
STRUCTURE DE L'ANTICLINAL DE VOLX
ET DES BASSINS OLIGOCÈNES DE MANOSQUE
ET DE FORCALQUIER⁽¹⁾
(BASSES-ALPES)

Leurs lignites et leurs roches bitumineuses

(avec 3 planches hors texte et 3 figures dans le texte).

Par Maurice GIGNOUX et Léon MORET.

SOMMAIRE :

	Pages
Introduction; sources de documentation.....	3
I. — Stratigraphie	5
1° Terrains crétacés.....	6
A) Hauterivien	6
B) Barrémien	6
C) Urgonien	7
D) Cénomaniens	7
2° Terrains éocènes.....	9
3° Terrains oligocènes.....	10
A) Oligocène inférieur.....	11
B) Oligocène moyen.....	14
C) Oligocène supérieur.....	16
4° Terrains miocènes.....	17
II. — Tectonique	17
1° Anticlinal de Volx.....	18
A) Description de l'anticlinal.....	18
B) Complications de l'anticlinal.....	21
1° Ecaille éocène de Volx.....	22
2° Failles de tassement.....	22
2° Ecaille hauterivienne de Tourrache.....	23
3° Conclusions	24

¹ Extrait du *Bulletin de la Société Scientifique du Dauphiné*, tome I., 1920.

	Pages
III. — Répartition des lignites dans l'Oligocène.....	25
1° <i>Lignites dans l'Oligocène inférieur</i>	25
2° <i>Lignites dans l'Oligocène moyen</i>	27
A) Mines de Bois d'Asson.....	27
B) Mines de Manosque.....	28
C) Région de Sigonce.....	28
3° <i>Lignites dans l'Oligocène supérieur</i>	29
IV. — Les roches bitumineuses.....	31
1° <i>Bitumes dans le Crétacé</i>	33
2° <i>Schistes et calcaires bitumineux oligocènes</i>	34
3° <i>Grès bitumineux oligocènes</i>	37
4° <i>Tentatives d'exploitation de ces roches bitumineuses</i>	40
V. — Relations génétiques entre les lignites et les bitumes.....	42
Résumé et conclusions.....	45

INTRODUCTION

SOURCES DE DOCUMENTATION

Au cours d'une étude géologique effectuée en 1926-27 dans la région de Manosque, Volx, Forcalquier, pour le compte de l'Office national des Combustibles liquides, nous avons eu l'occasion de faire un certain nombre d'observations qui modifient nos connaissances sur la structure de ce bassin tertiaire. Ce sont ces observations que nous présentons ici, et nous tenons avant tout à exprimer nos vifs remerciements à M. PINEAU, directeur dudit Office, qui a bien voulu autoriser cette publication.

Le doyen Ch. DEPÉRET, notre regretté Maître, avait bien voulu nous accompagner sur le terrain et nous faire profiter de sa grande expérience de la région. Enfin M. E. ROCH, assistant de géologie à l'Université de Montpellier, nous a prêté aimablement sa collaboration pour l'étude des terrains crétacés de la région de Volx - Saint-Maime.

Nous nous sommes aidés pour cette étude des documents suivants :

1° Avant tout, la carte géologique au 1/80.000^e, feuille Forcalquier, publiée en 1893; les terrains tertiaires de notre région y avaient été classés et étudiés en détail par Ch. DEPÉRET. Il est utile d'avoir cette carte sous les yeux pour la lecture de cet article;

2° Un rapport de Ch. DEPÉRET et Ph. ZURCHER, établi en avril 1920 pour le compte de la Société des Mines de Charbon des Alpes : on y trouve d'utiles renseignements sur la géologie de la région;

3° Un rapport géologique, du 4 mai 1925, sur les gisements

de lignite, de calcaire bitumineux et d'hydrocarbures de la région de Sigonce, par W. KILIAN; entreprise pour le compte de la Société des Houillères de Montrambert et de la Béraudière, qui exploite les mines de Sigonce, et faite à l'occasion du forage de Sigonce signalé plus bas, cette étude contient beaucoup d'observations sur la géologie de la zone de Sigonce;

4° Deux notes géologiques sur la même question, l'une du 23 octobre 1923, l'autre du 20 octobre 1925, rédigées par P. THIERY, ingénieur-géologue, pour le compte de la même Société;

5° Un rapport sur la mine de soufre de Biabaux (ou Billaubaux), près Dauphin, daté du 30 avril 1890, par M. J. ROUSSELIN, ingénieur breveté de l'Ecole des Mines de Paris;

6° Un très intéressant article intitulé « Les schistes bitumineux de la vallée du Largue », par P. RICHEMOND (*Chimie et Industrie*, numéro spécial du Congrès international des Combustibles liquides, mai 1923);

7° Un article « Description sommaire des gisements français de lignites », par M. BRUNSCHWEIG, alors sous-directeur de l'Office national des Combustibles liquides (*Chimie et Industrie*, même numéro).

Ajoutons enfin que divers documents, plans et coupes géologiques, nous ont été aimablement communiqués par le regretté B. MAZOYER, alors directeur des mines de lignites de Manosque, et par son collaborateur M. PRAT; ces Messieurs ont bien voulu nous accompagner sur le terrain. M. PIGEOT, directeur des mines de Montrambert et de la Béraudière, nous a obligeamment fourni beaucoup de renseignements, ainsi que les rapports précités établis pour le compte de sa Société.

Nous devons une reconnaissance toute spéciale à M. BUFFIER, ingénieur aux mines de lignite du Bois d'Asson, qui nous a communiqué une foule de documents importants, soit existant dans les archives de ses services, soit établis d'après des rensei-

gnements fournis par le Service des Mines de Marseille. Et surtout M. BUFFIER, qui a fait avec nous de fréquentes excursions sur le terrain, nous a montré une foule de gisements intéressants.

I. — STRATIGRAPHIE

La région que nous avons plus spécialement étudiée peut se délimiter de la façon suivante : au N. les affleurements crétacés de la chaîne de Lure, à l'E. le cours de la Durance, à l'W. la ligne Vachères - La Bastide des Jourdans, au S. le parallèle de Sainte-Tulle.

Du point de vue tectonique, nous avons ici un grand anticlinal dirigé S.S.W.-N.N.E., ou « anticlinal de Volx-Luberon », jalonné par des affleurements de Crétacé, et bordé, ou même localement recouvert, par de larges zones d'Oligocène. Au S., cette bordure oligocène plonge sous le Miocène du grand bassin de la Durance. Au N. elle est recouverte par le Miocène du synclinal Apt-Forcalquier. Ce synclinal est lui-même bordé au N. par une large zone d'Oligocène (région de Sigonce), lequel repose sur le Crétacé de l'anticlinal de Lure, dont nous ne nous occuperons pas ici.

Le grand anticlinal crétacé du Luberon s'abaisse axialement au N.W. de Manosque où il est complètement enveloppé d'Oligocène; le Crétacé ne réapparaît que plus à l'E. pour former le rocher de Volx, qui nous intéressera tout spécialement.

On peut répartir les terrains qui forment cette région en quatre groupes d'importance inégale, correspondant respectivement au Crétacé, à l'Eocène, à l'Oligocène et au Miocène : ces groupes sont indépendants, c'est-à-dire séparés par des mouvements tectoniques plus ou moins accentués suivis de transgressions. Nous ne donnerons ici que les caractères généraux de ces divers terrains, en insistant seulement sur les faits stratigraphiques nouveaux que nous avons pu observer; pour plus de détails, on se reportera à la légende de la feuille Forcalquier.

1° Terrains crétacés.

A) HAUTERIVIEN.

Il est représenté dans le fond de la boutonnière de Volx, laquelle correspond, comme nous le verrons, à une dépression anticlinale, encadrée entre deux falaises urgoniennes. Ce sont des calcaires marneux bleutés, à Spatangues et Lamellibranches, sans intérêt spécial (pl. III, fig. 1).

Mais un autre affleurement très remarquable, et tout à fait inattendu, a été découvert par nous près de la ferme de Tour-rache, au N. du Bois d'Asson, sur le bord N. de la route de Forcalquier à Villeneuve. Là, au milieu de marnes et conglomérats oligocènes (Chattien), on voit surgir une colline (point 612 de la carte d'E.-M.) formée par des marnes et calcaires bleutés dans lesquels nous avons récolté *Crioceras Duvali*, *Acanthoplites radiatus*, *Exogyra Couloni*, *Lima* sp., *Toxaster complanatus*, c'est-à-dire une faune d'Ammonites caractéristique de l'Hauterivien.

L'Oligocène semble recouvrir le Crétacé sur le bord N.W., tandis qu'il paraît plonger sous le Crétacé sur le bord S.E. Il est difficile d'interpréter cette colline comme un écueil recouvert transgressivement par les dépôts oligocènes, ou comme limitée par de simples failles de tassement. Aussi considérons-nous ce lambeau crétacé comme une écaille anticlinale.

B) BARRÉMIEN.

Ce terrain correspond au sommet des marnes à Spatangues sur lesquelles repose l'Urgonien. En l'absence d'Ammonites, il est difficile à distinguer de l'Hauterivien sous-jacent ; il n'affleure d'ailleurs que dans la boutonnière de Volx.

C) URGONIEN.

Ce sont des calcaires purs, très compacts et massifs, qui forment les grands escarpements de la cluse du Largue dans l'anticlinal de Volx. Le flanc N.W. de cet anticlinal est vertical et beaucoup plus aminci, par laminage, que le flanc S.E. : les roches y sont très broyées. Par contre, le flanc S.E. a été partiellement détruit par les érosions antémiocènes, de sorte que sur la rive gauche du Largue le Miocène repose transgressivement sur l'Urgonien et même sur l'Hauterivien du pli.

Sur la lisière N.W. de l'anticlinal apparaît, en plein Oligocène, et près du point marqué « les Plaines » sur la carte d'E.-M. (à l'W.N.W. de Volx), un pointement urgonien isolé, d'ailleurs bien figuré sur la feuille Forcalquier (fig. 1). Ses bords, très redressés, sont recouverts transgressivement par l'Oligocène inférieur. Il est suivi au S.W. par un deuxième petit affleurement urgonien, d'allure analogue, non figuré sur la feuille Forcalquier, mais marqué sur notre carte; d'ailleurs cette région escarpée et broussailleuse est d'une étude fort difficile.

D) CÉNOMANIEN.

Dans notre champ d'études, le Cénomanién ne se rencontre que sous forme d'une mince bande flanquant la retombée urgonienne N.W. de l'anticlinal de Volx. On voit là des calcaires un peu gréseux, bleus, à patine rousse, dans lesquels nous avons recueilli à la sortie de la cluse du Largue de nombreuses *Orbitolina concava* associées à de rares exemplaires d'*Exogyra columba* de petite taille. Cet affleurement, entaillé par une petite carrière en bordure de la route, est actuellement bien visible.

