

Problèmes de géologie du pétrole : à propos de l'usage des cartes à isopaques : quelques faits observés dans le Crétacé de Palmyrèn, Syrie

Autor(en): **Chenevart, Charles**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Mémoires de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles**

Band (Jahr): **9 (1948-1950)**

Heft 4

PDF erstellt am: **17.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-287478>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Problèmes de géologie du pétrole

A propos de l'usage des cartes à isopaques : quelques faits observés dans le Crétacé de Palmyrène, Syrie.

PAR

Charles CHENEVART

(présenté à la séance du 22 mars 1950)

AVANT - PROPOS

Parmi les moyens d'exprimer graphiquement les caractères géologiques d'une région, la construction des cartes à isopaques est d'un usage courant dans les compagnies de pétrole.

Une carte à isopaques peut se définir : *la représentation graphique des variations d'épaisseur d'une couche ou d'une série stratigraphique donnée, les points où se situent les épaisseurs égales étant reliés entre eux par une même courbe (isopaque ou courbe isopaque).*

Le lever d'une telle carte est d'une incontestable utilité lorsqu'il s'agit, par exemple, de déterminer le volume d'une couche-réservoir. Par contre, son interprétation exige beaucoup de circonspection sitôt qu'elle doit s'intégrer dans la description des faits qui ont affecté une aire sédimentaire.

Au cours des recherches stratigraphiques entreprises pour le compte de l'Iraq Petroleum Company, en Transjordanie, au Liban et en Syrie, maints exemples se sont offerts qui auraient pu émousser l'attrait d'une méthode par ailleurs si séduisante dans sa rigueur mathématique. Nous en citerons un dans les pages qui vont suivre.

Qu'il nous soit permis auparavant de remercier ici Monsieur N. E. Baker, chef géologue de l'I. P. C., d'avoir autorisé la présente publication. Nos sincères remerciements vont également à Monsieur F. E. Wellings et tout particulièrement à Monsieur F. R. S. Henson à qui la stratigraphie du Moyen-Orient doit l'intense développement qui l'a marquée ces dernières années.

Et que nos plus cordiales pensées aillent à nos collègues et amis : à R. Wetzel, H. Badoux, R. V. Browne, dont les travaux en Palmyrène facilitèrent grandement nos recherches, à J. P. Jaccard et Z. Donald Beydoun qui partagèrent avec nous les joies de l'exploration géologique dans ces vastes solitudes des pays du Levant.

INTRODUCTION

Au cœur du désert de Syrie, une chaîne de montagnes émerge brusquement de la plaine et forme une unité bien définie géologiquement : la Palmyrène.

Telle que nous la comprenons ici, la Palmyrène est limitée au Nord par le parallèle d'Esriyé et au Sud par celui de Palmyre. Elle s'étend, entre l'Oronte à l'Ouest et l'Euphrate à l'Est, sur une distance de 200 kilomètres.

Ainsi circonscrite, la Palmyrène a une superficie de 16.800 kilomètres carrés. Elle offre au regard des paysages vierges de toute végétation, paradis de géologues où s'étalent, au soleil d'Orient, de vastes affleurements de calcaires à patine dorée alternant avec des marnes vertes et des craies éclatantes de blancheur. La série stratigraphique visible va du Crétacé moyen au Mio-Pliocène.

En 1948, nous avons été chargé de faire une étude détaillée de ces formations et, en 1949, nous avons consigné les résultats obtenus dans une synthèse stratigraphique et tectonique de la Palmyrène. C'est de cette synthèse que nous extrayons la matière du présent mémoire

Afin d'illustrer la méthode dite des cartes à isopaques et de pouvoir en mesurer objectivement la valeur, nous nous proposons de décrire ici une partie du Crétacé supérieur.

Nous avons choisi cette partie parce qu'elle est comprise entre deux niveaux fossilifères constants ; sa base et son sommet sont, en outre, faciles à suivre sur le terrain grâce à la compacité de leurs assises.

Ces caractères, paléontologiques et lithologiques, confèrent à cette série crétacée les qualités exactement appropriées à l'établissement de cartes à isopaques.

Quel peut être l'intérêt de telles cartes dans la recherche stratigraphique en général et dans celle plus particulièrement orientée vers la prospection du pétrole, nous allons l'examiner brièvement.

Pour la clarté de l'exposé, nous décrirons d'abord un profil-type du Crétacé supérieur de la Palmyrène.

Dans un second chapitre, nous traiterons des variations d'épaisseur de la série choisie, des mesures constituant la base de la représentation graphique et de l'interprétation à laquelle conduit cette dernière.

Un troisième chapitre comprendra une étude stratigraphique résumée du Crétacé supérieur, d'où nous tirerons les conclusions qui s'imposent dans l'usage des cartes à isopaques.

LE CRÉTACÉ SUPÉRIEUR DE PALMYRÈNE

Sur toute l'étendue de la région étudiée, il y a parfaite continuité de sédimentation entre le Crétacé moyen et le Crétacé supérieur. Le Crétacé moyen connu sous le terme de « calcaire de Judée » constitue l'ossature des monts palmyréniens. Son sommet est couronné d'une lumachelle à Scaphopodes qui forme un niveau d'une remarquable constance. C'est à partir de cet horizon que le calcaire compact de Judée passe graduellement, avec ici et là quelques récurrences de faciès, aux formations plus crayeuses du Crétacé supérieur.

1. Profil-type du Crétacé supérieur

Au centre de la Palmyrène, nous avons levé le profil stratigraphique du Djebel el Marah dont voici les termes de bas en haut :

1. Lumachelle à <i>Scaphopodes</i> en bancs massifs	2,20 m.
2. Calcaire dolomitique avec quelques rares nodules de silex	2,10 m.
3. Calcaire devenant par place légèrement crayeux	3,00 m.
4. Calcaire organogène pétri de débris de <i>Pélécy-podes</i>	0,40 m.
5. Calcaire crayeux finement lité et alternant avec des bancs de silex	2,50 m.
6. Lumachelle à <i>Pélécy-podes</i> et à <i>Scaphopodes</i> avec prédominance des premiers	0,30 m.
7. Calcaire dolomitique compact devenant peu à peu finement granuleux et passant progressivement à 8	0,50 m.

8. Calcarenite ¹ que le microscope révèle être entièrement composée de rhomboédres de dolomie baignant dans un ciment de calcaire crayeux poreux et légèrement bitumineux	1,45 m.
9. Calcaire légèrement bitumineux	1,20 m.
10. Marnes crayeuses riches en <i>Meletta</i> et autres restes de poissons	3,10 m.
11. Calcaire crayeux finement lité	3,30 m.
12. Calcaire sublithographique coupé d'un banc de silex très mince	1,20 m.
13. Alternance de calcaire crayeux homogène et de calcaire crayeux granuleux ou calcarenite semblable à 8 mais sans traces de bitume. Riche en <i>Meletta</i> et autres restes de poissons. Quelques bancs renferment en outre des foraminifères assez mal conservés parmi lesquels on peut reconnaître les genres <i>Bulimina</i> , <i>Gumbelina</i> et <i>Globigerina</i>	6,05 m.
14. Calcaire massif parsemé de lentilles de silex. Par endroit fortement bitumineux	6,00 m.
15. Marnes crayeuses	0,30 m.
16. Craie alternant avec calcaire plaqueté	6,70 m.
17. Calcaire compact coupé de veines de calcite. Présente sur les surfaces altérées de nombreux fossiles silicifiés se détachant en relief, parmi lesquels on trouve <i>Ostrea villci</i> Coq. et de nombreux Inocerames	0,80 m.
18. Calcaire crayeux	7,20 m.
19. Lumachelle à <i>Pélécypodes</i> marquée de concrétions de calcédoine en forme de choux. Les restes de lamellibranches sont fortement limonitisés et font saillie. On reconnaît entre autres <i>Ostrea villci</i> Coq. <i>Ostrea nicaisei</i> Coq. <i>Ostrea vesicularis</i> aff. <i>Inoceramus regularis</i> aff.	6,00 m.
20. Alternance de calcaire crayeux et de bancs de silex	6,50 m.
21. Alternance de bancs de silex et de craie granuleuse entièrement constituée par des foraminifères parmi lesquels on distingue de nombreuses <i>Bulimina</i> , <i>Gumbelina</i> et <i>Anomalina</i> . De plus: <i>Globigerina cretacea</i> d'Orb. <i>Nonionella robusta</i> Plum.	9,80 m.

