ÉTUDES GÉOLOGIQUES DANS LA RÉGION DE LA SHÉPHÉLAH EN PALESTINE

Par Moshè AVNIMELECH.

(Avec 14 fig. dans le texte, une carte géologique et 4 planches phot. hors texte.)

SOMMAIRE

Introduction.

I. — **Aperçu historique.**

II. — **Géographie et Morphologie.**

1. Généralités.
2. Limites et aspect général de la région étudiée.
3. Subdivisions morphologiques.
   - *a)* Bordure des Monts de la Judée.
   - *b)* La vallée d'Artuf.
   - *c)* Le chaînon de Sar'a et d'Imwas.
   - *d)* La vallée d'Ayalon.
   - *e)* Les montagnes de Gezer.
   - *f)* La plaine de Ramle-Lydda.
   - *g)* Les montagnes de Barfilya.
   - *h)* La Plaine Maritime (ou Côtière).

III. — **Stratigraphie.**

1. Généralités.
2. Le Cénomanien.
   - A. *Caractères généraux.*
   - B. *Descriptions locales.*

3. Le Turonien.

A. *Caractères généraux.*

B. *Descriptions locales.*

I. La bordure des Monts de la Judée.

1° Coupe de l'Ouadi Sarar.

2° Entre l'Ouadi Sarar et Yalu.

II. Les montagnes de Barfilya.

1° Al Qubab.

2° Entre Al Qubab et Jimzu.

3° Al Haditha Deir Tarif.

III. Le Turonien dans les sondages.

C. *Conclusions.*

4. Le Sénonien.

A. *Caractères généraux.*

B. *Descriptions locales.*

I. La bordure des Monts de la Judée.

1° La coupe de l'Ouadi Sarar.

2° De l'Ouadi Sarar à Yalu.

II. Les montagnes de Barfilya.

1° De Beit Nuba à Al Qubab.

2° Al Qubab.

3° D'Al Qubab à Al Haditha.

III. Le Sénonien dans les sondages.

1° La région montagneuse.

2° La plaine de Ramle-Lydda.

C. *Conclusions.*

5. L'Eocène.

A. *Considérations générales.*

I. Caractères généraux de l'Eocène palestinien.

II. Couches de Sar'a : leur position stratigraphique.

B. *Descriptions locales.*

I. La vallée d'Artuf.

II. Le chaînon de Sar'a et d'Imwas.

III. La vallée d'Ayalon.

IV. Les montagnes de Gezer.

V. La plaine de Ramle-Lydda.

VI. L'Eocène dans les sondages.

C. *Conclusions.*

6. L'Oligocène.

A. *Considérations générales.*

B. *Descriptions locales.*

I. La région de Ramle.

1° L'affleurement de Ras Abu Hammid.

2° L'affleurement de Batn el Adas.

3° L'Oligocène dans les sondages.

II. La région à l'W de Beit Jibrin.

III. Autres régions de Palestine.

C. *Conclusions.*

7. Le Miocène.

A. *Considérations générales.*

B. *Descriptions stratigraphiques.*

I. Le Burdigalien.

II. Le Vindobonien.

III. Formation d'âge incertain.

C. *Conclusions.*

8. Le Pliocène.

A. *Généralités.*

B. *Descriptions locales.*

I. Faciès marneux.

1° Les marnes de Mansura, de Ouadi Malih et de Tell Malat.

2° Les marnes de Lydda.

3° Marnes sableuses de Deir Tarif.

II. Faciès gréseux.

III. Faciès conglomératique, fluvio-marin.

C. *Conclusions.*

9. Les formations volcaniques.

A. *Généralités.*

B. *Descriptions locales.*

C. *L'âge des formations volcaniques.*

10. Les formations fluviatiles.

11. Les formations modernes.

1° Formation du « Nari ».

2° L'action des Gastropodes lithophages.

3° Les sols.

IV. — **Structure tectonique.**

A. *Historique.*

B. *Anticlinaux et synclinaux.*

C. *Les failles.*

1° La « zone des failles ».

2° Failles transversales.

V. — **Conclusions générales.**

A. *L'histoire géologique de la Palestine.*

B. *La structure de la Palestine.*

1° Les plis.

2° Les failles.

VI. — **Résumé. — Tableau stratigraphique.**

Liste des ouvrages consultés.

Une carte géologique.

Quatre planches phot. hors texte.

Introduction

C'est sur les conseils de M. Léo PICARD, Directeur en chef du Laboratoire de Géologie de l'Université hébraïque de Jérusalem, que je me suis décidé, au début de 1933, à entreprendre des recherches géologiques dans la région de la Shéphélah en Palestine. Les résultats de ces recherches sont exposés dans le travail suivant. Cette région était considérée auparavant comme très monotone, tant du point de vue morphologique que du point de vue géologique. Mais, dès le début de mes recherches, je me suis aperçu que cette monotonie n'était que superficielle et qu'au contraire ce pays présente des problèmes très nombreux et très intéressants, ayant une importance générale pour la géologie de la Palestine et même pour celle des pays voisins.

Je dois donc ma reconnaissance à M. PICARD, lequel, par son heureuse suggestion, m'a donné l'occasion d'étudier et d'expliquer ces problèmes. Cette reconnaissance est d'autant plus vive que j'ai pu bénéficier des conseils de M. PICARD à titre d'Assistant depuis 1931, tant dans son laboratoire que sur le terrain, dans les différentes régions de notre pays, et cela souvent dans des conditions difficiles, parfois même dangereuses. C'est sous sa très compétente direction que j'ai fait mes premières études géologiques sur la terre palestinienne. Pendant toute la durée de mes recherches, M. PICARD m'a donné plusieurs témoignages de sa bienveillance, et c'est grâce à cela que j'ai pu, malgré mes devoirs d'Assistant, faire quelques séjours en Europe. C'est lui aussi qui m'a conseillé de me rendre dans le Laboratoire de Géologie de l'Université de Grenoble pour coordonner mes recherches et achever mes déterminations.

Sans doute ne pouvais-je choisir pour achever mon travail une meilleure place que celle-là, car j'y ai trouvé des Maîtres excellents qui ont bien voulu me guider à chaque instant. M. le Professeur Maurice GIGNOUX a bien voulu me consacrer une partie de son temps pour la discussion des détails de mon travail. Sa critique, ses conseils et son approbation m'ont permis de préciser mes idées et ils restent pour moi des plus précieux. Je tiens à souligner ici l'aide si importante qu'il a apportée à la correction de mon manuscrit, très imparfait du point de vue de la langue.

