaires lacustres (base du Mont d'Or de Manosque) faillés et chargés localement de brèches de calcaires bitumineux du Stampien. Le redressement de cette formation, ainsi que celui des conglomérats directement superposés, qui peut atteindre 60° (Lurs), permet de penser que la surrection s'est étendue durant tout le Miocène supérieur. Nous avons une idée de l'amplitude verticale des mouvements par l'altitude de 1.200 m à laquelle a été portée la base de la molasse sur le grand Luberon, au N de Cucuron, alors qu'au S de ce village la molasse n'est pas loin du niveau de la mer (J. Goguel, 1932, p. 53). Plus à l'E, au méridien de Manosque, la base de la molasse est à 450 m d'altitude comme à Dauphin ; mais cette molasse a dû être portée à environ 2.000 m au col de la Mort-d'Imbert (où affleure le Sannoisien en couches verticales).

Mais le renversement de la molasse n'est pas le cas le plus fréquent. A Manosque, de même qu'à Lincel, la plasticité des marnes aquitaniennes a permis la formation d'une charnière à axe horizontal entre les calcaires massifs de Vachères (Stampien supérieur) et la molasse ; on y retrouve les deux assises formant entre elles un angle de 60° (Manosque) et de 90° (Lincel). Ainsi nous devons faire la part, dans l'interprétation des déformations, de celles qui correspondent à une réaction disharmonique, telles que les précédentes [1], et de celles qui embrassent en concordance un volume de couverture tel qu'on puisse penser à une intervention directe du socle crétacé (schéma tectonique fig. 10 et coupes, fig. 11).

a) L'appui crétacé oriental de l'Oligocène à Volx n'a pratiquement pas

[1] Ou qui pourraient être dues au diapirisme.

subi de retouches essentielles d'âge alpin depuis l'orogénèse précédente (pyrénéo-provençale). Le rocher de Volx est de structure complexe, formé de couches en général très redressées sur lesquelles sont plaquées, notamment au N, une ou plusieurs écailles subverticales de Crétacé moyen et d'Éocène. Cet écaillage date certainement de la fin de l'Éocène et les directions du Crétacé et des écailles sont à peu près E-W, alors que celles de l'Oligocène sont ENE. Un mouvement vertical de l'ensemble de ce « rocher » est évident, en ce qu'il redresse et même renverse à pendages S les marnes et les conglomérats du Stampien transgressif de son flanc NW. Cet exhaussement du rocher de Volx est évidemment d'âge alpin ; de même celui du rocher crétacé de Tourrache, au N de Volx, qui suggère un même type de mouvements verticaux au contact des conglomérats de l'Aquitanien transgressif qu'il supporte, verticalisés en certains points.

Le plateau de Bellevue, avec ses placages de Stampien inférieur horizontaux, à la cote 791, point le plus haut de la région, paraît en continuité horizontale avec la hauteur d'axe de ce même Stampien jusqu'au point le plus occidental des affleurements du Sannoisien du cœur de l'anticlinal, à l'E de la faille de Bourne. Jusqu'au méridien de Passaire, le parallélisme des couches des deux flancs de l'anticlinal et l'absence de grands accidents continus autorisent à penser que le Crétacé de Volx peut s'enfoncer assez régulièrement vers l'W, l'épaisseur de l'Oligocène croissant rapidement, en compensation, dans cette direction.

b) L'autre appui crétacé, occidental, de la Bastide-des-Jourdans a localisé, comme le précédent, l'axe principal oligocène. Il correspond lui-même à un axe crétacé à pendages modérés N et S plongeant sous l'Oligocène de Montfuron. La direction des couches crétacées est encore ici E-W, avec de petits accidents subméridiens, dirigés NNE et ESE, dont je vais maintenant examiner les modalités d'extension dans la couverture oligocène. Les directions des couches oligocènes à l'E de cet appui sont E à ESE. Les pendages de l'Oligocène, aux appuis du socle occidental (de même qu'au contact du Crétacé oriental) sont beaucoup plus modérés qu'en leur absence (incompétence de l'Oligocène).

c) *Les deux tronçons extrêmes du Luberon oligocène, appuyés chacun sur le socle crétacé, se raccordent entre eux, entre Saint-Martin et Montfuron, par une torsion dirigée NNE dont la structure est complexe.*

A l'W de l'ennoyage progressif du tronçon oriental, un premier gradin ascendant, dont le rejet est d'environ 120 m près de Bourne, a pour effet de faire réapparaître des couches plus profondes que celles de la Mort-d'Imbert dans la région de l'Eau-Salée, suivant une structure fermée relativement simple. A l'W de l'Eau-Salée, un deuxième gradin ascendant : *faille de Bourne-Marcaud* a un rejet supérieur à 200 m à Patatonis (difficile à préciser car les couches sont ici verticales), de 120 m à Bourne et de plus de 200 m à Marcaud. Cet accident, très continu en direction, a pour

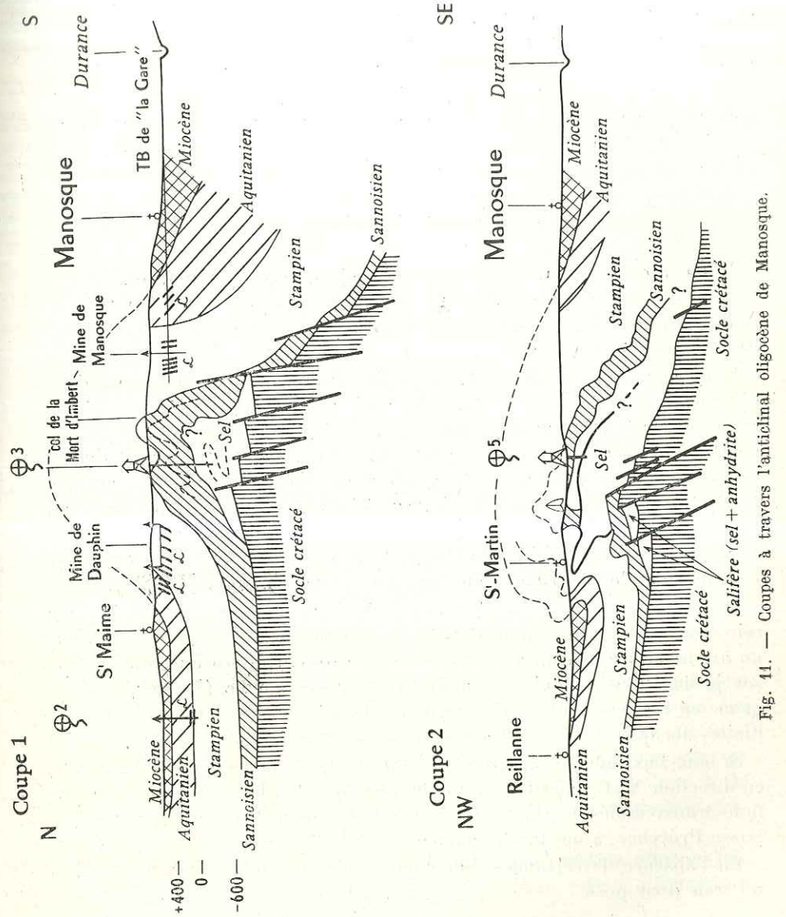


Fig. 11. — Coupes à travers l'anticlinal oligocène de Manosque.

effet de prolonger davantage encore vers l'W le cœur de la structure (voir aussi fig. 16).

L'importance de cette faille est considérable. Le large raccord subméridien entre Villemus et Saint-Martin lui est dû en grande partie en raison des pendages NW des couches de toute cette région. Par contre, l'inflexion parallèle des contours du flanc S suivant l'axe NNE du raccordement ne paraît due, dans la région de Pallière, qu'à une très importante diminution des pendages (15° en moyenne contre 70° à 80° à Manosque).

Rappelons qu'il existe, de plus, au sein de ces grands panneaux surélevés, deux « poussées » vers le NW, l'une du cœur anticlinal à la Gypière, l'autre à Saint-Martin, qui renverse la molasse aux Coupiers ; poussées limitées latéralement par des accidents transversaux.

La présence de gypses épais (Patatonis) et surtout de sel gemme en profondeur (voir chapitre III, § Sel gemme) est certainement en cause dans l'existence de ces deux structures secondaires. Il est possible que ce diapirisme soit localisé, car le sondage de Barème dans le même panneau relevé, à 1 km à l'W du sondage de Passaire, n'a carotté que des couches à pendage modérés (20° à 30°) sur 280 m de profondeur.

Nous avons vu comment, à partir du Stampien, le déplacement de la subsidence de la fosse de Manosque avait amené les plus grandes épaisseurs à se déplacer successivement vers l'E. Peut-on extrapoler ce phénomène en remontant jusqu'au début du Sannoisien, en suggérant que les dépôts connus aux affleurements, gypse et anhydrite des sondages, auraient été ici très épais, voire salifères (*sensu stricto*), à l'W de la ligne Marcaud-Bourne, c'est-à-dire sous le horst actuel, matérialisé par cet accident ? Cette suggestion permettrait l'attribution de l'âge du sel gemme des sondages de Passaire 1 et de Manosque 2 au Sannoisien [1].

Le sel de Manosque 1, à 1.000 m plus bas que celui de Passaire 1, pourrait être alors aussi sannoisien ? La proximité du socle crétacé n'est pas un argument s'opposant à l'existence d'une fosse salifère immédiatement à ses pieds ; nous connaissons maintenant en Allemagne (Richter, 1955) et même en Provence (l'Isle-sur-Sorgue et Mormoiron) des lentilles salifères à limites abruptes (J.-P. Destombes et Cl. Bricon, 1959).

Si nous envisageons les grandes dislocations et lignes de flexures alpines en direction NNE, parallèles à la Durance actuelle, elles reflètent les directions transversales de Marcel Bertrand (1897), dont deux au moins sont, en Basse Provence, à noyaux triasiques.

En l'absence de certitudes paléontologiques, le problème de l'âge de ce sel reste donc posé.

[1] Nous verrons (chapitre III) que les conditions de gisement du sel gemme dans la plaine de Passaire suggèrent son âge sannoisien (ou ludien) : parallélisme des repères structuraux (niveaux colorés) du Sannoisien avec le toit du sel ; présence d'un matelas anhydritique interposé, s'opposant à l'idée d'une intrusion diapirique de cet ensemble salifère.

En résumé, l'ensemble de la structure de l'anticlinal oligocène de Manosque, dirigé NE, peut se décomposer en réalité en trois tronçons : l'un à l'W, de direction E à ESE, le second au centre, de direction nettement NE, avec des accidents continus dirigés NNE, le troisième à l'E, de direction ENE ; et chacun de ces tronçons paraît correspondre à un appui différent du socle.

L'absence d'importantes dislocations alpines de l'Oligocène *aux tronçons extrêmes* suggère que le socle crétacé sous-jacent peut supporter sans grande disharmonie sa couverture oligocène. A l'E, la flexure Volonne-Volx-Mirabeau [1] dans les conglomérats helvéto-pontiens se marque dans la couverture oligocène par la verticalisation sur une grande hauteur du Stampien supérieur exploité à la mine de Gaude. Au N, par contre, la molasse de Dauphin plongeant à 50° au NW s'horizontalise très vite en profondeur (sondage de Saint-Clair). Cette dissymétrie notable se marque bien dans les inégales surfaces d'affleurements des deux flancs de l'anticlinal de Manosque. Tout se passe comme si ce tronçon oriental avait subi une poussée apparente du N. Sous l'Oligocène à pendage variable, pouvant aller jusqu'au renversement surtout sur le flanc N, on ne peut déterminer l'influence du socle crétacé aux approches de la fosse de Manosque ; ce socle est probablement profond de plus de 1.000 m au sondage de Manosque 1.

Le panneau central, dirigé au NE, correspond à deux gradins du socle crétacé s'élevant vers l'W. De ces deux gradins, le plus occidental a le rejet le plus important et le plus continu et il est certainement d'âge tardif. Les poussées apparentes, vers l'W et le NW, du bord occidental de ce panneau ont provoqué des renversements locaux qui atteignent la molasse au N de Saint-Martin. L'altitude à laquelle ont été portées les couches de l'Oligocène est certainement le plus important moteur des décoiffements de toute la région comprise entre le ravin de l'Osselet et Saint-Martin [2].

Par ailleurs, cette surrection des couches verticales de Saint-Martin n'est pas la cause directe du renversement de l'Oligocène et de la molasse des Coupiers. L'existence d'un salifère à des profondeurs variables, aux sondages de Manosque 1 et 2 et de Passaire 1, salifère qui paraît intervenir au moins dans la forme de la structure en horst de Patatonis et du bord N de la plaine de Passaire, pose la question de son intervention diapirique possible dans l'ensemble de l'anticlinal.

Enfin, l'appui crétacé occidental de la Bastide-des-Jourdans offre en lui-même une structure plus simple que celle de Volx mais celle-ci n'intervient

[1] J. Goguel, 1959.

[2] Il ne paraît pas douteux que les intrusions salifères, révélées par la géophysique dans la région du Jas, aient joué un rôle dans la verticalisation du Stampien, origine elle-même des décoiffements.

probablement pas autrement qu'en masses rigides lors des mouvements alpins.

Nous avons vu, par les deux coupes méridiennes relevées à la Bastide-des-Jourdans, combien paraissait grande la dissymétrie des dépôts sannoisiens, épais et salifères au N, essentiellement détritiques au S de l'axe crétacé, leur limite commune paraissant suivre la direction ESE définie comme un chaînon pyrénéo-provençal par J. Goguel. Il est extrêmement vraisemblable que la « fosse de Manosque » a eu une extension sannoisienne jusqu'à cet appui du socle et il n'est pas impossible que les grands accidents ESE, post-molassiques, qui hachent toute cette région jusqu'à l'ondulation anticlinale de Villemus, correspondent à des répliques de la subsidence. Quoi qu'il en soit, le socle crétacé s'enfonce certainement très rapidement vers Montfuron à l'E, symétriquement à celui de Volx, les épaisseurs croissantes de la couverture oligocène vers le centre pouvant compenser ce déficit dans une certaine mesure.

Conclusion.

Le bord méridional de l'anticlinal oligocène de Manosque a été flexuré sur une grande hauteur verticale et sur 10 km d'extension, parallèlement à la Durance actuelle (direction NNE), au contact des conglomérats helvétopontiens très épais et horizontaux de Valensole de la rive gauche (flexure majeure de Mirabeau-Volonne). Ce très important gradin négatif du socle poursuit et conclut, en quelque matière, la subsidence du bassin dont les épaisseurs maximum ont cheminé depuis le Sannoisien de l'W vers l'E, avec des sens de rejets permanents vers la chaîne alpine.

La fosse de Manosque, malgré sa proximité des Alpes, n'a pas constitué qu'une fosse de piedmont entre le Sannoisien et l'Aquitanien. Elle s'est approfondie en « sécrétant », sous des tranches d'eau constantes, des dépôts salifères et organiques, très épais (2.000 à 3.000 m), jusqu'à une limite orientale qui est restée parfaitement rigide à toutes les époques de l'Oligocène. Cette barrière n'a pris fin qu'à l'arrivée de la mer miocène. Lors de l'orogénèse, le déséquilibre post-conglomératique, dirigé parallèlement à la Durance actuelle, a inversé les reliefs (flexure de Mirabeau-Volonne).

La dissymétrie des surfaces d'affleurement du flanc NW, peu penté par rapport au flanc SE, n'est pas due, *pour l'essentiel*, à d'autres causes. Nous avons pu nous rendre compte en effet, grâce au sondage de Saint-Clair, sur le flanc N, que le pendage de 50° de la molasse à Saint-Maime est local : de même le renversement de la molasse au N de Saint-Martin. *Le socle crétacé est actuellement effondré, sous la Durance, beaucoup plus bas qu'au centre du synclinal de Forcalquier.* Dans l'ensemble, les poussées apparentes sont dirigées du NW vers le SE, sauf entre Saint-Martin et Biabaux où elles paraissent être de sens contraire (région du sel).

Mais nous avons vu aussi, à l'analyse, une profonde discontinuité transversale de cet anticlinal, entre les deux appuis crétacés. Un réajustement positif, peut-être connexe de la flexure de la Durance, paraît avoir relevé de plusieurs centaines de mètres au minimum (200-300 m de rejet dans la couverture) la région occidentale du socle crétacé affleurant à Vitrolles, le long d'accidents toujours dirigés au NNE. Cet exhaussement du socle a provoqué la torsion, entre Villemus et Saint-Martin, de couches à pendage normal NW mais fortement pentées dans le Stampien supérieur et moyennement pentées dans le Stampien inférieur. Le résultat de ce dispositif exprimé sur une carte est donc très visible pour ces dernières assises alors qu'il l'est beaucoup moins pour les premières. Nous avons vu que le « problème de Biabaux » peut s'expliquer par le jeu de la faille de Bourne-Marcaud, malgré les décoiffements qui ne permettent aucune interprétation des affleurements. Le réajustement positif occidental a dû être souligné, sous l'Oligocène, par un champ de fractures profondes, peut-être aussi dense que celui de Banon qu'il prolonge vers le S, mais certainement accompagné ici de fractures complémentaires E à ESE ne paraissant pas exister plus au N, dans le socle de la Montagne de Lure.

Ce quadrillage du socle d'une région particulièrement instable, comme nous l'avons vu, par des *accidents majeurs*, subméridiens à NNE, et *mineurs*, *transversaux*, a eu une profonde répercussion dans la couverture oligocène, malgré sa souplesse et sa grande épaisseur. Il ne serait donc pas surprenant que ces gradins soient beaucoup plus tranchés encore dans le socle et c'est la raison probable des mouvements du salifère [1], modestes au niveau des affleurements mais *probablement beaucoup plus caractérisés en profondeur*.

Les différents mouvements qui ont donné au Luberon oligocène sa structure actuelle peuvent donc être ainsi schématisés : tandis que, depuis l'Éocène, une Durance, qui a duré pendant tout le Néogène et qui dure encore, limite par ses conglomérats la bordure orientale du bassin, celui-ci a subi à proximité immédiate, pendant cette même période, de profondes vicissitudes.

Au Stampien, des gauchissements des chaînons E-W, pyrénéo-provençaux, amènent les transgressions oligocènes sur le socle crétacé de Volx à l'E et de Bonnieux à l'W. L'appui central de Vitrolles résiste mieux à l'enfouissement et le chaînon, dirigé ESE, qui en émerge vers Manosque poursuit son rôle de limite méridionale du bassin et des faciès très épais du Stampien, jusqu'au Miocène.

A l'Aquitanien, la région de Manosque paraît se séparer de celle de Forcalquier par un début de surrection anticlinale ; des accidents radiaux, intra-aquitaniens, bien visibles à Montfuron sont recouverts en discordance par l'Aquitanien supérieur et la molasse burdigalienne.

[1] Ou des intrusions si ce salifère était triasique.

Mouvements alpins. — Les conglomérats helvétiens puis pontiens se redressent en même temps qu'ils se forment, en direction NE sur le flanc S et en direction ENE au N ; l'érosion des assises oligocènes, dont on trouve des éléments à Manosque dans l'Helvétien, se poursuit en même temps que l'anticlinal s'exhausse ; les accidents radiaux sont plus importants ; les assises souples ainsi tronçonnées peuvent s'affaler par gravité quand elles ont été plus ou moins redressées.

Vers la fin des mouvements, les grandes failles du socle en direction NNE et ESE se dessinent. Des poussées diapiriques, en relation avec ces grands accidents tendent à repousser vers l'extérieur les festons de Patatonis et de Saint-Martin, individualisés entre des failles dirigées ESE. Ces poussées apparentes locales, vers le NW, imputables au sel gemme, paraissent s'opposer au sens général des poussées apparentes de notre anticlinal, vers le S et le SE.

Enfin, parmi les décoiffements, on peut en distinguer de précoces, tels que celui de Saint-Martin où l'érosion a enlevé une partie des roches basculées, ou de tardifs : *Biabaux et Villenus*, simples phénomènes de gravité qui peuvent d'ailleurs se poursuivre actuellement à différentes échelles.

CHAPITRE III

CONDITIONS DE GISEMENT DES MATIÈRES UTILES

L'étude géologique de l'ensemble du Luberon oligocène avait été provoquée, au début de la dernière guerre, par les besoins en combustibles, qu'on savait y exister, mais dont on connaissait mal les réserves exploitables. Plusieurs études inédites avaient été réalisées à cette époque, notamment par J. Goguel et moi-même pour les schistes bitumineux et les lignites, et par mon confrère R. Roy pour le soufre.

Les documents d'archives et les coupes de différents ouvrages anciens ou actuels, qui ont été dépouillés pour l'établissement de l'exposé précédent, éclairent beaucoup les observations de surface, et il en a été tenu le plus grand compte. Mais inversement, il paraît nécessaire que le point de ces recherches puisse apparaître actuellement, dans leur objectivité documentaire, lié à un contexte géologique d'ensemble. Il est possible que, dans ces conditions, ces recherches, qui ont nécessité des investissements importants, puissent s'en trouver valorisées, quels que soient les résultats auxquels elles ont abouti.

Je passerai donc en revue ici, et en ne reprenant des exposés antérieurs que ce qui me paraîtra indispensable, les principales matières utiles qui ont fait l'objet de recherches dans les couches oligocènes.

J'étudierai successivement le cas du gypse, du soufre, des lignites, des schistes bitumineux et enfin du sel gemme, en montrant, d'une part leur relation avec les assises encaissantes et en délimitant, d'autre part, dans la limite de mes connaissances, leur extension géographique en surface et en profondeur. Pour ne pas alourdir le texte, le renvoi aux études spécialisées se fera chaque fois qu'il sera possible.

I. — Le gypse.

Aucune recherche de gypse datant de moins de 50 ans n'a été faite, à ma connaissance, dans la région de Manosque. On connaît des exploitations de gypse dans le niveau classique des marnes de la Mort-d'Imbert, du Sannoisien, niveau superposé stratigraphiquement aux gypses de Gargas

à Apt ; ces exploitations sont connues au moins aux trois points suivants :

— à Chautou, 2 km S de Dauphin, d'après Sc. Gras (1840, p. 186) ;

— à l'E du col de la Mort-d'Imbert (x = 877,3 ; y = 180,0) ;

— à la Gypière (x = 873,3 ; y = 179,5).

Le gypse affleurant à Patatonis (x = 874,0 ; y = 179,8) et à l' « Eau-Salée » (x = 874.2 ; y = 179,5) appartient à un niveau très inférieur (Trias ou Oligocène), de structure diapirique.