Sa situation tectonique est très singulière : les bancs sont subverticaux, intensément laminés. Au N.W. ils sont en contact par faille avec les grès et conglomérats oligocènes horizontaux,

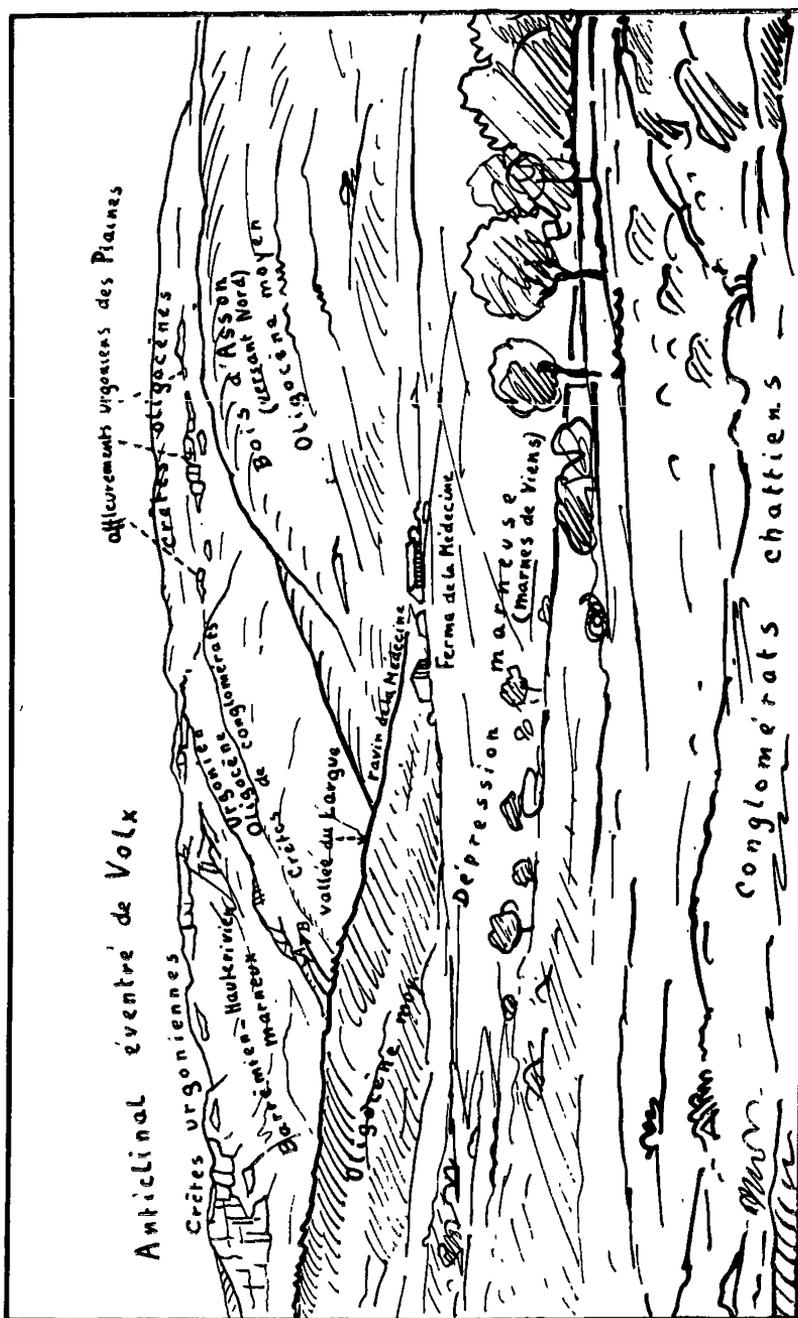


FIG. 1. — L'anticlinal de Volx; vue prise de l'écaïlle hauterivienne de Tour-rache, vers le Sud : en A écaïlle d'Éocène lacustre, en B écaïlle de Céno-manien, pincées entre Urganien et Oligocène.

tandis qu'au S.E., contrairement à ce qu'indique la feuille Forcalquier, ils sont séparés de l'Urgonien par une mince bande de marnes rouges et de calcaires lacustres à *Chara*, que nous attribuerons à l'Eocène (pl. II, coupe II).

Enfin, vers le S.W., un sentier permet de remonter en suivant cette bande cénomaniennne; on y voit des calcaires gréseux à patine rousse, plus ou moins sableux; quelques bancs plus graveleux, même caillouteux, contiennent là de nombreux *Ichthyosarcolithes*, qui n'avaient pas encore été signalés dans la région de Volx.

Nous n'avons pas pu retrouver ici les calcaires gréseux à Céphalopodes, représentants habituels du Cénomanienn inférieur au voisinage; il est probable que cet horizon a disparu par laminage.

2° Terrains éocènes.

L'Eocène, si développé dans la région d'Apt et sur le bord S. de la montagne de Lure, ne semble être représenté dans notre région que par la lame signalée plus haut et intercalée entre le Cénomanienn et l'Urgonien du flanc N. de l'anticlinal de Volx.

Comme nous l'avons dit, on voit là, en effet, en bordure de la route, des marnes rouges et surtout de gros bancs de calcaires lacustres, à structure nettement pisolithique; nous n'y avons observé qu'une section de Gastropode (probablement une Limnée) et, au microscope, des graines de *Chara*. Ce faciès, inconnu dans l'Oligocène de la région, rappelle au contraire très vivement les calcaires de l'Eocène moyen de Vachères et de La Bastide des Jourdans. Cette formation est d'ailleurs complètement différente de l'Eocène sup. qui affleure sur les pentes S. de Lure et en particulier le long de la route de Fontienne; cet Eocène sup., également rouge, est par contre entièrement clastique, avec galets et fossiles remaniés (*Exogyra columba*, *Janira Morrisi*) provenant de tous les terrains créacés antérieurs.

3° Terrains oligocènes.

La stratigraphie des terrains oligocènes de notre région a été établie par C. DEPÉRET en partant de la région d'Apt : là, des gisements de fossiles et la netteté des diverses formations ont permis d'établir le raccord entre ces terrains et la série des étages classiques (Sannoisien, Stampien, Chattien).

Mais dans les environs de Manosque, Volx, Forcalquier, la stratigraphie de l'Oligocène est moins nette : *il n'y a pas de fossiles caractéristiques* : les mêmes espèces se retrouvent à tous les niveaux de l'Oligocène ; de plus, les faciès ont changé ; enfin certaines subdivisions, qui ne correspondent pas à des coupures d'étages, prennent ici un intérêt particulier, soit parce qu'elles sont faciles à reconnaître sur le terrain pratiquement, soit parce qu'elles renferment des couches de lignites et de roches bitumineuses qui feront plus bas l'objet d'une étude spéciale.

Nous subdiviserons donc ces terrains oligocènes de la manière suivante, de bas en haut, les lettres de la colonne de droite correspondant aux notations d'étages adoptées sur la feuille Forcalquier et aussi sur les coupes de notre planche II.

Oligocène inférieur, ou formation des calcaires en plaquettes :

- | | |
|---|------------------|
| 1° Calcaires en plaquettes inf..... | m _{III} |
| 2° Marnes rouges et couches de gypse de la Mort d'Imbert..... | m _{IIb} |
| 3° Calcaires en plaquettes sup..... | m _{IIa} |

Oligocène moyen :

- | | |
|--|-------------------|
| 1° Marnes et grès jaunes, avec faisceaux inf. des lignites du Bois d'Asson et de Manosque (A, faisceau du Collet-Rouge; B, faisceau du Queyron)..... | } m _{Ic} |
| 2° Calcschistes et marnes, avec faisceaux sup. des lignites du Bois d'Asson et de Manosque (= faisceau du Toit)..... | |
| 3° Complexe des schistes bitumineux..... | |
| 4° Calcaire à chaux hydraulique, dit calcaire de Vachères..... | |

Oligocène supérieur :

- 1° Marnes de Viens, avec faisceau des lignites de Sigonce (= faisceau de Sube dans la région du Bois d'Asson = faisceau de Bus dans la région de Manosque)..... m₁b
 2° Calcaire de Reillanne..... m₁a

Décrivons les caractéristiques pratiques de ces divers terrains, en laissant d'abord de côté l'énumération des couches de lignites et de roches bitumineuses qu'ils renferment, cette question importante devant faire l'objet d'un paragraphe ultérieur spécial.

A) OLIGOCÈNE INFÉRIEUR.

L'individualité de cet étage ressort très nettement. En effet, les *calcaires en plaquettes*, qui en constituent la majeure partie, ne peuvent être confondus avec aucune autre des assises oligocènes : ce sont des calcaires durs, gris bleu en cassure fraîche, blancs à l'air; à cassure très plane et très nette, de sorte qu'ils se brisent en petites dalles régulières : l'aspect ne rappelle pas du tout les calcaires lacustres habituels dans le Tertiaire, mais bien plutôt des calcaires jurassiques (Oxfordien-Rauracien des Alpes, par ex.). Mais les fossiles montrent bien qu'il s'agit de Tertiaire lacustre ou saumâtre : nous y avons observé des empreintes de *Cyrena*, de *Potamides*, qui témoignent d'influences marines, de *Cypris*, des tiges ou des graines de *Chara*. Des rognons ou lentilles de beau silex noir sont fréquents. Dans l'ensemble, ces calcaires en plaquettes, relativement durs, donnent des croupes sèches et rocailleuses, à pentes régulières et assez rapides.

La *formation marno-gypseuse* qui sépare ces calcaires en deux masses est surtout bien visible à *la Mort d'Imbert*, entre Manosque et Saint-Maime. Là les gypses sont exploités en carrière sur le flanc S.E. de l'anticlinal, et on les voit très bien s'intercaler entre les calcaires en plaquettes inf. et sup.; non loin de là, près du col franchi par la route de Manosque à Saint-Maime, les marnes rouges sont également visibles dans plusieurs petites

carrières. Enfin, peu avant d'arriver au col, on peut constater que les calcaires en plaquettes sup. contiennent de nombreuses petites intercalations de bancs gypseux : le gypse y a été dissous près des affleurements, et il n'en reste plus qu'une roche vacuolaire, cargneuliforme, formant des sortes de filons-couches dans les calcaires, qui sont disloqués au contact, comme toujours lorsqu'il s'agit de couches gypseuses.

A la Mort d'Imbert, la crête culminante est formée par les calcaires en plaquettes sup.; l'axe de l'anticlinal se trouve dans la zone déprimée et très accidentée qui borde cette crête vers le N.W.; en descendant la route, après avoir traversé les calcaires en plaquettes inférieurs, on arrive à la retombée des couches de marnes et de gypses, dans une région très chaotique, où des éboulements obscurcissent la stratigraphie; puis viennent les calcaires en plaquettes sup., toutes ces retombées plongeant vers le N.W. (voir notre coupe IV, pl. II).