1) Nous empruntons ce terme à la terminologie anglaise (A. W. Grabau et H. W. Shimer dans *North American Index Fossils*). Il désigne une roche composée de petits fragments calcaires qui lui donnent l'aspect d'un grès. En fait, en Palmyrène, cette calcarenite a été prise quelquefois pour un grès.

22. Alternance semblable à 21 mais beaucoup moins riche en foraminifères	26,00 m.
23. Banc massif de silex parsemé de chailles. La disposition concentrique de la matière siliceuse autour de ces concrétions en voie d'épigénisation indique bien que la mise en place par banc du silex n'est pas originelle. Nous reviendrons sur cette question en pages 19 et 20	2,10 m.
24. Alternance de calcaire crayeux et de bancs de silex. Très nombreux restes de poissons	39,60 m.
25. Calcarenite alternant avec des marnes crayeuses pétries de <i>Meletta</i>	4,80 m.
26. Alternance de calcarenite et de bancs de silex. <i>Pelecypodes</i> ind.	7,80 m.
27. Alternance de calcaire crayeux et de bancs de silex. Restes de poissons très abondants	37,00 m.
28. Calcaire recristallisé rempli de <i>Bulimina</i> , <i>Gumbelina</i> , <i>Globigerina</i> , <i>Globigerinella</i> et <i>Nodosaria</i>	0,30 m.
29. Alternance de calcaire crayeux souvent recristallisé et de bancs de silex	61,70 m.

A partir d'ici, la série stratigraphique est marquée par l'imminence des phénomènes sédimentaires qui ont affecté une grande partie de la Palmyrène : une diminution progressive de profondeur qui se traduit à El Marah par l'apparition d'horizons phosphatés.

30. Marnes crayeuses	0,30 m.
31. Nodules de silex alignés dans le plan de stratification	0,03 m.
32. <i>Agrégat de rognons phosphatés</i> dans lequel on distingue des vertèbres métasomatosées, en forme de cônes opposés par le sommet. Le diamètre de la base des cônes est de l'ordre d'un demi centimètre. Le phosphate y est généralement blanc et l'analyse chimique révèle une teneur de 21% en PO_4	0,03 m.
33. Marnes crayeuses	0,40 m.
34. Nodules de silex alignés	0,03 m.
35. <i>Agrégat de rognons phosphatés</i> semblable à 32	0,01 m.
36. Nodules de silex alignés	0,03 m.
37. Marnes grumeleuses parfois lumachelliques	0,10 m.

38. Marnes à rares <i>nodules de phosphate</i>	0,20 m.
39. Calcaire crayeux plaqueté, parsemé de petits rognons siliceux	0,03 m.
40. Calcaire crayeux pétri de <i>Meletta</i>	1,20 m.
41. Alternance de craie marneuse (0,50 à 2 m.) et de calcaire crayeux (0,10 à 0,20 m.). Certains bancs de calcaire offrent la particularité de contenir exclusivement des <i>Bulimina</i>	23,00 m.
42. Calcaire crayeux blanc panaché de rose, caractérisé par la présence de concrétions calcaires en « miches ». Ces « miches » peuvent atteindre jusqu'à 1 mètre de diamètre	1,80 m.
43. <i>Agrégat de rognons phosphatés</i> semblable à 32	0,03 m.
44. Complexe crayeux intercalé de bancs de silex	15,20 m.
45. Alternance de calcaire recristallisé et de craie marneuse caractérisée par la présence de nombreuses « miches » calcaires semblables à celles du niveau 42	12,90 m.
46. Calcaire silicifié, très dense	0,30 m.
47. <i>Agrégat de rognons phosphatés</i> semblable à 32	0,02 m.
48. Craie	0,10 m.
49. Calcaire noduleux, partiellement silicifié. D'un rouge bordeaux	0,04 m.
50. <i>Agrégat de rognons phosphatés</i> semblable à 32	0,05 m.
51. Craie	1,00 m.

La série accuse un faciès de moins en moins profond. Avec l'horizon 44 disparaissent les derniers bancs de silex. Les formations crayeuses deviennent progressivement plus marneuses pour aboutir finalement à des marnes argileuses et à des argiles gypsifères. En voici la succession :

52. Calcaire granuleux quelque peu glauconitique	0,20 m.
53. Id. mais devenant plus marneux ..	0,30 m.
54. Microlumachelle presque entièrement constituée de <i>Bulimina</i> et mouchetée de <i>petits nodules de phosphate</i>	1,60 m.
55. Craie marneuse	3,30 m.
56. Alternance de marnes verdâtres et de calcaires marneux en petits bancs	23,35 m.
57. Marnes argileuses vertes coupées parfois par un banc calcaire de 5 à 10 cm. d'épaisseur. Veines de gypse	17,90 m.
58. Calcaire concretionné	0,05 m.
59. <i>Agrégat de rognons phosphatés</i> semblable à 32	0,08 m.
60. Argiles gypsifères vertes. Les veines de gypse sont orientées dans toutes les directions. Le microscope révèle la présence de fréquents minéraux authigènes dans les argiles	15,75 m.
61. <i>Agrégat de rognons phosphatés</i> , fortement cimenté. C'est le plus épais des horizons phosphatés. Comme ci-devant, il contient de nombreuses vertèbres en forme de cônes opposés par le sommet. De plusieurs analyses chimiques, il ressort que la teneur en PO ₄ des grains de phosphate varie de 18 à 25 %	0,65 m.
62. Marnes parfois crayeuses très riches en <i>Bulimina</i>	2,30 m.
63. Calcarenite marquant le sommet du complexe argilo-marneux	1,85 m.

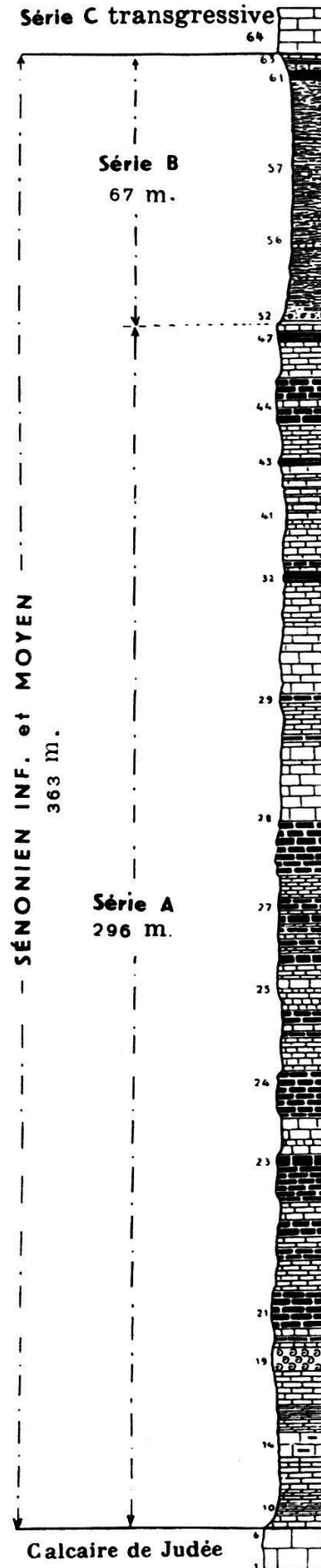


FIG. 1. — Coupe stratigraphique du Sénomien inférieur et moyen d'El Marah.

C'est ici que commence la série dite des craies de Palmyre. La calcarenite du niveau 63 devient graduellement plus crayeuse. Sans qu'il y ait eu lacune stratigraphique, le faciès des craies de Palmyre est nettement transgressif par rapport aux formations sous-jacentes. Nous n'en donnerons pas la description détaillée. Disons simplement qu'elles sont essentiellement constituées par des craies plus ou moins marneuses dont la partie inférieure représente le Crétacé, avec la microfaune suivante :

Globigerina cretacea d'Orb.
Bolivina incrassata Reuss
Gumbelina costulata Cush.
Gumbelina globulosa Ehrenb.
Globotruncana sp. div.
Bulimina sp. div.

La partie supérieure des craies de Palmyre est éocène. Le passage du Crétacé à l'Eocène n'est pas discernable sur le terrain et la limite entre ces deux formations ne peut être basée que sur l'étude des foraminifères. Etablie sur cette étude, l'épaisseur des craies de Palmyre d'âge crétacé est de 288 mètres.