De même, M. le Professeur Léon MORET a bien voulu suivre mes travaux avec une bienveillance amicale. J'ai pu plusieurs fois profiter de sa profonde connaissance des terrains crétacés et tertiaires, surtout des régions Nord-Africaines, qui se rapprochent à quelques égards de ceux de la Palestine.

Le Laboratoire de Géologie de Grenoble, si riche en collections et en ouvrages scientifiques et possédant un excellent cabinet photographique, me donnait les conditions les plus favorables pour mes études. C'est grâce à ces conditions que j'ai pu facilement y exécuter moi-même tous les clichés reproduits ici, ainsi que plusieurs autres utiles pour mon étude. Je dois aussi des remerciements à M. BLANCHET, Assistant de ce Laboratoire, qui a bien voulu m'initier à la technique de la photographie microscopique.

J'ai reçu également une aide très aimable et très importante de plusieurs savants spécialistes. M. R. LAMBERT a bien voulu examiner quelques-uns de mes Echinides. A M. L. DONCIEUX, je dois ma très grande reconnaissance pour les déterminations des Foraminifères de l'Oligocène. M. F. ROMAN a revu quelques-uns de mes *Pecten*. M. G. ASTRE a déterminé et décrit en détail dans le *Bulletin de la Société d'Histoire naturelle de Toulouse* un de mes Hippurites. Enfin, M. RAMIÈRE DE FORTANIER a étudié quelques échantillons de Polypiers tertiaires.

L'aide de tous ces savants est pour moi un véritable honneur.

Je dois encore ma reconnaissance à M. FRANKE, le spécialiste allemand bien connu en Foraminifères microscopiques, qui a bien voulu m'expliquer les méthodes de ses recherches si spéciales.

Qu'il me soit permis aussi de rappeler ici les noms des Maîtres auxquels je dois ma formation de géologue : M. le Professeur A. MAKOWSKI, de Varsovie, qui le premier m'a introduit dans le monde des idées géologiques, ainsi que MM. les Professeurs STILLE, BRINKMANN, LOTZE et H. SCHMIDT, de Gœttingen.

Je dois aussi mentionner les noms des personnes qui, de diverses façons, ont facilité mon travail.

M. G. S. BLAKE, géologue d'Etat en Palestine, m'a fourni les échantillons de l'important sondage de Har Tuv. M. F. J. SALMON, Directeur du Service topographique de Palestine, a bien voulu me permettre de reproduire la carte publiée par ce Service. Je regrette que des difficultés techniques m'aient empêché de jouir de cette libéralité, mais je suis heureux de noter que la carte au 1 : 100.000e du Service topographique de Palestine (« Survey of Palestine ») sert de base à mes cartes géologique et morphologique. M. M. GOLDSCHMIDT, Ingénieur de l'Etat en Palestine, m'a fourni d'importants renseignements sur l'affleurement de roches volcaniques situé près de Wilhelma, ainsi que sur quelques sondages de cette région. MM. LOEHNBERG et LOEWENSTEIN, géophysiciens en Palestine, m'ont rendu un grand service en facilitant mes recherches dans la région de Beit Jibrin.

Les *Annales de l'Université de Grenoble* ont bien voulu prendre à leur charge les frais de publication de mon travail, et je suis heureux de pouvoir exprimer ici mes remerciements au Comité de publication de cette revue.

Dans la nomenclature et transcription des noms géographiques employés dans mon travail, j'ai suivi les indications de la carte au 1: 100.000e du Service Topographique de Palestine. J'ai fait seulement quelques exceptions pour des noms bien connus en France, comme Jérusalem ou Naplouse.

Les chiffres en caractères gras entre parenthèses correspondent aux numéros de la liste bibliographique insérée à la fin de l'ouvrage.

I. -- Aperçu historique

Par le nom de « *Shéphélah* », on désigne dans la géographie de la Palestine la zone de basses montagnes qui s'étend en direction générale S-N entre les monts plus élevés de la *Judée-Samarie* et la *Plaine Maritime* palestinienne. La partie qui a été étudiée par nous s'étend au S et au N de la route Jérusalem-Jaffa (fig. 1).

Cette région n'avait pas encore été l'objet de recherches géologiques spéciales. La géologie de la Palestine, comme celle de plusieurs autres pays de la Méditerranée orientale et méridionale, n'a été étudiée jusqu'à ces dernières années que dans ses grands traits. C'est ainsi que sur la région décrite ici on ne peut guère trouver que quelques allusions dans les ouvrages consacrés à la géologie de la Palestine en général. Nous les rappellerons brièvement.

Les premières connaissances géologiques sur la Palestine sont dues à plusieurs savants voyageurs de la première moitié du XIXe siècle : SEETZEN, BURKHARDT, SCHUBERT, ROTH, DE BERTOU, RUSSEGGER, HITCHOK, etc. La carte géologique du Sinaï, dressée par RUSSEGGER en 1847, contient aussi la partie S de la Palestine (4).

La grande expédition américaine de LYNCH-CONRAD (5) donna pour la première fois des renseignements paléontologiques systématiques (1849-1859).

La connaissance de la géologie de notre pays fut beaucoup enrichie par les recherches de O. FRAAS (7) (1867-1878). En particulier, ses observations stratigraphiques corrigèrent quelques

erreurs de ses devanciers; nous lui devons l'unique citation de Spongiaire fossile dans notre région (*Ventriculites angustatus* Roemer).

En même temps, L. LARTET (**10**), géologue de l'expédition du duc de Luynes, donna dans ses travaux (1866-1877) un aperçu synthétique de la géologie de la Palestine basé sur l'analyse des publications antérieures et sur ses propres recherches qui furent très précises. D'après LARTET, presque toute la Palestine appartient à la formation crétacique, sauf quelques lambeaux d'Eocène et une couverture quaternaire marine et fluvio-lacustre dans la zone littorale et dans les bassins intérieurs.

Une autre synthèse géologique de la Palestine fut donnée par HULL (**17**) (1885). D'après cet auteur, ces deux formations, Crétacé et Nummulitique, sont de même importance pour la structure de la Palestine : le Nummulitique y ferait suite en continuité au Crétacé, sans lacune de sédimentation.

Au cours des cinquante dernières années, M. BLANCKENHORN a publié plusieurs travaux importants sur la paléontologie et la géologie de la Palestine. Il a eu le grand mérite de préciser la stratigraphie du Crétacé, de faire ressortir l'importance des formations tertiaires et enfin de reconnaître les principaux éléments tectoniques. Tout cela est illustré par sa belle carte géologique. Cette carte montre dans notre région les deux formations du Crétacé supérieur : au SW, le Cénomanien-Turonien; à l'E et au N, le Sénonien; à l'W nous y voyons aussi un peu de Pliocène marin incertain. Au pied des montagnes, M. BLANCKENHORN (**40, 47**) fait passer une faille N-S, nommée par lui « *la ligne de faille d'Artuf* ».