Si on cherche à suivre ces mêmes formations *au S.W. de la route Manosque - Saint-Maime*, on voit les plus inférieures disparaître bientôt, par suite de l'ennoyage progressif de l'anticlinal. La dépression axiale, creusée dans les marnes et gypses, se poursuit jusqu'au S. E. de Saint-Martin-de-Renacas; puis on voit ces couches s'enfoncer sous une voûte de calcaires en plaquettes sup., qui forment dès lors les croupes culminantes. Néanmoins la profonde coupure du *ravin de Séguet*, suivi par le vieux chemin de Manosque aux Plaines, fait encore réapparaître les *gypses* : on les voit, formant des escarpements ébouleux où le chemin a été entraîné, immédiatement en amont du pont en maçonnerie qui traverse le ravin, près du mot « Séguet » sur la carte d'E.-M.; mais il ne s'agit là que d'un affleurement isolé en boutonnière (voir notre coupe V, pl. II, et la carte géologique, pl. I), non marqué sur la feuille Forcalquier.

Dans la *région de Saint-Martin-de-Renacas*, les calcaires en plaquettes sup. contiennent une intercalation plus marneuse accompagnée de petites couches de gypse qui correspondent ainsi à celles que nous venons de mentionner à la Mort d'Imbert

(et que l'on retrouve d'ailleurs dans la coupe du ravin de Séguet) : c'est de là que sortent les sources sulfureuses de Saint-Martin, dont la relation d'origine avec les gypses est évidente.

Il est possible que ces mêmes couches argileuses soient représentées au même niveau dans la coupe de la grande galerie travers-bancs de la gare de Manosque¹, à 3 km. 800 de l'entrée, environ : on a noté là des argiles ferrugineuses avec quatre bancs de gypse.

Au N.E. de la Mort d'Imbert, on peut suivre ces calcaires en plaquettes, qui forment les crêtes, jusqu'à la région de Bellevue, où ils viennent toucher le Crétacé : le contact se fait par de très beaux conglomérats de base, ravinant l'Urgonien du flanc N.W. de l'anticlinal de Volx. Dans la région des Plaines, à l'W.N.W. de Volx, nous avons également observé au contact du même Urgonien des conglomérats à galets d'Urgonien et de silex blonds clairs barrémiens; ces conglomérats sont surmontés de calcaires clairs et de calcaires graveleux, et enfin, du complexe des calcaires en plaquettes; tout cela nous a paru marquer nettement la transgression de l'Oligocène inf. sur le Crétacé.

En tout cas, ce qui est très certain, c'est qu'on ne retrouve pas trace de ces calcaires en plaquettes de l'Oligocène inf. dans la coupe de la vallée du Largue (coupes I et II de notre pl. II). Et cette disparition commence à se faire sentir à partir de Bellevue. Au contact du Crétacé, l'Oligocène débute le long de la route de Volx par des marnes, grès et poudingues très développés, qui semblent bien appartenir à la base de l'Oligocène moyen. Cette disparition, au moins apparente, de tout l'Oligocène inférieur dans le voisinage de l'anticlinal crétacé de Volx est un des faits les plus curieux de la géologie de notre région.

On peut tenter de l'expliquer de la façon suivante : étant

¹ Galerie destinée à recouper les couches de lignite et à en faciliter l'évacuation.

donné que nous avons assisté, au S.W. de l'anticlinal de Volx, à une transgression nette de l'Oligocène inf. et à une disparition progressive vers l'E. du complexe des calcaires en plaquettes, l'absence presque totale de cette dernière formation dans la vallée du Largue peut s'expliquer par un changement de faciès. Les grès, marnes et poudingues de la base de l'Oligocène dans la cluse du Largue représenteraient alors l'équivalent des calcaires en plaquettes; ce changement de faciès brusque, assez surprenant au premier abord, devient vraisemblable lorsqu'on se rappelle que vers le N.E. (région de Lurs, Château-Arnoux, Volonne), tout l'Oligocène passe à l'état de marnes rouges et de conglomérats. Toutefois il faut ajouter que dans la vallée du Largue le contact Oligocène-Crétacé n'est pas un contact stratigraphique, et qu'il est accompagné de laminages assez intenses (pl. II, coupes I et II). De sorte qu'il est difficile de résoudre, en ce point, le problème posé, puisque la coupe ne montre pas la base réelle de l'Oligocène.

B) OLIGOCÈNE MOYEN.

Toutes les assises que nous avons réunies sous cette dénomination sont groupées, sur la feuille Forcalquier, en un seul ensemble m_{1c} . Il y a intérêt à les subdiviser, car leur connaissance détaillée est très importante du point de vue économique pour préciser les niveaux ligniteux et bitumineux; de plus, l'individualisation du niveau inf. (marnes et grès jaunes) et du niveau sup. (calcaire de Vachères) est relativement facile sur le terrain. Cette individualisation n'avait pas encore été reconnue; mais elle nous a rendu de très grands services.

1° *Marnes et grès jaunes.* — Cette formation se reconnaît à l'absence de l'élément calcaire et à la prédominance presque exclusive des marnes et des grès : cela se traduit à la surface par une topographie très chaotique, avec nombreux glissements de terrains : le passage de cette zone correspond généralement à

des dépressions à sol marécageux, humide, couvert de prairies et de joncs, avec nombreuses petites sources. Seuls les grès jaunes, souvent grossiers, avec petits galets de quartz, forment des reliefs d'ailleurs très irréguliers, car les bancs sont souvent fragmentés par les éboulements et glissements survenus dans les marnes qui les encadrent.

Cette formation est ainsi facile à délimiter dans toutes les coupes de l'anticlinal, aussi bien sur le versant de Manosque que sur celui de Dauphin et Saint-Martin. Dans la vallée du Largue elle constitue, comme nous l'avons dit, le terme le plus ancien de l'Oligocène qui soit visible : il s'y développe des assises puissantes de magnifiques conglomérats, qui ressortent comme des murs dans les pentes : on pourrait aussi voir dans ces zones inférieures conglomératiques un équivalent de l'Oligocène inférieur.

2° *Calcschistes et marnes.* — On y trouve encore quelques bancs gréseux (safré des mineurs), mais la prédominance de l'élément calcaire permet de distinguer cette formation de la précédente; elle donne des sols plus secs, plus rocailleux.

3° *Complexe des schistes bitumineux.* — On a ici une série dans laquelle il n'y a plus ni grès, ni marnes véritables, mais seulement des schistes, très feuilletés, parfois papyracés, alternant avec des bancs plus calcaires et plus massifs : cette zone se traduit par des sols très secs, formant des talus assez raides; nous y avons trouvé, le long de la route de Volx à Saint-Maime, un nouveau et riche gisement de plantes fossiles.

4° *Calcaires à chaux hydraulique, dits « calcaires de Vachères ».* — La localité type de Vachères se trouve en dehors de notre région, mais il n'y a pas d'inconvénient à conserver ce nom, rendu classique par les recherches de Ch. DEPÉRET. Ce sont des calcaires massifs, en assez gros bancs : lorsque les assises sont verticales, ce calcaire ressort comme un mur; lors-

qu'elles sont inclinées, il forme une corniche dominant les talus où affleurent les assises précédentes. C'est le niveau le plus riche en carbonate de chaux de notre région (à part l'Urgonien bien entendu). Aussi a-t-il été exploité comme pierre à chaux hydraulique : actuellement la seule exploitation active est celle du four à chaux de Sigonce. Par la netteté de ses formes topographiques, ce niveau constitue un point de repère des plus importants pour la stratigraphie de la région.

C) OLIGOCÈNE SUPÉRIEUR.

1° *Marnes de Viens.* Surtout nettes dans la région de Viens (entre Manosque et Apt), où elles sont colorées en rouge, ces marnes sont néanmoins reconnaissables dans notre région, au-dessus des calcaires de Vachères. On les voit bien en particulier sur le vieux chemin de Manosque à la Mort d'Imbert, où elles sont exploitées pour briqueteries dans de grandes carrières. Elles sont également très développées dans la région de Sigonce. A Saint-Maime on les revoit également : elles contiennent là des intercalations de grès jaunes dans lesquelles nous avons observé des *Potamides*, fossiles qui n'étaient pas connus à ce niveau et qui témoignent d'influences saumâtres. Nous avons également trouvé ce fossile au même niveau en dessous de Saint-Martin, sur la route de la gare de Lincel à Manosque, à 800 m. de cette gare.

2° *Calcaire de Reillanne.* — Ce calcaire est très développé dans la région de Reillanne, à l'W. de Saint-Martin-de-Renacas. On le retrouve encore très net sur le flanc N. du synclinal de Forcalquier, en particulier aux environs de Sigonce. Ailleurs il est difficile à retrouver, soit qu'il ait été enlevé par les érosions anté-miocènes, soit que son individualité par rapport aux marnes de Viens n'apparaisse pas nettement. Il ne présente pas d'intérêt spécial à notre point de vue.

4° Terrains miocènes.

Le Miocène joue ici le rôle d'un *mort-terrain* reposant en discordance, soit sur le Crétacé, soit, ce qui est le cas le plus habituel, sur l'Oligocène supérieur.

Il comprend à la base un conglomérat de galets siliceux à patine verte, puis des assises marneuses difficiles à distinguer des marnes de Viens quand on n'a pas de bons affleurements; ce sont les couches à *Ostrea Sellei* de Ch. DEPÉRET; puis vient un « banc coquillier » de Mollasse calcaire, formant partout une crête ou corniche saillante très nette (pl. III, fig. 2). Des sables marneux à *Ostrea crassissima* lui succèdent, et on passe progressivement aux poudingues pontiens qui remplissent tout le bassin de la Durance.

II. — TECTONIQUE

C'est la partie de notre travail qui nous a fourni le plus de faits nouveaux.

En effet, avant nos recherches, la structure de la région était considérée comme des plus simples, ainsi que le montre un coup d'œil sur la feuille Forcalquier. On y voit l'unique et très tranquille anticlinal de Volx recouvert transgressivement par l'Oligocène, puis par le Miocène. Un premier soulèvement anté-oligocène commence donc à accuser le pli, qui se bombe davantage après l'Oligocène. Au Miocène, la transgression burdigalienne s'effectue sur un socle déjà plissé qu'elle ravine et recouvre complètement. Puis, après le Miocène, des plissements très doux font surgir l'anticlinal de Volx et déterminent les deux grands bassins miocènes de Forcalquier et de la Durance.

En réalité cette tectonique est beaucoup plus complexe et surtout beaucoup plus violente.

1° Anticlinal de Volx.

A) DESCRIPTION GÉNÉRALE.