Ce qui porte à 651 mètres la puissance totale du Crétacé supérieur du *Djebel el Marah*, à partir de la lumachelle du niveau 6.

2. Mesure des épaisseurs d'une série stratigraphique donnée.

Carte à isopaques

Considérons le profil-type du Crétacé supérieur figuré à la page 251. Trois unités lithologiques s'y distinguent clairement. Ce sont :

- A. A la base, un complexe caractérisé par la présence de nombreux bancs de silex. Ce complexe est représenté par les niveaux de 7 à 51 et mesure 296 mètres.
- B. Au centre, une série de marnes et d'argiles gypsifères bien marquée dans le paysage par sa couleur verte. Cette série comprend les niveaux de 52 à 63 et mesure 67 mètres.
- C. Au sommet, une masse homogène de craies blanches dont la base revêt les caractères de dépôts en transgression sur les marnes et argiles gypsifères. Son épaisseur, de l'horizon 63 aux bancs où la microfaune éocène se substitue à celle du Crétacé, est de 288 mètres.

Pour les raisons que nous avons données à la fin du chapitre précédent, la limite supérieure de ces craies d'âge crétacé ne peut être fixée sur le terrain. C'est pourquoi nous allons éliminer de nos mensurations la série C pour ne nous occuper que de A et de B.

Les unités lithologiques A et B vont ainsi former un tout limité à la base par une lumachelle et au sommet par des dépôts transgressifs.

Lumachelle et dépôts transgressifs constituent d'excellents bancs-repères dans la région étudiée. En effet, la lumachelle choisie, soit celle du niveau 6, contient les derniers *Scaphopodes* des « calcaires de Judée », *Scaphopodes* qui disparaissent ensuite définitivement de la succession stratigraphique. C'est, en outre, une formation compacte d'une remarquable extension horizontale : nous l'avons suivie, d'Ouest à Est, sur plus de 150 kilomètres sans la voir présenter la moindre solution de continuité, et l'avons trouvée partout où se montre le contact Crétacé moyen - Crétacé supérieur. Quant aux dépôts transgressifs, leur aspect, autant que leur faciès, tranche nettement sur celui des couches gypsifères. Craies blanches reposant sur marnes vertes, cela fait naître une sensation visuelle comparable à celle que produit une carte géologique en couleur.

Une telle limite, toute tracée, est soulignée encore par les formes plus saillantes que déterminent, sur les marnes, les dépôts de la transgression.

Ainsi comprises entre les bancs-repères 6 et 64 (fig. 1), les unités lithologiques A et B ont ensemble une puissance de *363 mètres*.

Ce chiffre représente un maximum que l'on ne trouve qu'au centre de la région étudiée, soit autour de la section d'El Marah, décrite ci-dessus.

De là, portons nos investigations vers le Nord. Nous y observons une lente diminution de cette épaisseur, aboutissant à *230 mètres* dans la série traversée par le forage de Dolaa.

Quant au comportement des formations en question vers le Sud, nous ne le décrivons pas ici. Ces couches n'affleurent que partiellement dans la région étudiée et, un peu en dehors d'elle, le forage de Cherrifé nous procure des renseignements que nous jugeons, pour l'heure, insuffisants.

Les données fournies par deux autres forages profonds et par de nombreuses sections, nous font constater que l'amincissement des séries A et B s'accroît rapidement vers l'Est et plus particulièrement vers le Sud-Est. Ainsi, près de Taïbe, ces séries atteignent *220 mètres* et à Doubayat elles ne forment plus qu'un ensemble épais de *50 mètres*.

Il en va de même à l'Ouest et au Nord-Ouest de la Palmyrène. De *363 mètres* d'épaisseur qu'elles accusent à El Marah, les unités A et B tombent à *240 mètres* au Djebel Choumariyé.

Nous ne citons là que les valeurs extrêmes des puissances de A et de B. L'énumération des épaisseurs mesurées dans les espaces intermédiaires serait fastidieuse. Le total de ces mesures, toutes effectuées à l'alidade à lunette, se monte à 65.

C'est dire que nous disposons d'un réseau de 65 points cotés, auxquels il faut ajouter ceux fournis par les forages profonds. Ce réseau est donc assez dense pour permettre la construction d'une carte à isopaques qui ne serait basée que sur des faits positifs excluant tout recours à l'hypothèse.

C'est une telle construction que nous avons tentée et nous reproduisons ici, à une échelle réduite, la carte obtenue :

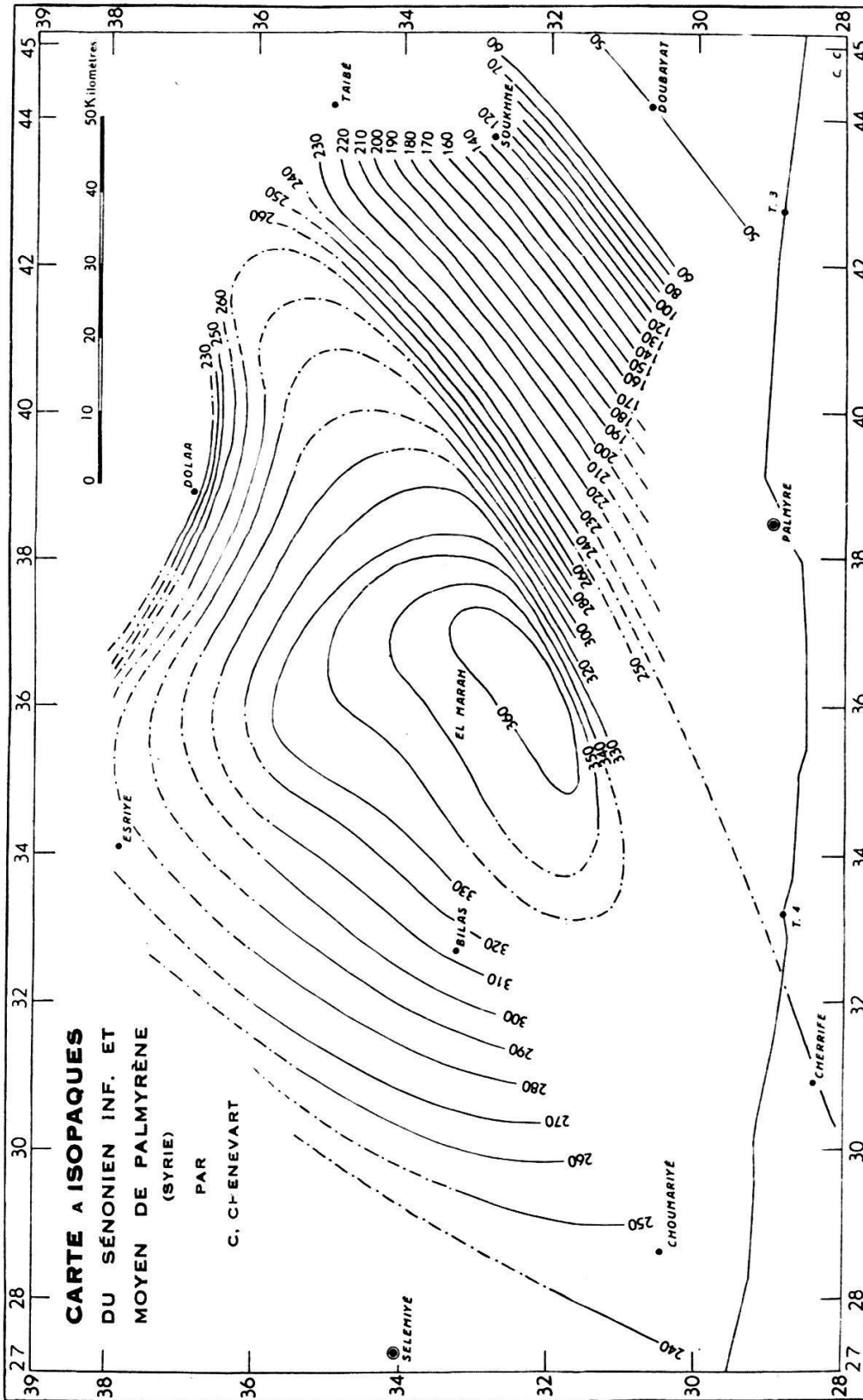


FIG. 2. — Carte à isopaques des formations d'âge sénonien inférieur et moyen (séries A et B, fig. 1, p. 251) comprises entre le sommet du « calcaire de Judée » et les « craies de Palmyre » ou série C). Pour légende, voir pl. I.