Le gypse des Capons et de la Matheronne (x = 867,8 ; y = 175,5) appartient très probablement à un niveau inférieur, « rouge inférieur », et correspond à celui qui affleure en petits lits, notamment à l'entrée du chemin forestier de Pélissier, à 200 m au N et en contre-bas du col de la Mort-d'Imbert (x = 876,5 ; y = 179,7).

D'autres niveaux gypseux existent, notamment à la base de la masse « *a* » des calcaires en plaquettes du Stampien inférieur, où la dissolution de ce gypse a provoqué aux affleurements la formation de cargneules par foisonnement (son état antérieur étant l'*anhydrite* comme le prouvent les sondages).

Deux caractères paraissent importants à souligner, relativement aux gypses :

a) *leur discontinuité* ; *ce sont certainement des lentilles*, comme le prouve le sondage de Barème, qui a rencontré, entre 97 et 115 m de profondeur, les avals des affleurements de la Gypière sous formes de filets millimétriques d'anhydrite noyés dans des formations bitumineuses ;

b) *leur état antérieur d'anhydrite*, qui est prouvé par les sondages. La profondeur d'altération est extrêmement variable ; au sondage de Barème, l'anhydrite du Sannoisien est très polymorphe entre les profondeurs 151 et 197, soit entre les altitudes absolues de 425 et 470 ; or le niveau du ruisseau du Largue au N (bassin versant) est à l'altitude de 350 m et celui de la Durance au S, à celle de 300 m. Mais le cloisonnement par des calcaires et des marnes à pendages périphériques a *certainement* été ici un grand facteur d'imperméabilité. Le sondage de Passaire 1 a rencontré des marnes et des brèches anhydritiques entre les profondeurs 65 et 108, correspondant au gypse affleurant à Patatonis (toit du sel gemme).

Le gypse du Sannoisien supérieur ne paraît pas être connu entre Manosque et Apt. Il existe à la colline de Sainte-Radegonde et surtout à Gargas, dans le Sannoisien inférieur, niveau pouvant correspondre latéralement à celui de Capons ; on ignore, faute de reconnaissances, la continuité stratigraphique de ce gypse inférieur en profondeur.

II. — Le soufre.

La recherche du soufre à la fin du siècle dernier, tant à Apt qu'à Biabaux, recherche poursuivie jusqu'en 1950, a provoqué de nombreux travaux de galerie. Je lui suis donc redevable à ce titre d'intéressantes observations,

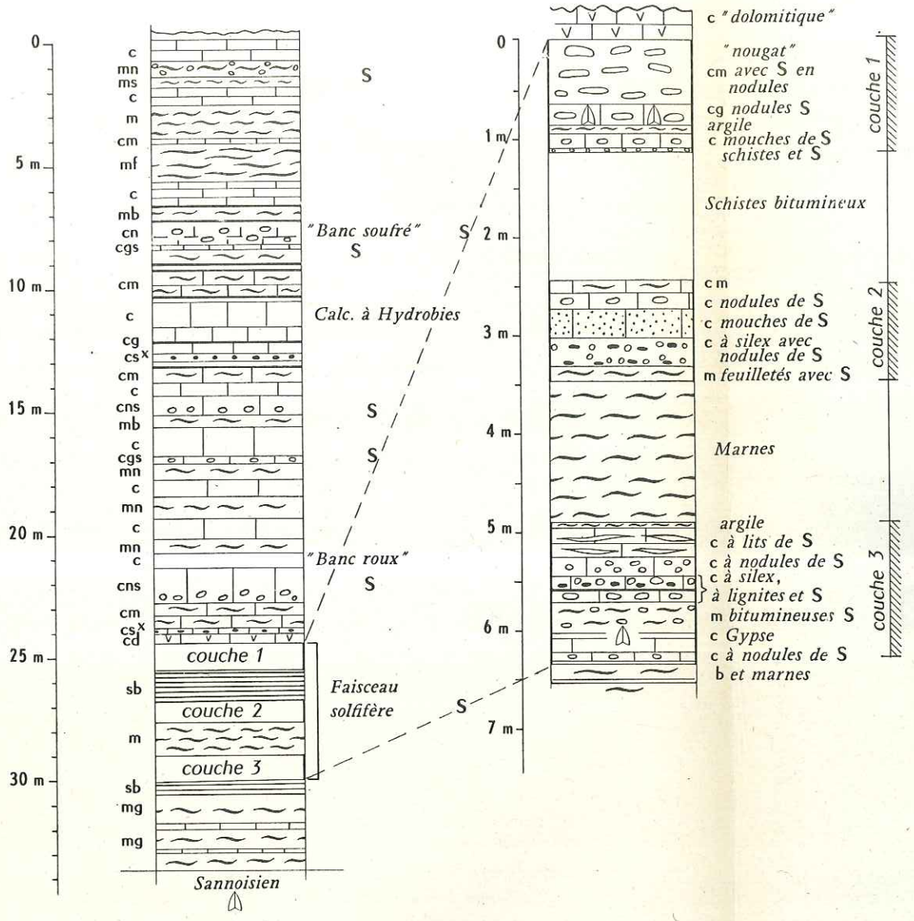


Fig. 12. — Faisceau solfifère d'Apt (base du Stampien inférieur).

c, Calcaires ; **cd**, Calcaire dolomitique ; **cg**, Calcaire gypseux ; **cgs**, Calcaire gypseux à nodules de soufre ; **cm**, Calcaire marneux ; **cn**, Calcaire noduleux ; **cns**, Calcaire à nodules de soufre ; **csx**, Calcaire à silex ; **m**, Marnes ; **mb**, Marnes bitumineuses ; **mf**, Marnes feuilletées ; **mg**, Marnes gypseuses ; **mn**, Marnes noduleuses ; **ms**, Marnes soufrées ; **sb**, Schistes bitumineux.
(Les traits horizontaux épaissis, dans la zone du « Banc soufré » et du Calcaire à Hydrobies, représentent des bancs de lignites).

qui, si elles n'ont pas apporté la découverte d'importants gisements exploitables [1], ont éclairé *le problème des conditions de gisements du soufre*.

Je ne m'attacherai ici qu'à cette question en renvoyant le plus possible aux travaux publiés ou inédits qui ont entrepris l'étude de problèmes connexes.

A. — *Gisements.*

Il existe deux gisements de soufre dans le bassin d'Apt-Manosque, les deux autres gisements français étant ceux de Malvesi, dans l'Aude, et des Camoëns, près de Marseille, situés également dans l'Oligocène lacustre. Il n'y a donc qu'un pas à franchir pour admettre la continuité stratigraphique, au sens le plus large, de ce soufre, et nous verrons qu'on pourrait probablement le franchir en considérant que l'origine du soufre sédimentaire de notre bassin est due en toute hypothèse à une *réduction bactérienne momentanée* donc biostratigraphique, d'âge oligocène, des sulfates d'origine marine. Je vais donc reprendre avec quelques détails les coupes des couches de soufre d'Apt et de Biabaux et essayer de dégager les traits les plus apparents de leur mode de formation au sein de la série oligocène.

1. **Gisement d'Apt.** — L'exploitation des Tapets à Apt a été étudiée notamment, entre 1941 et 1945, par R. Roy qui en a donné des descriptions successives [2].

Le faisceau solfifère d'Apt est situé, comme R. Roy l'avait suggéré (rapport A 54, 1943) et ainsi que D. Schneegans l'a prouvé (1945), à la base des calcaires marneux gypseux et bitumineux du Stampien inférieur (calcaires en plaquettes supérieurs correspondant à la base de la partie « *c* » de la coupe de Manosque). La série qui est figurée ici (fig. 12) comprend trois couches qui ont été exploitées à intervalles divers entre 1855 et 1950, et un « banc soufré », épais d'un mètre environ, situé à 16 m au toit de la couche supérieure. D'autres traces de soufre existent dans toute la série, entre les marnes et gypses de l'Homme-Mort et les assises de la partie moyenne (niveau « *b* ») du Stampien inférieur de Cazeneuve. Les coupes figurées ont été relevées en 1941 dans l'exploitation des Tapets, notamment au travers-bancs Sainte-Barbe, par M. Felenc, ingénieur de l'exploitation [3].

a) *La première couche*, la plus riche, a été entièrement dépilée par les anciens dans sa partie haute, dont on retrouve quelques éléments dans les remblais. Elle aurait été constituée sur 30 cm de hauteur par des nodules presque jointifs d'un soufre brun clair, disséminés dans des parties argileuses et ligniteuses peu carbonatées (« nougat »). La base de la couche est

[1] L'économie de la recherche et de l'exploitabilité du soufre a été bouleversée par le soufre de Lacq (1957). Les investissements privés et publics antérieurs à cette époque étaient amplement justifiés par une importante demande nationale.

[2] R. Roy. Rapports inédits B. R. G. G. 1943 à 1946 et sa publication de 1946.

[3] Les termes décrivant les différentes couches sont dus à M. Felenc.

constituée par des calcaires plus ou moins gypseux avec nodules ou mouches de soufre disséminés sans loi apparente ; le toit de la couche serait un calcaire dolomitique.

b) *La deuxième couche* comprend, au sommet et à la base, sur 0,15 m environ, de nombreux nodules de soufre ; ceux-ci correspondent en réalité à des agrégats où le soufre cimente des rognons calcaires.

La partie centrale est beaucoup plus calcaire et le soufre n'y existe qu'en mouches fines, à proximité ou dans des silex.

c) *La troisième couche* contient du soufre en filets, en nodules et en mouches sur toute sa hauteur (1,10 m), mais n'a pas, à ma connaissance, fait l'objet d'exploitation suivie. Le soufre est contenu dans des calcaires à silex et même dans des lignites.

2. **Gisement de Biabaux** (fig. 13). — Le travers-bancs 410 qui servait de base à l'exploitation des anciens étant devenu inaccessible par les éboulements du P. K. 0,300, on a pu retrouver l'amont-pendage du faisceau solfifère par un puits intermédiaire descendu du travers-bancs supérieur. Un petit travers-bancs de reconnaissance qui le poursuit à la cote 460, soit 50 m plus haut que le travers-bancs inférieur, a recoupé un faisceau solfifère qui correspond aux amont-pendages du faisceau des anciens en raison de son fort pendage N et d'une couche lignitifère existant à son toit. Une faille réduit, au travers-bancs supérieur, l'épaisseur du faisceau (composé de 6 couches seulement au lieu de 7 en aval-pendage) à 32 m au lieu de 55 m ; la différence d'épaisseur est vraisemblablement due à cette faille. Les épontes de toutes ces couches et leurs nerfs sont des marnes gypseuses et bitumineuses, plus ou moins feuilletées, non sableuses, et très peu calcaires. La composition de détail [1] de ces faisceaux ne sera pas exposée ici et je ne retiendrai des observations faites au travers-bancs 460 que les faits suivants :

— une teneur en gypse libre moins importante que celle qui apparaissait, d'après les documents anciens, au travers-bancs inférieur ;
— une teneur en soufre probablement très inférieure à celle des avals ;
— l'existence de calcaires dolomitiques aux épontes du soufre.

Les deux premiers faits paraissent liés à des phénomènes de *délavage* aux niveaux supérieurs par rapport aux teneurs des couches du travers-bancs inférieur. R. Roy a beaucoup insisté sur les phénomènes de remaniement du soufre et du gypse ; ses conclusions, s'appuyant sur l'examen des quatre gisements oligocènes du Midi de la France, montrent que le *niveau hydrostatique* est le facteur le plus important à considérer dans toute implantation de recherche de soufre, ce niveau correspondant généralement à l'existence d'enrichissement en soufre jaune dans toute cavité ou joint provenant de la percolation descendante des eaux à travers la partie haute des gise-

[1] Archives B. R. G. M.

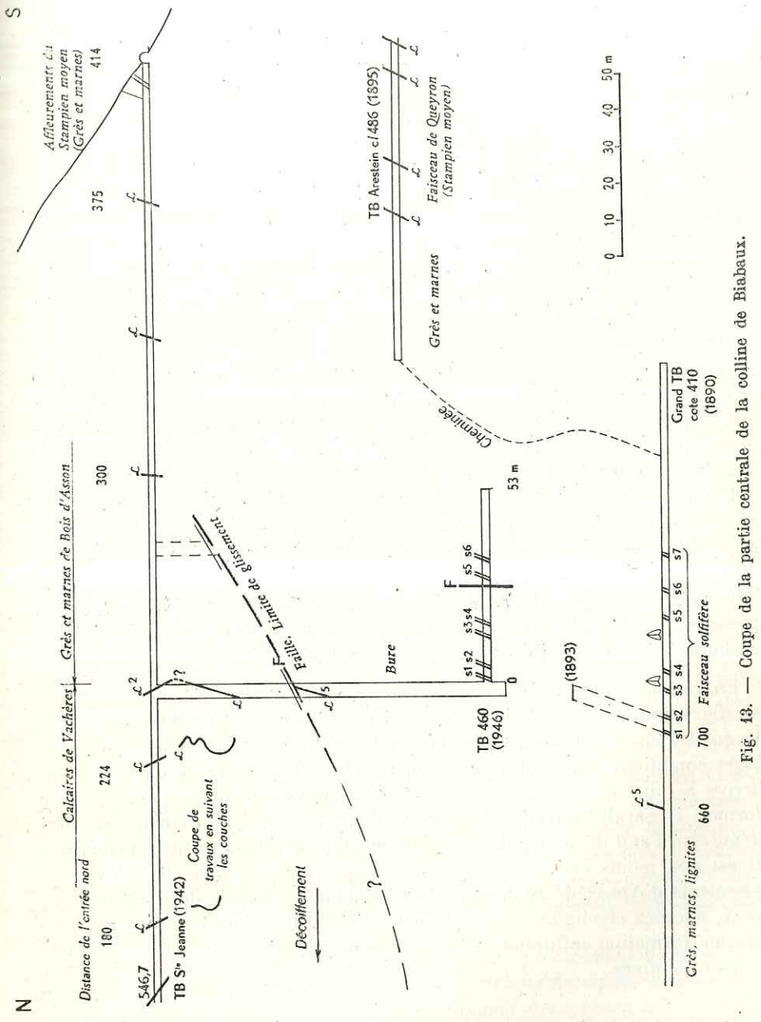


Fig. 13. — Coupe de la partie centrale de la colline de Biabaux.

ments de soufre primaire. On connaît des quantités de types de remplacement tels que gypse-soufre, ou calcaire-soufre, soufre-gypse, soufre-calcite, soufre-bitume libre, etc. Le fait général qui se dégage avec clarté de toutes les analyses pétrographiques est la mobilité extrême du soufre, mobilité liée évidemment, d'une part, à l'agressivité des eaux, d'autre part, à leur vitesse de percolation ; ces facteurs, majeurs dans les parties hautes, tendent à s'annuler vers le niveau hydrostatique. La rapidité de transfert de soufre remanié est illustrée par l'existence de soufre colloïdal qu'on trouve collé, quelquefois sur plus d'un millimètre d'épaisseur, aux poteaux des mines des exploitations abandonnées, où circule une eau sulfurée provenant des amonts minéralisés.

En dehors des deux gisements ci-dessus, citons pour mémoire les autres indices de soufre du bassin : sur la feuille de Reillanne 2, dans *les calcaires de Vachères*, à la Reysane, au S de Sainte-Croix-la-Lauze ($x = 862{,}6$; $y = 182{,}35$) (ravin de Pied-Dauphin).

Dans *les calcaires en plaquettes supérieurs* (base), moulin de Paraire ($x = 853{,}8$; $y = 176{,}8$). Sur la feuille de Reillanne 4 à la Mayanne ($x = 873{,}5$; $y = 181{,}1$) ; près de Saint-Martin-les-Eaux, dans les calcaires en plaquettes décoiffés. A Patatonis, « mouche » dans le gypse diapirique et à l'ancienne exploitation de gypse de la Mort-d'Imbert sous forme de « nodules de la taille d'une amande » (Scipion Gras, 1840, p. 185) [1].

Enfin, à Bourne où des travaux ont été entrepris ($x = 873{,}7$; $y = 177{,}7$) et en général à la base des calcaires en plaquettes supérieurs du flanc S, entre Manosque et Bourne où ce niveau a fait l'objet de recherches sporadiques.

Quant à la genèse du soufre oligocène, les théories pour l'expliquer sont presque aussi nombreuses que celles qui ont trait à la genèse des hydrocarbures, et nous en dirons quelques mots ultérieurement.

En résumé, l'aspect des couches de Biabaux et d'Apt, leur dispersion stratigraphique et leur liaison aux assises gypseuses et bitumineuses dans lesquelles elles se trouvent permettent de schématiser de la façon suivante leurs conditions apparentes de gisement. Hors des soufres remaniés qu'on arrive le plus souvent à séparer par leur couleur (couleur jaune et leur forme), il paraît clair que le soufre d'Apt et celui de Biabaux *se sont déposés à l'état de soufre* dans la lagune oligocène (soufre brun primaire). Il est non moins clair que *le gypse accompagne le soufre* dans les deux gisements d'Apt et de Biabaux ; et enfin, dans l'ensemble des bassins gypseux, éocènes et oligocènes, du Vaucluse et de Provence, on ne rencontre aucune formation sulfureuse sans la *présence étroite de formations bitumineuses jointives*.

[1] Ces traces de soufre jaune sont rares dans le gypse. Elles sont dues probablement à des réductions au contact de roches bitumineuses. Mêmes phénomènes à Fitou (Aude) (Destombes, 1949, p. 13).

B. — ***Genèse du soufre.***

La théorie la plus répandue, parce qu'elle rend compte des faits observés dans les plus importants gisements de soufre mondiaux, est celle de la réduction des sulfates par les hydrocarbures (Schneegans et Estival, 1935). Les dômes diapirs américains de sel, composés d'anhydrite et de sel gemme, sur les flancs desquels migrent les hydrocarbures exploités par sondages, ont souvent ces flancs riches en soufre. Or il s'agit d'une région de contact entre hydrocarbures migrant entre les flancs du diapir et la masse sulfatée. La réduction des sulfates par les hydrocarbures produit le soufre, exploité généralement par fusion sur place (procédé Frasch).

On a pu également penser à la réduction des *sulfates dissous*, par des causes purement chimiques (Schnellmann, 1959).

La première de ces théories ne rend pas compte de l'existence en lits millimétriques des soufres d'Apt, de Biabaux ou des Camoëns. Le soufre brun, interstratifié, *a pris vraisemblablement directement naissance* dans le lac oligocène par l'activité de bactéries thiogènes, réductrices du sulfate de chaux apporté par les différentes invasions d'eau marines. La précipitation du gypse, beaucoup plus fréquente que celle du soufre, représente probablement des moments d'hypersalure incompatible avec la vie bactérienne. Celle-ci ne redevient possible qu'avec une certaine déconcentration de sulfates dissous et changement de *p*H de la saumure, à des périodes soit de transgression (mélanges à des eaux douces), soit de régression d'eaux marines et d'apports latéraux, soit de désaluration par précipitation. Le cycle complet reprend alors avec la transgression. Il n'y a pas d'autre explication possible à l'absence presque permanente de fossiles saumâtres ou marins que les conditions de salinité et de sulfuration observées ici au contact des couches de soufre. C'est à une même *origine bactérienne* que conclut Michard (1960), sur le soufre même de Biabaux, par l'étude des rapports du soufre $\frac{S^{32}}{S^{34}}$.

Dans cette hypothèse qui paraît la mieux adaptée aux observations locales, on voit pourtant mal pourquoi la présence de matières bitumineuses paraît indispensable à la formation du soufre. Or une liaison biotopique, probablement non fortuite, des deux types de bactéries, thiogènes et hydrocarburées, comme elle paraît exister dans de nombreux gisements de pétrole, peut exister mais avec une différenciation temporelle extrêmement rapide des deux activités.

Quoi qu'il en soit, les faits d'observation précédemment rappelés devraient constituer une hypothèse pour la recherche du soufre « sédimentaire » ; *il peut y avoir présence de soufre quand des gypses sont voisins de couches bitumineuses*. Mais d'autre part la grande sensibilité du soufre aux circulations vadoses est un obstacle à sa recherche au-dessus du niveau

statique ; l'auteur n'a rencontré qu'une seule fois, aux affleurements de Haute-Provence, un peu de soufre jaune à côté du gypse (à Patatonis, $x = 874{,}1$; $y = 179{,}8$).

Enfin la présence du gypse, relativement abondant dans le Midi de la France et en Italie à la seule époque oligocène, autorise à préjuger que le « climat » propice à la naissance du soufre pouvait être l'existence de bactéries particulièrement vivaces qui ont trouvé à cette époque une atmosphère favorable et un biotope approprié ; on connaît en effet d'autres périodes géologiques où le gypse et les matières bitumineuses associées plus ou moins étroitement ne sont pas connexes de l'existence de soufre.

III. — Les lignites.

Sur les coupes de la planche 2, en pochette, ont été reportées les positions stratigraphiques des différents faisceaux lignifères de l'Oligocène suivant leur extension latérale.

Un schéma de cette répartition stratigraphique, repris suivant une coupe méridienne (fig. 14), facilitera la lecture de ce chapitre, dépouillé le plus possible de considérations analytiques de détail.

A. — *Considérations préalables.*

A partir du Stampien inférieur et jusqu'au Miocène, la sédimentation lignitifère, parallèle à la sédimentation bitumineuse d'ailleurs, n'a pratiquement pas cessé, et, dans un petit bassin comme le nôtre, où les affleurements sont nombreux et à peu de distance les uns des autres, de profondes variations dans les caractères de couches de lignite et de leurs épontes sont très apparentes. Il est donc nécessaire d'adopter des critères qui permettent de définir ces variations mais qui puissent aussi nous conduire à une discussion efficace sur les conditions de leur dépôt.

Or le choix des données, dans le cas de ce bassin assez bien exploré, nous est pratiquement imposé dans les très nombreux documents fournis par les rapports miniers : épaisseurs et compositions des couches de lignite, et nature des épontes [1], c'est-à-dire essentiellement par *les caractères d'exploitabilité des couches*. On ne peut songer notamment à utiliser ici, comme pour l'étude de bassins houillers classiques, d'autres données importantes telles que niveaux marins, faunes et flores particulières, ou tonsteins. L'étude stratigraphique de ces faisceaux de lignites oligocènes devra donc rester schématique ou provisoire jusqu'à ce que certains niveaux, tels que formations bitumineuses par exemple, décrites régionalement par des spécia-

[1] Bien que ce dernier facteur ne soit pas toujours défini avec précision dans les documents miniers, il est plus facile que les précédents à reconnaître aux affleurements.