Un *plan structural synthétique* de la Syrie-Palestine a été dessiné à grands traits par KRENKEL (**58**) dans sa « Géologie de l'Afrique ». Il a exprimé l'idée que la Palestine représente une partie d'un « *Arc syrien* » s'étendant de la Cyrénaïque jusqu'au Taurus.

Tout récemment (1928) a paru, sous forme d'un rapport gouvernemental, un aperçu géologique sur la Palestine dont l'au-

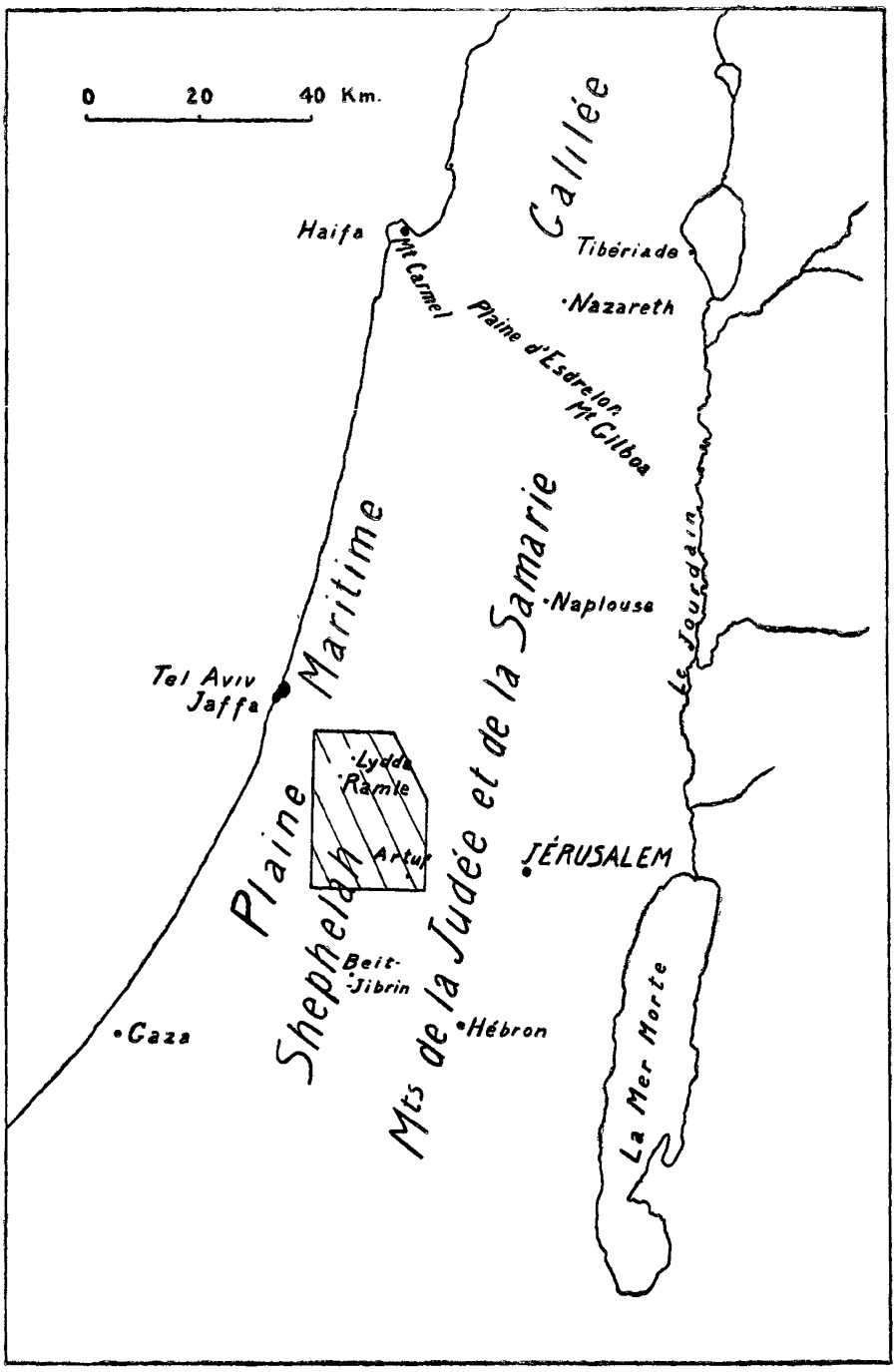

Fig. 1. — Situation de la région Artuf-Lydda.

teur est M. G. S. Blake (**69**); une petite carte géologique y est jointe. Cette carte corrige sur quelques points importants la carte de M. Blanckenhorn. D'après M. Blake, l'Eocène est plus répandu en Palestine qu'on ne le pensait et, dans les limites de notre région, il indique un petit lambeau de « Miocène », maintenant reconnu comme Oligocène. Malheureusement cette région n'a pas pu être figurée sur sa petite carte avec assez de détails.

Les recherches systématiques de M. L. Picard au N et à l'E de la Palestine apportent de nouveaux renseignements sur l'histoire stratigraphique et surtout sur les faciès des divers étages. Ses publications ont pour notre région une importance toute spéciale.

II. — Géographie et Morphologie

1. — GÉNÉRALITÉS

La morphologie de la Palestine est au premier coup d'œil assez simple : une carte physique de ce pays montre d'une manière très nette 5 zones allongées presque exactement N-S. Ces zones sont, de l'W à l'E : 1° la *Plaine Maritime* ou *Côtière;* 2° la *zone des basses montagnes* (« *Shéphélah* »); 3° les *montagnes* proprement dites (*Judée, Samarie* et *Galilée*); 4° le *Fossé du Jourdain* et *de la Mer Morte;* 5° les *hauts plateaux de la Transjordanie.* Cette succession régulière est quelquefois troublée par des chaînes montagneuses (Carmel) ou par des vallées (Esdrélon) qui traversent en diagonale les zones que nous venons d'énumérer, mais qui ne peuvent détruire l'allure générale de ces éléments N-S. Cette allure a toujours beaucoup frappé les géologues et leur a fait croire fréquemment que les traits morphologiques devaient correspondre à la structure géologique. Nous discuterons plus tard ce problème.