Intrinsèquement, cette carte à isopaques représente un bassin sédimentaire de 360 mètres de fond, dont les bords se relèvent de

part et d'autre d'un axe orienté SW-NE. Comme telle, elle n'exprime que la réalité d'une figure géométrique.

Or, pour qu'une carte à isopaques remplisse son objet, qui est d'offrir un élément de plus à la recherche géologique, il faut que cette figure géométrique soit, non pas considérée en elle-même, mais en fonction de sa position dans l'espace à un moment donné de l'histoire stratigraphique. C'est alors qu'intervient l'interprétation.

En l'occurrence, c'est au Crétacé supérieur que se situe le volume de sédiments circonscrit par notre figure géométrique. Quant à sa position dans l'espace à ce moment, voyons par quelle interprétation de la carte nous nous trouverons en mesure de la déterminer.

Avec les renseignements que nous fournit la représentation graphique seule, nous ne pouvons guère nous écarter de la notion de bassin sédimentaire. Le fond de ce bassin est constitué par la lumachelle à Scaphopodes du niveau 6. Sur cette lumachelle s'entassent les formations du Crétacé supérieur, variables dans leur épaisseur. A l'épaisseur la plus forte, marquée par l'isopaque 360, correspondrait le centre du bassin. Aux isopaques décroissant vers le Nord, l'Est, le Sud-Est, l'Ouest et le Nord-Ouest, correspondraient des talus aboutissant à quelque rivage, haut-fond ou cordillère.

L'espace occupé par le bassin serait donc compris entre des éminences structurales qui en feraient une unité bien individualisée.

Rivage, haut-fond et cordillère seraient en relation génétique avec des phénomènes d'orogénie naissante ou avec l'existence de vieux boucliers.

Cette interprétation assimilerait donc la réalité géologique à la réalité géométrique exprimée par la carte et ferait de la Palmyrène un *bassin fermé*. Elle concorderait ainsi avec l'hypothèse, généralement admise jusqu'ici, d'un bassin de Palmyre situé en bordure du bouclier arabe et fermé au Nord par la plate-forme d'Alep.

Or, qu'en est-il en fait ? Une telle interprétation de la carte à isopaques est-elle conciliable avec ce que révèle l'étude stratigraphique détaillée de la région ? C'est ce que nous allons voir maintenant en exposant brièvement l'essentiel des résultats obtenus dans ce domaine.

3. Stratigraphie d'ensemble du Crétacé supérieur de Palmyrène

Cartes de faciès

a) FACIÉS DE LA PARTIE CENTRALE. — Revenons à notre point de départ, la section d'El Marah (fig. 1, p. 251), située au centre de la région étudiée.

De la lumachelle à *Scaphopodes* 6 au banc 29, la série A est constituée par des formations essentiellement crayeuses, souvent pétries de *Lamellibranches* et de *Meletta*, et alternant avec des bancs de silex. De l'étude de cette faune découle la notion d'un faciès de mer calme, de profondeur relativement faible.

Quant à la signification des silex dans la détermination du faciès, nous citerons les quelques faits que voici :

Il est facile d'observer que le silex revêt ici trois aspects du phénomène de minéralisation qui confère à la série A son individualité:

1. A la base de l'horizon 23 (p. 249), s'insère un petit banc de calcaire crayeux, très dense, en voie de silicification. En l'espèce, cette silicification résulte d'un début de différenciation d'infimes corpuscules de SiO_2 qui sous le microscope apparaissent isolés dans une masse de CaCO_3 recristallisé.
2. Une seconde étape vers la silicification nous est présentée par des concrétions qu'un premier examen ferait prendre pour des nodules de silex mais qui, en fait, sont des chailles typiques. Une chaille se définit « un silex inachevé, en partie calcaire, et faisant encore effervescence aux acides »¹. La différenciation en concrétions se fait en zones ordonnées concentriquement, tout comme si la migration et la concentration des particules siliceuses s'étaient effectuées autour d'un pôle attracteur. L'horizon 23 offre toute la gamme des nodules, de la chaille au rognon de silex pur.
3. On assiste finalement au troisième stade de silicification en suivant le banc 23. Les nodules de silex, ordonnés dans un même plan, sont, à certains endroits, nettement individualisés, tandis qu'ailleurs on les voit se souder progressivement, se confondre les uns dans les autres, tout en conservant encore leur structure concentrique, puis ils finissent par ne plus former qu'un banc homogène de silex.

1) L. Moret, *Précis de géologie*, page 201. Masson, Paris 1947.

Il est clair que les nodules et les bancs de silex résultent de la ségrégation de la silice disséminée dans la masse crayeuse, puis de sa concentration, postérieure à la sédimentation. Nodules et bancs de silex sont donc incontestablement d'origine épigénique, dans la région qui nous intéresse¹. En conséquence, ils ne peuvent nous fournir en eux-mêmes un argument décisif dans la détermination d'un faciès. Quant à l'état primitif d'imprégnation siliceuse, il pose un problème dont l'étude comporte trop d'éléments pour que nous puissions l'aborder ici. Cependant, nous mentionnerons un fait qui nous paraît significatif :

Sans vouloir faire d'un cas particulier une règle générale, nous avons dû constater qu'en Palmyrène, bien souvent, l'abondance des débris de vertébrés est en fonction de la fréquence des bancs de silex. L'accumulation des *Meletta* et autres restes de poissons est très grande dans les craies alternant avec les bancs de silex, tandis qu'il y a carence presque complète de ces débris dans les craies dépourvues d'intercalations siliceuses. S'il existe en cela une relation de cause à effet, nous suggérons de la rechercher dans l'inaptitude de certains vertébrés à s'adapter aux conditions variables du milieu.

Si les variations brusques de la teneur en silice des eaux crétacées ont provoqué de véritables hécatombes, nous devons admettre que l'enrichissement en SiO_2 procédait d'apports directs saturant le milieu. Ce qui implique l'existence soit d'un rivage générateur, soit de phénomènes de mise en place de quelque masse éruptive telles que laves sous-marines ou « roches vertes »² du Nord syrien. Pour des raisons trop longues à énumérer ici, nous devons récuser ces deux dernières comme source de SiO_2 en Palmyrène. Quant au rivage devenu générateur de silice par suite de l'érosion de formations siliceuses émergées, quant à ce rivage, sans être très éloigné, il ne pouvait se trouver à proximité immédiate, car aucun élément détritique n'entre dans les formations du Crétacé supérieur d'El Marah.

Ainsi, la coexistence d'organismes benthoniques et pélagiques d'une part, l'influence directe des apports de l'érosion mais

1) Un autre exemple vraiment frappant nous est offert non loin de l'affleurement décrit. Une petite faille se trouve, en cet endroit, remplie de matériel crayeux, dans la masse duquel des rognons de silex sont, présentement, en voie de formation. Ces faits ne peuvent donc entrer dans la catégorie de ceux qui ont conduit L. Cayeux à la conclusion exposée en page 39 de l'ouvrage *Causes anciennes et causes actuelles en géologie*, Masson, Paris 1941.

2) F. E. Wellings, Rapport non publié.

l'absence totale de débris clastiques d'autre part, tout cet ensemble de faits situe les sédiments compris entre les horizons 6 et 29 en un milieu ni très profond, ni très proche d'un littoral.

Ces mêmes conditions régissent la sédimentation des craies sus-jacentes au niveau 29, mais, en outre, une lente diminution de profondeur se manifeste. Pour la première fois, des bancs de phosphate apparaissent dans la section d'El Marah. Nous en trouvons six, répartis sur 56,80 m., de l'horizon 30 à l'horizon 51 (p. 249 et 250).

Avec la série B (p. 251), allant du niveau 52 au niveau 63, la diminution de profondeur s'accroît encore et amène une sédimentation caractérisée par des microlumachelles de *Bulimina*, des marnes et argiles très gypsifères et des bancs de phosphate beaucoup plus puissants que précédemment; le tout exempt de débris clastiques.

Ce n'est qu'à l'extrême sommet de cette série B que s'achève cette persistante diminution de profondeur qui cependant n'amena jamais l'émersion du centre de la Palmyrène et dont les causes seront examinées ultérieurement (voir p. 266).

De ces données, brièvement esquissées, nous concluons que le centre de la région étudiée, comportant les plus épaisses séries crétacées de la Palmyrène, revêt un *faciès peu profond que nous qualifierons de pélagique* dans le sens que donne M. Gignoux¹ à ce terme.