A son extrémité N.E., nous avons déjà vu que le rocher de Volx correspond à une charnière barrémo-hauterivienne marneuse, profondément érodée et dominée au N.W. et au S.E. par deux barres d'Urgonien parfois très redressé (pl. III, fig. 1). Vers le S.W. les affleurements crétacés cessent assez brusquement et sont recouverts par l'Oligocène transgressif. Cette transgression est surtout visible dans la région Bellevue-Les Plaines, où les conglomérats oligocènes ravinent l'Urgonien en bancs verticaux, premier indice intéressant de l'intensité des mouvements anté-oligocènes.

Au S.W. de cette région, l'Oligocène, formant la charnière du pli, dessine un large mouvement anticlinal, seulement accidenté de petits gondolements locaux dus à la présence de couches gypseuses intercalées dans les calcaires en plaquettes sup.¹.

C'est surtout dans la région de la Mort d'Imbert que le mouvement anticlinal est net dans l'Oligocène. Une coupe transversale passant par la ligne Manosque-Dauphin, le long de la route qui réunit ces deux localités, est à cet égard très intéressante et montre bien la complexité des couches oligocènes.

Après le Miocène du bassin de Manosque, qui se termine par ses classiques conglomérats à cailloux verts, on trouve successivement et en couches inclinées vers le S.E. :

¹ Ce cas se présente notamment dans le ruisseau de Séguet, où les gypses, visibles dans le fond du ravin, donnent lieu à un mouvement anticlinal très nettement accentué dans les calcaires en plaquettes sup., anticlinal que recoupe tout près de là la route de Manosque aux Plaines. Le long de la route des Plaines à Saint-Martin, les bancs gypseux ont donné lieu à une série d'ondulations en « côtes de melon », de direction générale N.E.-S.W.

Versant S.E. ou de Manosque :

1. Marnes grises.
2. Complexe de marnes vertes à petits fossiles lacustres et bancs de grès marneux à végétaux; cristaux de gypses régénérés; quelques bancs de lignite (représente probablement l'ensemble des marnes de Viens et des calcaires de Reillanne); les marnes vertes sont exploitées pour des tuileries.
3. Gros bancs de calcaires lacustres jaunâtres à *Lymnea pachygaster* et *Planorbis cornu* séparés par des plaquettes de même nature, mais schisteuses (= calcaires de Vachères).
4. Gros bancs de grès jaunâtres avec couches plus marneuses et niveaux ligniteux (galeries le long du torrent), suivis de bancs marneux et gréseux de même teinte, avec de rares assises bitumineuses (complexe de Dauphin-Bois d'Asson).
5. Complexe de calcaires en plaquettes et de schistes avec bancs de calcaires bitumineux devenant presque verticaux.
6. Gros bancs verticaux de calcaires dont la cassure a une odeur bitumineuse.
7. Grès et marnes schisteuses versicolores avec parties gypso-dolomitiques.
8. Complexe de calcaires à silex noirs et de calcaires en plaquettes avec intercalations cargneulisées et très gondolées (gypses dissous), ayant amené de grosses perturbations dans le pendage des couches, qui plongent parfois au N.W. Ce complexe 5-8 correspond aux calcaires en plaquettes sup.
9. Marnes rouges de la briqueterie située au col de la route de Manosque à Dauphin, avec petits cristaux de gypse régénéré.

Versant N.W. ou de Dauphin :

10. Marnes avec bancs épais de gypses saccharoïdes exploités à la Mort d'Imbert. Le début des gypses est souligné par un petit lit de lignites. Les couches plongent toujours au S.E.
11. Complexe de calcaires en plaquettes avec intercalations de bancs cargneulés, assises de calcaires et de schistes bitumineux et couches de lignites (c'est le complexe des calcaires en plaquettes inf.). La charnière de l'anticlinal oligocène (prolongement du pli de Volx) se fait dans ces couches. En effet, en approchant du lieu dit Gontard, le pendage se modifie peu à peu, et finit par être N.W. On retrouve alors à partir de ce point les formations que nous venons d'énumérer, mais en ordre inverse et avec un plongement N.W., soit :
12. Marnes rouges à gypse (niveau des gypses de la Mort d'Imbert); cette bande est marquée dans la topographie par un petit ravin, peu avant Gontard.

13. Calcaires en plaquettes sup. avec intercalations cargneulisées et couches bitumineuses (moulin des Birons) ; les pendages sont très bouleversés toutes les fois qu'apparaissent des couches gypseuses ou dolomitiques : bancs verticaux, gondolés, ou même à pendage renversé (S.E.) ; une première exploitation de lignite au moulin des Birons.
14. Grès jaunâtres (safres) avec couches de lignites (= faisceau de Dauphin-Bois d'Asson).
15. Calcaires en petites plaquettes, peu épais (= horizon des schistes bitumineux de Dauphin).
16. Calcaires de Vachères.
17. Marnes avec petits bancs de calcaires lacustres donnant lieu à une petite dépression longitudinale (= marnes de Viens et calcaires de Reillanne).
18. Crête miocène de Saint Maime-Dauphin.

Le noyau oligocène formé par les calcaires en plaquettes inf. et les gypses de la Mort d'Imbert disparaît rapidement en profondeur en direction des Plaines, tandis que le complexe des calcaires en plaquettes sup. devient de plus en plus important à mesure qu'on se dirige vers le S.W. et dessine, dans la région comprise entre les Plaines et Saint-Martin, un prolongement périclinal très net accompagné d'une forte avancée vers le N.¹. Cette avancée, non indiquée sur la feuille Forcalquier, comprime fortement les couches de l'Oligocène moyen qui sont réduites à une faible épaisseur. Ainsi, en remontant par le petit sentier qui, partant du fond de la vallée, recoupe le lacet de la route, pour arriver directement aux Bains de Saint-Martin, on rencontre successivement :

1. Grès jaunes avec travaux de recherche (faisceau de Dauphin inf.), peu épais.
2. Calcaires en plaquettes avec silex noirs.
3. Calcaires en plaquettes avec bancs cargneulisés et lits de gypses immédiatement au-dessous des bains sulfureux.
4. Grande épaisseur de marnes bleues formant une petite dépression.
5. Calcaires en plaquettes avec intercalations cargneulisées et gypseuses.

¹ Avancée limitée vers le S.W. par le cran d'arrêt formé par l'inflexion transversale axiale du noyau crétacé du pli au niveau des Plaines.

La série 2-5 appartient incontestablement à la partie sup. des calcaires en plaquettes de l'Oligocène inf.

Cette avancée de la masse des calcaires en plaquettes et la compression de l'Oligocène moyen et sup. qui en est résultée expliquent le laminage de la formation des marnes et grès jaunes du complexe ligniteux inf. de Dauphin-Bois d'Asson et les failles obliques, en biseau, qui accidentent la région de Billabaux - Les Coupiers (complications reconnues dans le grand travers-banc de Billabaux exécuté autrefois en deux tronçons pour relier la vallée du Largue au fond du ravin de Marcaud), ainsi que le redressement jusqu'à la verticale des calcaires de Vachères qui forment ici un véritable mur tout à fait caractéristique.

Il peut être utile de donner ici une coupe relevée en remontant de Billabaux vers le S.

A partir du Miocène de Billabaux (mollasse calcaire et marnes à *Ostrea Sellei*), on a successivement :

1. Calcaire de Reillanne et marnes de Viens.
2. Calcaires de Vachères à *Lymnea pachygaster* et *Planorbis cornu*.
3. Calcaires en plaquettes, grès et calcaires bitumineux, avec couches de lignites (entrée des galeries au-dessus des Coupiers).
4. Calcaires en plaquettes formant la crête de la colline, avec petites couches de gypse.
5. Quelques bancs de calcaires bitumineux.
6. Grès très bitumineux ; c'est la formation si développée aux Plaines et qui, vers Saint-Martin, se redressera en se resserrant.
7. Grès et marnes jaunes à nombreuses couches de lignites (faisceau inf. de Dauphin-Bois d'Asson) du ravin de Marcaud. Ces couches, visibles en surface, n'ont pas été recoupées en profondeur par le grand travers-banc de Billabaux ; nous admettrons donc ici une faille oblique ayant produit l'étiement des couches de lignites (voir pl. II, coupe IV).

B) COMPLICATIONS DE L'ANTICLINAL DE VOLX.

Ces complications sont de deux ordres : elles proviennent, soit de la présence d'écaillés de terrains récents intercalées sur le

bord N.W. du pli, soit de failles de tassement accidentant ce même bord (fig. 1) ¹.

1° *Écaille éocène de Volx*. — Nous l'avons déjà signalée en étudiant l'intercalation de sédiments éocènes qui est visible, sur la rive gauche du Largue, entre le Cénomaniens et l'Urgonien du bord N.W. de l'anticlinal de Volx; au-dessus de la route, cette intercalation peut se suivre jusqu'à 150 m. environ de distance, en montant par un petit sentier; au delà tout est recouvert par les éboulis ou la végétation, mais des blocs épars de calcaires lacustres témoignent de la continuation de cette bande éocène, toujours entre Urgonien et Cénomaniens.

La tectonique de cette bordure est donc beaucoup moins simple que ne le laisserait croire la feuille Forcalquier de la carte géologique au 1/80.000°. La bande de Cénomaniens, d'ailleurs très laminée, et cette bande d'Eocène doivent être interprétées comme de petites écailles indépendantes, mettant en évidence des mouvements pyrénéo-provençaux assez violents, qui se seraient déclanchés à la limite de l'Eocène et de l'Oligocène. Remarquons que dans la région de Vachères semblent exister des phénomènes analogues, qui seraient à étudier de plus près.

2° *Failles de tassement* ². — Il existe sur toute la bordure N.W. de l'anticlinal de Volx une faille séparant les affleurements crétacés de l'Oligocène; nous avons déjà vu que, dans la vallée du Largue, les conglomérats oligocènes horizontaux viennent buter contre les couches presque verticales de l'écaille cénomaniens. Cette faille semble bien se poursuivre vers l'W. jusque dans la région de Bellevue-Les Plaines, où c'est alors

¹ Il n'est pas possible d'étudier la bordure S.E. du rocher de Volx, car tout est caché par la Mollasse transgressive.

² Il n'est pas question ici des nombreuses petites failles locales qui accidentent le bassin oligocène et qui ont été repérées dans les galeries des mines de lignites.

l'Urgonien qui entre en contact avec l'Oligocène. Au delà la faille se perd dans les taillis et nous n'avons pu la suivre.

Rappelons que cette faille, d'âge post-oligocène, nous fait comprendre pourquoi la base de l'Oligocène reste probablement cachée en profondeur dans la coupe de la cluse du Large.

2° Ecaille hauterivienne de Tourrache.