2. — LIMITES ET ASPECT GÉNÉRAL DE LA RÉGION ÉTUDIÉE

La région étudiée ici fait partie de la « zone des basses montagnes », laquelle est connue généralement sous le nom biblique de « *Shéphélah* », c'est-à-dire « les Pays bas ». En réalité, cette zone se trouve à des altitudes comprises entre 100 à 400 m.; le nom biblique pourrait donc paraître peu justifié. Pour le com-

prendre, il faut se placer au point de vue des anciens Hébreux qui avaient habité principalement les montagnes proprement dites à des altitudes de 500 à 800 mètres.

La partie de la Shéphélah décrite ici est située entre Jaffa et Jérusalem, à peu près à égale distance de ces deux villes (fig. 1).

La délimitation exacte de notre région est la suivante (fig. 2) :

A l'E : le bord des montagnes à l'E du village d'*Artuf*, la localité de *Bab el Wad* (= « La porte de la Vallée »), et plus loin au N jusqu'à l'E des villages de *Yalu* et de *Beit Nuba*.

Au N : les villages de *Beit Nuba, Salbit, Barfilya, Beit Nabala, Deir Tarif*.

A l'W : le chemin de fer de *Lydda* à la gare d'*Ouadi Sarar* (= « La vallée du Sorek ») par *Ramle*.

Au S : à peu près le chemin de fer de la gare d'*Ouadi Sarar* jusqu'à l'entrée des montagnes par *Artuf* (= *Har Tuv*).

L'altitude de tout ce territoire ne dépasse pas 400 m. et descend jusqu'à environ 50 m. Les altitudes maxima se trouvent sur les pentes orientales des Monts de la Judée et sur la chaîne de collines voisines, chaîne parallèle à ces montagnes. Tout le terrain descend graduellement des montagnes à l'E jusqu'à la plaine à l'W.

Toute notre région montre un paysage accidenté par de nombreuses vallées et ouadis, tous dépourvus de cours d'eau permanents. Les basses montagnes et les collines sont plutôt escarpées à l'E, tandis qu'elles descendent doucement à l'W.

Ces montagnes et collines sont formées généralement de calcaires marneux ou siliceux, quelquefois avec des bancs de silex très dur. Les dolomies ne sont que peu représentées et seulement dans le N de notre région. De cette monotonie pétrographique résulte aussi une pareille monotonie dans les paysages. Néanmoins la seule considération de la morphologie permet de distinguer assez nettement les régions naturelles suivantes (fig. 2).

3. — SUBDIVISIONS MORPHOLOGIQUES

a) Bordure des Monts de la Judée.

A l'E les montagnes de la Judée s'élèvent assez brusquement. Seule la partie inférieure de leur versant nous intéresse ici. Ce versant s'élève jusqu'à une altitude de 400 m. et plus. Le pendage des couches vers l'W est très fort (30-50°), et il en est de même pour la surface du terrain (20-30°).

La plus grande partie de cette zone est formée de calcaires durs qui donnent des reliefs rudes et raboteux. Sur la surface des couches très inclinées, les eaux de ruissellement ont creusé des sillons courts et profonds qui descendent en général de l'E à l'W. Les plus profonds de ces sillons, encaissés entre des parois élevées, ont le caractère de véritables cañons. Grâce aux vents humides qui viennent de l'W, et grâce aussi à la nature pétrographique des roches, la flore y est plus riche que dans la Shéphélah proprement dite, et on y trouve çà et là des arbres isolés.

Néanmoins, la partie occidentale la plus basse de cette zone est formée de calcaires blancs plus tendres qui lui donnent une morphologie analogue à celle de la Shéphélah elle-même.

b) La vallée d'Artuf.

A peu près parallèlement au bord des montagnes s'allonge une vallée étroite de 1/2-2 km. de largeur que, d'après le village d'Artuf, j'appellerai la vallée d'Artuf. C'est seulement près d'Artuf que cette vallée s'élargit, mais cela s'explique par sa jonction avec le profond et large lit du Ouadi Sarar. Cette vallée d'Artuf est parcourue par le Ouadi Matlak qui a creusé son lit dans les puissants conglomérats alluviaux de l'ancienne « rivière Sarar » pour se réunir au moderne Ouadi Sarar. Au N cette vallée atteint la large vallée diagonale d'Ayalon.