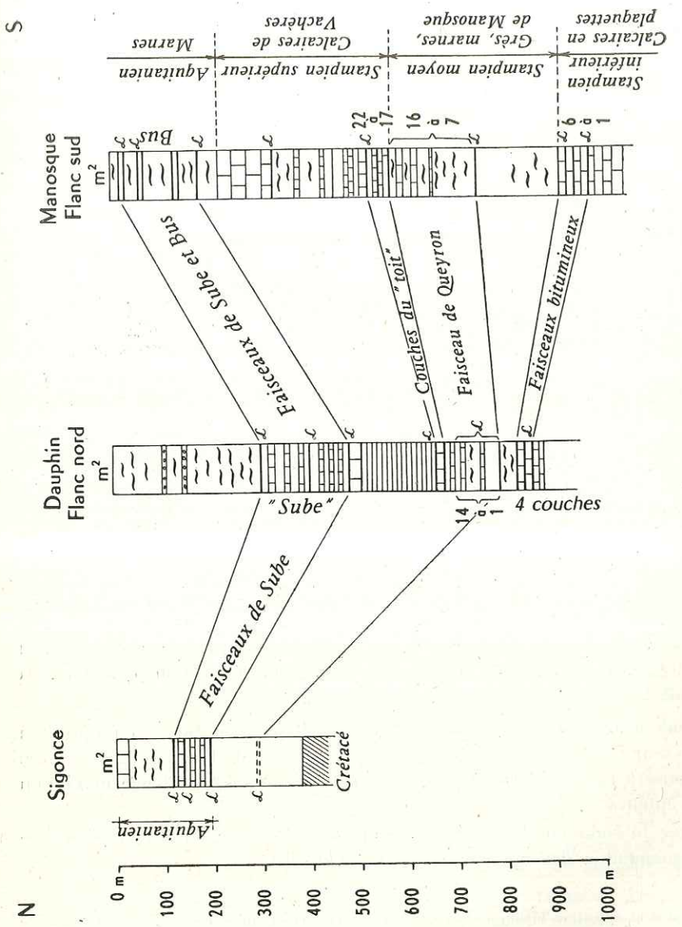


Fig. 14. — Schéma de correspondance des faisceaux lignifères de l'Oligocène sur les trois versants.

listes [1], aient montré, par des critères exclusifs suivant une certaine extension géographique, qu'ils pouvaient baser une étude stratigraphique et paléogéographique valable.

Cependant, deux remarques importantes paraissent justifier l'emploi, pour l'étude géologique poursuivie ici, des critères *d'épaisseur utile* et de *nature calcaire des épontes*, autrement dit des plus importants critères d'exploitabilité figurant sur les plans miniers.

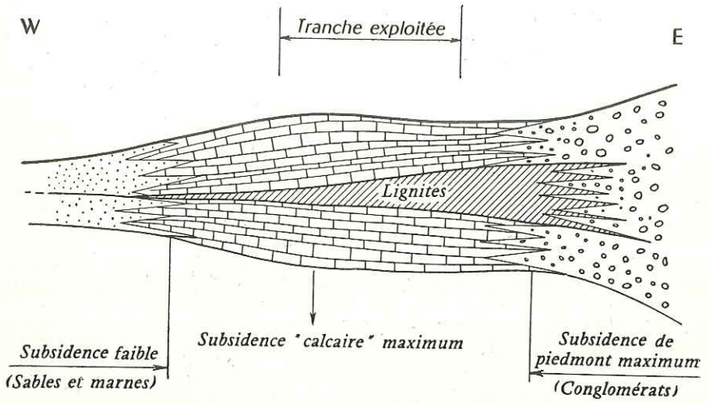


Fig. 15. — Schéma des variations de faciès des épontes des faisceaux de lignites, d'W en E du bassin.

Le schéma de la figure 15 qui est applicable, à ma connaissance, à toutes les couches exploitées du bassin, a été vérifié dans quelques cas précis au sein des exploitations et notamment dans leur extension orientale. Il apparaît :

1° que les veines de lignite d'un niveau donné présentent un optimum d'épaisseur [2] en un point du bassin qui est fonction de l'épaisseur maximum de l'assise à laquelle elle est liée, autrement dit de la subsidence maximum de ses épontes [3] ;

2° que la sédimentation lignitifère optimum est liée ici à peu près systématiquement à des épontes de nature calcaire.

[1] Schistes et calcaires bitumineux du Stampien supérieur qui seront étudiés au chapitre suivant.

[2] C'est-à-dire une plus grande épaisseur massive compatible avec une exploitabilité facile et une absence de nerfs.

[3] Nous verrons que, liée à la subsidence, cette condition optimum ne coïncide pas systématiquement avec le lieu du maximum local de cette subsidence, mais qu'elle en est très proche.

B. — ***Répartition stratigraphique des lignites et extension latérale.***

Dans la numérotation, continue depuis la base, des faisceaux du versant S (mines de Manosque), il faut distinguer deux ensembles :

a) les couches 1 à 6, situées dans des calcaires bitumineux du Stampien inférieur ;

b) les couches 7 à 22, situées dans des grès, calcaires, schistes bitumineux du Stampien moyen et supérieur ;

c) le faisceau supérieur, de Bus, situé à Manosque dans des marnes et sur le flanc N (faisceau de Sube) dans des calcaires et calcschistes, appartient à l'Aquitanien.

1. **Faisceau bitumineux.** — Ce sont des lignites très riches en goudron et en matières volatiles. Inexploités à Manosque (couches 2 à 6, dans des calcaires en plaquettes : planche 2, Stampien inférieur), ils ont été, par contre, exploités à Bois d'Asson où ils constituent le faisceau du Collet-Rouge, avec quatre couches utiles, de 1 à 3 m d'ouverture, de charbon barré, avec 70 cm d'épaisseur massive maximum. Les différentes couches sont « Mine Grise, Mine Fine, Siffren et couche de la Forge » donnant 39 à 46 % de matières volatiles et 8,9 à 9,7 % de goudron ; les teneurs en soufre sont très importantes et de l'ordre de 3 à 5 %. Les épontes toujours très bitumineuses de ce faisceau sont les calcaires en plaquettes supérieurs (« *a* ») qui ont fait l'objet de recherches et même de concessions pour bitume (Gignoux et Moret, 1930, p. 34 et 42. — Richemond, 1923, p. 417).

Le faisceau est inconnu sur le flanc N ; sur le flanc central (revers N de l'anticlinal), quelques très petites couches de lignite de quelques centimètres sont connues à l'W, au ravin de Piffërat, mais apparaissent bien par contre au travers-bancs Arestein, au S de Biabaux. A partir de ce point vers l'E, elles ont été régulièrement exploitées, malgré de nombreux nerfs calcaires. C'est à Gontard, au ravin de l'Osselet que deux d'entre elles paraissent avoir leur plus beau développement massif aux affleurements.

L'extension de ce faisceau bitumineux paraît être la plus étroite du bassin.

2. **Faisceau de Queyron.** — Le type en est fourni sur le flanc N de l'anticlinal à Bois d'Asson où 14 couches ont été longtemps exploitées avec des puissances maximum de l'ordre de 1 m au niveau 283. Ces 14 couches, numérotées 1 à 14, comprennent, à ce niveau et aux travers-bancs 1 et 2, 20 m de charbon dont 11,50 m exploitables en 30 veines, souvent associées en doublets. Leur traversée complète se fait suivant 90 m de grès, marnes et calcaires. On connaît leur correspondant, au même méridien, aux affleurements du N du synclinal, à Sigonce, au N de la carrière dite de la Chaux où elles sont très peu épaisses. A Manosque par contre, les couches 7 à 16, bien reconnues par plusieurs travers-bancs, ont été ou sont encore exploitées surtout vers le sommet du faisceau où les épontes sont calcaires (pl. 1,

Stampien moyen). Ces 10 couches se répartissent en deux faisceaux secondaires. Les deux couches inférieures 7 et 8, séparées l'une de l'autre par 95 m de grès et rares calcaires au travers-bancs inférieur, puis les 8 couches 9 à 16, la couche 9 étant distante de 62 m de la couche 8, se recoupent suivant une traversée de 68 m de marnes beaucoup moins gréseuses et comprenant beaucoup plus de calcaires. L'ensemble de tout ce faisceau de couches 7 à 16, correspondant au faisceau de Queyron du flanc de Dauphin, comprend en réalité plus de 30 veines ou filets de lignite, épais, au travers-bancs de Tourmail, d'une quinzaine de mètres de charbon au total dont seulement 4 m sont exploités en 7 couches. L'extension de ce faisceau sur le flanc S aux travaux de la mine de Manosque est de 3 km en moyenne à l'E du méridien de Manosque avec un maximum d'exploitabilité à 1 km à l'E du même méridien.

Sur le flanc de Dauphin, l'extension vers l'W de ce faisceau se limite pratiquement à Biabaux où les travaux ont recoupé des faisceaux inexploitables en raison de leur peu d'épaisseur totale. Les travaux de Gontard ont sérieusement dépilé par contre ce même faisceau, en couches redressées et souvent inférieures de 30 %, en épaisseur, à celles de Bois d'Asson. Les lignites sont encore bien visibles vers l'W, sur la route d'Apt à Manosque, mais à l'état de filets « fantômes » dans des grès et marnes rutilantes (grès et marnes de Manosque et de Bois d'Asson).

Le faisceau de Queyron, à Bois d'Asson, a une teneur importante en matières volatiles : couches 12 de Dauphin, 40 % sur lignite sec ; à Manosque, l'ensemble 13 à 16 en épontes calcaires contient le même taux de matières volatiles.

Les mêmes couches sur les deux versants donnent respectivement, sur lignite sec, 43,5 % de coke sur le flanc N et 36 % sur le versant Manosque. A Villemus, d'anciennes analyses de la mine de Lincel donnent respectivement pour les couches correspondantes (couches inférieures du travers-bancs Sainte-Croix, pl. 2, coupe 9), sur lignites secs : coke, 31 %, matières volatiles, 46 %.

3. **Faisceau du « toit ».** — Le doublet du « mur » et du « toit » du Bois d'Asson est à lui seul un faisceau complexe. Au niveau 283 de la mine de Bois d'Asson, on trouve à 18 m au toit du faisceau de Queyron (soit de la couche 15) un ensemble de 10 m de puissance totale comprenant :

— *couche du toit :* 2,20 m de lignite en 3 couches (dont 1,29 m de lignite massif du mur) séparés par des calcaires ;

— *couche du mur :* 2,50 m de lignite en 6 couches (dont 0,70 m de puissance massive maximum) séparés également par des calcaires francs.

Ces couches, les plus « maigres » du panneau, ont été longtemps les seules exploitées. Dans la direction orientale, les nerfs calcaires deviennent de plus en plus épais et doublent l'épaisseur du faisceau dont l'exploitation a dû cesser à 1,500 km à l'E du puits du Collet-Rouge. Cette exploi-

tation a dû par ailleurs se défendre perpétuellement contre l'eau et le feu (couches toujours pyriteuses situées sous le niveau du Largue) [1].

L'analyse de ces couches, dites du « toit » et du « mur » du Bois d'Asson, donne sur lignite sec : *couche du toit* : coke 45 %, matières volatiles, 41 à 42 % ; *couche du mur* : coke 38 %, matières volatiles, 35 %.

Vers le N, à Sigonce, ce faisceau, qui affleure à la base de la masse calcaire correspondant à celle de Vachères, apparaît en quelques filets insignifiants. Au sondage de Sigonce, un peu plus au S, il n'a pas été remarqué.

Sur le versant Manosque, par contre, les couches 17 à 22, considérées à bon droit comme les homologues de celles de Bois d'Asson, sont activement exploitées, en dressants, sur plusieurs centaines de mètres de hauteur. Elles forment un faisceau qu'on recoupe en épontes essentiellement calcaires sur 65 m de traversée horizontale au niveau du travers-bancs de la gare et sur 52 m à celui du travers-bancs du Tourmail. La puissance totale de charbon est d'environ 12 m en 25 filets ou veines dont 6 ont été ou sont exploités.

Ces lignites, considérés comme « maigres », ont les caractères suivants :

huile primaire : 100 à 140 litres à la tonne sur tout-venant ;
matières volatiles : 33,5 à 38 % ;
soufre : 3,5 à 4 % ;
cendres : 8 à 30 % ;
pouvoir calorifique supérieur : 3.800 à 4.000 calories.

L'extension latérale du faisceau du « toit de Bois d'Asson », qui comprend les couches ci-dessus aux deux flancs de l'anticlinal, est comparable à celle du faisceau de Queyron. Cependant, les plus belles épaisseurs exploitables sont plus orientales (doublet, « toit-mur » des anciennes exploitations au droit du puits du Collet-Rouge, et couches 17 à 22 de Manosque à l'E du puits de Gaude).

En allongement occidental, ces couches gardent longtemps leur qualité (épontes et teneur en matières volatiles) mais diminuent d'épaisseur. On les retrouve à Gontard (« Grande mine ») avec un fort pendage N, puis à la grande galerie de Biabaux et enfin dans l'ancienne concession de Villemus-Lincel où elles étaient exploitées encore il y a peu de temps. Ici, 7 couches ont été reconnues à la base des calcaires de Vachères, en épontes de calcaires ou de calcschistes, par différents ouvrages (coupe 9, planche 2), avec des puissances de 0,50 m à 0,85 m et dépilées (couches fine-crasseuse) sur 200 m d'aval-pendage en rive gauche du ravin de Pifférat jusqu'au droit de la route de Manosque à Apt. Malgré le peu d'épaisseur des couches de Villemus-Lincel, leur grande régularité et leur pendage modéré au NW ont permis de les exploiter au maximum.

[1] On n'a pu diminuer le pompage que par la canalisation locale de la rivière au droit du puits d'extraction.

4. **Faisceau supérieur de Sigonce.** — Incorporé dans les marnes de Viens, d'âge aquitanien, ce faisceau, qui a l'extension la plus large dans le bassin, a été exclusivement exploité sur le flanc N du synclinal, à la mine de Sigonce, ainsi que pour une faible part dans la région d'Apt, à Saint-Martin-de-Castillon.

Deux couches intéressantes y ont été reconnues et une seule exploitée, dite couche de Sigonce, à différents niveaux. Les corrélations stratigraphiques de ce faisceau ont été établies pour le panneau N (p. 16 ; planche 2, coupes 3 à 5 ; fig. 14) et nous n'y reviendrons que pour les renseignements qu'on peut tirer des variations des caractères des couches de lignite sur ce flanc N. Les analyses chimiques de la couche de Sigonce donnent :

humidité : 17 à 19 % ;
matières volatiles : 27 à 32 % ;
cendres : 15 %,

cette proportion augmentant vers l'E et vers l'W.

Quand on considère l'extension du faisceau suivant le flanc N du synclinal, on constate :

Le développement des calcaires en corrélation de celui des lignites ; on ne rencontre pas ou peu de lignites francs en épontes argileuses ou sableuses. Le maximum d'exploitabilité de la couche de Sigonce se situe à peu près au puits Saint-Étienne, à Sigonce même, où elle a 0,80 m d'épaisseur exploitable. Ce point se situe un peu à l'E du maximum de l'épaisseur totale des calcaires aquitaniens sur ce flanc.

L'avilissement des lignites, à 500 m à l'E de ce point, est tel que les couches deviennent inexploitables par le doublement de la puissance des nerfs inclus.

L'extension occidentale d'une des couches du faisceau (probablement la couche inférieure) est considérable en faciès calcaire, jusqu'à Saint-Martin-de-Castillon. D'autres couches sont également visibles, mais à l'état de fantôme, dans cette même direction.

Sur le flanc de Dauphin, les couches de « Sube » sont nombreuses mais inexploitées. Au sondage de Saint-Clair, il en apparaît plusieurs dizaines, en faciès calcaire ou marno-calcaire, épaisses de quelques centimètres à quelques décimètres. A Dauphin, au Puits-Neuf, elles sont plus épaisses mais d'épontes inconsistantes et déjà marno-sableuses. On ne connaît pas ici d'homologue en épaisseur de la couche exploitée à Sigonce, qui se situerait aux affleurements sur ce flanc au N du Puits-Neuf et du sondage de Saint-Clair.

Sur le flanc de Manosque, les 3 couches visibles dans la carrière d'argile à tuile de Manosque et les 6 couches du travers-bancs de la gare sont peu épaisses ; ces dernières ont au total 2 m de charbon en 25 passées. Par contre, ces caractères de fantôme se poursuivent très au S au moins jus-

qu'au ravin de l'Aillade, entre Corbières et Beaumont. Leur teneur en matières volatiles serait ici de 65 % ! Les caractères très différents des marnes de Viens de l'Aquitanien (épaisseur, lithologie), qui est le gîte de ce faisceau, sur les deux flancs de la structure de Manosque, est une des principales observations justifiant l'hypothèse de mouvements anté- ou intra-aquitaniens ayant séparé à cette époque la région de Manosque de celle de Forcalquier.

En résumé :

1° *Le Stampien* et une partie de *l'Aquitanien* sont les gîtes de lignite du bassin de Manosque ; nous ne citons pour mémoire les quelques filets lignitifères du Sannoisien de Passaire que pour rappeler que de semblables conditions de sédimentation régnaient déjà à cette époque. Il paraît évident ici que la véritable sédimentation houillère a débuté avec les premières déformations du bassin pour ne prendre fin qu'avec la transgression marine miocène.

2° Aux dépôts les plus épais correspondent en première approximation les plus importantes épaisseurs de charbon.

Dauphin : Stampien (ex-parties « *b* » et « *c* » des calcaires en plaquettes) et Aquitanien inférieur. Épaisseur totale : 800 m ; épaisseur des lignites reconnus : 30 m.

Manosque : Épaisseur totale des mêmes niveaux : 1.000 m ; épaisseur du charbon : 25 m.

La région de Dauphin correspond donc très probablement à un maximum de subsidence houillère.

Comment a varié cette sédimentation houillère au cours de l'Oligocène ?

Le schéma de la figure 15 est valable pour tout le bassin à quelques nuances ou précisions près. Dans le panneau axial, les lignites existent (mais avortés à l'W) à partir de la flexure occidentale de subsidence du bassin de Manosque qu'on peut fixer à peu près au méridien de Villemus. Mais c'est cependant à des *épontes calcaires* que ces « fantômes » sont déjà liés. Les lignites prennent des caractères d'exploitabilité de plus en plus franchement vers l'E pour avoir leur optimum d'exploitabilité à peu de distance à l'E du méridien de la plus grande puissance totale de leurs épontes (500 m à 800 m).

Davantage à l'E, ils s'épaississent par les stériles et *s'annulent en faciès entièrement détritiques* : Sigonce, Dauphin (toit de Bois d'Asson, faisceau de Queyron, faisceau du Collet-Rouge) et les différents faisceaux de Manosque.

Dans le sens méridien, la répartition est évidemment beaucoup moins bien connue. Le faisceau inférieur, bitumineux, a une extension limitée à la fosse des calcaires en plaquettes, comprise entre Saint-Martin à l'W et Dauphin à l'E, et comprenant le versant Manosque. Le faisceau de Quey-

ron déborde le précédent vers l'W et vers l'E ; de même le faisceau du « toit », le plus volumineux en puissance-espace, débute à l'W à Villemus et s'étend à l'E jusqu'aux conglomérats massifs de Volx.

A l'Aquitanien, le phénomène est encore plus général et la sédimentation lignitifère était encore plus étendue qu'aux époques précédentes, tout en présentant un optimum au méridien le plus proche de la limite des faciès entièrement détritiques.

Nous avons donc, en même temps qu'un déplacement de la « fosse » houillère vers l'E à chaque époque, une extension de plus en plus large vers l'W [1].

Le léger retrait vers l'E du plus beau développement des lignites par rapport à la subsidence majeure, la nature calcaire des épontes, « favorable » en quelque sorte à l'existence de faisceaux bien développés sinon exploitables, enfin, l'extension progressive de la sédimentation houillère au cours de l'Oligocène : tels sont les caractères principaux, semble-t-il, de cette sédimentation houillère oligocène.

IV. — Les schistes bitumineux.

La coupe 11 de la planche 2 montre la position stratigraphique des schistes bitumineux de Bois d'Asson dans le Stampien supérieur. Leur extension sur le flanc N et leur composition ont été assez bien définies par les nombreuses recherches qui se sont étalées entre le début de ce siècle et 1945. La documentation, publiée ou inédite, sur la composition de ces schistes et leurs emplois industriels est très importante. Je renvoie surtout aux rapports miniers appartenant aux archives du Service des Mines de Marseille, qui ont été utilisées ici à des fins géologiques. Des études de détail du faisceau ont été faites par Richemond (1923) et Brunschweig (1923).

L'extension très limitée de ce faisceau, à 1 km à l'E de Bois d'Asson, par des conglomérats plus ou moins massifs, et à l'W, par les recherches de Biabaux et les affleurements (négatifs) de Saint-Martin, en facilite l'étude et rend les conclusions moins aléatoires que celles des faisceaux lignitifères ou solfifères.

A. — *Composition du faisceau.*

Épais de 180 m, ce complexe se situe à Bois d'Asson entre les lignites du toit de Bois d'Asson et les bancs massifs des calcaires de Vachères ; une coupe remarquable peut être relevée sur la route même de Volx à Dauphin, au droit des deux puits d'extraction de la mine de lignite.

[1] Cette « transgression » lignitifère sur une aire continentale, en ce début d'orogénèse alpine, ne paraît plus paradoxale depuis les conclusions récentes de l'étude faite en d'autres régions par P. Pruvost, E. Roch et T. Sato (1961).

Ce sont des schistes dont on a distingué 50 couches, de teinte brun chocolat, friables en surface, bleu noir et compacts en profondeur, alternant avec des calcaires en petits bancs et de minces passées argileuses. C'est exclusivement la partie moyenne, épaisse de 50 m (couches 11 à 35), qui constitue le faisceau riche, en dehors de la couche n° 5, de 40 cm d'épaisseur, située à 25 m de la base. A la distillation, ces couches présentent des teneurs en huile brute de 48 litres (34 et 35) à 138 litres à la tonne (30 à 31). De très nombreuses analyses donnent, pour ces deux dernières, d'une épaisseur réduite de 1,65 m, les caractères suivants pour la composition de l'huile brute [1].