Sans perdre de vue le caractère d'ubiquité des roches pélagiques², nous ne précisons la position du centre de l'aire sédimentaire en question par rapport au rivage, qu'après avoir décrit les zones adjacentes (voir p. 270).

1) M. Gignoux, *Géologie stratigraphique*, p. 8, 9, 11 et 424. 4e Edition, 1950, Masson, Paris.

2) J. Tercier en a donné des exemples décisifs dans son ouvrage intitulé: *Dépôts marins actuels et séries géologiques*. Ecl. geol. Helv. Vol. 32, Juin 1939.

b) FACIÈS DE LA PARTIE SEPTENTRIONALE. — A première vue, il n'existe pas de notables variations de faciès entre le Crétacé supérieur d'El Marah dont nous venons de parler et celui du Nord de la Palmyrène. Cependant, en examinant minutieusement une section de détail, il saute aux yeux qu'à la réduction de puissance, que nous avons mentionnée au chapitre précédent (p. 254), correspond, d'une part, une très forte diminution des bancs de silex dans la série A et, d'autre part, la disparition totale du gypse de la série B.

Ces faits, partiellement observables sur le terrain, ont été particulièrement bien mis en évidence dans le forage de Dolaa. Le premier nous paraît significatif de l'éloignement du rivage. Le second requiert quelques remarques relatives à l'hypothèse que le gypse de la série B n'est pas originel¹. Nous croyons cette hypothèse parfaitement justifiée pour ce qui concerne la position et la structure du gypse, position et structure certainement épigéniques. Mais que le gypse, cristallisé en veines et en bancs, provienne de la migration et de la concentration d'infimes particules primitivement disséminées dans les marnes, ou qu'il soit un produit tardif de l'altération de pyrites, il n'en demeure pas moins, dans les deux cas, un critère de faciès. Et son absence à Dolaa, non compensée par la présence des minéraux dont il procéderait, nous paraît décisive.

Nous considérons donc que le Nord de la région étudiée présente un *faciès de mer plus profonde* que la région d'El Marah.

c) FACIÈS DE LA PARTIE ORIENTALE ET SUD-ORIENTALE. - Nous avons vu que du centre à l'Est et au Sud-Est de la Palmyrène, les formations du Crétacé supérieur accusaient une rapide diminution de puissance, allant de 360 m. à El Marah à 50 m. à Doulayat.

En suivant ces formations dans ces deux directions, on constate premièrement que la série A s'amenuise alors que l'épaisseur des marnes gypsifères de la série B augmente aux dépens des craies sous-jacentes. Secondement, que ces formations ne révèlent nulle part de lacune stratigraphique. Troisièmement, qu'à partir d'une

1) F. R. S. H e n s o n , Communication verbale et rapports non publiés.

distance d'environ 60 km. à l'Est d'El Marah, les craies et les marnes commencent à se charger de débris clastiques. Ces débris, épars d'abord, sont constitués de grains polygéniques roulés; ils deviennent, latéralement, de plus en plus abondants et atteignent leur maximum vers le Sud-Est où ils forment de véritables bancs de grès.

Ces bancs de grès sont surtout nombreux dans la série A où ils alternent avec les craies et les silex. Dans la série B des marnes gypsifères, ils sont plutôt localisés vers le mur et le toit.

Le dernier affleurement de la partie sud-orientale de la Palmyrène se trouve près de Soukhné. Le faciès du Crétacé supérieur y devient foncièrement détritique et zoogène. Aux grès se mêlent de gros galets calcaires de 10 à 15 cm. de diamètre, des lentilles de lumachelles parfois épaisses de 7 mètres et d'innombrables rognons de phosphate.

Le type de *dépôts littoraux*, tel que l'a défini E. Haug¹, se trouve, ici, parfaitement réalisé.

d) FACIÈS DE LA PARTIE OCCIDENTALE ET NORD-OCCIDENTALE. - C'est en direction Ouest et Nord-Ouest que se manifestent les plus importantes variations latérales de faciès du Crétacé supérieur de Palmyrène.

La série A, bien que caractérisée encore par la présence des bancs de silex, devient nettement plus calcaire. Quoique, par suite de leur grande flottabilité, les tests d'Ammonites ne soient pas liés à un milieu déterminé, notons néanmoins leur abondance au Djebel Choumariyé, sommet situé à l'extrémité occidentale de la région étudiée.

Mais c'est la série B qui va nous révéler le plus clairement les différences bathymétriques existant entre les diverses parties de notre aire sédimentaire.

1) E. H a u g , *Traité de géologie*, vol. 1, *Les phénomènes géologiques*, p. 149.

Cette série, que nous avons vue, à El Marah, constituée essentiellement par des argiles et marnes gypsifères, peut, de là, être suivie aisément sur quelque 25 km. vers l'Ouest. Au terme de ce parcours, on la voit se charger graduellement de formations crayeuses. Marnes et craies alternent, bientôt égales en quantité. Puis, peu à peu et à mesure que l'on avance vers l'Ouest ou le Nord-Ouest, les craies l'emportent sur les marnes. Finalement, ces dernières disparaissent. Dans la section de détail que nous avons levée à Maksar, au pied du Djebel Choumariyé, la série B n'existe plus en tant qu'unité lithologique. Elle est remplacée par des craies, de même âge, rigoureusement caractérisées par leur microfaune.

Ainsi donc, des conditions de *mer plus profonde* qu'à El Marah ont présidé à la sédimentation du Crétacé supérieur des régions occidentales et nord-occidentales de la Palmyrène.

e) COORDINATION DES FAITS OBSERVÉS ET CONCLUSIONS STRATIGRAPHIQUES. — Les faciès que nous venons de décrire caractérisent l'ensemble des formations crétacées que nous nous sommes proposé d'examiner, à savoir les séries A et B comprises entre la lumachelle à *Scaphopodes* prise comme banc-repère du sommet du « calcaire de Judée » et les premiers dépôts transgressifs des « craies de Palmyre » que nous avons appelés série C (fig. 1, p. 251).

Sans entrer dans le détail des déterminations paléontologiques, disons que le complexe des craies et silex de la série A renferme des *Ostréidés* et une microfaune du Santonien et du Campanien inférieur¹, tandis que les marnes vertes de la série B représentent une partie du Campanien moyen.

Afin de simplifier l'exposé, nous adopterons ici la classification

1) L'absence de fossiles du Coniacien n'implique évidemment pas que cet étage ne soit pas présent dans la série A. Notons qu'il n'est cependant pas exclu que le « calcaire de Judée », considéré comme limité au sommet par la lumachelle à *Scaphopodes*, comprenne outre le Crétacé moyen, l'extrême base du Crétacé supérieur.

américaine qui, contrairement à notre classification française, n'inclut pas le Maestrichtien dans le Sénonien. Nous aurons ainsi :

CRÉTACÉ SUPÉRIEUR	}	Danien	}	SÉNONIEN
		Maestrichtien		
		Campanien		
		Santonien		
		Coniacien		

ce qui nous permet de désigner la série C comme dépôts de la transgression du Sénonien supérieur.

Nos unités lithologiques décrites à la page 253 seront donc définies paléontologiquement comme suit :

SÉRIE C, transgressive	{	Sommet du Campanien	{	supérieur	}	SÉNONIEN
SÉRIE B, marnes vertes	{	Campanien moyen	{	moyen		
SÉRIE A, craies, silex	{	Camp. inf. Santonien	{	inférieur		

Ceci dit, examinons la répartition horizontale des faciès du Sénonien en Palmyrène.

Nous constatons d'abord que cette répartition se fait en zones parallèles entre elles, selon une ligne sinueuse d'orientation générale SW-NE et qu'elle est sensiblement la même pour les deux séries A et B.

Ensuite, il est manifeste que les zones de faciès ainsi ordonnées accusent, d'une part, la proximité d'un rivage au Sud-Est et, d'autre part, un approfondissement de la mer à mesure que l'on s'avance vers le Nord et le Nord-Ouest. Ceci ressort clairement de l'examen des deux cartes de faciès reproduites sur la planche annexe (voir pl. I, fig. *b* et *c*).

La carte de faciès du Sénonien inférieur (pl. I, fig. *b*) nous

montre la localisation des dépôts clastiques, grès ou conglomérats, dans la partie orientale de la région étudiée, avec cette différence qu'à Taïbe ces dépôts clastiques sont beaucoup plus rares qu'à Soukhné. Grès et conglomérats disparaissent graduellement et vers le Nord et vers le Nord-Ouest.