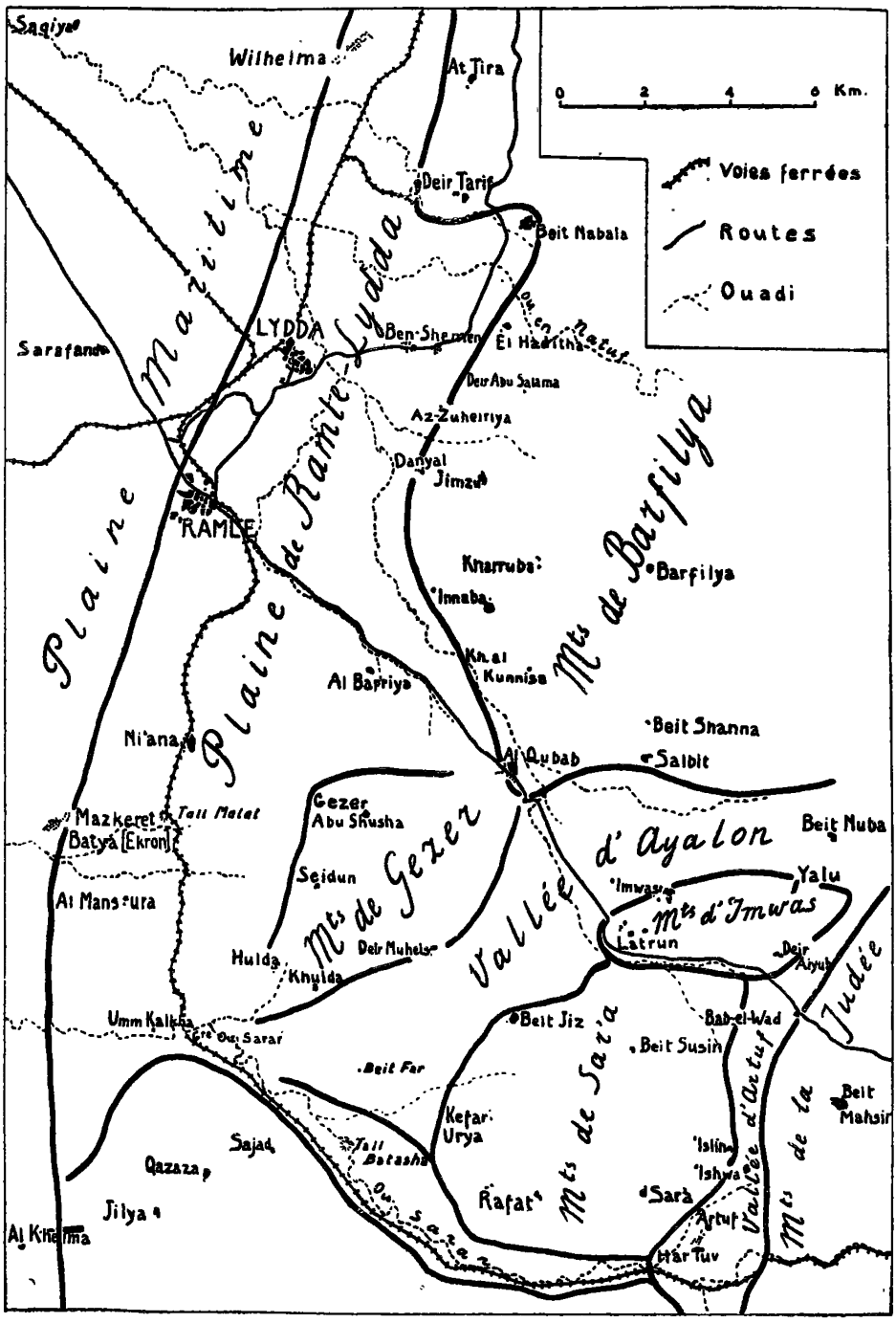

Fig. 2. — Subdivisions morphologiques de la région Artuf-Lydda.

On peut assez bien distinguer cette vallée sur la carte militaire anglaise au 1 : 40.000e, feuille Latrun (Survey of Egypt, 1919) ou sur la nouvelle carte de la Palestine au 1 : 100.000e (Survey of Palestine, 1934).

La vallée d'Artuf a servi, depuis le début des temps historiques, de voie de communication : beaucoup de restes de ruines antiques le prouvent. Aujourd'hui on a construit une route latérale qui conduit à Gaza en passant par Beit Jibrin (Beit Govrin).

c) Le chaînon de Sar'a et d''Imwas.

Parallèlement à la vallée d'Artuf s'étend un chaînon que nous appellerons, d'après les villages de Sar'a (*Zor'ah* de la Bible) au S et d''Imwas (*Emmaüs* des anciens) au N, le chaînon de Sar'a et d''Imwas. Ces montagnes s'élèvent en quelques points à une altitude de 400 m. et davantage; elles dominent donc la vallée d'Artuf de 100 à 200 mètres.

Le chaînon de Sar'a-'Imwas est traversé au S par le Ouadi Sarar. Le Ouadi el Tahun le divise en deux parties : les collines de Sar'a et les collines d''Imwas.

Les montagnes de cette zone, étant formées de couches faiblement inclinées vers l'W, ont leurs versants E plus escarpés que leurs versants W. Les assises inférieures sont constituées par des calcaires blancs et tendres; au contraire, les assises du sommet sont formées par des calcaires siliceux durs qui donnent souvent des falaises escarpées. C'est ainsi que la plupart des sommets ressemblent à de petites plates-formes, sortes de « buttes-témoins ».

Les différences de nature pétrographique de ces assises se traduisent dans les propriétés des sols : dans les régions basses, où affleurent les calcaires tendres, le sol est blanc-gris; au contraire, sur les hauteurs formées par les calcaires siliceux durs, le sol est brun. Ces différences des sols sont bien reconnaissables, même de loin.

Sur le sommet des collines ou sur leurs pentes se trouvent souvent des ruines antiques. Les villages arabes modernes sont établis aussi de préférence sur les hauteurs.

d) La vallée d'Ayalon.

La vallée d'Ayalon, qui est connue sous ce nom depuis les temps bibliques, s'étend depuis le bord des Monts de la Judée, à l'E de Yalu (= ancien Ayalon) et Beit Nuba, jusqu'à l'Ouadi Sarar près Hulda. C'est la plus vaste vallée intérieure de notre région et son histoire est sans doute compliquée.

La vallée d'Ayalon, comparable à une porte qui s'ouvre sur le cœur de la Judée, a été de tous temps le théâtre de nombreuses batailles. Aujourd'hui elle est parcourue par une route latérale qui conduit de Ramallah (au N de Jérusalem) par Beit Nuba, 'Imwas, Latrun jusqu'à Gaza.

La plupart des villages sont situés sur les deux bords de la vallée; celle-ci, remplie de fertiles alluvions, est occupée par des champs cultivés.

e) Les montagnes de Gezer.

Les montagnes de Gezer représentent une véritable individualité morphologique. Elles atteignent une altitude de 250 m. et davantage, et dominent donc de 50 à 150 m. la vallée d'Ayalon à l'E et de 150 à 180 m. la plaine de Ramle-Lydda à l'W. Leur constitution pétrographique est semblable à celle des montagnes de Sar'a, d'où la ressemblance morphologique de ces deux régions.

Les collines de Gezer, situées au bord de la Plaine Maritime, représentent le dernier chaînon occidental de la zone de la Shéphélah au S. Ici, au bord de la Plaine Maritime, qui était autrefois difficile à traverser à cause de ses sables, passait une des routes les plus importantes de l'Antiquité, connue sous le nom de « Via maris »; elle menait d'Egypte jusqu'en Mésopo-

tamie, en Perse, etc. Quelques localités situées sur cette route ont été d'une grande importance historique, comme Gezer, la très ancienne ville des Canaanites, des Philistins, des Egyptiens et des Israélites.

f) La plaine de Ramle-Lydda.

La région plate, à peine ondulée, qui s'étend à l'W des collines de Gezer sera pour nous la plaine de Ramle-Lydda, d'après ces deux petites villes situées à l'W de cette plaine. Ces paysages forment une transition à la Plaine Maritime proprement dite, laquelle diffère complètement de la région de collines de la Shéphélah, à la fois au point de vue morphologique et géologique.

Ici le sous-sol rocheux, arasé par les transgressions marines néogènes, est presque partout recouvert de dépôts quaternaires très puissants, à savoir, à l'E, des alluvions descendues des montagnes, et à l'W, des sables transportés de la Plaine Maritime.

Là se trouvent les deux plus grands centres de peuplement de la région, mi-villages, mi-villes : Ramle et Lydda (Loude). Le premier fut construit par les Croisés, le second était connu déjà aux temps talmudiques-romains. Tous les deux, et spécialement Lydda, possèdent de très grandes plantations d'oliviers. Lydda est maintenant une importante station de bifurcation des chemins de fer.

g) Les montagnes de Barfilya.