Cette écaille, déjà étudiée dans le chapitre relatif à la stratigraphie, constitue une véritable curiosité géologique (fig. 2). L'affleurement le plus important comporte des marnes et calcaires marneux à Ammonites hauteriviennes et n'a guère plus de 1 kilomètre de longueur. Il s'observe très bien le long de la route de Forcalquier à Villeneuve et sur le versant S. de la petite

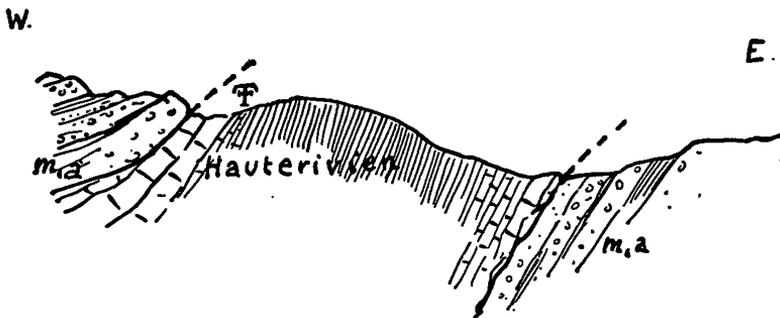


FIG. 2. — Coupe de l'écaille hauterivienne de Tourrache surgissant de l'Oligocène supérieur (Chattien).

colline cotée 612 dont il forme en partie les crêtes. Il est précédé, au N.W. et tout le long de la route, d'un autre petit affleurement beaucoup moins étendu. Ces deux affleurements sont entourés par l'Oligocène sup., représenté ici par les conglomérats, grès et marnes versicolores du Chattien. Au N.W. cet Oligocène recouvre le Crétacé, tandis qu'au S.E. il est au contraire renversé et recouvert par ce même Crétacé, dont les couches sont subverticales. Ce n'est pas un contact de transgression,

car il existe des traces de laminage très nettes sur tout le pourtour du noyau crétacé. Il est incontestable qu'on se trouve ici en présence d'une véritable écaille, d'âge post-oligocène, mais anté-miocène. Car, plus au N., le Burdigalien (conglomérats à cailloux verts) vient recouvrir transgressivement et en couches très faiblement inclinées vers le N. l'Oligocène redressé.

3° Conclusions.

L'étude de la tectonique de la région Volx-Forcalquier-Manosque nous montre donc, avec une admirable netteté, l'existence dans cette région de trois périodes de plissement :

1° Plissements éocènes, prouvés par les écailles éocènes et cénomaniennes de Volx; 2° plissements post-oligocènes et anté-miocènes, surtout accusés dans l'écaille hauterivienne de Tourrache; 3° enfin plissements post-miocènes, prouvés par le léger redressement du Burdigalien tout autour des bassins mollassiques.

Si ces derniers plissements (que l'on pourrait appeler « fini-alpins ») se révèlent comme de peu d'intensité et n'ont donné lieu qu'à des ondulations très douces sans contacts anormaux, il n'en est pas de même des plissements anté-oligocènes (pyrénéo-provençaux) et surtout des plissements du paroxysme alpin anté-miocène, qui sont responsables respectivement des écailles de Volx et de celle de Tourrache, lesquelles nous révèlent une tectonique beaucoup plus compliquée et plus violente qu'on ne l'avait cru jusqu'ici.

Il semble donc que dans notre région comme dans celle de Gigondas, récemment étudiée par P. TERMIER (*Bull. Soc. géol. de France*, 1927, 4, XXVII, p. 71), le principal effort de plissement ait été réalisé pendant le paroxysme alpin anté-miocène et que les mouvements fini-alpins (post-mollassiques) n'aient eu pour résultat que d'accentuer une structure préexistante déjà très compliquée, sans donner jamais lieu à de véritables refoulements ou chevauchements.

III. — RÉPARTITION DES NIVEAUX DE LIGNITES DANS L'OLIGOCÈNE

L'étude des niveaux de lignites ne peut être négligée ici, car elle est importante du double point de vue économique et théorique. Le parallélisme exact des diverses couches de lignites exploitées d'une région à l'autre ne peut d'ailleurs être établi que par l'étude des formations qui les encadrent (étude que nous venons de faire); car ces couches sont variables d'un point à un autre, en nombre et en épaisseur : si on se borne à les considérer en elles-mêmes, il devient impossible de les reconnaître dans des régions tant soit peu éloignées. Il est incontestable que les études de géologie théorique guident utilement les grandes lignes des exploitations (fig. 3).

1° Lignites dans l'Oligocène inférieur.

On n'avait pas jusqu'à présent signalé de niveaux ligniteux dans les calcaires en plaquettes. Nous avons observé, en compagnie de M. BUFFIER, une mince couche de lignite dans les *calcaires en plaquettes supérieurs*, sur la route de la gare de Lincel à Manosque, tout près des Plaines, à une distance d'environ 400 m. de la route nationale Apt-Manosque. Il existe également quelques lits ligniteux au N. de la Mort d'Imbert, intercalés dans les calcaires en plaquettes inférieurs (voir pl. II, coupe IV).

Notons en outre que la coupe de la grande galerie travers-banc de la gare de Manosque indique une couche de charbon de 30 cm. au mur des bancs gypseux signalés plus haut dans cette coupe.

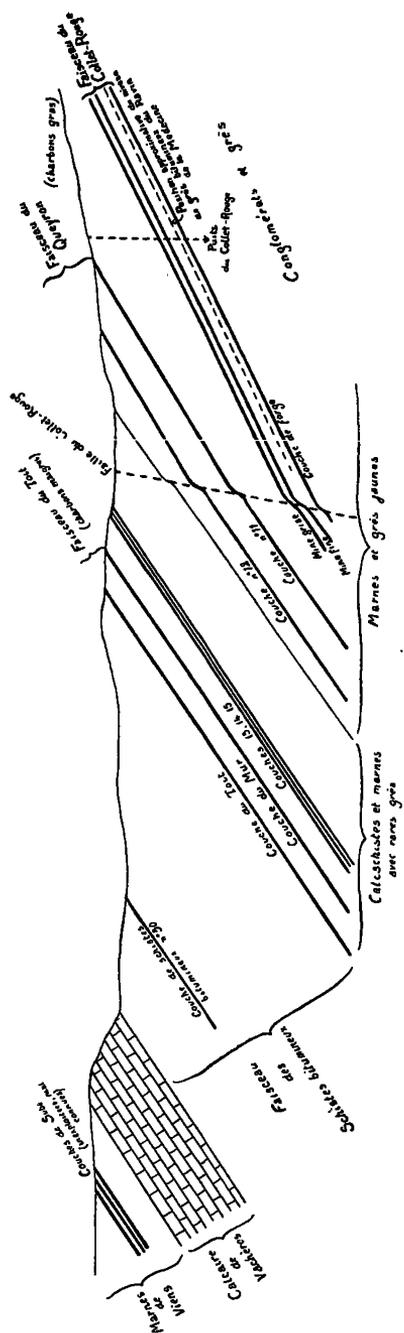


FIG. 3. — Coupe schématisée montrant la succession des horizons oligocènes avec les couches de lignites et les niveaux bitumineux dans la région de Bois d'Asson.

2° Lignites de l'Oligocène moyen.

C'est là que viennent se placer les couches exploitées sur le versant N.W. de l'anticlinal, entre le Bois d'Asson et Montfuron, et sur le versant S.E., près de Manosque. Nous étudierons successivement les mines du Bois d'Asson, dans la première région, et les mines de Manosque, dans la deuxième, et nous dirons quelques mots du prolongement de ces couches dans la région de Sigonce.

A) MINES DU BOIS D'ASSON.

On a numéroté là environ 18 couches de lignites; mais la plupart sont très peu épaisses (30 à 50 cm.) et ne sont pas intéressantes : on exploite seulement les plus puissantes (60 cm. à 2 m. environ) : nous les avons représentées sur notre figure 3. On peut y grouper les couches en trois faisceaux, qui sont, de bas en haut, le *faisceau du Collet-Rouge*, le *faisceau du Queyron* et le *faisceau du Toit*; ce dernier est formé de charbons *maigres*, tandis que les deux faisceaux inférieurs sont formés de charbons *gras*.

Ces lignites sont toujours plus ou moins *bitumineux* et contiennent une notable proportion de *soufre*. D'après des données extraites de l'article de M. BRUNSCHWEIG (cité plus haut), leur composition serait :

	Maigres	Gras
Eau	7 à 20 %	3 à 10 %
Matières volatiles.....	22 à 35 %	33 à 45 %
Cendres	20 à 40 %	15 à 30 %
Soufre	3 à 6 %	3 à 6 %

Voici les résultats obtenus par *distillation* de ces lignites (renseignements extraits de l'article de RICHEMOND) :

	Mine grise	Couche du Toit
Huile brute (l. par t.).....	97	83
Eau	4 %	17,4 %
Gaz	16,5 %	10,5 %
Coke	69,8 %	55,8 %
Nature du coke.....	aggloméré	non aggloméré

Les couches reconnues dans la mine du Bois d'Asson (concession de Dauphin) se poursuivent assez régulièrement dans les autres concessions de la bordure N.W. de l'anticlinal, jusqu'à Montfuron.

B) MINES DE MANOSQUE.

Sur le flanc S.E. de l'anticlinal, les mines de Manosque montrent la même succession : toutefois les couches du Queyron ne sont pas exploitées, car elles sont encadrées de couches trop argileuses pour qu'on puisse économiquement y entretenir des galeries. Aussi les exploitants se contentent-ils d'y distinguer un *faisceau inférieur gras*, équivalent au Collet-Rouge, et un *faisceau supérieur maigre*, qui correspond au faisceau du Toit du Bois d'Asson.

C) RÉGION DE SIGONCE.

Enfin, sur le versant N. du synclinal de Forcalquier, les mêmes assises reviennent à l'affleurement dans la région de Sigonce. Elles n'y sont point exploitées, car les couches utilisées actuellement par les *mines de Sigonce* appartiennent pour nous, comme nous le verrons, à l'Oligocène supérieur.

Mais les niveaux du Bois d'Asson peuvent être étudiés dans les coupes naturelles fournies par les ravins de *Manus* (ou Combe d'Amour) et de *Sigoyer*. On retrouve facilement dans ces ravins les calcaires de Vachères (exploités par le four à chaux de Sigonce) : ils affleurent en particulier près du pont de Sigoyer. En dessous de ces calcaires, décrits en détail par W. Kr-

LIAN dans son rapport (cité plus haut), nous avons pu constater nous-mêmes la présence de quelques minces couches de lignites : il ne saurait d'ailleurs être question d'établir un parallélisme de détail entre des régions aussi éloignées : nous reviendrons plus loin sur ce sujet.

3° Lignites de l'Oligocène supérieur.

Autour de l'anticlinal de Volx, on connaît quelques couches ligniteuses au-dessus des calcaires de Vachères, c'est-à-dire dans les *marnes de Viens*; mais nulle part, ni sur la bordure N., ni sur la bordure S. de cet anticlinal, ces niveaux supérieurs ne sont exploités, ni même reconnus en détail.