La seconde carte (pl. I, fig. c) illustre le fait que durant le Sénonien moyen, la sédimentation a été régie par les mêmes facteurs que précédemment. Les marnes de la série B ne contiennent des débris clastiques que dans la partie sud-orientale de la Palmyrène. L'approfondissement de la mer vers le Nord et le Nord-Ouest est marqué par la disparition des grès et par le passage latéral progressif des marnes gypseuses aux craies.

Cette constance dans la répartition horizontale des faciès durant la plus grande partie du Sénonien¹, exclut les faits accidentels que seraient, par exemple, le transport de débris clastiques par des courants sous-marins, en milieu profond très éloigné du rivage, ou l'existence, sur l'aire sédimentaire, de mouvements orogéniques capables d'y créer un relief.

Ainsi, la persistance des caractères détritiques dans la seule région de Soukhné-Taïbe requiert la permanence d'éléments structuraux générateurs de grès et de conglomérats, et situe, en conséquence, la zone sud-orientale de la Palmyrène à proximité d'un littoral.

De même, le parallélisme des zones de faciès implique, pour ces zones, une commune dépendance d'un même facteur sédimentaire : la distance qui les sépare respectivement du rivage. Si quelque mouvement orogénique s'était manifesté au centre ou en tout autre autre point de l'aire sédimentaire en y déterminant des géanticlinaux, embryons des anticlinaux actuels, les zones de faciès s'ordonneraient également autour de ces géanticlinaux et non pas seulement selon une ligne parallèle au littoral. Or il n'en est rien et les lignes de faciès sont toutes obliques par rapport aux lignes tectoniques actuelles. Ainsi, s'il est probable que le Crétacé du bouclier arabe ait vu s'ébaucher des mouvements analogues aux mouvements antésénoniens des chaînes subalpines (massif du Dévoluy) ou aux

1) Remarquons que les faciès du sommet du "calcaire de Judée" montrent la même répartition horizontale que le Sénonien décrit ici. Près de Taïbé, par exemple, la lumachelle à *Scaphopodes*, fortement corneulisée et très épaisse, se trouve localement mouchetée de grains de sable polygéniques.

mouvements « pré-Gossau » des Alpes orientales, il est certain que ces mouvements n'ont pas plissé l'aire sédimentaire de la Palmyrène.

En admettant que des régions périphériques, situées en dehors des limites que nous avons imparties à la Palmyrène, aient été affectées par une orogénèse antésénonienne¹, c'est à cette orogénèse qu'il faudrait imputer les phénomènes que nous pourrions, dès lors, qualifier de compensateurs : nous voulons parler des phénomènes de subsidence dont nous avons noté le maximum d'effet à El Marah. Or, quelles que soient les causes de cette subsidence, pourvu seulement qu'elle puisse être prouvée, elle élimine par son existence même toute possibilité que la genèse des anticlinaux actuels de la Palmyrène se soit amorcée durant le Crétacé. Dans l'état présent de la science géologique, les faits observés dans notre région constituent indéniablement la preuve requise.

En effet, nous avons vu qu'à El Marah, où elles atteignent leur maximum d'épaisseur, les séries A et B revêtent toujours les caractères d'un faciès peu profond. Cette constatation s'applique non seulement à ces deux séries sénoniennes, mais également à toutes les formations crétacées et éocènes² qui affleurent au centre de la Palmyrène. Si nous prenons ces affleurements à partir de la base du « calcaire de Judée » daté du Crétacé moyen³ jusqu'au sommet des « craies de Palmyre » d'âge éocène, nous obtenons un total d'environ 1400 mètres⁴ de sédiments caractérisés, de bas en haut, par des faciès à *Ostracés*, par la présence d'anhydrite et de marnes gypseuses et par la prédominance des craies ; ce sont donc 1400 mètres de sédiments uniformément déposés sous une faible épaisseur d'eau.

Une pareille accumulation constitue un fait d'observation

1) Effectivement, il semble bien qu'au Sud-Est de la Palmyrène, soit dans la direction ou nous plaçons notre ligne de rivage, il se soit produit des mouvements crétacés.

Avec F. R. S. Henson, nous croyons que la région de Ga'ara, située à 180 km. au Sud-Est de Soukhné, était terre ferme au Sénonien. Plus près de la Palmyrène, les affleurements de Crétacé font malheureusement défaut.

2) Nous pourrions y ajouter les formations oligocènes et miocènes, également de faciès peu profond, mais comme ils diffèrent, par leur nature essentiellement syntectonique, des sédiments crétacés et éocènes, nous préférons ne pas les inclure dans la présente étude.

3) Précisons que par base du « calcaire de Judée » nous entendons les bancs qui nous ont livré les premiers fossiles cénomaniens, *Ostrea flabellata*, *O. columba* (faune du Maine).

4) Soit 250 m. en moyenne de « calcaire de Judée », 296 m. de craies et silex de la série A, 67 m. de marnes gypseuses de la série B, 763 m. de « craies de Palmyre » (dont 288 de la série C crétacée), ce qui représente en d'autres termes :

250 m. de Crétacé moyen affleurant.

651 m. de Crétacé supérieur.

475 m. d'Eocène. Donc un total de 1376 mètres.

suffisamment explicite pour nous dispenser d'avoir recours à d'autres preuves de l'existence d'une zone subsidente en Palmyrène et pour écarter, par voie de conséquence, l'hypothèse d'un plissement créacé dans ce secteur.

Cette zone de subsidence, dont l'axe peut très bien s'être déplacé durant le Crétacé ou l'Eocène, nous la trouvons, durant le Sénonien, vers le centre de la région étudiée. Elle se distingue, lors du dépôt des séries A et B, par une disharmonie entre le mouvement d'affaissement du fond marin et l'intensité du remblayage sédimentaire : les sédiments s'accumulent plus rapidement que ne s'affaisse l'aire de sédimentation, ce qui provoque les lentes diminutions de profondeur dont nous avons parlé au début de ce chapitre (p. 259).

Aisément observables dans la région de Soukhné-Taïbe, où la sédimentation est alimentée par le littoral voisin, ainsi que dans la région subsidente d'El Marah, qui est, en moins prononcé, ce que M. Gignoux nomme élégamment une « zone d'appel de sédimentation », ces diminutions de profondeur sont moins sensibles au-delà d'El Marah (p. 262) et deviennent ensuite de moins en moins perceptibles à mesure que l'on avance vers les régions pélagiques de l'Ouest et du Nord-Ouest.

En résumé, nous pouvons conclure que l'étude stratigraphique de la Palmyrène nous révèle l'existence d'une mer sénonienne peu profonde, située en bordure du vieux bouclier arabe.

Cette mer est fermée par une ligne de rivage au Sud-Est, tandis qu'elle est ouverte vers le large au Nord et au Nord-Ouest.

Son aire sédimentaire est marquée, au centre, par une zone de subsidence dont l'axe est parallèle à la ligne de rivage.

Hormis les mouvements d'une lente subsidence, aucune déformation n'a affecté le fond sur lequel se déposaient les sédiments que nous avons groupés en séries A et B et qui sont d'âge sénonien inférieur et moyen.

C'est sur ces sédiments que se déposeront, sans discordance angulaire, les craies de la transgression du Sénonien supérieur (série C) dont la frappante uniformité pétrographique témoignera, une fois de plus, de l'absence de relief créacé sur l'aire sédimentaire de la Palmyrène.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

L'interprétation de la carte à isopaques (v. p. 255, fig. 2, et p. 256), étayée par les seuls faits positifs que traduisent des mesures géométriques, faisait de la Palmyrène un bassin fermé, qu'une section transversale représenterait schématiquement ainsi :



FIG. 3. — Schéma illustrant l'interprétation de la carte à isopaques.

L'étude stratigraphique essentiellement basée sur l'observation directe et établissant les rapports entre les données géométriques et les faits géologiques, aboutit aux conclusions résumées ci-contre (voir p. 266) qui font de la Palmyrène une aire sédimentaire dont la figure 4 représente une coupe schématique.