Au N d'Al Qubab et d''Innaba s'élève un pays de basses montagnes qui ne dépassent pas l'altitude de 300 m., et de ce point de vue ne se différencieraient pas des montagnes de Sar'a-'Imwas et des montagnes de Gezer. Néanmoins, leur caractère morphologique est un peu spécial. Ce massif, que nous appellerons provisoirement « Montagnes de Barfilya », d'après l'un des villages de la région, a un relief plus varié, des formes plus rudes, des collines plus escarpées, des ouadis plus profonds que ceux des collines au S d'Al Qubab-'Innaba. Par ces traits, le paysage

ressemble beaucoup aux Monts de la Judée. Comme dans ceux-ci, un sol brun, lourd, argileux, permet le développement d'une couverture végétale assez riche.

h) La Plaine Maritime (ou Côtière).

La partie de la Plaine Maritime représentée sur notre carte s'élève jusqu'à 100 m. d'altitude, mais généralement elle se maintient à 60-80 m. Elle est couverte de sables rouges, formation typique pour cette région. Ces sables peuvent être d'origine marine, mais ils représentent le plus souvent des dunes anciennes ou récentes. Très puissants et très perméables, ces sables jouent le rôle de réservoirs naturels d'eaux souterraines, d'où la grande importance économique de ces terrains. Là se trouvent les célèbres cultures des « oranges de Jaffa ». La densité de population dans cette région est la plus grande de tout le pays.

III. — Stratigraphie

1. — GÉNÉRALITÉS

Bien qu'en Palestine les plus anciennes formations géologiques (*Antécambrien, Cambrien, Carbonifère ?, Trias, Jurassique*) soient représentées, ce sont seulement les étages les plus récents qui affleurent largement et constituent la presque totalité de la surface du pays.

Avant tous les autres terrains, et grâce aux fossiles de grande taille que contiennent certains niveaux, on reconnut le *Crétacé*. Ce dernier recouvre de grands espaces en Palestine, mais presque jusqu'à ces derniers temps on a exagéré son étendue.

Les subdivisions du Crétacé palestinien ont été établies par les recherches de plusieurs géologues (Fraas, Lartet, Hull, Diener, Noetling, Douvillé, Blanckenhorn, Zumoffen). Les travaux de M. Blanckenhorn et de M. Douvillé servent encore aujourd'hui de base à nos classifications. Les études plus récentes de MM. Blake, Picard, Shalem ont encore perfectionné cette classification par la découverte de quelques nouveaux horizons caractéristiques.

Pratiquement, le Crétacé palestinien commence par le Cénomanien, quoiqu'on ait signalé (Blake, **69**) de petits affleurements de Crétacé inférieur. La série crétacée semble être continue jusqu'au Tertiaire, mais le faciès devient vers la fin de plus en plus littoral et même lagunaire.

Le *Tertiaire* ancien est connu en Palestine depuis longtemps (Bellardi, Lartet) à l'état de couches éocènes à Nummulites. Mais les relations entre le Crétacé et ces couches nummulitiques

ne sont que très vaguement établies. HULL, par exemple, a admis une série absolument continue entre le Crétacé et l'Eocène. Considérant les montagnes de la Palestine comme un seul anticlinal, allongé du S au N, il soutient que sur le flanc occidental de la crête crétacée se trouvent des couches du Nummulitique. BLANCKENHORN, au contraire, a admis qu'à la fin du Crétacé la mer se serait retirée, mais elle serait revenue de nouveau au commencement de l'Eocène.

Les découvertes de nouveaux et nombreux affleurements d'Eocène prouvent que les relations entre le Crétacé et l'Eocène sont assez compliquées. Les cartes géologiques récentes (BLAKE, DUBERTRET) montrent, quoique pas toujours exactement, que la répartition de l'Eocène en Palestine est beaucoup plus étendue qu'on ne le pensait. Certainement on ne peut plus qualifier la Palestine de pays crétacé.

L'*Oligocène,* qu'on avait pris au commencement pour du Miocène, n'a été que récemment reconnu (**69**, **101**). Les données déjà publiées ne se rapportent qu'à la Paléontologie et non à la Stratigraphie ni à la Paléogéographie de cet étage.

Le *Miocène* marin a été découvert récemment par M. BLAKE (**109**) et par moi-même (**106**). Il se trouve toujours en lambeaux restreints.

Le *Pliocène,* qu'on croyait autrefois absent en Palestine (**47**), a été découvert dans la plaine d'Esdrélon par M. PICARD (**73**, **74**, **77**) et dans la Plaine Maritime par MM. BLAKE (**69**) et LOEWENGART (**71**). Son étendue est limitée et il est le plus souvent couvert par des formations récentes marines ou continentales.

Des formations marines *quaternaires* n'existent que dans le voisinage des côtes actuelles et elles sont pour la plupart également recouvertes par des sables de dunes.

Enfin, des formations d'*eau douce* et *continentales* sont connues à partir du Pliocène.

Dans la région étudiée ici, le plus ancien terrain représenté est le Cénomanien : c'est par lui que nous commencerons notre étude stratigraphique.

2. — LE CÉNOMANIEN

A) Caractères généraux.

La délimitation du Cénomanien en Palestine (comme aussi en certaines régions de la Syrie) n'est pas encore bien précisée. En Palestine la détermination de la base du Cénomanien a moins d'intérêt cartographique que celle de son sommet, à cause de l'étendue très restreinte des formations antécénomaniennes. Mais malheureusement sa limite avec le Turonien est aussi difficile à préciser, parce que le Cénomanien passe d'une manière insensible au Turonien. En outre, le Cénomanien, qui est très épais, se présente sous des faciès assez différents d'une région à l'autre, ce qui rend ses divers niveaux difficiles à poursuivre. En réalité, malgré des recherches très soigneuses, la coupure entre Cénomanien et Turonien est souvent plutôt conventionnelle que résultant de données paléontologiques et pétrographiques.

Les fossiles les plus typiques du Cénomanien supérieur sont, comme partout, les *Acanthocératidés* (*A. rotomagense, harpax, palaestinense, mantelli*); leur existence ne laisse aucun doute sur l'âge de ces couches. Mais entre le niveau de ces *Acanthocératidés* et les niveaux fossilifères du Turonien existe une série assez puissante (50-100 m.) de couches d'attribution incertaine. C'est pourquoi les coupures proposées par les divers auteurs sont souvent différentes.