Analyse chimique :

Densité : à 15°, 0,951.
Soufre : 6,1 % ; asphalte : 1,3 %.
Distillation Engler, départ 105° : à 187°, 10 % ; à 247°, 20 % ; à 280°, 30 % ; à 313°, 40 % ; à 336°, 50 % ; à 358°, 60 %.

Le gaz de distillation a la composition moyenne suivante :

CO_2 : 3 %.
H_2S : 38,7 %.
CO : 6,6 %.
H : 17,7 %.
CH_4 : 15,8 %.
NH_4 : 18,2 %.

Pouvoir calorifique supérieur : 4.300 calories/m³ à 20° C.
Pouvoir calorifique calculé sur le gaz désulfuré : 3.450 calories/m³.

Le teneur de ces gaz en essences légères est extrêmement faible : 180 g/tonne. Les cendres comprennent après calcination des carbonates :

66,1 % SiO_2, 3,7 % Fe_2O_3 et Al_2O_3, 27,3 % de CaO.

Les recherches faites en direction des affleurements de Bois d'Asson vers l'E amènent sur moins d'un kilomètre aux berges du bassin des schistes bitumineux ; il s'agit là d'un des plus spectaculaires passages de faciès entre des dépôts dits « profonds » et des alluvions torrentielles grossières.

A 3 km vers l'W, à l'Osselet, vers Gontard, des recherches en rive gauche du ravin et à mi-hauteur de la colline de Biabaux ont montré en deux tranchées parallèles une coupe complète du faisceau des schistes bitumineux en couches très redressées. Son mur se situe au toit des grès et marnes de Bois d'Asson, épontes du faisceau de lignite exploité, en aval-pendage, au quartier de Gontard.

Bien qu'étant du même âge, aucune corrélation stratigraphique étroite

[1] Société chimique de la Grande-Paroisse, 2 juillet 1943 ; archives B. R. G. M.

n'a pu être faite entre les deux gisements. Les recherches de Gontard ont abouti aux résultats suivants.

Le mur du faisceau se situe à 11 m au toit de la couche supérieure du faisceau de lignite ; son épaisseur est de 52,80 m en deux séries de schistes bitumineux, avec 4 couches principales (5 à 8) à la base, dans 15 m de traversée ; à 25,5 m, on trouve 3 couches (1 à 3) dans 12,30 m de traversée.

Des analyses ont montré [1] que la couche 2, épaisse de 0,82 m, était la plus riche avec 108 kg de goudron et 40,6 m³ de gaz à la tonne.

Les autres caractères des gaz sont comparables à ceux des schistes de Bois d'Asson, notamment leur teneur élevée en H_2S (38 %) : leur pouvoir calorifique est nettement supérieur : 7.025 P. C. S. et 7.390 P. C. I., mais leur rendement en gaz est inférieur : 40 m³ contre 60 m³ à la tonne.

Il n'est pas question de tirer, de ces analyses, des données paléogéographiques valables, étant donné surtout l'incertitude des relations stratigraphiques de ces couches dans le faisceau.

A l'W de l'Osselet, les schistes bitumineux sont connus à Biabaux et jusqu'à la mine de Villemus ; ils varient en puissance de la même façon que les lignites qui les encadrent (puissance totale du faisceau « fantôme » de Villemus : 25 m).

Sur le flanc Manosque, au S, les affleurements de Gaude, au toit de la couche 22, et la coupe du travers-bancs de la gare entre les points kilométiques 2,700 et 2,880, révèlent la présence de 2,50 m à 3 m de puissance totale de schistes bitumineux liés à des calcaires bitumineux feuilletés.

Sur le flanc N, les carottes du sondage de Sigonce montrent, entre les profondeurs 300 et 340, quelques mètres de schistes bitumineux noyés dans une centaine de mètres de calcaires en gros bancs.

Ainsi le lac des schistes bitumineux, allongé du N au S et dont on connaît la terminaison orientale abrupte, avait probablement son maximum de subsidence vers Dauphin. Dans la figure 3, ces schistes n'ont pas été séparés des calcaires de Vachères du Stampien supérieur, qu'ils remplacent latéralement en partie à Bois d'Asson.

B. — *Conditions de dépôt.*

La flore des schistes bitumineux a été étudiée en grand détail par de Saporta (1863 et 1867) ; on connaît par ailleurs des faunes d'eau douce et de Poissons, mais dont le biotope ne paraît pas essentiellement different de celui des autres assises de l'Oligocène. La « matière première » des hydrocarbures (ou plutôt des pyrobitumes) [2] a donc pu rester semblable à elle-même dans toute la durée du Stampien, époque à laquelle débutent

[1] Office central de chauffe rationnelle, 6 avril 1944, pour le compte du B. R. G. G. (archives B. R. G. M.).
[2] Louis et Gageonnet, 1951.

les roches bitumineuses en même temps que les lignites, pour se terminer à l'Aquitanien inférieur.

Par ailleurs, la composition propre des schistes bitumineux en microorganismes fossiles n'est pas caractéristique. Les schistes et leurs épontes ont fait l'objet de recherches en plaques minces [1] qui ont montré que des Diatomées d'eau douce, voisines du genre *Pinullaria*, constituaient une partie essentielle de la roche, avec des spicules de Spongiaires noyés dans de la « matière organique ».

Cette étude a été confirmée et précisée par des spécialistes de l'étude des hydrocarbures [2] : « Roches fossiles, noires, papyracées ; sur la surface des plans de stratification, on observe souvent des cristaux lamellaires ou de fines rosettes de gypse secondaire, accompagnés, dans les parties exposées à l'air, d'une poudre jaune de sulfate de fer. Elles contiennent environ 60 à 70 % de matière minérale formée essentiellement de silice et d'un peu de pyrite, le reste étant constitué par la matière organique (30 à 40 %). Celle-ci apparaît au microscope comme une gelée organique de teinte jaune clair, amorphe, enrobant ou pénétrant une quantité considérable de tests de Diatomées d'eau douce, de Flagellés à kystes siliceux (Chrysostomacées) et de spicules de Spongiaires. Il existe en outre des corps bitumineux brun rouge, de forme variable, parfois sphérique ou à structure cellulaire, quelques rares débris végétaux lignifiés, des pollens et des spores. »

Les mêmes auteurs soulignent la richesse en résine de ces schistes ainsi que leur indice de potasse élevé (116 et 158). La partie insoluble donne, à la pyrogénation, de l'huile contenant du phénol. Leur conclusion est que les roches à Diatomées s'inscrivent dans la série des schistes pyrobitumineux sur un diagramme de Ralston [3].

Il faudrait citer ici les études faites sur l'ensemble des produits bitumineux du Stampien notamment sur les grès et les calcaires ; nous renvoyons aux spécialistes [4] dont nous ne retiendrons que les conclusions.

En conclusion, pour ce qui concerne les « schistes bitumineux », horizon particulièrement bien développé du Stampien supérieur et bien délimité géographiquement, on peut retenir essentiellement les points suivants :

— leur analogie de composition chimique est totale avec les autres sédiments non classiques du Stampien et notamment avec les calcaires, marnes et *lignites* ;

— leur nature pétrographique correspond à des sédiments boueux probablement les plus fins de toute la séquence, et exclusive ou presque de produits détritiques ;

— leur développement ne paraît pas lié à un approfondissement subsi-

[1] Recherches faites par Mlle L. Christol, en 1943, pour le B. R. G. G.
[2] Louis et Gageonnet, 1951.
[3] Ralston (O. C.), 1915. *U. S. Bur. Mines Techn. Pap.*, nº 93.
[4] Louis et Gageonnet, 1951.

dent particulier, si on les lie stratigraphiquement aux calcaires de Vachères dont le maximum d'épaisseur se situe à l'W, mais à très peu de distance, du plus beau développement de ces schistes. En d'autres termes, ils paraissent suivre la loi que nous avons vérifiée pour les lignites, c'est-à-dire qu'ils semblent les mieux représentés par leur richesse en produits pyro-bitumineux, à quelque distance à l'E du maximum d'épaississement de leurs épontes, au sens large.

V. — Le sel gemme.

Le sel gemme fut reconnu pour la première fois, dans la région, par le sondage pétrolier de Manosque 1 (1958), implanté, au méridien de Manosque, sur le flanc S d'une petite « structure » parallèle à l'axe anticlinal principal. Le carottage, peu important (1 %), a cependant permis de situer le sel sous les deux repères rouges du Sannoisien (pendages indéterminés) et d'estimer la profondeur de son toit à — 870 m. Le sondage s'est arrêté à 1.171 m, dans le sel gemme, lié à des brèches anhydritiques et calcaires (Crétacé non reconnu de façon certaine).

Le toit du sel fut ensuite carotté, vers le « top » apparent du cœur sannoisien de la structure principale, à près de 3 km à l'W. Le sondage de Passaire 1, près de l'Eau Salée (source salée et sulfureuse), révéla le toit de la masse saline entre les profondeurs de 108,75 et 151 m (fond du sondage), sous des marno-calcaires riches en anhydrite, peu pentés, d'un type analogue à ceux des affleurements.

Enfin, implanté structuralement environ 300 m plus haut que le précédent (au-dessus du repère rouge supérieur), le sondage Manosque 2, situé à 700 m à l'E de ce dernier sondage, reconnut la puissance totale du sel (600 m) sous 447 m de marno-calcaires, très anhydritiques vers le contact du sel. Son mur de marno-calcaires (peu anhydritiques) fut reconnu sur 800 m de puissance (fond à 1.846), sans indication de la présence du socle (Crétacé). L'âge de ce mur a été attribué par les géologues pétroliers à l'Oligocène [1].

A. — *Âge du sel.*

Aucun argument faunistique n'a pu encore être invoqué pour attribuer ce salifère (sel gemme et son toit anhydritique) à la base du Sannoisien. L'étude de pollens aurait suggéré un âge tertiaire, mais les géologues qui ont été appelés à réaliser cette étude se méfient, à bon droit, de prélèvements faits dans une masse saline qui peut avoir migré par diapirisme. Enfin, il n'y a pas davantage lieu de retenir, sur la base des deux sondages

[1] Un dernier sondage (Passaire 2), implanté à peu de distance au NW de Passaire 1 (point — 90 de la figure 16), a été arrêté à la profondeur de 691 m dans le sel gemme ; toit à 95 m (*Note ajoutée pendant l'impression*).

occidentaux *seulement*, seuls carottés, les arguments structuraux qui situeraient *effectivement* le sel en position stratigraphique oligocène. Ici encore, le diapirisme peut avoir causé l'introduction d'un sel d'âge triasique dans des épontes d'un âge différent [1].

Il faut donc, pour obtenir des raisons valables d'attribuer ce sel, soit à l'Oligocène soit au Trias, attendre le résultat de déterminations de pollens liés avec certitude au sel. Mais on peut aussi, sans attendre l'exécution de sondages nouveaux, examiner un élément structural important qui est *la nature du toit du sel gemme* des deux sondages carottés.

Or, sur la base de ces deux sondages et sur celle des nombreuses coupes sismiques et électriques calées sur l'un d'eux, on a maintenant la quasi-certitude que, dans la plaine de Passaire, c'est-à-dire en position structurale du Sannoisien la plus élevée possible, *le toit du sel est anhydritique*, et l'épaisseur de cette couverture est de l'ordre de 100 à 200 m. *Il paraît donc très improbable qu'une migration importante de ce sel ait eu lieu*, partout où la couverture anhydritique a pu être reconnue ; l'anhydrite constituerait réellement la couverture normale du sel [2].

Nous allons examiner maintenant les résultats des mesures géophysiques ; nous pourrons discuter, en même temps que des coupes interprétatives suggérant la manière d'être du sel, de la valeur de l'argument précédent.

B. — *Mode de gisement et structure de la masse saline.*

La figure 16 montre les principaux résultats de la reconnaissance du sel gemme, dans son état actuel (fin 1961) : géophysique et sondages.

La région de la plaine de Passaire a été, la première, prospectée par des profils électriques et sismiques *calés sur le sondage de Passaire 1*. Les résultats ne portent que sur la profondeur, sous la surface du sol, du toit du sel. On peut considérer ces résultats comme très probables, en raison de la référence au sondage carotté.

La région de Saint-Martin-Le Jas a fait l'objet d'une autre série de mesures ; on a pris, pour l'interprétation, les mêmes paramètres que pour les mesures de la plaine, mais l'absence de sondage carotté ne donne pas, pour cette région, autant de certitude d'avoir affaire réellement à du sel gemme. Toutefois, les très grandes différences entre les chiffres de « vitesses » [3] dues au sel probable et celles qui sont dues à sa couverture, de nature connue (vitesse inférieure de moitié) sont un élément encourageant. Enfin, la structure géologique des affleurements et les failles connues ont

[1] En Aquitaine notamment, on a montré, grâce à des sondages entièrement carottés, l'introduction « sous-cutanée » ou « invaginée » du sel triasique dans le flysch crétacé (Dupouy-Camet, 1952 ; J.-P. Destombes et P. Marie, 1947).

[2] Le sel gemme flue à 25 kg/cm², l'anhydrite à 125 kg/cm² ; ces données sont la raison essentielle d'une ségrégation mécanique qui se produit entre les différents constituants d'un complexe salifère lors des orogénèses. De nombreux exemples peuvent être cités (mêmes références bibliographiques que ci-dessus, cf. note infrapaginale 1).

[3] Du même ordre, en valeur absolue : 6.000 à 7.000 m/sec.

permis une interprétation simple des résultats de cette dernière campagne, qui laisse finalement peu de place à l'ambiguïté.

Voici l'essentiel des résultats obtenus jusqu'ici :

1. **Le sel et l'anhydrite.** — Au parallèle des sondages de Passaire 1 et Manosque 2, il paraît y avoir une bonne concordance structurale entre la forme du toit du sel (et de sa couverture anhydritique) et celle du Sannoisien, matérialisée par les deux séries de repères colorés [1]. L'anhydrite qui le coiffe a une épaisseur de 100 à 200 m suivant les points.

— Vers le bord N de la plaine de Passaire et au ravin de Bel Air qui la prolonge à l'W, le sel s'élève, puis les réactions sismiques disparaissent pour ne réapparaître que plus au N, avec un sel un peu plus haut en valeur absolue que dans la plaine ; en même temps, l'anhydrite du toit paraît s'effiler et ne plus réapparaître avec certitude.

En surface, le gypse massif des affleurements de Patatonis correspond certainement à la couverture anhydritique du sel, carottée au sondage de Passaire 1. L'évanouissement des réactions géophysiques au N de ce point correspond très probablement au passage d'une flexure (subverticale ?), bien cartographiée en surface, qui a pour effet d'enfoncer les couches subitement vers le N. A l'W, cet enfoncement se traduit par un renversement régulier (pendages 60° à 80° S) sur 300 m de distance E-W. Sur les coupes, la flexure de surface correspond probablement au bord N de la langue saline diapirique [2].

— Au Jas, le toit du sel occupe une position stratigraphique voisine du repère coloré supérieur (doublet rouge du niveau de la Mort d'Imbert) ; son « avance tectonique » est donc importante et de l'ordre de 350 à 400 m. Sa couverture peut correspondre à de l'anhydrite, mais plus probablement à des calcaires en plaquettes connus aux affleurements.

— Au N du Jas, le sel ne marque plus à partir du ravin du Pré Gavoï où l'on trouve des sources sulfureuses et des pendages modérés vers le NE dans les calcaires en plaquettes, alors que toute la couverture du flanc N plonge normalement, ailleurs, vers le NW.

— Davantage au N, vers les Coupiers, on « perd » le sel. C'est la région des anomalies les plus considérables dans les couches stampiennes, aquitaniennes et *miocènes*, renversées (à faibles pendages S). On peut interpréter maintenant ces anomalies comme étant dues à des effets diapiriques aigus de langues de sel, insuffisamment épaisses pour marquer en sismique-réfraction.

[1] A 20 % d'erreur près, le toit du sel se situerait, pour ces deux sondages, à 250 m environ sous le repère coloré inférieur du Sannoisien.

[2] Il n'est pas possible d'évaluer exactement, d'après les affleurements très pentés ou subverticaux, l'avance tectonique du sel par rapport à sa couverture, mais il est évident que le sel, ici, « crève » le repère rouge inférieur, soit une « avance tectonique » de l'ordre de 250 m (?).

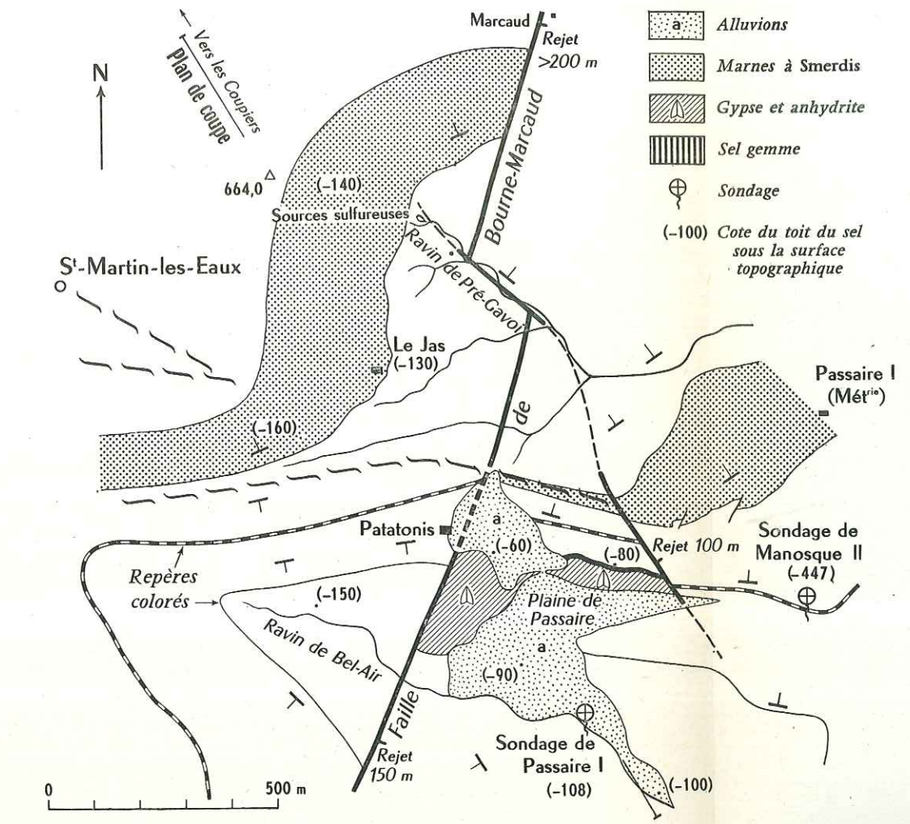


Fig. 16. — Mode de gisement du sel gemme.

2. **Les accidents : profonds ou diapiriques.** — La géologie de la région de Patatonis est très difficile à interpréter si on se reporte aux affleurements seuls. Deux failles s'y croisent, et les gypses massifs du bord N de la plaine ont été longtemps attribués au niveau de la Mort d'Imbert, avant que les sondages et les mesures géophysiques autorisent à les attribuer avec une beaucoup plus grande probabilité au toit direct du sel gemme.

Il est d'autre part maintenant certain que le diapirisme du sel a plus ou moins oblitéré le jeu de ces accidents. Examinons, à la lumière des affleurements et des données de profondeur, ce qu'on peut interpréter comme jeux du socle et ce qui est dû au diapirisme. L'hypothèse à peu près démontrée, que le sel soit d'âge oligocène, paraît corroborée par les résultats de cette discussion.

— La faille majeure de Bourne-Marcaud, faille dont les caractères et la direction impliquent un jeu important du socle crétacé, a un rejet vers l'E. Ce rejet est de 120 m au S (Bourne) et il est supérieur à 200 m à Marcaud. Le décalage de près de 1 km, du N au S, de part et d'autre de la faille, des marnes à *Smerdis macrurus*, peu pentées au NW, implique un rejet non inférieur à 300 m de la faille de Bourne-Marcaud à Patatonis.

Nous avons vu, au chapitre Tectonique, que cet accident était *directement en cause* dans l'inflexion des affleurements situés entre Biabaux au N et Saint-Martin à l'W.

Or, nous connaissons maintenant, avec assez de certitude, l'existence du sel dans ce panneau relevé et nous avons attribué à un diapirisme aigu au moins le renversement du Miocène des Coupiers. Quelles sont les relations du diapirisme et de la faille de Bourne-Marcaud ? Les rapports du sel et de cet accident sont évidents au moins en deux points :

1° *La région des sources sulfureuses* du ravin du Pré Gavoï *correspond*, suivant un profil sismique, *à un ennoyage du sel vers le NE*. Cet ennoyage est matérialisé en surface par les pendages, tout à fait aberrants, des calcaires en plaquettes du niveau inférieur (petits cubes), vers le NE, sur plus de 100 m de longueur (direction NW qui détermine localement le cours du torrent). Or, la faille de Bourne-Marcaud est recoupée par cet accident, d'origine certainement diapirique, et reportée de 200 m vers le NW.

Ces trois observations montrent que l'accident diapirique (dirigé NW) du ravin du Pré Gavoï limite à son NE l'intrusion salifère, à la profondeur d'investigation sismique ; elles montrent aussi que cette intrusion a joué postérieurement au mouvement principal de la faille de Bourne-Marcaud, qu'elle décale en direction.

2° *A Patatonis*, où passe la faille de Bourne-Marcaud et où il est probable que le rejet, aux affleurements, des couches à *Smerdis macrurus* (marnes *b* des calcaires en plaquettes supérieurs) est de l'ordre de 300 m vers l'E, on a, de part et d'autre de l'accident, des indications de la profondeur du toit du sel gemme (mesures sismiques).

A l'E (panneau effondré), les altitudes absolues moyennes, du toit du sel sont de l'ordre de 400 m. A l'W, cette altitude moyenne absolue est d'environ 450 m. *Le gradin, descendant vers l'E, de la faille de Bourne-Marcaud est donc ramené de 300 à 50 m par le jeu du sel.* Le diapirisme est donc postérieur au jeu principal de la faille.

Or, au Jas, nous avons vu que le sel était en « avance tectonique » d'environt 350 à 400 m. L'intrusion salifère y est donc caractérisée et on doit lui attribuer aussi le « colmatage » de la faille de Bourne-Marcaud par 250 m de sel gemme, postérieurement à son jeu principal.