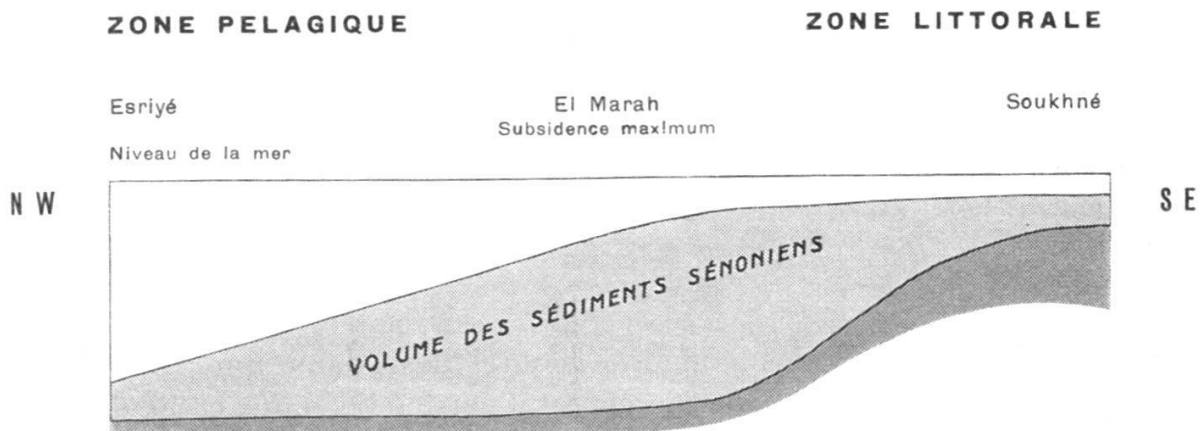


FIG. 4. — Schéma d'une section à travers la Palmyrène rendant compte des données géométriques (carte à isopaques) et des faits stratigraphiques (carte de faciès).

Ces deux figures nous montrent un même volume de sédiments sénoniens mais, de la différence d'inclinaison de ce volume par rapport à l'horizontale, naît une totale opposition entre la réalité géométrique exprimée par la figure 3 et la réalité paléogéographique que concrétise la figure 4.

En effet, l'hypothèse implicite de la méthode géométrique confère à la diminution d'épaisseur des sédiments vers le Nord-Ouest, la même signification qu'à celle constatée vers le Sud-Est : elle attribue, de même, aux formations de plus grande puissance une position centrale correspondant, à El Marah, à un maximum de profondeur.

Or, l'analyse stratigraphique nous révèle que, des deux régions où les sédiments sénoniens diminuent d'épaisseur, l'une, celle du Sud-Est, annonce l'approche d'un rivage, tandis que l'autre, celle du Nord-Ouest, dénote, au contraire, son éloignement. Quant à la plus grande puissance des sédiments, elle ne se situe pas au centre et dans la partie la plus profonde d'un bassin fermé, mais en bordure d'une aire sédimentaire ouverte vers le large et dont les régions profondes se trouvent beaucoup plus loin vers le Nord-Ouest.

L'hypothèse suggérée par le seul examen de la carte des isopaques du Sénonien de Palmyrène se trouve donc infirmée par les faits. Elle n'est pas conciliable avec les résultats que fournit l'étude stratigraphique. S'il en est ainsi, c'est que cette hypothèse ne s'appuie que sur des données qui, tout exactes qu'elles sont dans leur rigueur mathématique, ne peuvent cependant conduire qu'à des présomptions lorsqu'il s'agit de localiser des *lignes de rivage*, localisation si importante en géologie du pétrole. En effet, l'interprétation d'une carte à isopaques ne saurait être que des plus conjecturales tant qu'elle ne tient pas compte des évidences suivantes :

1. L'amincissement des couches géologiques, dans une direction donnée, n'implique pas forcément l'existence, dans cette direction, d'une terre émergée ou de quelque éminence structurale telle que haut-fond ou cordillère. *Cet amincissement peut signifier aussi bien zone pélagique peu ou très profonde que zone littorale.* Par voie de conséquence, une lacune stratigraphique peut aussi

bien se produire par suite d'absence de sédimentation sous une grande épaisseur d'eau que par suite d'une émergence.

2. Les formations présentant les plus grandes puissances ne se situent pas nécessairement dans la zone la plus profonde d'un bassin sédimentaire. Nos observations, autant dans le Proche-Orient qu'en Europe et en Afrique du Nord, prouveraient, au contraire, que les zones profondes ne comportent généralement que des sédiments de faible épaisseur, tandis que nous ne pouvons que confirmer la loi formulée par M. Gignoux¹, à savoir que *les épaisseurs maxima se rencontrent dans la zone de passage des faciès littoraux aux faciès profonds*. Notons que par la nature de ses dépôts, cette zone de passage se rattache davantage aux premiers de ces faciès².

Dès lors, la seule méthode permettant de préciser le sens géologique des variations d'épaisseur est celle consistant à mener de front mesures géométriques et étude stratigraphique de détail et d'ensemble. Une carte à isopaques ne prendra toute sa valeur que si elle est juxtaposée à une carte de faciès.

1) M. Gignoux, *Géologie stratigraphique*, p. 13. 4e Edition 1950, Masson, Paris.

2) Pour tout ce qui a trait à la signification de l'amincissement des couches et à la position des zones de plus grande accumulation sédimentaire. voir entre autres publications :

J. Bourcart, *La marge continentale. Essai sur les régressions et transgressions marines*. Bull. Soc. Géol. de France, 5e série, tome VIII, 1938, p. 393 à 474.

M. Gignoux, op. cit.

J. Jung, *Principes de géologie du pétrole*. Ed. 1935, Librairie polytechnique Ch. Béranger, Paris et Liège.

J. Jung et H. Erhart, *Structure géologique des Baronnies au N du Mont-Ventoux*, Trav. lab. géol. Univ. Grenoble, 17, 1933.

R. Laffite, *Les limites stratigraphiques du Sénonien dans l'Aurès oriental (Algérie)*. Cptes rendus Ac. Sc., 10 déc. 1934.

R. Laffite, *La formation et l'épaisseur des sédiments dans l'Aurès (Algérie)*. Arch. Mus. d'Hist. nat., vol. du tricentenaire, 6e série, tome 12, 1935.

J. Tercier, *Dépôts marins actuels et séries géologiques*. Ecl. geol. Helv., vol. 32, Juin 1939.

Mentionnons un exemple fourni par J. Jung et que cite M. Gignoux (op. cit. p. 435): l'épaisseur de la série Valanginien-Barremien n'est que de 150 à 200 m. au centre de la fosse vocontienne, tandis qu'elle atteint 1000 m. sur le flanc N du Ventoux.

Les travaux de M. Lugeon, A. Jeannet et E. Gagnebin ont établi des faits semblables dans les nappes helvétiques.

Pour mieux faire ressortir la nécessité de cette juxtaposition, nous avons rassemblé, sur une même planche, la carte à isopaques, les cartes de faciès et une coupe stratigraphique du Sénonien inférieur et moyen de Palmyrène (voir planche annexe I).

Le texte se rapportant à la figure *a* de cette planche se trouve aux pages 253 et suivantes. Les figures *b* et *c* sont décrites aux pages 263 et 264. La confrontation de ces trois figures est suffisamment explicite en soi. La figure *d* illustre en coupe ce que les trois cartes indiquent en planimétrie, soit les variations latérales d'épaisseur et de faciès du Sénonien. Cette section, dont nous n'avons pas indiqué le tracé sur les cartes parce que facile à suivre en se référant aux noms de lieux, complète le schéma que nous avons donné au début de ce chapitre (page 267, fig. 4).

Pour tirer de ces cartes et profil juxtaposés deux exemples de ce que nous disions tout à l'heure, notons la position d'El Marah-Khachabiye dans la zone de maximum de subsidence qui est aussi la zone de passage des faciès littoraux aux faciès pélagiques plus profonds. Remarquons ensuite que si la zone pélagique du Nord-Ouest a persisté dans son approfondissement au-delà de la région étudiée, on pourrait s'attendre à trouver une lacune du Sénonien au terme de son amincissement.