La stratigraphie la plus détaillée du Crétacé palestinien a été récemment donnée par M. Blanckenhorn (**81**). Cette stratigraphie se présente comme suit (un peu modifiée), de haut en bas :

9. Calcaire cristallin, caverneux, à *Rudistes* (cette roche porte le nom local de « *Meleke* », c'est-à-dire « Pierre des rois »). Epaisseur, 10 m.
8. Calcaire dolomitique (« *Mizzi yahoudi* » = pierre dure des Juifs).
7. Calcaire rouge en plaquettes avec des empreintes de *Poissons* (« *Mizzi ahmar* » = pierre dure rouge, et « *Mizzi Deir Yassini* » = pierre dure de Deir Yassini). — 10 m.

6. Calcaire ammonitifère (niveau à *Acanthoceras*). — 50 m.
5. Calcaire marbre à *Pycnodonta vesicularis* et à *Rudistes*.
4. Calcaire à *Pterodonta deffisi*. — 50 m.
3. Argiles à petits *Gastropodes* et *Lamellibranches* (*Corbula eretzisraelensis* Shalem).
2. Calcaire inférieur à *Radiolites* (450 m.)
   - *b*) Couches supérieures à *Nerinea cochleæformis*.
   - *a*) Couches inférieures à *Cerithium elias*.
1. Marnes vertes.

La couche 7 — calcaires en plaquettes (« Mizzi ahmar ») — n'est qu'exceptionnellement développée sous sa forme typique. C'est en effet seulement dans l'unique localité de Deir Yassini, près de Jérusalem, qu'est connu le vrai « calcaire en plaquettes avec empreintes de Poissons ». Ce faciès à Poissons, très caractéristique, ne peut malheureusement pas être retrouvé ailleurs.

Au-dessus se trouve normalement un calcaire dolomitique gris, compact, très dur (« Mizzi yahoudi »). Mais la dolomitisation n'est évidemment pas limitée à ce seul horizon, car elle s'étend parfois dans des niveaux plus élevés ou plus bas. Ainsi, en certaines régions, les calcaires de la couche 7 (« Mizzi ahmar ») ont une épaisseur plus grande que d'habitude, ou, au contraire, la dolomitisation peut atteindre la plus grande partie des couches 7, 8 et 9.

La couche 9, représentée par un calcaire cristallin, caverneux avec des Rudistes, pour la plupart complètement triturés (ce qui les rend difficiles à déterminer), est spécialement caractéristique. Mais même dans ce cas, les divers auteurs ne sont pas d'accord. M. Blanckenhorn considère cette couche comme constituant un horizon très constant (**33, 47, 81**); M. Picard (**74**) y verrait plutôt un faciès pouvant se répéter à plusieurs niveaux, et c'est pourquoi il distingue au Carmel un horizon (« C ») de « Meleke » qui est inférieur à celui de Blanckenhorn. D'après M. Blake (**69**), le « Meleke » ne serait que du « Mizzi ahmar » (couche 7) transformé par diagénèse.

Il sera utile de comparer la succession admise par M. Blanckenhorn avec celle de M. H. Douvillé et Zumoffen (**37**). D'après

ces auteurs, on a un niveau I à *Hippurites,* représentant le *Turonien supérieur,* au-dessus d'un niveau II à *Ammonites* (*Pseudotissotia, Thomasites,* etc.), qui représente le *Turonien inférieur.* Le niveau III à *Radiolitidés* et le niveau IV (en partie) à *Ostracés* (et à *Acanthoceras*) correspondent au *Cénomanien.*

Le niveau III équivaudra donc à la couche 9 de BLANCKENHORN et le IV à toutes les autres couches de cette série. Malheureusement l'horizon à Ammonites du Turonien manque presque complètement en Palestine (sauf à l'E du Jourdain), de sorte que les deux niveaux à Rudistes sont très souvent réunis.

B) Descriptions locales.

La région étudiée ici n'a pas fourni beaucoup d'observations nouvelles sur le Cénomanien. Néanmoins, chose qui peut avoir un certain intérêt stratigraphique, j'ai pu individualiser deux niveaux semblant avoir une grande répartition géographique et qui se trouvent directement au-dessous de la couche de « Meleke » (couche 9 de BLANCKENHORN, niveau III de DOUVILLÉ). Notamment, dans quelques localités, j'ai observé, au-dessus du « Meleke » proprement dit, un banc de calcaire rouge de 2-3 m. d'épaisseur, pétri de belles coquilles de *Milioles* accompagnées par quelques Rudistes (*Hippurites* ?) triturés. J'ai retrouvé ce niveau entre 'Innabe et Barfilya, dans un sondage profond à Ni'ana (v. coupe de Ni'ana, chap. III, *3,* B, III), dans les environs de Jérusalem, dans des couches de passage du Cénomanien au Turonien à l'E de Karkur (au S du Carmel) et au Carmel. Si on admet, comme on l'a fait jusqu'à présent, que le « Meleke » du type de Jérusalem représente exactement le sommet du Cénomanien, le banc à Milioles peut servir de limite commode avec les calcaires à Rudistes du Turonien.

Un autre horizon, qui peut quelquefois être bien caractéristique, est un banc de 2-4 m. d'une *brèche* (ou pseudobrèche ?) *calcaire à petits Gastropodes* et *Lamellibranches,* presque toujours fortement triturés; ce banc, situé sous le « Meleke », re-

pose directement sur le calcaire dolomitique « Mizzi yahoudi », c'est-à-dire à peu près 20-30 m. au-dessus du niveau à *Acanthoceras.*

Cependant nos observations dans les terrains cénomaniens ont été trop peu nombreuses pour permettre d'y établir une succession bien sûre. Par conséquent, la limite du Cénomanien et du Turonien est plutôt théorique.

Le Cénomanien est indiqué sur notre carte géologique dans l'angle SE, à la lisière des Monts de la Judée, et dans la partie NE de la carte, dans la région de Barfilya. Ce Cénomanien est formé le plus souvent de calcaires jaunâtres, assez durs, plus ou moins marneux, souvent finement cristallins. Dans ce dernier cas, ces roches sont utilisées comme belles pierres à bâtir. Quelquefois des bancs dolomitiques s'intercalent parmi les calcaires, formant des corniches qui soulignent l'inclinaison des couches; il en est de même pour des bancs calcaires contenant des rognons de silex, mais ceux-là sont moins réguliers. Les bancs à rognons de silex sont le plus souvent associés à des couches à Rudistes, lesquels sont habituellement à l'état de débris.