— Si l'on examinait d'aussi près les caractères de la FLEXURE DE SAINT-MARTIN, on pourrait conclure que le plongement vers le N des couches renversées (à fort pendage S), sur le chemin de Saint-Martin à Patatonis, paraît entièrement atténué en profondeur (cotes absolues semblables — 450 — du sel au N et au S de l'accident).

Dans la partie orientale de la même flexure, au N de la plaine de Passaire, on n'a pas d'indication profonde pour le sel ; mais *elle est recoupée*, en surface, par une faille d'origine très probablement diapirique, qui a les mêmes caractères que la faille diapirique du ravin du Pré Gavoï, qu'elle prolonge vers le SE.

Son rejet, mesuré en surface par le décalage du repère coloré supérieur, au N de la plaine, est de l'ordre de 100 m ; cette faille limite vers l'E les affleurements du gypse massif (toit du sel) du bord N de la plaine. Cette faille, dirigée NW-SE, correspond vraisemblablement à un accident diapirique non enraciné dans le socle.

En résumé :

Le sel gemme, reconnu dans la plaine et vers Passaire, par sondages carottés et par mesures géophysiques, semble stratigraphiquement situé à 250 m au mur du repère coloré inférieur et comporter une couverture anhydritique normale, épaisse de 100 à 150 m.

Vers le Jas et les Coupiers, au NW, le sel a certainement crevé sa couverture normale par diapirisme. Ce diapirisme paraît aigu au parallèle du bord N de la plaine, en relation avec une flexure qui s'étend vers Saint-Martin à l'W. L'anhydrite du toit du sel paraît alors irrégulière, peut-être même avoir disparu.

Les deux accidents principaux repérés en surface [1] limitent des panneaux où le sel marque bien, mais les mesures sont discontinues à leur passage. Il semble bien que la valeur de leur rejet, au toit du sel, soit notablement atténuée en profondeur. Ces deux dernières observations montrent que, si ces accidents, vraisemblablement dus à des jeux précoces du socle crétacé, ont

[1] Faille de Bourne-Marcaud, flexure de Saint-Martin.

pu *créer ou amplifier le jeu du diapirisme salifère*, les mouvements propres de ce sel ont « colmaté » en profondeur, dans une certaine mesure, les différences de hauteur de la couverture, dues aux failles profondes ; ce colmatage serait tardif et il est possible que des réajustements soient encore « vivants ». La faille NW-SE, de direction aberrante, est à attribuer très probablement au seul diapirisme.

C'est le carottage continu des deux sondages de Passaire I et de Manosque 2 qui a permis de connaître la nature (anhydrite) et la forme du toit du sel en de nombreux points (calage de la géophysique). Nous avons vu qu'il paraissait y avoir une certaine opposition entre les zones méridionales, relativement calmes, du sel, où il comporte sa couverture anhydritique, et les zones septentrionales, plus diapiriques, où une partie de cette couverture a migré séparément. Ce dispositif ne peut s'opposer à l'attribution au Sannoisien (ou au Ludien) de l'âge de ce salifère.

C. — ***Conclusions.***

Les conclusions les plus importantes qui découlent de cette étude du sel paraissent les suivantes :

a) *Le sel serait d'âge Oligocène inférieur (ou Eocène supérieur).* Il n'y a alors aucune raison d'attribuer le sel du sondage de Manosque 1 à un Trias injecté. La fosse subsidente précoce, du Ludien ou du Sannoisien inférieur, prélude, à l'W des fosses stampiennes et aquitaniennes, aux jeux de la grande fosse de Manosque, qui se déplacera vers l'E durant tout l'Oligocène (fig. 3).

Si le mur du sel du sondage de Manosque 2 (Crétacé non atteint) était réellement sannoisien (ou ludien), c'est ici que la subsidence aurait été la plus importante, et il faudrait dans ce cas doubler les 1.500 m d'épaisseur de dépôts de la fosse de Manosque, étudiés antérieurement, pour se rapprocher de la réalité.

b) *Les déformations propres du salifère* ont pu être appréciées dans une certaine mesure par différentes reconnaissances. Ces déformations paraissent minimum dans la région centrale de l'anticlinal où les structures des repères sannoisiens restent à peu près parallèles à celles du toit du sel. L'anhydrite, couverture normale du sel gemme, garde dans cette région ses caractères et son épaisseur.

Par contre, il semble bien que la région du Jas corresponde à une intrusion diapirique de sel gemme où l'anhydrite n'apparaît plus ; l'anhydrite serait restée en « retard tectonique » quelque part en profondeur. Cette ségrégation des deux masses salifères est un fait d'observation courant ; on peut l'utiliser ici à titre d'hypothèse, dans la recherche future, pour suggérer l'intensité plus ou moins forte du diapirisme, dans la mesure de l'existence ou de l'inexistence, en sondages, du toit anhydritique normal du sel gemme.

Enfin, si le diapirisme paraît nettement caractérisé dans le panneau du Jas (« avance tectonique » du sel de plusieurs centaines de mètres), il n'est pas douteux que la forme du toit du sel reste, dans la majorité des cas, liée aux grands accidents structuraux lisibles dans la couverture ; *et ceci confirme qu'il n'a pas subi de très importantes translations.*

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Le bassin oligocène de Manosque-Forcalquier paraît caractérisé par les deux traits essentiels suivants :

1° *Une subsidence énergique et continue, se développant d'W en E*, a été génératrice d'épais sédiments gréseux, calcaires et marneux, liés à des évaporites, à des matières bitumineuses et ligniteuses. Ce déséquilibre, localisé à proximité immédiate du bord W de la chaîne alpine en son début de surrection, paraît s'être poursuivi avec un même sens de rejet apparent (vers l'E) lors du paroxysme et a provoqué la grande flexuration durancienne qui fait plonger de plusieurs centaines de mètres au minimum, à la verticale, la retombée S de l'anticlinal. Deux gradins de même sens dans la région de Villemus ont, en raison des pendages acquis lors du paroxysme, flexuré les couches en direction et ont donné son allure actuelle à la torsion de l'axe anticlinal.

2° *Un développement biologique intense et particulièrement bien fossilisé.* Les réductions bactériennes, qui ont déterminé sous un même climat une production de soufre importante et, à tous les niveaux, des lignites, des schistes et des calcaires bitumineux, sont nées de la nature même du milieu, réducteur et légèrement saumâtre du bassin (chapitre III) où une tranche d'eau, toujours semblable à elle-même, était maintenue par la subsidence pendant une durée considérable. Il est impossible de ne pas imaginer ici une réalimentation rythmique en eaux marines jusqu'à l'Aquitanien. Les sulfates dissous ont été générateurs de gypse et d'anhydrite, tandis que du soufre en était tiré par des organismes bactériens proliférant dans les eaux ; par ailleurs la végétation des berges fournissait des alluvionnements lignitifères.

La sédimentation bitumineuse, d'autre part, s'est développée quasi subitement au début du Stampien. Ce sont les calcaires en plaquettes du Stampien inférieur qui sont, à Apt et à Manosque, les plus riches en pyrobitumes, dès la base : il y a donc eu ici non seulement une transgression au sens habituel mais aussi une « transgression bactérienne » à cette époque.

Par contre, de nombreux problèmes ont été soulevés qui ont été mal ou non résolus :

a) L'existence d'une liaison lithologique statistique entre les matières bitumineuses contenues dans les roches et la présence d'un soufre libre en

milieu gypseux (chapitre III, § 2). Cette liaison pétrographique traduit probablement la liaison biotopique des différentes bactéries génératrices de pyrobitumes, de soufre et aussi de lignites en milieu anaérobie et réducteur. Leur réunion dans le même bassin, à l'Oligocène, pose le problème de la nature de ce biotope, aquatique ou aérien, que le géologue n'a pas d'argument pour définir actuellement.

La coïncidence, à l'Oligocène, dans nombre de bassins de l'Europe occidentale, de dépôts de soufre sédimentaire tend à faire de cette époque celle d'une évolution « explosive » de bacilles thiogènes, en liaison avec la grande abondance de produits pyrobitumineux et lignitifères, très riches aussi en soufre.

b) Un autre important problème de sédimentation que je livre aux spécialistes (chapitre III, § 3) est posé par la nature calcaire des épontes des couches de lignite méritant ce nom. Ces calcaires sont évidemment plus ou moins bitumineux. Ici encore, la matière organique des eaux lacustres qui « transparaît » dans les épontes paraît bien liée, dans l'espace comme au cours de la lente édification des faisceaux, à une sédimentation houillère.

Cette coexistence paraît beaucoup moins nette dans d'autres bassins houillers où les faciès détritiques et argileux sont prépondérants.

c) Le retard au « déplacement de la subsidence » houillère (chapitre III, fig. 15) par rapport à la position du volume total maximum des épontes n'est peut-être dû qu'au fait des apports orientaux des organismes végétaux appelés à se sédimenter ; mais n'y a-t-il pas une autre cause telle que tassement différentiel postérieur ou évolution différente du sédiment ?

d) Enfin, pour revenir à la structure propre de l'anticlinal, il est certain que le diapirisme est intervenu dans la forme de certaines structures aberrantes, notamment à Passaire, et cette intervention est probable dans le panneau occidental de Saint-Martin.

Il n'est pas entièrement exclu que le salifère soit d'âge triasique, et non tertiaire [1].

Enfin, dans les conditions actuelles de la recherche et des hypothèses, l'âge oligocène du salifère paraît prouvé par le parallélisme du toit du sel et de la couverture au cœur de l'anticlinal, avec un matelas anhydritique régulier interposé. Et, si on additionne alors les différentes épaisseurs des trois assises de l'Oligocène, aux trois méridiens (se déplaçant d'W en E) où elles sont les plus épaisses, c'est une puissance de plus de 3.000 m, en séries concordantes, qu'il faut attribuer à l'Oligocène de la fosse de Manosque.

[1] Toutefois, quatre échantillons provenant du toit du sel du sondage de Passaire 2 (104 et 113 m) viennent de révéler au Dr Klaus, de Vienne, des pollens d'âge tertiaire (*Note ajoutée en cours d'impression*, octobre 1962).

BIBLIOGRAPHIE

Ancion (Ch.), 1958. — Méthodes, enseignements et énigmes de la géologie du terrain houiller. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, t. LXXXII, p. B 29-B 51, bibliogr.

Bertrand (M.), 1898. — La Basse-Provence. Relief et lignes directrices. *Ann. de Géogr.*, t. VI, 15 mai 1897, p. 212-229, pl. VI et VII ; 15 janvier 1898, p. 14-23, pl. I.

Brunschweig, 1923. — Description sommaire des gisements français de lignite. *Congrès intern. des Combustibles liquides*, numéro spécial de *Chimie et Industrie* (mai).

Destombes (J.-P.), 1947. — Structure du flanc nord du Luberon au sud de Forcalquier. *C. R. Acad. Sc.*, t. 225, séance du 21 juillet, p. 195-197.

Destombes (J.-P.), 1949. — Contribution à l'étude du Trias salifère de la région nord-orientale des Pyrénées. Les sondages de Fitou (Aude). *Publ. B. R. G. G.*, n° 7 (Thèse Univ. Lille).

Destombes (J.-P.) et Bricon (Cl.), 1959. — Gypses de Mazan et de l'Isle-sur-Sorgue. Rapports inédits B. R. G. M.

Destombes (J.-P.) et Marie (P.), 1947. — Résultats stratigraphiques d'un sondage à Peyrehorade (Landes). *C. R. somm. Soc. Géol. Fr.*, séance du 15 décembre.

Dupouy-Camet (J.), 1952. — Recherches structurales sur les accidents triasiques du SW de l'Aquitaine. *Bull. Serv. Carte Géol. Fr.*, t. XLIX, n° 233.

Gignoux (M.) et Moret (L.), 1930. — Structure de l'anticlinal de Volx et des bassins oligocènes de Manosque et de Forcalquier (Basses-Alpes). *Trav. Lab. Géol. Univ. Grenoble*, t. XV, fasc. 2, p. 1-45, 3 fig., 3 pl. h. t.

Goguel (J.), 1932. — Description géologique du Luberon. *Bull. Serv. Carte Géol. Fr.*, t. XXXVI, n° 186, p. 1-70, 27 fig., 3 pl. h. t.

Goguel (J.), 1959. — Une klippe de Crétacé inférieur dans l'Oligocène du bassin de Forcalquier. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (7e sér.), t. I, n° 6, p. 594-597.

Gras (Sc.), 1840. — *Statistique minéralogique du département des Basses-Alpes*. Grenoble, Prudhomme.

Gras (Sc.), 1862. — *Description géologique du département du Vaucluse*. Paris, F. Savy.

Lapparent (A.-F. de), 1938. — Études géologiques dans les régions provençales et alpines, entre le Var et la Durance. *Bull. Serv. Carte Géol. Fr.*, t. XL, n° 198.

Lapparent (A.-F. de), 1941. — Les phases de plissements tertiaires dans la région du Mont Ventoux et de la Montagne de Lure. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (5e sér.), t. XI, p. 75-85.

Louis (R.) et Gageonnet (R.), 1951. — Relations entre la nature chimique des indices d'hydrocarbures et le milieu géologique dans un bassin sédimentaire. Le bassin de Manosque-Forcalquier. *Congrès mondial du Pétrole*, 3e session, La Haye.

MICHARD (G.) [1960]. — Essai d'étude géochimique du soufre à propos du gisement de Biabaux (Basses-Alpes). *Dipl. Ét. sup. Physique* (Univ. Paris), 41 p. ronéotyp., 7 fig., bibliogr.

PRUVOST (P.), 1930. — Sédimentation et subsidence. *Livre Jubilaire du Centenaire de la Soc. Géol. Fr.*, t. II, p. 545-564.

PRUVOST (P.), ROCH (É.) et SATO (T.), 1961. — Le concept de cycle sédimentaire : retouches et compléments. *C. R. Acad. Sc.*, t. **253**, n° 17, séance du 23 octobre, p. 1742-1744, bibliogr.

RICHEMOND (P.), 1923. — Les schistes bitumineux de la vallée du Largue. *Congrès intern. des Combustibles liquides*, numéro spécial de *Chimie et Industrie* (mai).

RICHTER-BERNBURG (G.), 1955. — Geologische Voraussetzungen für die Genese von Kalisalzlagerstätten. *Kalium-Symposium* (Intern. Kali-Institut, Bern).

ROY (R.), 1946. — Étude des gisements français de soufre. *Houille, Minerais, Pétrole*, 1re année, n° 2, mars-avril, p. 66-76, 3 fig., 4 photogr., bibliogr. importante.

SAPORTA (G. DE), 1863-1867. — *Étude sur la végétation du Sud-Est de la France à l'époque tertiaire*. Paris, 1re partie, 1863; 3e partie, 1867.

SAPORTA (G. DE), 1864. — Sur la découverte d'une Cycadée dans le terrain tertiaire moyen de Provence. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (2e sér.), t. XXI, p. 314-328.

SCHNELLMANN (G. A.), 1959. — Formation of sulphur by reduction of anhydrite of Ras Gemsa, Egypt. *Economic Geol.*, vol. **54**, août, p. 889-894, 1 fig., bibliogr.

TAZIEFF (H.), 1960. — A propos de la signification tectonique des importants glissements de terrain provoqués par le grand séisme du Chili de mai 1960. *C. R. Acad. Sc.*, t. **251**, n° 20, séance du 14 novembre.

TABLE DES FIGURES

Figures — Pages

1. — Extension du bassin oligocène d'Apt-Manosque-Forcalquier 4
2. — Le Sannoisien d'Apt. Carte (fig. 2 *a*) et coupes (fig. 2) 13
3. — Déplacement de la subsidence vers l'E durant l'Oligocène 26
4. — Bassins oligocènes provençaux 35
5. — Glissement par gravité des calcaires en plaquettes sur les marnes de Manosque entre deux failles ou diaclases à 200 m N de Thomassine . 48
6. — Fenêtre d'érosion du Moulin de la Dame 49
7. — Calcaires en plaquettes « *a* » au S de Saint-Martin-les-Eaux 50
8. — La flexure de Bourne 50
9. — Coupe des ouvrages de la colline de Biabaux 52
10. — Schéma tectonique du Luberon oligocène 57
11. — Coupes à travers l'anticlinal oligocène de Manosque 59
12. — Faisceau solfifère d'Apt (base du Stampien inférieur) 67
13. — Coupe de la partie centrale de la colline de Biabaux 69
14. — Schéma de correspondance des faisceaux lignitifères de l'Oligocène sur les trois versants 73
15. — Schéma des variations de faciès des épontes des faisceaux de lignites, d'W en E du bassin 74
16. — Mode de gisement du sel gemme 87

TABLE DES PLANCHES

Planches phototypiques

Pl. I. — 1 et 2. — Ancienne carrière sur la route de Manosque au col de la Mort-d'Imbert.

Pl. II. — Calcaires en plaquettes glissés sur les marnes intermédiaires (ravin de Pourningue, à 500 m SW de Pélissier).

Pl. III. — 1. — Calcaires en plaquettes glissés vers la gauche sur un mur de lignites à pente N (colline de Biabaux, E de Passaire).
2. — Calcaires de Vachères « affalés » vers le S, à Gaude.
3. — Calcaires de Vachères, près de Vachères.

Planches en pochette

Pl. 1. — L'anticlinal oligocène du Luberon de Manosque (carte).

Pl. 2. — Composition stratigraphique de l'Oligocène de la fosse de Manosque (coupes).

TABLE DES MATIÈRES

Pages

INTRODUCTION 1

Sources bibliographiques 2
Limites de l'étude. 3
Limites géographiques 3
Limites stratigraphiques 3
Plan de l'étude 3

CHAPITRE PREMIER. — STRATIGRAPHIE 6

I. — *Coupe de l'Oligocène, de Manosque au col de la Mort d'Imbert* . . 7

A. — Aquitanien. 7
Marnes de Viens. 7

B. — Stampien 8
1. Calcaires de Vachères 8
2. Marnes et grès à lignites de Manosque et de Bois d'Asson. . 8
3. Calcaires en plaquettes supérieurs 8
a) Partie supérieure calcaire 9
b) Les marnes moyennes 9
c) Calcaires « petits cubes » 9

C. — Sannoisien. 10
1. Marnes et gypses de la Mort d'Imbert 10
2. Calcaires en plaquettes inférieurs 10

II. — *Variations latérales de la série oligocène* 12

A. — Flanc N du synclinal Apt-Forcalquier 12
1. Ludien. 13
2. Sannoisien 14
3. Stampien. 14
4. Aquitanien 15
Conclusion 19

B. — Flanc N de l'anticlinal de Manosque 19
1. Sannoisien 20
a) Les marnes rouges supérieures 21
b) Les marnes rouges inférieures 21
2. Stampien 22
a) Les calcaires de Vachères 23
b) Le Stampien moyen 23
c) Le Stampien inférieur 24

Pages

3. Aquitanien 28
a) Les calcaires de Reillanne 28
b) Les marnes de Viens 28
Conclusion 28
C. — Flanc S de l'anticlinal oligocène du Luberon 29
1. Sannoisien 30
2. Stampien 30
3. Aquitanien 31
Conclusion 32
III. — *Paléogéographie* 33
A. — Bassin d'Apt-Forcalquier-Manosque 33
1. Sannoisien 34
2. Stampien. 35
3. Aquitanien 36
B. — Bassin de Carpentras-L'Isle-sur-Sorgue 38
C. — Bassin d'Aix 40
D. — Bassin de Digne 41
IV. — *Conclusions de l'étude stratigraphique* 41

CHAPITRE II. — TECTONIQUE DU LUBERON OLIGOCÈNE 42
Introduction 44
I. — *Données de surface et de profondeur* 44
A. — Les mouvements intra-oligocènes et anté-miocènes. 45
B. — Les mouvements post-oligocènes 45
1. Accidents radiaux 46
2. Accidents NNE et ESE 47
3. Région de Biabaux 48
4. Les décoiffements du Luberon oligocène 51
5. Le diapirisme 53
II. — *Interprétation. — Âge et modalités des mouvements* 56
Conclusion 57

CHAPITRE III. — CONDITIONS DE GISEMENT DES MATIÈRES UTILES 62
I. — *Le gypse* 65
II. — *Le soufre* 65
A. — Gisements. 66
1. Gisements d'Apt. 67
2. Gisement de Biabaux 67
B. — Genèse du soufre 68
III. — *Les lignites* 71
A. — Considérations préalables. 72

Pages

B. — Répartition stratigraphique des lignites et extension latérale. . 75
1. Faisceau bitumineux 75
2. Faisceau de Queyron 75
3. Faisceau du « toit » 76
4. Faisceau supérieur de Sigonce 78
IV. — *Les schistes bitumineux* 80
A. — Composition du faisceau 80
B. — Conditions de dépôt 82
V. — *Le sel gemme* 84
A. — Âge du sel 84
B. — Mode de gisement et structure de la masse saline 85
1. Le sel et l'anhydrite 86
2. Les accidents : profonds ou diapiriques 87
C. — Conclusions 89

CONCLUSIONS GÉNÉRALES 91
BIBLIOGRAPHIE 93
TABLE DES FIGURES 95
TABLE DES PLANCHES 97
TABLE DES MATIÈRES 99

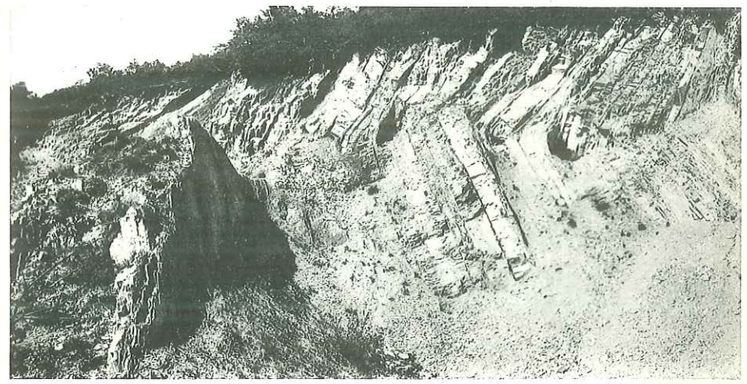
PLANCHE I

PLANCHE I

1 et 2. — *Ancienne carrière sur la route de Manosque au col de la Mort d'Imbert.*

Les calcaires en plaquettes du flanc S, à pendages normaux S (vers la gauche des photographies), sont « agenouillés » vers le S.

(N° 1 : photographie P. Henry).



1

2

PLANCHE II

PLANCHE II

Calcaires en plaquettes glissés sur les marnes intermédiaires.

Ravin de Pourningue, à 300 m SW de Pélissier.