Sur le versant N., et en particulier dans la *région du Bois d'Asson*, ces couches sont connues sous le nom de « *faisceau de Sube* » (nom d'un propriétaire); leur position approximative a été indiquée sur notre coupe, figure 3 (voir pl. IV, fig. 2).

Sur le versant S., dans la *région de Manosque*, on retrouve à ce même niveau quelques lits de lignites, appelés ici « *faisceau de Bus* » (nom d'un propriétaire). Le grand travers-banc de la Gare de Manosque les a recoupées, sous forme de trois ou quatre couches, la plus puissante ayant 55 cm. d'épaisseur. Enfin nous avons vu des affleurements ligniteux dans les carrières de marnes de Viens, sur la vieille route de Manosque à la Mort d'Imbert.

Mines de Sigonce.

Mais, au N. du synclinal de Forcalquier, on est conduit à attribuer au même horizon le faisceau ligniteux activement exploité dans les mines de Sigonce. La position stratigraphique de ce faisceau a fait l'objet de nombreuses discussions, surtout à l'occasion du sondage effectué en 1925 dans cette région, immédiatement à l'aval-pendage des couches exploitées.

D'après la légende de la feuille Forcalquier, rédigée par C. DEPÉRET, les lignites de Sigonce appartiendraient bien aux marnes de Viens. Puis P. THIÉRY, dans un rapport daté d'octobre 1923, avant le sondage, crut pouvoir conclure que « l'ensemble des couches de Sigonce est le prolongement de l'ensemble des couches du Bois d'Asson », depuis le Collet-Rouge jusqu'au faisceau de Sube; son principal argument (p. 3 de son rapport) est que l'on retrouve les mêmes fossiles (*Limnea pachygaster*, *Planorbis cornu*) à la fois à Sigonce et au Bois d'Asson; mais cet argument est évidemment sans valeur, car ces coquilles se rencontrent à tous les niveaux de l'Oligocène de la région.

W. KILIAN, qui a rédigé en mai 1925, pendant le sondage, un rapport très documenté sur Sigonce, adopte dans le texte de son rapport (p. 4) l'opinion de P. THIÉRY; mais la coupe qu'il figure est en contradiction avec son texte; car dans sa coupe, la couche de lignite 14, recoupée à 192 m. par le sondage, est placée par lui en dessous du calcaire de Vachères, et par conséquent bien au-dessous des lignites de Sigonce, alors que dans son texte (p. 22) il assimile cette couche aux lignites exploités dans les puits de la Bascule à Sigonce.

Enfin une dernière note, datée du 21 octobre 1925 (alors que le sondage était à 465 m. de profondeur), a été rédigée par P. THIÉRY; ce géologue y rejette sa première opinion et celle de W. KILIAN; il considère que, non seulement les couches exploitées à Sigonce, mais même toutes celles traversées par le sondage, sont situées au toit du faisceau du Toit du Bois d'Asson.

Une nouvelle étude de la localité nous conduit à confirmer cette dernière opinion de P. THIÉRY, et par conséquent la légende de la feuille Forcalquier: nous considérons donc les couches exploitées à Sigonce comme appartenant aux marnes de Viens, donc comme *correspondant au faisceau de Sube du Bois d'Asson et au faisceau de Bus de Manosque*.

Il est facile de se rendre compte que ces couches sont situées entre le calcaire de Reillanne, qui est au toit de l'exploitation minière, et le calcaire du four à chaux de Sigonce.

Quant à l'interprétation à donner aux couches traversées par le sondage, elle demeure obscure. Il est d'abord étrange que l'on n'ait pu retrouver les couches exploitées tout près de là, au puits de la Bascule : il est vraisemblable qu'on les a traversées sans les voir, et c'est un nouvel exemple des difficultés que l'on a à reconnaître des couches de charbon dans de simples sondages. Et quant à la couche de lignite relativement épaisse (80 cm.) et pure que le sondage aurait traversée à 192 m. de profondeur, elle est très probablement située déjà au-dessous des calcaires de Vachères; peut-être correspond-elle au faisceau du Toit du Bois d'Asson ? En tout cas on n'a recoupé au-dessous d'elle, jusqu'à la profondeur de 505 m. atteinte par le sondage, aucune couche de lignite.

Etant donné les variations d'épaisseur et de faciès que ces terrains oligocènes peuvent présenter sur une aussi longue distance que celle qui sépare Sigonce du Bois d'Asson, il nous paraît impossible d'établir un parallélisme de détail. L'exploration du bassin de Sigonce doit donc être faite pour elle-même, sans tenir compte des données connues au Bois d'Asson, et en se basant seulement sur la prospection des affleurements dans les ravins de Sigonce.

IV. — LES ROCHES BITUMINEUSES

Nous examinerons séparément les deux catégories de roches suivantes : d'une part les *grès bitumineux* (où le bitume est libre) et d'autre part les calcaires et *schistes bitumineux*, d'où on ne pourrait extraire des hydrocarbures que par distillation.

Avant d'aller plus loin, il convient d'ailleurs de donner quelques explications sur ces *deux sortes de roches à hydrocarbures*.

1° Dans les unes, que nous appellerons « *schistes bitumineux* », les hydrocarbures ne sont pas à l'état libre : ils n'y cir-

culent point et on ne peut les extraire de la roche par l'action de dissolvants : la roche a un grain très fin et les hydrocarbures y sont intimement associés à la matière argileuse. On peut considérer ces roches comme d'anciennes vases « sapropéliques », c'est-à-dire riches en matières organiques, lesquelles ont ensuite donné les hydrocarbures : ces derniers ne peuvent être libérés que par *distillation* : c'est ce que l'on fait dans l'industrie des schistes bitumineux. Une telle distillation peut aussi se produire naturellement, sous l'influence des conditions de profondeur (chaleur et pression) : d'où l'hypothèse, adoptée par beaucoup de géologues, que les schistes bitumineux représentent les « *roches-mères* » des hydrocarbures naturels. Mais il n'y en a pas moins une indépendance indéniable entre les gisements de schistes bitumineux et les gisements de pétroles : les gîtes classiques de schistes bitumineux, exploités industriellement (Autun, Ecosse, etc.), n'ont jamais alimenté de véritable exploitation de pétrole. Aussi on ne peut pas dire qu'un affleurement de schiste bitumineux constitue forcément un indice de l'existence de pétrole en profondeur.

2° Dans d'autres roches, au contraire, qui sont toujours plus ou moins *poruses*, les hydrocarbures se trouvent à l'état *libre* : ils remplissent les pores de la roche et on peut les en extraire par simple action physique (action de l'eau bouillante, ou d'un dissolvant comme le chloroforme). Quand l'hydrocarbure est suffisamment fluide, il peut *circuler*, émigrer dans la roche, comme l'eau dans une couche aquifère : on peut alors *exploiter* par pompage ou jaillissement naturel dans des trous de sonde : c'est le cas dans tous les gisements de pétrole ; la roche imprégnée est alors qualifiée de « *roche-réservoir* ». Ces roches poreuses sont généralement des sables ou des grès, plus rarement des calcaires. Au voisinage des affleurements, les hydrocarbures sont presque toujours plus ou moins oxydés, à l'état de bitumes visqueux : on a alors des « *grès bitumineux* » ou des « *calcaires asphaltiques* », que l'on peut parfois exploiter tels

quels en carrière¹, et qui sont en tout cas de véritables « *indices* » de pétrole.

1° Bitumes dans le Crétacé.

Il nous faut signaler en outre l'existence de traces de bitume libre dans d'autres roches que l'Oligocène, par exemple dans le Crétacé.

Ainsi les calcaires *urgoniens* et *cénomaniens* du flanc N.W. de l'anticlinal de Volx, dans les abrupts de la rive droite du Largue, le long de la route, se montrent criblés de mouchetures noires de bitumes : on constate aisément que ces bitumes remplissent les petites fissures ou cavités de la roche. Or ces calcaires ne sont pas en eux-mêmes bitumineux : les hydrocarbures sont ici en « *gisement secondaire* », c'est-à-dire venus d'ailleurs. Il est très naturel de supposer qu'ils sont venus, par *migration*, des *roches bitumineuses de l'Oligocène* du voisinage : le Crétacé est en effet ici refoulé par étirement sur le Tertiaire, comme nous l'a montré l'étude tectonique de la région ; ainsi ces hydrocarbures ont pu, contrairement à ce qui se produit d'habitude, passer d'un terrain plus récent dans un autre plus ancien, phénomène dont on connaît d'ailleurs quelques exemples².

De même origine et d'une explication plus facile encore sont les mouchetures de bitumes que nous avons observées dans les calcaires de Vachères à la sortie du ravin de Séguet, à l'endroit où le vieux chemin des Plaines à Manosque débouche du ravin

¹ Industrie des asphaltes.

² Voir l'article de M. GIGNOUX et L. MORET, Sur l'origine des asphaltes du Jura méridional et sur les migrations descendantes des hydrocarbures (*Annales Office nat. des Combustibles liquides*, 1^{re} année, 1^{re} livr., Paris, 1926). — Voir également : J. O. HAAS et C. R. HOFFMANN, Origine tertiaire du pétrole rencontré dans le Jurassique du Bassin de Pechelbronn (*Ibid.*, 1926, 2^e livr.).

et entre dans les plateaux de Manosque : ce bitume, qui se trouve ici dans une roche blanche, point du tout bitumineuse par elle-même, provient évidemment, par migration, des schistes bitumineux sous-jacents. Ecartons donc ces cas exceptionnels, qui ne présentent aucun intérêt du point de vue de la genèse des bitumes.

2° Schistes et calcaires bitumineux oligocènes.

Généralités. On peut dire que *tous les schistes, calcschistes et calcaires de l'Oligocène* de notre région, depuis les calcaires en plaquettes inférieurs jusqu'aux calcaires de Vachères (exclusivement en général), sont *plus ou moins bitumineux*. Leur teneur en hydrocarbures peut être constatée grossièrement d'après *l'odeur* des fragments fraîchement cassés ; *la couleur* est moins significative : il arrive que des calcaires ou schistes très bruns et très foncés ne dégagent aucune odeur.

Les régions dans lesquelles nous avons observé le plus nettement cette odeur bitumineuse sont les suivantes : — Région de Sigonce : toute la série du ravin de Sigoyer située au-dessous des calcaires de Vachères. — Région de Manosque : sur la route de la Mort d'Imbert, nombreux niveaux de calcaires bitumineux paraissant parfois très riches, en dessous des calcaires de Vachères, jusqu'aux calcaires en plaquettes sup. (avant le col) et inf. (après le col). — Région de Saint-Martin-de-Renacas et de Billabaux : presque toute cette même série. — On verra d'ailleurs les coupes de notre figure 3, où les niveaux bitumineux ont été figurés.