Et concluant maintenant que, dans la recherche stratigraphique en général et dans celle plus particulièrement orientée vers la prospection du pétrole, *les cartes à isopaques ne sont vraiment utiles que si elles sont accompagnées de cartes de faciès*, nous ne perdrons cependant pas de vue que ces cartes à isopaques peuvent servir, à d'autres fins, isolément (exemple déjà mentionné : mesure du volume d'une couche-réservoir, etc.) et qu'elles peuvent être utilisées de même lorsqu'il s'agit d'évaluer, en première approximation, l'ensemble des conditions sédimentaires de vastes régions comportant d'épaisses séries d'âges divers. Tel serait le cas d'une carte qui montrerait les variations de puissance de l'ensemble Crétacé-Eocène-Oligocène de Syrie, car, alors, des phénomènes de migration des axes de subsidence ou d'accentuation de la courbure du fond de l'aire sédimentaire avec déplacement subséquent des zones de faciès (ref. J. Bourcart, op. cit.), de tels phénomènes, parmi d'autres encore,

rendraient illusoire toute tentative visant à appliquer la méthode préconisée ici. Des relations, entre faciès et épaisseur des sédiments, aussi claires que celles que présente le Sénonien de Palmyrène, ne peuvent être établies que lorsqu'il s'agit de formations de faible extension verticale (temps) et horizontale (espace).

Ainsi donc, en développant ce que les sciences exactes peuvent apporter à la recherche géologique, l'observation directe, puis l'analyse et la coordination des faits nous ont permis de dégager les traits essentiels de la Palmyrène au Crétacé supérieur, de cette aire sédimentaire peu profonde, bordée au Sud-Est par le continent arabe et ouverte au Nord-Ouest vers les régions pélagiques, domaine probable du géosynclinal méditerranéen.

LISTE DES FIGURES

-
1. Coupe stratigraphique du Sénonien inférieur et moyen, p. 251.
 2. Carte à isopaques du Sénonien inférieur et moyen, p. 255.
 3. Schéma illustrant l'interprétation de la carte à isopaques, p. 267.
 4. Schéma d'une section à travers la Palmyrène, rendant compte des données géométriques (carte à isopaques) et des faits géologiques (cartes de faciès), p. 267.

Planche I. — RELATIONS ENTRE ÉPAISSEUR ET FACIÈS D'UNE SÉRIE STRATIGRAPHIQUE DONNÉE :

Carte à isopaques du Sénonien inférieur et moyen.

Carte de faciès du Sénonien inférieur.

Carte de faciès du Sénonien moyen.

Coupe montrant les variations d'épaisseur et de faciès.

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS	243
Introduction	245
Le Crétacé supérieur de Palmyrène	247
1. Profil-type du Crétacé supérieur	247
2. Mesure des épaisseurs d'une série stratigraphique donnée. <i>Carte à isopaques</i>	253
3. Stratigraphie d'ensemble du Crétacé supérieur de Palmyrène. <i>Cartes de faciès</i>	257
a) Faciès de la partie centrale	257
Remarque complémentaire sur l'origine épigénique des bancs de silex	257
b) Faciès de la partie septentrionale	260
c) Faciès de la partie orientale et sud-orientale	260
d) Faciès de la partie occidentale et nord-occidentale	261
e) Coordination des faits observés et conclusions stratigraphiques	262
Résumé stratigraphique	266
Conclusions générales	267
Liste des figures	272

Rédaction: Mlle Suzanne Meylan, professeur, Treyblanc 6, Lausanne

Imprimerie A. Marchino, Lausanne

Clichés Reymond, Photogravure, Lausanne

CARTE A ISOPAQUES ET CARTE DE FACIÈS

Fig. a, b, c.

- Crête
- Marne argileuse
- Gypse
- Grès
- Conglomérat
- Silex
- Calcaire crayeux
- Point d'observation
- Pipe-line et station
- Isopaque interpolée

COUPE TRANSVERSALE

Fig. d.

- Crête
- Marne argileuse
- Gypse
- Intercalaire calcaire dans les marnes
- Grès
- Conglomérat
- Silex
- Calcaire crayeux

RELATIONS ENTRE ÉPAISSEUR ET FACIÈS D'UNE SÉRIE STRATIGRAPHIQUE DONNÉE

considérées du point de vue de la localisation des lignes de rivage en géologie du pétrole.

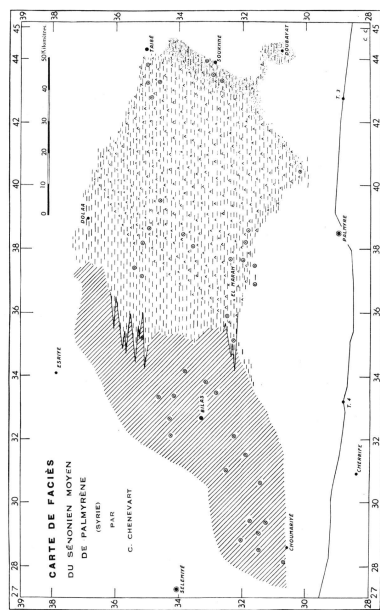


Fig. c.

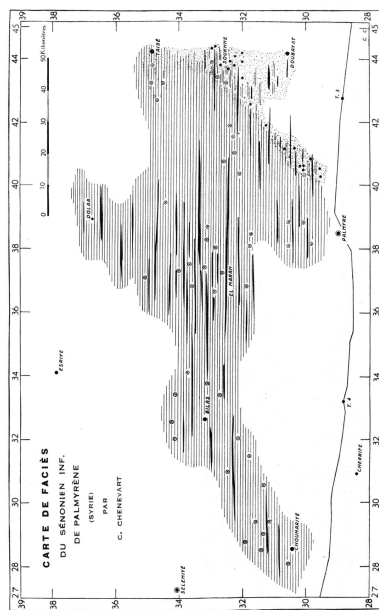


Fig. b.

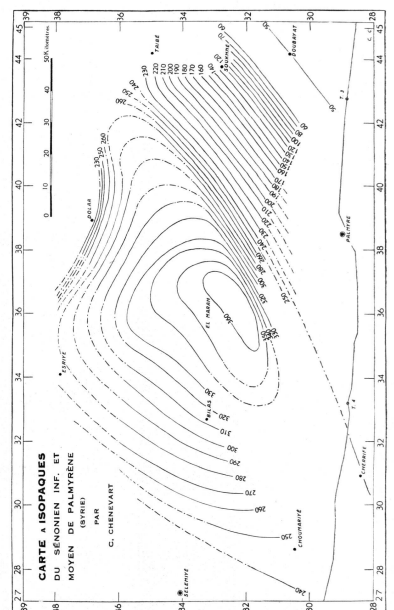


Fig. a.

NW

Z O N E P E L A G I Q U E

RÉGION ESRIYÉ CHOUMARIYÉ FLANC NE DU BILAS

RÉGION EL MARAH - KHACHABIYE

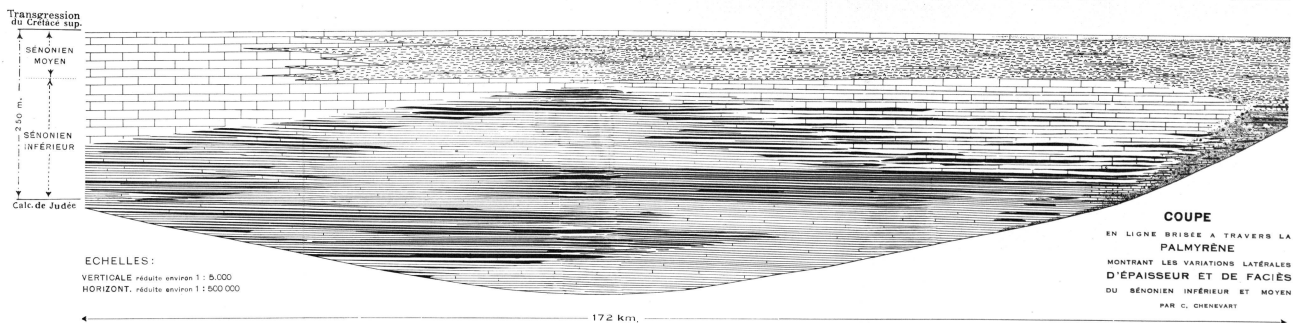
Z O N E

L I T T O R A L E

BOUEIDA

RÉGION MINNCHAR-TAIBE

SOUKHNE



ECHELLES:
 VERTICALE: résultat environ 1 : 5.000
 HORIZONT. résultat environ 1 : 500.000

COUPE
 EN LIGNE BRISÉE A TRAVERS LA
 PALMYRÈNE
 MONTRANT LES VARIATIONS LATÉRALES
 D'ÉPAISSEUR ET DE FACIÈS
 DU SÉNONIEN INFÉRIEUR ET MOYEN
 PAR C. CHENEVART

Fig. d.