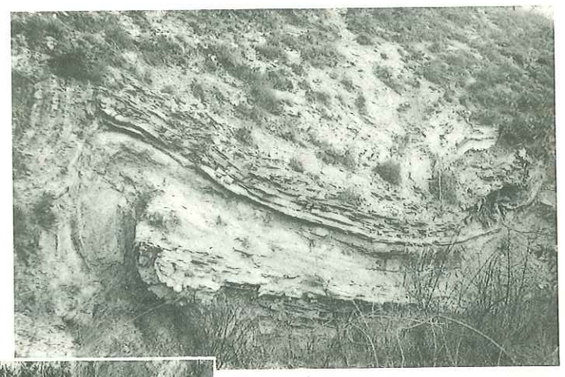
PLANCHE III

PLANCHE III

1. — *Calcaires en plaquettes glissés vers la gauche sur un mur de lignites à pente N.*
Colline de Biabaux, E de Passaire.

2. — *Calcaires de Vachères « affalés » vers le S, à Gaude.*
Ces calcaires sont verticaux en profondeur.

3. — *Calcaires de Vachères, près de Vachères.*
Lits gypseux peu épais remplacés par de la calcite orbiculaire.



1

2

3

L'ANTICLINAL OLIGOCÈNE DU LUBERON DE MANOSQUE

par Jean-Paul DESTOMBES (1960)

Fond topographique d'après photographies aériennes non redressées
Mission américaine 33-S-106 (2-6-1944)

Echelle approximative

0 500 1000 1500 2000 2500 mètres

LÉGENDE

Formations superficielles

a *Alluvions*

Paquets glissés

Miocène

Oligocène

AQUITANIEN

Vs *Marnes de Viens et calcaires de Reillanne*

STAMPIEN

CV *Stampien supérieur : Calcaires de Vachères*

MM *Stampien moyen : Marnes et grès de Manosque et de Bois d'Asson*

Stampien inférieur : Calcaires en plaquettes supérieurs

CPS
a . Calcaires supérieurs
b . Marnes moyennes à Smerdis macrurus
c . Calcaires inférieurs " petits cubes "

SANNOISIEN

Doublet marneux rouge et gypses (niveau de la Mort d'Imbert)

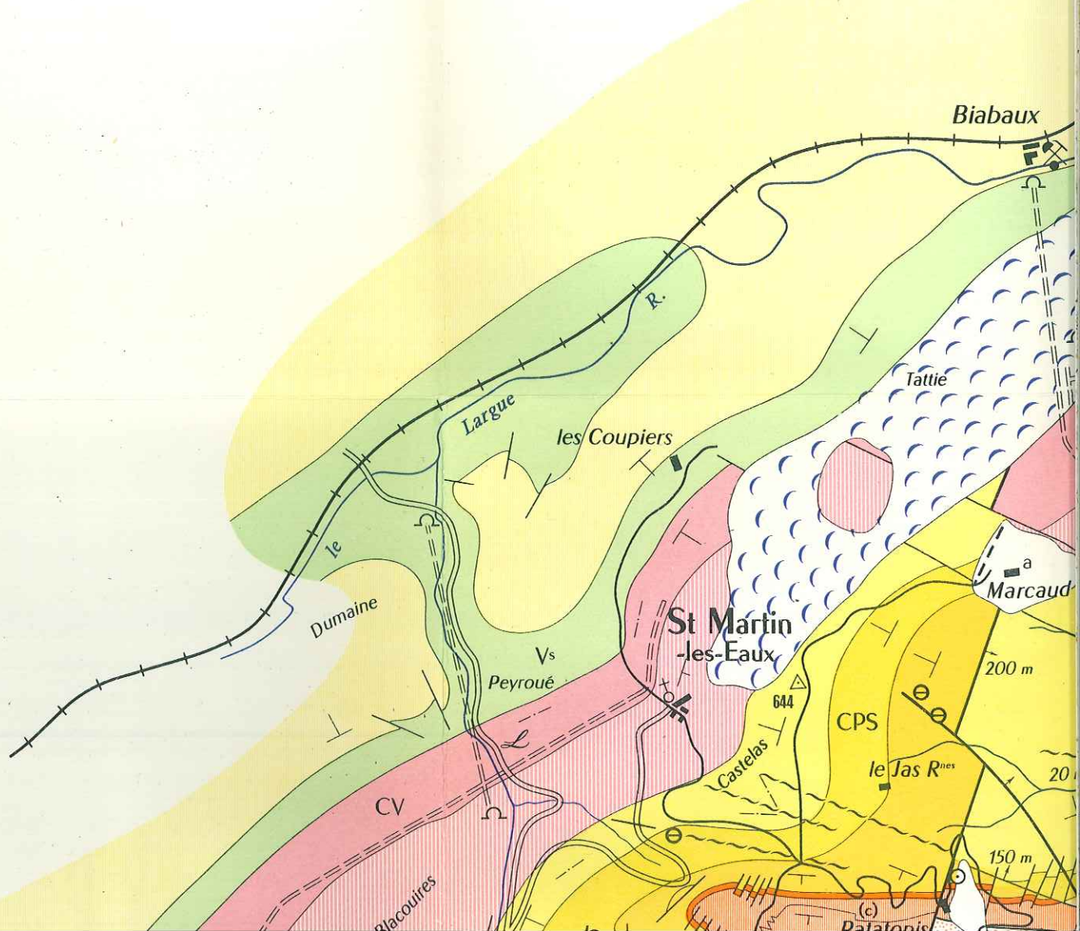
(c) CPI
Calcaires, marnes, schistes bitumineux, etc...
Marnes rouges inférieures
} *Calcaires en plaquettes inférieurs*

1 2 *1. Lignites 2. Gypse*

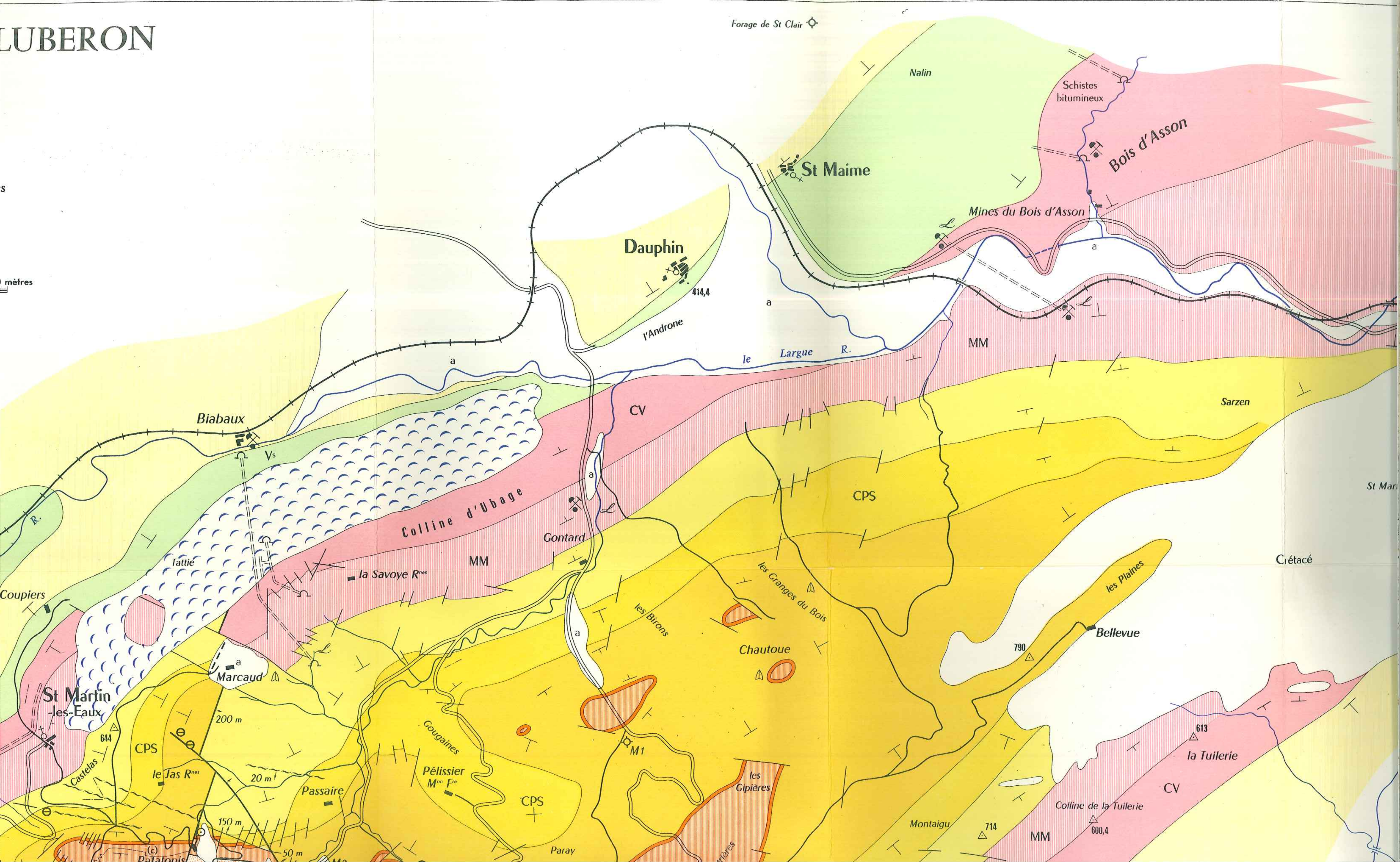
Faille

20 m *Faille majeure et valeur de son rejet*

Flexure



LUBERON



Forage de St Clair
Nalin
Schistes bitumineux
Bois d'Asson
St Maime
Mines du Bois d'Asson
Dauphin
414,4
l'Androne
a
le Largue R.
MM
CV
Sarzen
Biabaux
Vs
CPS
Colline d'Ubage
Gontard
St Mar
Crétacé
Tattie
la Savoye Rnes
les Granges du Bois
les Plaines
Coupiers
les Birons
Bellevue
Chautoue
790
Marcaud
St Martin -les-Eaux
200 m
644
M1
613
la Tuilerie
Castelas
Gougaines
le Jas Rnes
20 m
Pélissier Mon Fre
les Gipières
Passaire
Colline de la Tuilerie
150 m
Montaigu
714
600,4
Paray
50 m
Patatonis

Forage de St Clair

Nalin

Schistes bitumineux

Bois d'Asson

St Maime

Mines du Bois d'Asson

Dauphin

414,4

a

l'Androne

le Largue R.

MM

Sarzen

CV

Colline d'Ubage

CPS

St Martin

Gontard

la Savoye Rnes

MM

les Granges du Bois

les Birons

Chautoue

Crétacé

les Plaines

Bellevue

790

Volx

890,2

M1

Gougaines

Pélissier

Mon Fre

CPS

les Gipières

613

la Tuilerie

CV

Colline de la Tuilerie

600,4

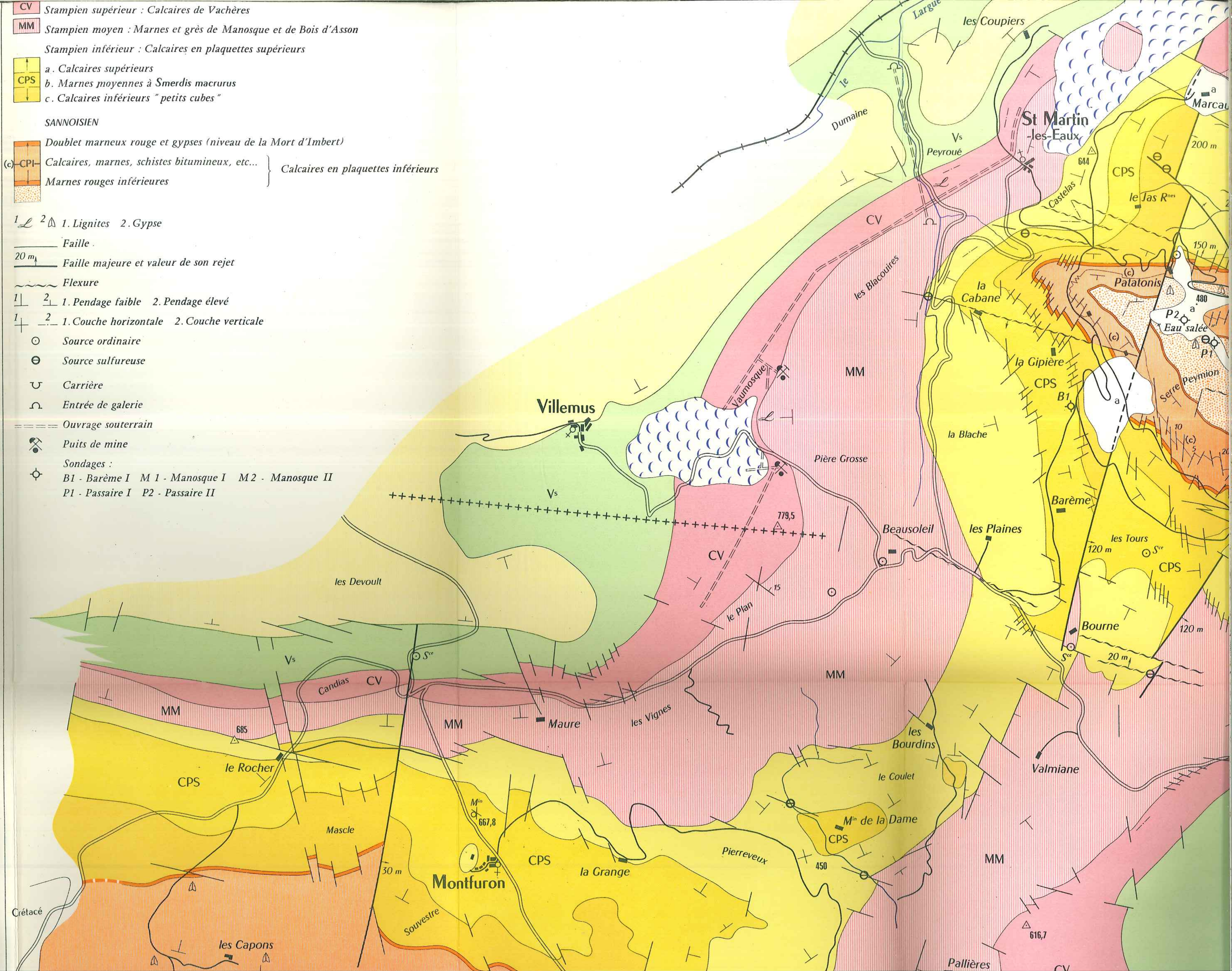
Montaigu

714

MM

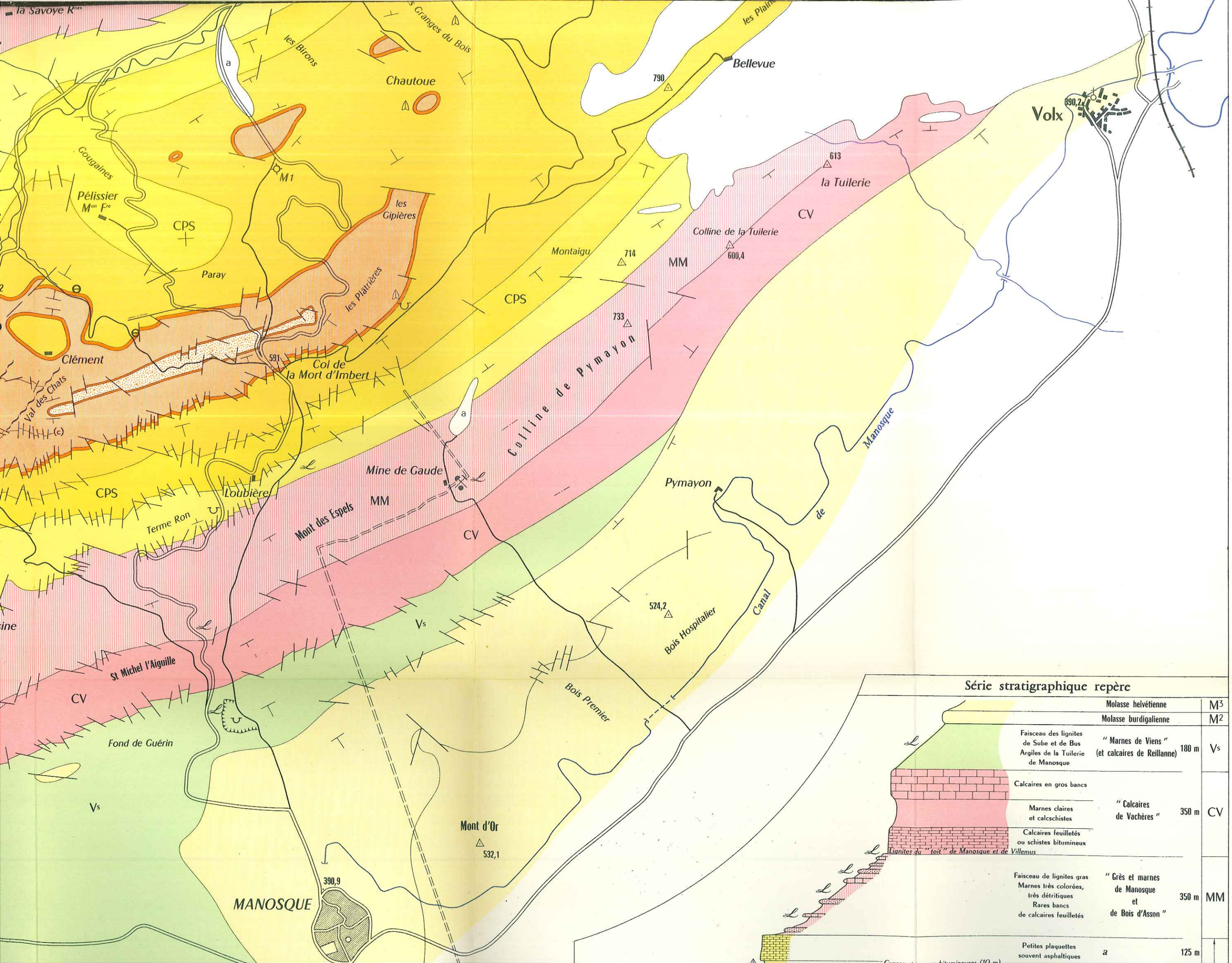
Paray

le Largue R.



CV Stampien supérieur : Calcaires de Vachères
MM Stampien moyen : Marnes et grès de Manosque et de Bois d'Asson
Stampien inférieur : Calcaires en plaquettes supérieurs
CPS
a. Calcaires supérieurs
b. Marnes moyennes à Smerdis macrurus
c. Calcaires inférieurs "petits cubes"
SANNOISIEN
Doublet marneux rouge et gypses (niveau de la Mort d'Imbert)
(c) CPI
Calcaires, marnes, schistes bitumineux, etc...
Marnes rouges inférieures
Calcaires en plaquettes inférieurs
1. Lignites 2. Gypse
Faille
20 m
Faille majeure et valeur de son rejet
Flexure
1. Pendage faible 2. Pendage élevé
1. Couche horizontale 2. Couche verticale
Source ordinaire
Source sulfureuse
Carrière
Entrée de galerie
Ouvrage souterrain
Puits de mine
Sondages :
B1 - Barème I M 1 - Manosque I M 2 - Manosque II
P1 - Passaire I P2 - Passaire II
les Coupiers
Largue
le
Dumaine
St Martin
-les-Eaux
Peyroué
Vs
Marcau
200 m
644
CPS
Castelas
le Jas Rnes
CV
150 m
les Blacouires
la Cabane
Palatonis
480
P2
Eau salée
P1
la Gipière
CPS
B1
Serre Peymion
MM
Vaumosque
Villemus
la Blache
Pière Grosse
Vs
779,5
Barème
Beausoleil
les Plaines
les Tours
120 m
Sce
CPS
CV
les Devoult
le Plan
Bourne
120 m
20 m
Vs
Sce
Candias
CV
MM
MM
MM
Maure
les Vignes
685
le Rocher
CPS
les Bourdins
Valmiane
le Coulet
Mascle
Min
667,8
Min de la Dame
CPS
CPS
Pierreveux
450
MM
30 m
Montfuron
la Grange
Crétacé
Souvestre
les Capons
616,7
Pallières
CV

les Coupiers
la Savoye Rnes
les Granges du Bois
les Birons
Chautoue
les Plaines
Bellevue
790
St Martin
-les-Eaux
Marcaud
644
Castelas
CPS
le Tas Rnes
200 m
20 m
Passaire
Cougaines
Pélissier
Mon Fre
M1
CPS
les Gipières
613
la Tuilerie
CV
Colline de la Tuilerie
600,4
Montaigu
714
MM
150 m
50 m
(c)
Patatonis
480
M2
la Cabane
P2
Eau salée
P1
Paray
les Plâtrières
CPS
733
Colline de Pymayon
la Gipière
CPS
B1
Clément
591
Col de
la Mort d'Imbert
Serre Peymion
Val des Chats
10
5
20
15
Pellegrin
Mine de Gaude
Pymayon
Manosque
Barème
CPS
Loubière
MM
les Plaines
les Tours
120 m
Terme Ron
Mont des Espels
CV
CPS
Bourne
120 m
Thomassine
20 m
MM
St Michel l'Aiguille
CV
Vs
Bois Premier
524,2
Bois Hospitalier
Canal
de
Valmiane
Fond de Guérin
Vs
Mont d'Or
532,1
MM
616,7
390,9
MANOSQUE
Série st
Lignites du "Toit" de Manosque et de



Série stratigraphique repère

Molasse helvétienne			M3
Molasse burdigalienne			M2
Faisceau des lignites de Sube et de Bus Argiles de la Tuilerie de Manosque	" Marnes de Viens " (et calcaires de Reillanne)	180 m	Vs
Calcaires en gros bancs Marnes claires et calcschistes Calcaires feuilletés ou schistes bitumineux Lignites du " toit " de Manosque et de Villemus	" Calcaires de Vachères "	350 m	CV
Faisceau de lignites gras Marnes très colorées, très détritiques Rares bancs de calcaires feuilletés	" Grès et marnes de Manosque et de Bois d'Asson "	350 m	MM
Petites plaquettes souvent asphaltiques	a	125 m	

1 2 1. Couche horizontale 2. Couche verticale

Source ordinaire

Source sulfureuse

Carrière

Entrée de galerie

Ouvrage souterrain

Puits de mine

Sondages :