En beaucoup de points, ces roches bitumineuses paraissent avoir subi un *commencement de distillation naturelle*, de sorte qu'on y voit du *bitume libre* sécrété dans des fissures, parfois en quantité suffisante pour qu'on puisse en recueillir de beaux échantillons : nous citerons en particulier les calcaires en plaquettes sup. sur la route qui va des Plaines à la gare de Lincel,

à environ 400 m. de la bifurcation de la route Apt-Manosque : là, de petites recherches faites autrefois en bordure de la route montrent des fissures remplies de bitume (nous avons vu depuis que cette localité était déjà signalée à la page 417, 2^e colonne de l'article de RICHEMOND).

Ce fait est d'ailleurs bien connu des exploitants des mines de lignites, tant à Manosque qu'au Bois d'Asson : *dans les galeries* qui traversent ces couches bitumineuses, on voit souvent le bitume suinter le long des parois. Enfin, d'après RICHEMOND, le travers-bancs de Billabaux aurait rencontré à 693 m. de l'entrée une faille dans le calcaire, par laquelle coulait de la poix.

Un banc de calcaire bitumineux, affleurant à l'E. de Saint-Martin-de-Renacas, au-dessus du hameau de Gap, a dû faire autrefois l'objet d'une tentative d'exploitation, comme en témoignent des restes de constructions.

Mais le seul moyen de se rendre compte de la teneur réelle de ces roches en hydrocarbures consiste à faire des *essais de distillation*.

Complexe des schistes bitumineux de l'Oligocène moyen.

L'étude de RICHEMOND contient un examen approfondi du complexe situé immédiatement au-dessous du calcaire de Vachères et auquel nous avons donné le nom de « complexe des schistes bitumineux » (voir notre tableau donné plus haut). C'est en effet à ce niveau que paraissent se rencontrer *les couches les plus riches*. Là, entre la base des calcaires de Vachères et la couche de lignite du Toit du Bois d'Asson, M. RICHEMOND a numéroté, dans la région du Bois d'Asson, une quarantaine de couches de schistes bitumineux, dont les épaisseurs varient de quelques centimètres à 1 m. 50. Voici les résultats des analyses des plus intéressantes de ces couches :

Numéro des couches	Puissance	Teneur en huile brute (l par t.)	Gaz %	Eau %	Résidu %
34.....	0 m. 60	44,5	4,9	14,1	76,5
31.....	0 m. 50	129,0	7,2	8,2	71,6
30.....	1 m. 15	142,0	6,0	7,5	72,0
29.....	0 m. 30	71,0	6,9	8,5	77,5
28.....	0 m. 55	53,5	2,7	10,9	81,0
14.....	0 m. 56	67,0	6,0	11,7	75,5
13.....	0 m. 80	68,0	4,3	9,3	79,5
12.....	0 m. 72	71,5	8,1	9,7	75,0
5.....	0 m. 40	125,0	6,3	17,3	64,0

Comme on le voit, la couche la plus épaisse est la *couche n° 30*, dont nous avons indiqué la position dans notre figure 3. Toutes ces couches, et en particulier la couche n° 30, ont des *affleurements* bien nets et d'un accès facile *le long de la route du Largue*, entre la falaise du calcaire de Vachères et le pont qui conduit aux mines de lignite du Bois d'Asson (pl. III, fig. 2) : elles montrent là la couleur brune, la fissilité, l'aspect « papyracé », habituels aux schistes bitumineux du Tertiaire lacustre ; nos schistes du Largue ressemblent beaucoup par exemple aux schistes bitumineux de Menat (Puy-de-Dôme). Les bancs schisteux sont séparés par des bancs un peu plus calcaires, également un peu bitumineux.

La position stratigraphique de ce complexe des schistes bitumineux étant maintenant bien repérée, il devient facile de suivre leurs affleurements, constamment en dessous des calcaires de Vachères. Le *trajet approximatif de ces affleurements* est le suivant :

On les voit partir du ravin du Bois d'Asson, puis passer sur la route du Largue, comme nous l'avons dit ; ils longent à peu près le Largue entre le ravin du Jardin et l'emplacement de l'ancienne usine de Beauregard, au S. de Dauphin ; de là ils viendraient passer à peu près par l'emplacement du travers-banc de l'ancienne mine de soufre de Billabaux ; là leur composition doit être modifiée par l'intercalation de petits bancs gypseux situés approximativement à ce niveau(?) : c'est le gypse qui, réduit par les hydrocarbures, a donné naissance au

soufre, dont l'exploitation est maintenant complètement arrêtée. Au delà de Billabaux, notre complexe bitumineux passe un peu au-dessus des hameaux de Gap et des Coupiers : c'est là que se trouve l'exploitation ancienne de calcaires bitumineux signalée plus haut (une analyse donnée par RICHEMOND et se rapportant probablement à ces calcaires donne de 14 à 9 % de matières bitumineuses). Puis les couches viendraient passer un peu au N. du village de Saint-Martin-de-Renacas. On ne les connaît pas plus loin, mais il serait aisé de les prospector en se basant sur les gros bancs du calcaire de Vachères, toujours facilement reconnaissables.

Rappelons que dans ces régions il y a des schistes et des calcaires bitumineux à d'autres niveaux et en particulier dans la formation des calcaires en plaquettes : les plans existant au Service des Mines de Marseille, et dont M. BUFFIER nous a communiqué des copies, marquent indistinctement les affleurements de tous les niveaux bitumineux, ce qui les rend difficiles à interpréter.

Sur le versant S.E. de l'anticlinal de Volx, c'est-à-dire dans la *région des mines de Manosque*, notre complexe bitumineux ne paraît pas avoir été spécialement étudié; on pourrait le prospector en employant la même méthode; à première vue, ce niveau semble ici beaucoup moins riche.

Enfin des couches bitumineuses existent aussi au même horizon stratigraphique dans la *région de Sigonce*, comme nous l'a montré une rapide exploration du ravin de Sigoyer.

3° Grès bitumineux oligocènes.

Ce deuxième type de roche est bien *plus rare*. Les affleurements que nous connaissons semblent bien appartenir à un seul et même horizon stratigraphique, qui se placerait à peu près *au niveau du faisceau du Collet-Rouge*.

Sur le terrain, ces grès bitumineux frappent par leur cou-

leur d'un blanc-grisâtre clair, due à l'oxydation superficielle des bitumes; mais sur la cassure ils sont d'un beau brun chocolat foncé; broyés et agités dans du chloroforme, qui dissout les bitumes, ils colorent ce liquide en brun foncé, ce que ne font pas les schistes et calcaires bitumineux précédemment étudiés.

1° Un très bel *affleurement* de ces grès a été découvert par M. BUFFIER, au cours même de nos recherches : il se trouve dans le *ravin de la Médecine*, c'est-à-dire dans le premier ravin affluent de la rive gauche du Largue en aval de celui du Bois d'Asson; ce ravin aboutit à la route immédiatement à l'W. du point où celle-ci passe sous la voie ferrée. On voit là des grès bitumineux très imprégnés (0 m. 50 d'épaisseur environ) dans le lit même du torrent, à environ 250 ou 300 m. du confluent de ce torrent avec le Largue; presque au contact affleurent des couches de lignite, qui, d'après leur situation, doivent dépendre du faisceau du Collet-Rouge (v. fig. 3).

2° Plus à l'E., nous avons visité un *deuxième affleurement* de grès bitumineux sur le versant S. de la *montagne de Billabaux*, entre le chemin de Saint-Martin à Dauphin, qui suit la crête de cette montagne, et l'ancienne ferme dite Marcaud, située plus bas vers le S.; les grès apparaissent là dans des pentes très raides et ravinées; ils nous ont paru beaucoup moins riches que ceux du ravin de la Médecine; leur position stratigraphique reste encore pour nous un peu indéfinie; toutefois rien ne s'oppose à ce qu'ils viennent se placer à peu près au niveau du Collet-Rouge. La galerie de Billabaux, qui a été poussée du Largue à travers cette montagne, aurait rencontré à 508 m. de l'entrée un banc de grès bitumineux, appartenant probablement à un niveau stratigraphique plus élevé; d'ailleurs l'interprétation de cette coupe de la galerie de Billabaux (suivie du travers-bancs Arestein, qui a achevé la traversée de la montagne) présente beaucoup de difficultés et mériterait de nouvelles études.

3° Un *très bel affleurement*, autrefois exploité, se trouve sur la rive gauche et près de la naissance de la grande vallée (ou ravin du Pifférat), qui descend des Plaines à la gare de Lincel et dont la rive droite est suivie par la route de Manosque à cette gare. Il est situé un peu en dessous de la route de Villemus, dans une région très chaotique, où les bancs de grès ont été disloqués par les glissements des marnes jaunes, grises ou rouges qui les encadrent : nous l'appellerons le *gisement des Plaines*.

Les grès sont ici très imprégnés; d'après RICHEMOND, il y en aurait trois bancs de 1 m., 1 m. 50 et 2 m. 20 d'épaisseur, mais ces chiffres nous paraissent exagérés.

P. RICHEMOND donne les résultats de deux analyses de ces grès faites par un ingénieur anglais, W. TORPLEY :

Matières bitumineuses.....	11,27	8,45
Carbonate de chaux.....	28,40	31,34
Oxyde de fer et alumine.....	0,98	0,56
Silice.....	59,13	53,34
Eau et pertes.....	0,27	1,31
	100,00	100,00

En tentant de suivre les couches de là vers le N., on arrive dans une région très mouvementée par les coulées marneuses et recouverte de fourrés marécageux; néanmoins, en divers points de la rive gauche dans la partie haute du ravin, nous avons pu revoir quelques affleurements de cette même couche bitumineuse, qui a donc une certaine extension.

Tous ces affleurements sont accompagnés de couches ligniteuses; d'après la position stratigraphique de ces lignites par rapport aux calcaires de Vachères d'une part et aux calcaires en plaquettes de l'autre, il nous paraît très vraisemblable qu'on se trouve bien là au niveau du faisceau du Collet-Rouge; en tout cas, il est hors de doute que nos grès appartiennent au système des « *marnes et grès jaunes* » défini plus haut.

Cette constatation pourra servir à prospecter notre couche bitumineuse dans la région; on est ainsi conduit à penser que

les grès bitumineux doivent passer un peu au S. du village de Saint-Martin-de-Renacas, lequel viendrait se placer à peu près entre le faisceau du Toit et le faisceau du Queyron.

4° On ne connaissait pas jusqu'à présent de représentant de cet horizon de grès bitumineux sur le versant S.E. de l'anticlinal de Volx, c'est-à-dire dans la *région de Manosque*.