B1 - Barème I M 1 - Manosque I M 2 - Manosque II

P1 - Passaire I P2 - Passaire II

Villemus

Vaumosque

MM

la Gipière

CPS

B1

Eau salée

P1

Serre Peymion

(c)

a

10

5

la Blache

Pière Grosse

Barème

Vs

779,5

Beausoleil

les Plaines

les Tours

120 m

Sce

CPS

CV

15

les Devoult

le Plan

Bourne

120 m

20 m

Vs

Sce

Candias

CV

MM

685

MM

Maure

les Vignes

MM

les Bourdins

Valmiane

le Rocher

CPS

le Coulet

Min

667,8

Min de la Dame

CPS

Mascle

Pierreveux

450

MM

30 m

Montfuron

CPS

la Grange

Souvestre

616,7

Crétacé

les Capons

Pallières

CV

le Jonquier

Crétacé

Matheronne

Imprimée par la SOCIÉTÉ NOUVELLE DE CARTOGRAPHIE - Paris

Eau salée
P1
Clément
Col de la Mort d'Imbert
591
la Gipière
CPS
B1
a
Serre Peymion
Val des Chats
10
(c)
5
20
15
Pellegrin
Blache
Barème
les Plaines
les Tours
120 m
Sce
CPS
Loubière
Terme Ron
Mine de Gaude
MM
Mont des Espels
CV
Colline de Pymayon
Pymayon
Manosque
de
Canal
Bois Hospitalier
524,2
Vs
Bourne
Thomassine
20 m
St Michel l'Aiguille
Bois Premier
Fond de Guérin
Valmiane
MM
CV
Vs
Mont d'Or
532,1
390,9
MANOSQUE
616,7
Pallières
CV
Vs
15 m
Travers-banc
" de la Gare "

Série

Lignites du " toit " de Manosque

Gypses et marnes bitumineuses (10
Repères (3 bancs)
Banc à polygones de dessication (2 m)
Banc à sols de végétation (1 m)
Banc à poisson (smerdis macrurus) (1 m, 50)
Gypses (anhydrites) et marnes bitumineuses
Marnes rouges (deux niveaux) et
Repères colorés majeurs
Repère
Calcaire asphaltique (2 m) (c)
Repère coloré
Grès en banc (1 m, 50)
Marnes rouges inférieures
Repère
Nodules et plaquettes ferrugineuses
marnes gris-bleues, bitumineuses (40 m +)
Anhydrite
Sel Gemme

Clément

Col de la Mort d'Imbert

591

Val des Chats

(c)

a

Colline de Pymayon

Mine de Gaude

Loubière

CPS

MM

Terme Ron

Mont des Espels

CV

Pymayon

Manosque

de

Canal

524,2

Bois Hospitalier

Vs

Bois Premier

St Michel l'Aiguille

CV

Fond de Guérin

Vs

Mont d'Or

532,1

390,9

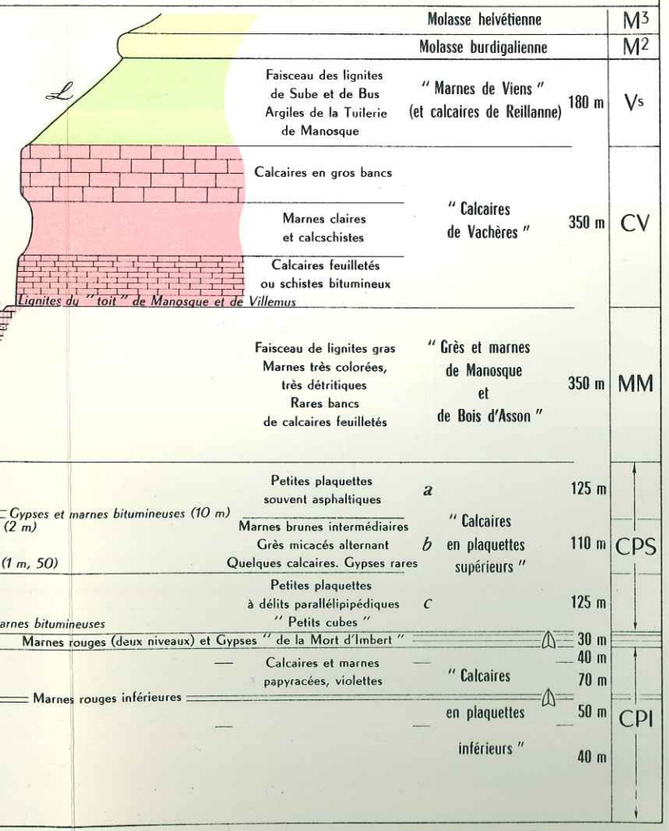
MANOSQUE

Travers-banc
" de la Gare "

Vs

15 m

Série stratigraphique repère

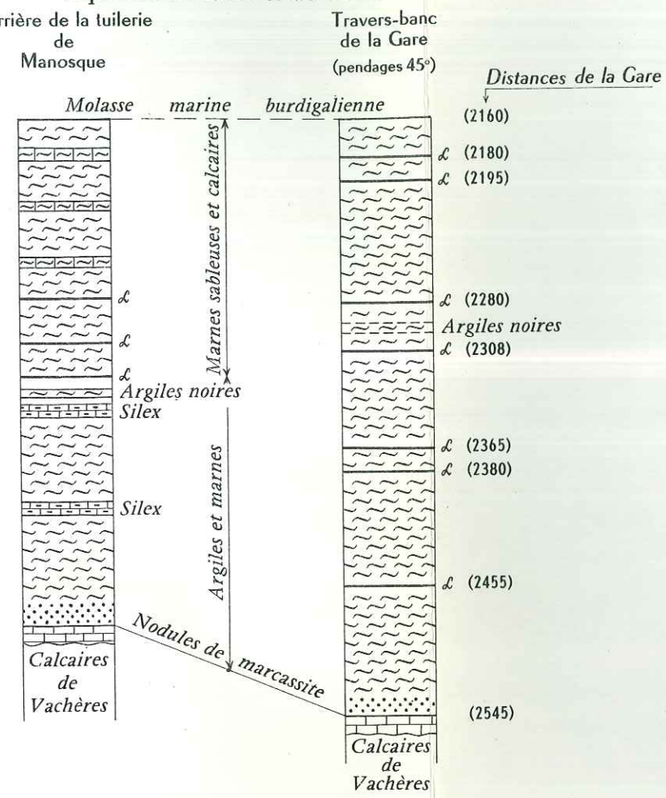


SERVICE DE LA CARTE GÉOLOGIQUE DE LA FRANCE

Aquitanien : Marnes de Viens

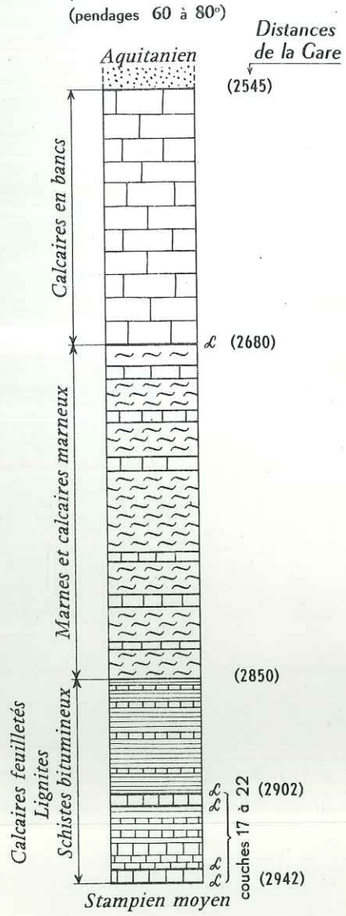
Carrière de la tuilerie de Manosque

Travers-banc de la Gare (pendages 45°)



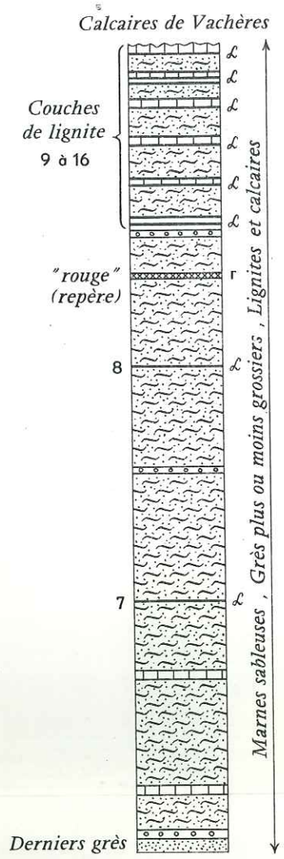
Stampien supérieur : Calc^res de Vachères

Coupe du TB de "la Gare" (pendages 60 à 80°)



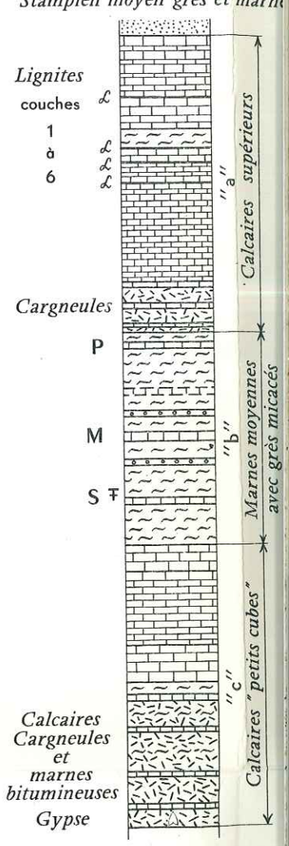
Stampien moyen

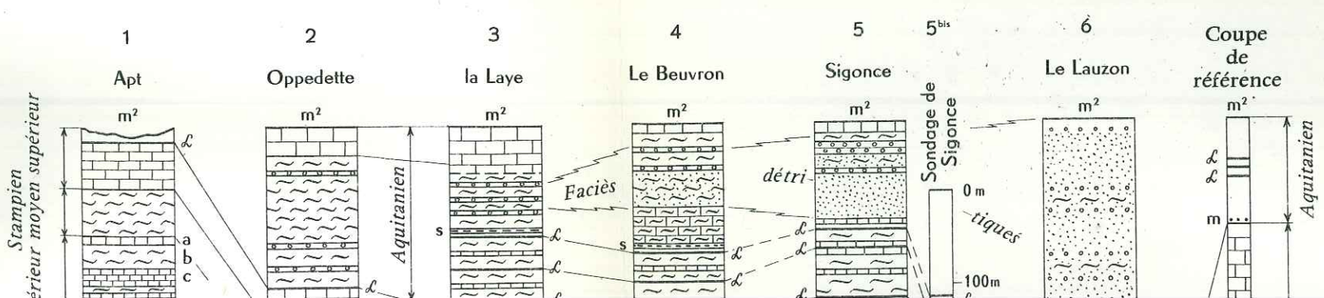
Grès et marnes de Manosque et de Bois d'Asson

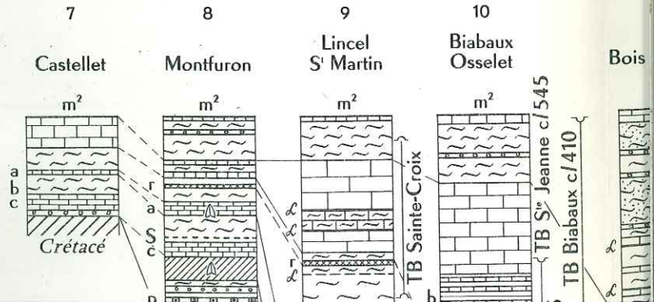


Stampien inférieur

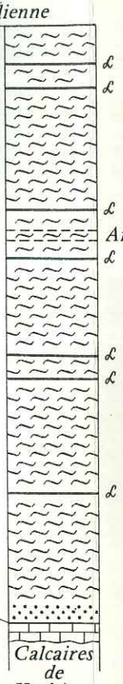
Calcaires en plaquettes supérie





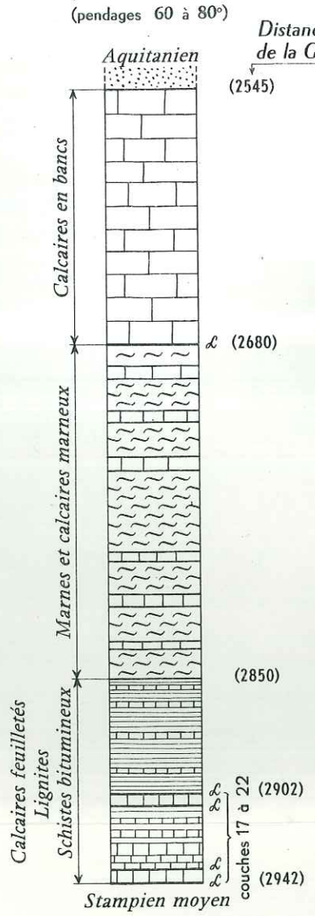


Viens
Travers-banc
de la Gare
(pendages 45°)
lienne



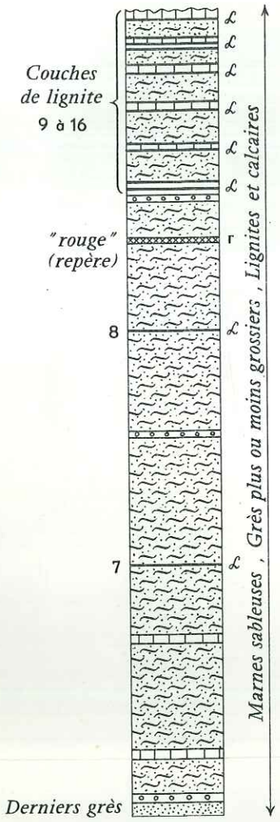
Stampien supérieur : Calc^res de Vachères

Coupe du TB de "la Gare"
(pendages 60 à 80°)



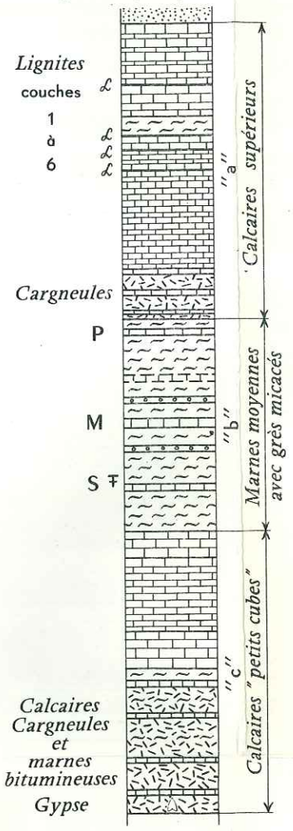
Stampien moyen

Grès et marnes de Manosque et de Bois d'Asson

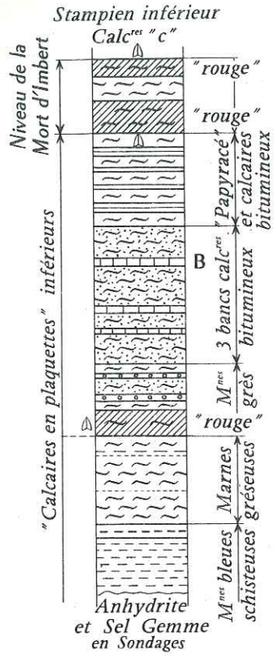


Stampien inférieur

Calcaires en plaquettes supérieurs



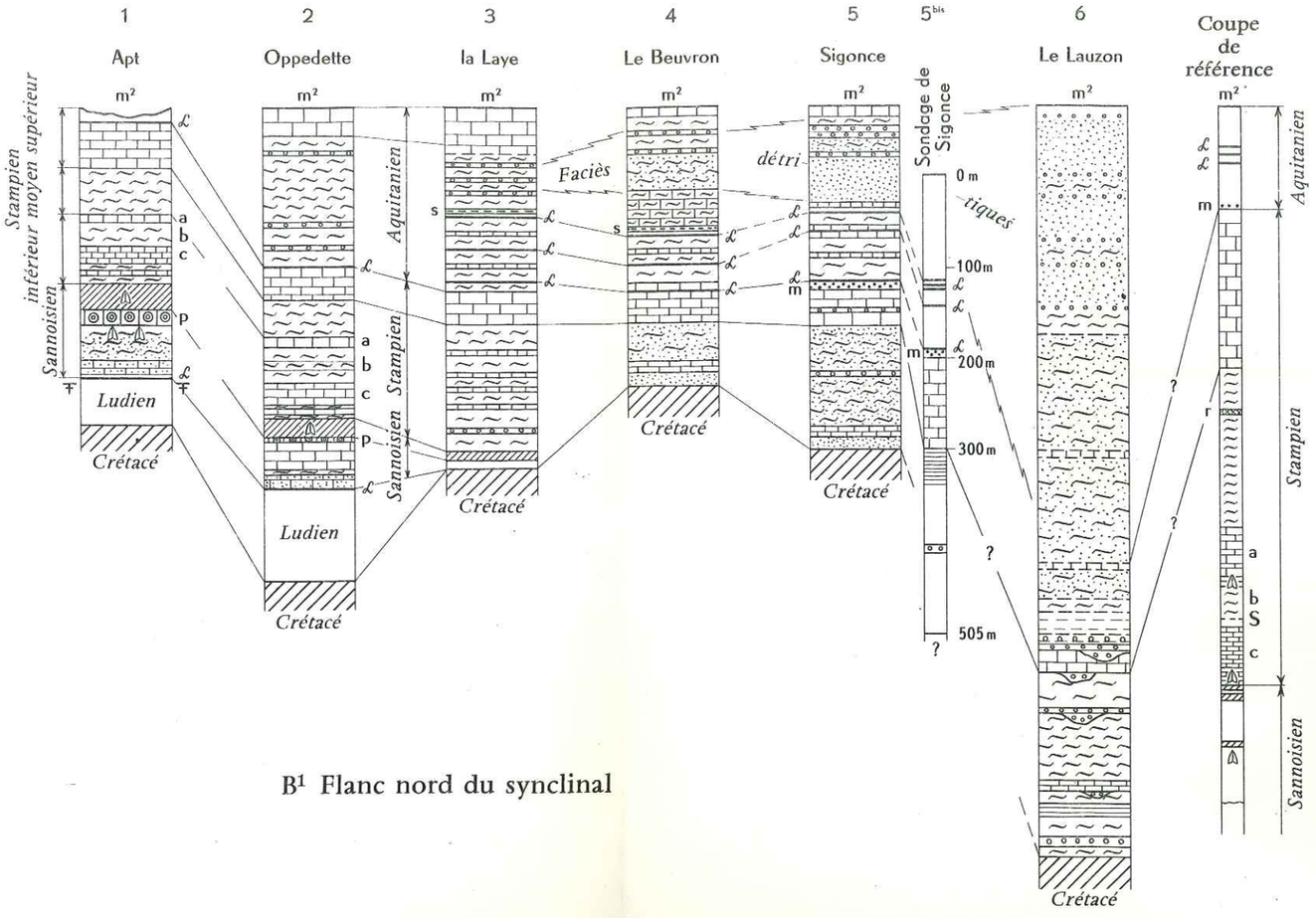
Sannoisien



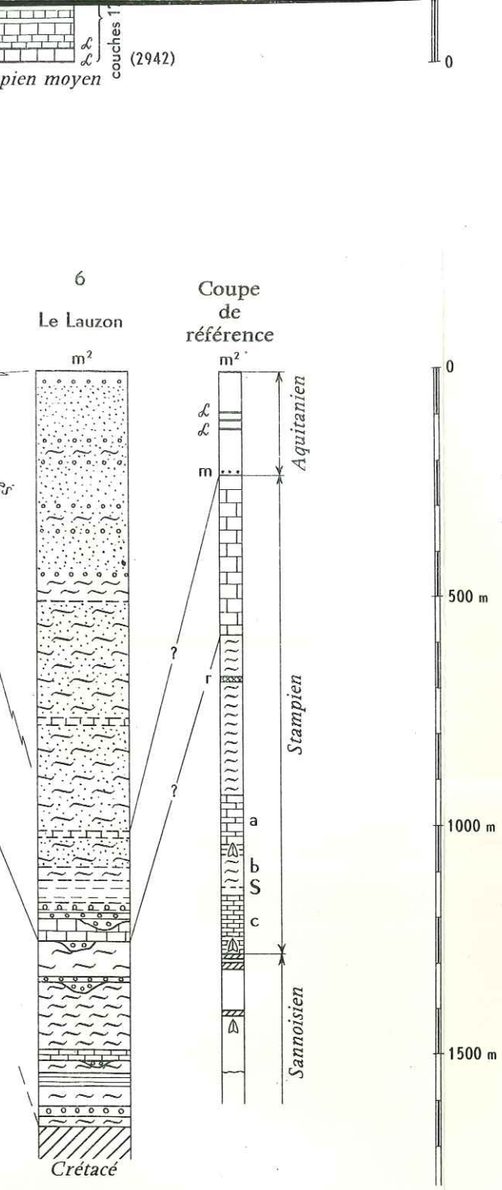
A

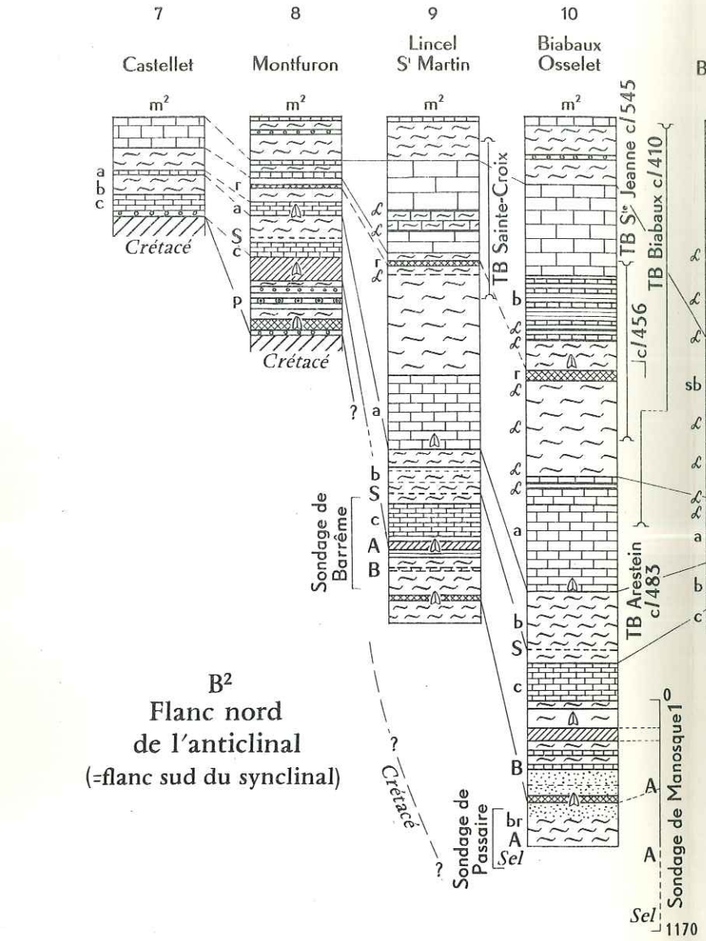
SÉRIE DE RÉFÉRENCE

(Nord de Manosque)

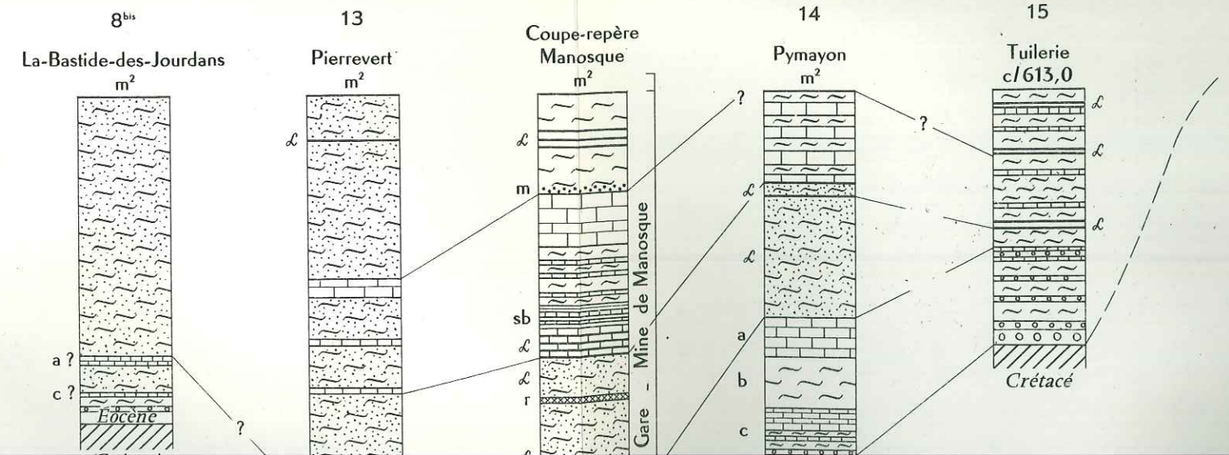


B¹ Flanc nord du synclinal





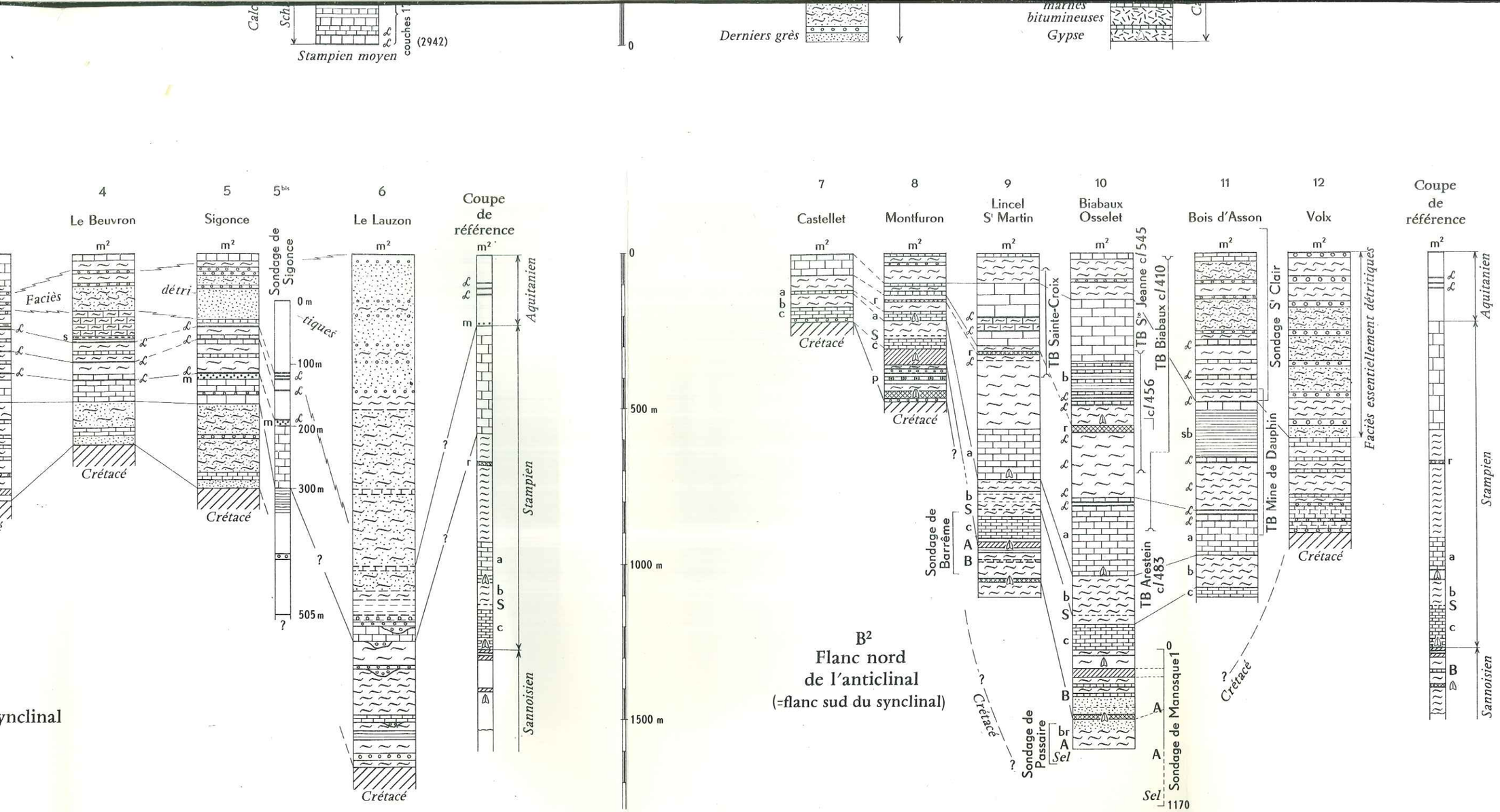
B² Flanc nord de l'anticlinal (=flanc sud du synclinal)



COMPOSITION STRATIG
DE L'OLIGOCÈN
DE LA FOSSE DE MAN

par J.-P. DESTOMBE

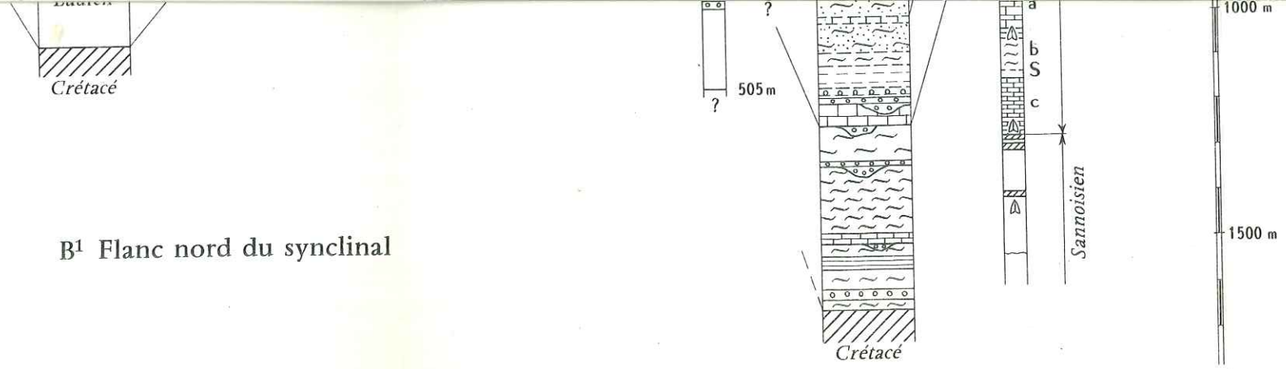
(L'emplacement des coupes et de la série de référence est in



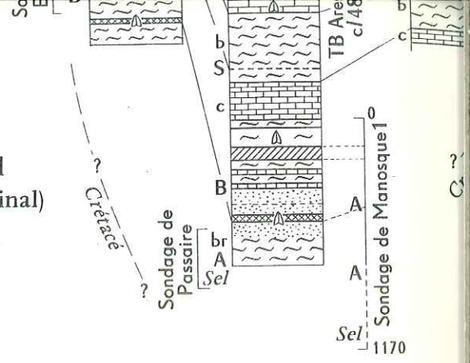
COMPOSITION STRATIGRAPHIQUE DE L'OLIGOCÈNE DE LA FOSSE DE MANOSQUE

par J.-P. DESTOMBES

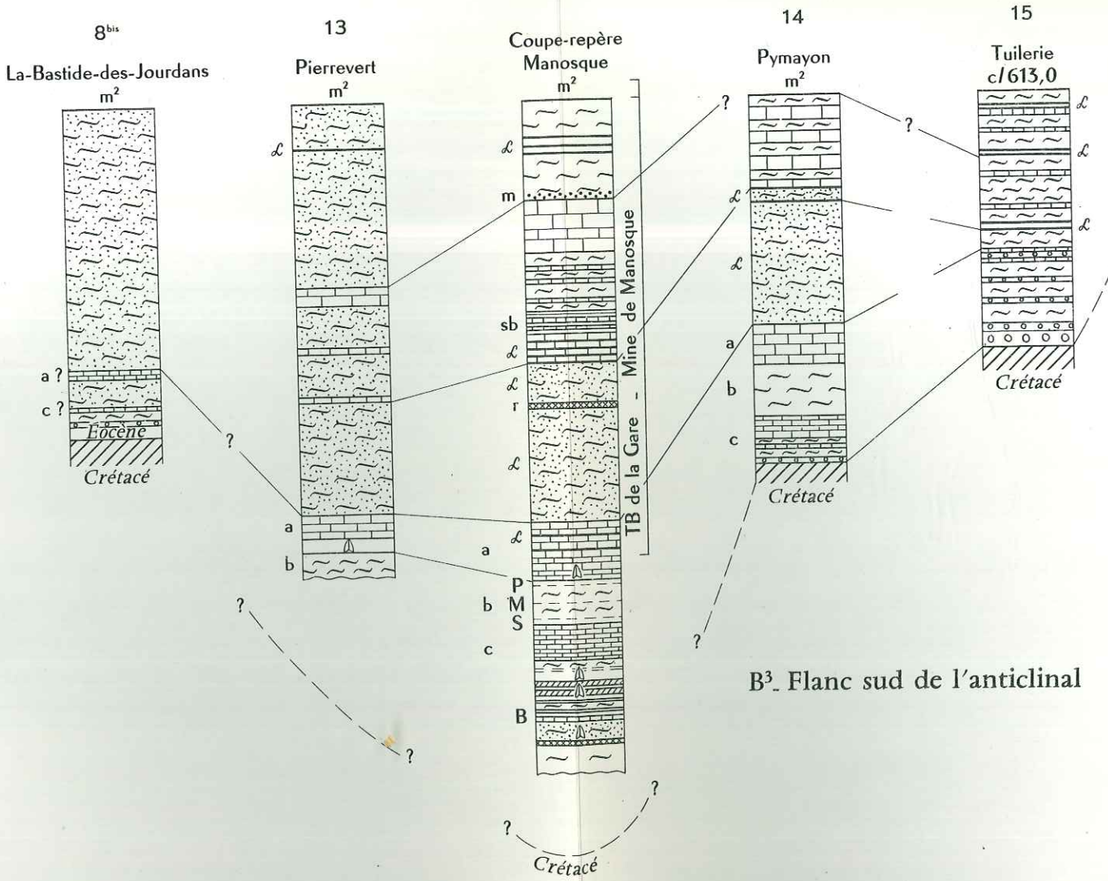
(L'emplacement des coupes et de la série de référence est indiqué sur la figure 1 dans le texte)



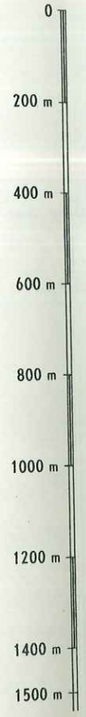
B¹ Flanc nord du synclinal



B² Flanc nord de l'anticlinal (=flanc sud du synclinal)



B³ Flanc sud de l'anticlinal



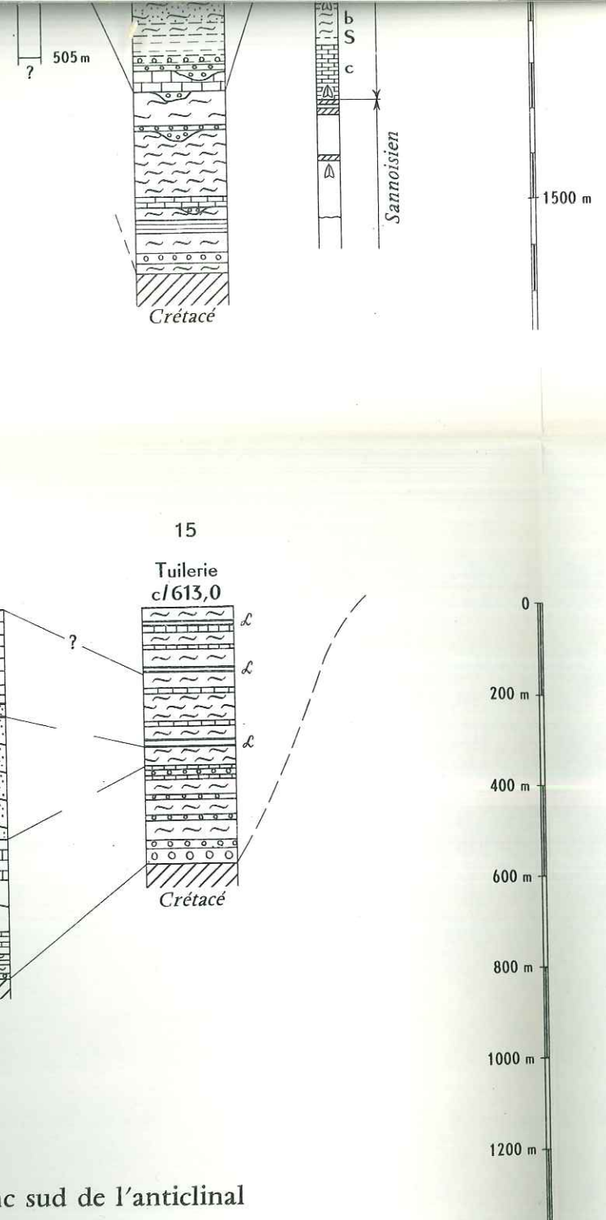
COMPOSITION STRATI
DE L'OLIGOCÈ
DE LA FOSSE DE MA

par J.-P. DESTOMB

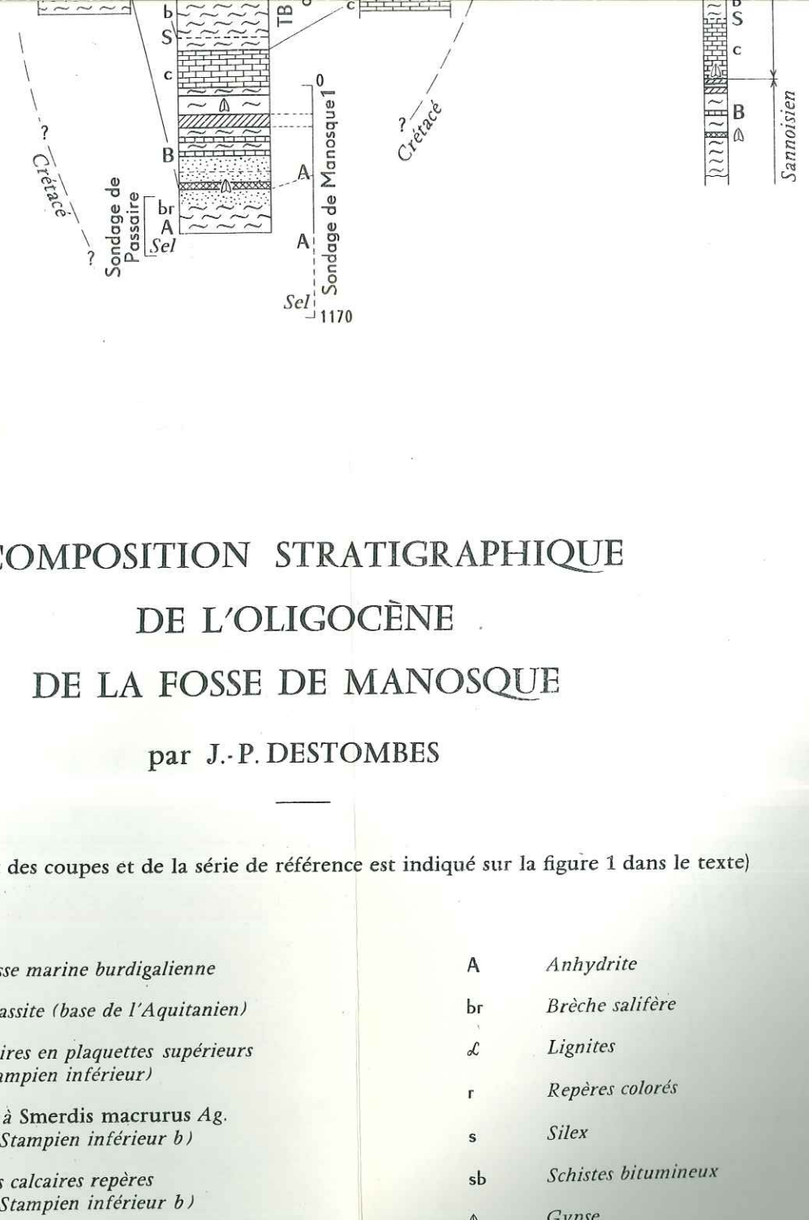
(L'emplacement des coupes et de la série de référence est i

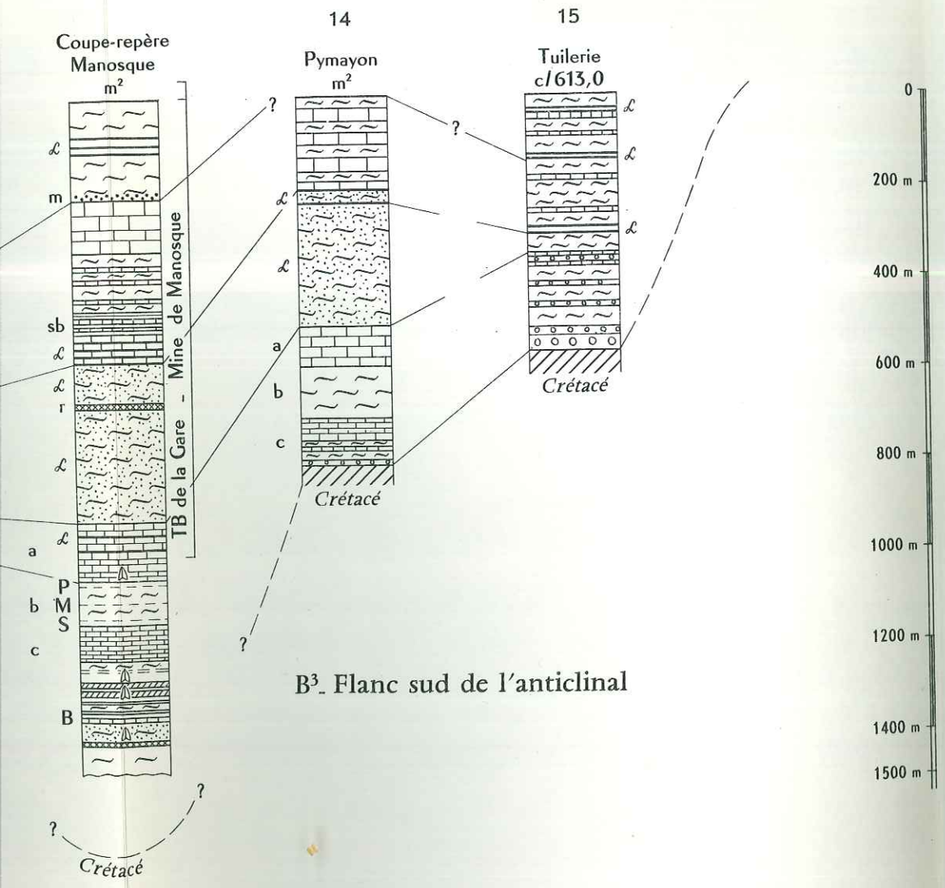
m²	*Molasse marine burdigalienne*
m	*Marcassite (base de l'Aquitanien)*
a,b,c	*Calcaires en plaquettes supérieurs (= Stampien inférieur)*
S	*Banc à* **Smerdis macrurus** *Ag. (in : Stampien inférieur b)*
P, M	*Bancs calcaires repères (in : Stampien inférieur b)*
B	*Calcaire asphaltique repère (Sannoisien)*
p	*Pisolithes (Sannoisien)*

ynclinal



B²
Flanc nord
de l'anticlinal
(=flanc sud du synclinal)





B³- Flanc sud de l'anticlinal

COMPOSITION STRATIGRAPHIQUE DE L'OLIGOCÈNE DE LA FOSSE DE MANOSQUE

par J.-P. DESTOMBES

(L'emplacement des coupes et de la série de référence est indiqué sur la figure 1 dans le texte)

m²	*Molasse marine burdigalienne*
m	*Marcassite (base de l'Aquitanien)*
a,b,c	*Calcaires en plaquettes supérieurs (= Stampien inférieur)*
S	*Banc à* Smerdis macrurus *Ag. (in : Stampien inférieur b)*
P, M	*Bancs calcaires repères (in : Stampien inférieur b)*
B	*Calcaire asphaltique repère (Sannoisien)*
p	*Pisolithes (Sannoisien)*

A	*Anhydrite*
br	*Brèche salifère*
ℒ	*Lignites*
r	*Repères colorés*
s	*Silex*
sb	*Schistes bitumineux*
⩓	*Gypse*
◊	*Soufre*
⌒	*Entrée de galerie*

SERVICE DE LA CARTE GÉOLOGIQUE DE LA FRANCE