Nous avons remarqué, sur le vieux chemin de Manosque aux Plaines et dans la région où ce chemin traverse la formation des marnes et grès jaunes, un bloc de grès bitumineux assez riche enclavé dans l'empierrement du chemin : on pourrait à la rigueur supposer qu'il s'agit d'un bloc transporté du gisement des Plaines au moment où on exploitait ce gisement. Mais le fait que ce grès se trouve précisément à l'endroit où doit passer l'horizon stratigraphique des grès des Plaines n'en est pas moins suggestif et devrait inciter à rechercher si la couche en place n'affleure pas dans le voisinage.

4° Tentatives d'exploitation de ces roches bitumineuses.

Ces roches, connues depuis longtemps, ont donné lieu à des *concessions*, sans distinguer entre schistes et grès bitumineux.

Il y a en effet dans notre région quatre concessions de bitume, accordées entre 1848 et 1892, et qui se nomment comme suit, en allant de l'E. à l'W. :

1° Bois d'Asson; 2° Grenouillet-Beauregard; 3° Notre-Dame-d'Ubaye; 4° La Chabanne - Les Plaines.

La *distillation* de ces roches bitumineuses était faite dans *quatre usines*, aujourd'hui en ruines. L'usine du Bois d'Asson, située dans le ravin de ce nom (pl. III, fig. 2), un peu au-dessus du bureau actuel des mines de lignite, exploitait les schistes bitumineux (au voisinage de la couche n° 30) dans le ravin; de là provient la flore fossile étudiée par DE SAPORTA. — Les usines du Grenouillet et de Beauregard exploitaient les mêmes cou-

ches plus à l'W., près du Largue. Il est probable que si on s'est intéressé uniquement à ce niveau de schistes bitumineux, c'est parce qu'il affleure au bas de la montagne en des points facilement accessibles, tandis que les « calcaires en plaquettes », qui renferment peut-être des couches aussi riches, restent dans les hauteurs. — Enfin une quatrième usine, située près de Saint-Martin-de-Renacas, exploitait, pour en retirer du goudron, les grès bitumineux du gisement des Plaines.

L'usine de Saint-Martin ferma en 1858; les usines du Largue vers 1865; une nouvelle tentative de reprise de l'usine du Bois d'Asson, en 1871, n'eut pas de succès.

Avenir de ces exploitations.

Nous ne croyons pas que, dans les conditions actuelles, ces exploitations puissent être rémunératrices.

1° Les *grès bitumineux* pourraient être traités par l'eau bouillante ou par un solvant pour en extraire le bitume. Il y a eu autrefois, en divers points de la France, des exploitations de grès bitumineux; actuellement elles sont toutes abandonnées. Néanmoins les grès de Royat (gisement de l'Escorchade), près Clermont-Ferrand, ont été récemment l'objet d'une reprise d'exploitation de la part de la Société des Asphaltes de Pont-du-Château, qui les utilise pour son industrie de produits asphaltiques; mais cette exploitation n'est justifiée que par la proximité d'une usine de calcaires asphaltiques, ce qui n'est pas le cas ici.

2° En effet les *calcaires bitumineux* de notre région n'ont rien de commun avec les vrais calcaires asphaltiques, source de l'industrie des asphaltes, et où les hydrocarbures sont libres. Nos calcaires devraient au contraire, comme les schistes, être distillés.

Quant à la distillation des *schistes bitumineux*, elle ne peut guère réussir qu'avec des matières premières d'une richesse

exceptionnelle et d'une extraction très peu coûteuse. C'est là une question qui n'est pas de notre domaine; mais les indications et analyses données ci-dessus suffiront à montrer qu'à notre avis, il n'y a pas grand'chose à espérer ici. L'industrie des schistes bitumineux subit depuis longtemps une crise : la distillation des schistes bitumineux liasiques du Wurtemberg, installée en Allemagne vers la fin de la guerre, a dû, croyons-nous, être abandonnée. Nous n'avons pas à étudier ici les exploitations anciennes et tout à fait classiques d'Autun et de l'Ecosse. Comme tentative nouvelle couronnée de succès, on ne peut guère citer que les exploitations de la « kuckersite », schisté bitumineux extrêmement riche de l'Esthonie et des calcaires asphaltiques de Raguse.

Quant à la distillation des *lignites bitumineux* de notre région, c'est une tout autre question, dont l'étude paraît au contraire susceptible de conduire à des résultats très intéressants avec les nouvelles méthodes.

V. — RELATIONS GÉNÉTIQUES ENTRE LES LIGNITES ET LES BITUMES

L'étude que nous venons de faire nous révèle une liaison évidente, constante, entre les lignites et les roches bitumineuses. Lignites, schistes, calcaires et grès bitumineux vont de compagnie dans les divers gisements; les lignites eux-mêmes sont toujours plus ou moins bitumineux, notamment dans les faisceaux inférieurs de lignites.

Cette association est-elle la preuve d'une communauté d'origine ?

Rappelons quels sont les caractères des divers types de roches à hydrocarbures étudiées ici en dehors des lignites bitumineux.

Les schistes et les calcaires bitumineux sont des roches qui

ne cèdent pas leurs hydrocarbures à des solvants. Les schistes sont très développés au-dessus de la formation à lignites, et notamment au-dessus du faisceau du toit. Les calcaires se rencontrent surtout dans la formation des calcaires en plaquettes sup., soit au-dessous du faisceau du Collet-Rouge. Si la formation des schistes bitumineux semble être surtout lacustre, au contraire celle des calcaires en plaquettes est, dans toute la région, celle qui témoigne du maximum des influences marines (Potamides, Cyrènes, gypses).

Entre ces deux formations se développent surtout les « marnes et grès jaunes », dans lesquels est intercalé le faisceau inf. des lignites de Dauphin - Bois d'Asson. Or, on a à ce niveau surtout des roches à hydrocarbures libres, solubles directement dans les solvants habituels, des grès bitumineux, des écoulements de bitume naturel, qui se montrent associés aux lignites bitumineux.

Voici comment on peut s'expliquer la coexistence, dans un même ensemble de couches, de ces divers types de roches hydrocarburées, lignites bitumineux, schistes et calcaires bitumineux, grès bitumineux et bitumes libres :

Toutes ces roches sont le résultat d'une sedimentation effectuée dans des conditions analogues et représentent des variations d'un même faciès, qui est le faciès lacustre ou laguno-lacustre. Sur le fond des lacs ou lagunes oligocènes se déposaient tantôt des vases riches en débris d'animaux ou d'algues microscopiques, ayant donné des sapropels, plus tard transformés en roches bitumineuses, tantôt des accumulations de débris végétaux celluloseux ou ligneux, accompagnés aussi de matières organiques, qui ont donné nos lignites bitumineux. Mais les hydrocarbures en puissance dans ces dépôts sapropéliques n'ont probablement pas pu donner naissance, par distillation naturelle, à des bitumes libres. Partout où on les observe, les schistes bitumineux se sont montrés secs, sans aucune trace de début de distillation. Le bitume libre se rencontre toujours

dans le faisceau inf. des lignites; il ne serait pas secondaire et son origine serait due à un processus différent de celui qui a abouti à la formation des schistes et calcaires bitumineux. La notion des schistes bitumineux comme « roches-mères » des hydrocarbures libres ne nous paraît donc pas s'imposer ici.

Remarquons au contraire que les hydrocarbures libres sont associés, dans les vrais gisements de pétrole en exploitation, à des terrains de faciès marins ou laguno-marins¹. Peut-être peut-on penser que seules les mers, avec leurs courants, présentent les conditions voulues pour que viennent s'accumuler, en des points déterminés et pendant des périodes infiniment longues, les cadavres des organismes microscopiques (plankton) qui vivent dans l'eau de mer : les points où ces courants viennent toucher les côtes ou pénétrer dans les lagunes côtières correspondent à des changements brusques de salinité qui tuent ces organismes et provoquent leur chute sur le fond où ils s'accumulent toujours dans les mêmes points.

Au contraire, dans les lacs, l'absence de courants et la constance des conditions de milieu n'entraînent pas de pareille localisation.

Or, de tous les sédiments oligocènes, c'est incontestablement le complexe des marnes et grès jaunes qui se présente le plus favorablement à l'accumulation d'hydrocarbures libres. En effet cette formation est superposée aux calcaires en plaquettes, lesquels semblent bien correspondre, comme nous l'avons dit, au maximum des influences marines. Les hydrocarbures formés dans ces roches seraient venus s'accumuler dans les roches-réservoirs (grès jaunes) superposées; mais ces conditions favorables ont été de faible durée.

En résumé, si nous admettons une liaison intime, une communauté d'origine entre les lignites et les divers types de ro-

¹ Certains couches lacustres sont bien pétrolifères (ex. le Dacien de Roumanie), mais elles surmontent toujours de puissantes séries marines ou laguno-marines.

ches bitumineuses, nous ne sommes pas forcés de croire que ces roches puissent dériver les unes des autres, en particulier que le bitume soit le résultat de la distillation naturelle des schistes bitumineux ou des lignites. Tous ces produits hydrocarburés ont pris naissance dans un même lac ou une même lagune où les conditions physico-chimiques et biologiques de la sédimentation étaient variables tant dans l'espace que dans le temps; ainsi s'expliquent les relations de voisinage entre ces divers types de dépôts hydrocarburés, relations à l'étude desquelles la région de Manosque-Forcalquier se prête particulièrement bien.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

Notre étude de la région Manosque-Volx-Forcalquier nous a permis de mettre en évidence les faits suivants :

1° Découverte d'un nouvel affleurement de Crétacé fossilifère (Hauterivien) près de la ferme de Tourrache, très intéressant du point de vue tectonique, puisqu'il montre l'intensité des mouvements post-oligocènes et anté-miocènes (écaille due au paroxysme alpin);

2° Grande complexité de l'anticlinal de Volx, prouvée : A) par l'écaille de calcaire lacustre éocène de la cluse du Lardue, intercalée en couches verticales entre Urgonien et Céno-manien; cette écaille démontre l'existence de plissements post-éocènes et anté-oligocènes (pyrénéo-provençaux); B) par les failles de tassement qui accidentent la bordure N.W. de cet anticlinal et qui ont commencé à jouer après l'Oligocène;

3° Transgression de l'Oligocène inf. conglomératique sur l'Urgonien accompagnée d'une importante discordance angulaire, rendant tangible l'intensité des mouvements anté-oligocènes;

4° Distinction dans l'Oligocène d'un nouvel horizon-repère, que nous avons appelé « formation des grès et marnes jaunes » du faisceau inf. des lignites; horizon très utile pour la stratigraphie des niveaux ligniteux et bitumineux de la région;

5° Stratigraphie de détail des couches ligniteuses et bitumineuses, que nous avons pu répartir entre les divers horizons de l'Oligocène;

6° Relations génétiques entre les lignites et les divers types de roches bitumineuses; ces formations ont toutes pris naissance dans les lacs ou lagunes oligocènes, mais toutefois par des processus un peu différents (influence de la nature des apports organiques, variabilité des conditions physico-chimiques) : ce sont des faciès divers de la sédimentation organique.