A la lisière des Monts de la Judée, les couches cénomaniennes sont fortement inclinées vers l'W, mais plus à l'E elles dessinent une voûte assez aplatie. Dans la région de Barfilya, le pendage est généralement faible et il est dirigé vers l'W et vers le SW. Nos coupes (fig. 3, 5 et 8) illustrent ces relations.

3. — LE TURONIEN

A) Caractères généraux.

Dans le chapitre précédent, nous avons discuté la position de la limite entre le Cénomanien et le Turonien. D'après H. Douvillé et Zumoffen, le Turonien du Liban peut être divisé en deux niveaux : un *supérieur* I avec des *Hippurites* et un *inférieur* II à *Ammonites* (*Pseudotissotia, Thomasites,* etc.). Nous

avons déjà remarqué qu'en Palestine le niveau à Ammonites est le plus souvent absent; par conséquent, les deux niveaux à Rudistes, celui du sommet du Cénomanien et celui du Turonien supérieur, sont souvent difficiles à séparer. J'ai alors proposé de fixer comme base du Turonien en Palestine un banc à Milioles qui se trouve directement au-dessus du calcaire à Rudistes du Cénomanien, en espérant que ce banc pourra plus tard être retrouvé partout, avec un faciès suffisamment caractéristique.

En gros, le Turonien de la Palestine ne diffère pas beaucoup de celui du Sinaï, de l'Egypte et de la Syrie. Dans toutes ces contrées, le Turonien n'a pas d'individualité bien précise, et c'est pourquoi il est difficile de fixer ses limites stratigraphiques. Nos connaissances sur son étendue, son épaisseur, etc., sont donc assez vagues. Vers l'E (Transjordanie), bien que le niveau à Ammonites soit ici bien représenté, sa puissance diminue graduellement (**41**, **47**), et enfin, au loin vers l'E, il disparaît complètement pour être probablement remplacé par des sables continentaux dépourvus de fossiles.

La roche typique du Turonien est un calcaire dur, jaunâtre ou crème, quelquefois dolomitique ou siliceux. Elle est connue en Palestine sous le nom vulgaire de « *Mizzi hilu* » (= la roche douce) que l'on retrouve souvent dans les ouvrages traitant de la géologie palestinienne. Les fossiles qui caractérisent le Turonien en Palestine sont : *Actaeonella* (*Trochacteon*) *salomonis* Fraas, quelques espèces de *Nérinées* (notamment *Nerinea requieniana* d'Orb.), quelques *Hippurites* (*resectus* Defrance, *grossouvrei* Douv., *libanus* Douv.) associés avec des *Radiolites* (*Biradiolites lumbricalis* d'Orb., *Durania laevis* Douv.) et quelques *Oursins* (*Cyphosoma* sp., *Echinobrissus* sp.).

Les moules d'*Actaeonella salomonis* caractérisent un niveau très distinct au milieu du « Mizzi hilu »; ils y sont presque toujours associés à des rognons de silex. Ces assises sont bien connues en plusieurs endroits du pays et spécialement dans la banlieue NE de Jérusalem (**33**). Les silex du Turonien se distinguent nettement des silex beaucoup plus fréquents du Séno-

nien : la texture des premiers est « fluidale » ou zonaire, rubanée; leur couleur est la plupart du temps gris-jaunâtre, sans éclat; ils sont très peu transparents; je n'ai jamais trouvé dans leur pâte de Foraminifères ni d'autres fossiles. La texture des silex sénoniens est, à l'état frais, plus uniforme : leur couleur est jaune-brun et parfois noire, avec un aspect assez brillant; ils sont plus ou moins transparents; leur pâte ne contient pas de Foraminifères, mais de beaux fossiles silicifiés de grande taille s'y trouvent souvent.

On trouve aussi fréquemment dans le Turonien des dolomies à texture poreuse. Souvent les bancs dolomitiques sont entièrement silicifiés. Ces deux types de roches forment des falaises, par exemple dans les environs de Jérusalem ou sur les versants NE du Carmel.

Un trait caractéristique de cette formation est constitué par les stylolithes, fréquents spécialement dans le « Mizzi hilu » des environs de Jérusalem. Bien connus sont aussi les calcaires pisolitiques (« Erbsenkalke » de Blanckenhorn, **33, 47**); ce sont des calcaires en plaquettes formés de petits nodules arrondis de 0,5 à 1 cm. de diamètre. Blanckenhorn, cherchant à expliquer leur origine, les a étudiés au microscope sans y trouver de trace d'une structure organique ; ce sont probablement de grosses oolithes.

Enfin, comme nous le verrons, les calcaires turoniens sont très fréquemment caractérisés par la présence des *Miliolidés* et la rareté des *Globigérines,* ce qui permet de les distinguer des calcaires sénoniens et éocènes.

B) Descriptions locales.

Le Turonien apparaît dans deux secteurs de notre région : 1° sur la lisière orientale des montagnes, entre Artuf et Beit Nuba, et 2° au N, dessinant un grand arc, avec une branche au N de Beit Nuba, le centre entre Al Qubab et 'Innabe et une autre branche près de Deir Tarif-Beit Nabala.

I. — La bordure des Monts de la Judée.

Dans la région comprise entre Artuf et Beit Nuba, les assises s'inclinent très brusquement : leur pendage est de 20° à 40° vers l'W ou vers le NW. Mais ce fort pendage n'existe que dans la zone étroite de la lisière montagneuse : un peu plus loin à l'E le pendage est beaucoup plus faible (v. fig. 3 et 4).

Par suite de la dureté des roches, la morphologie de cette bordure turonienne est assez variée. Les pentes sont raides, hérissées de rochers abrupts. Là où le Turonien disparaît sous les couches plus tendres du Sénonien, le lit des cours d'eau, très élargi dans les couches supérieures, devient très étroit dans les couches dures du Turonien, où ils s'encaissent. De cette manière se sont formés les ouadis profonds du type des cañons. Si, au contraire, l'ouadi s'approfondit dans les couches turoniennes et arrive à descendre jusqu'aux couches moins dures du Cénomanien, la vallée s'élargira dans cette partie inférieure, les couches turoniennes restant saillantes en falaises au-dessus.

Nous allons décrire quelques affleurements de Turonien dans notre région, en marchant du S au N.

1° Coupe de l'Ouadi Sarar.

Dans l'Ouadi Sarar, à l'E d'Artuf (cette partie de l'Ouadi Sarar porte le nom local de Ouadi Ismain), on peut reconnaître la coupe suivante :

Sénonien

g) Calcaire altéré.

f) Calcaire blanc, assez tendre, avec des Baculites.

e) Assise de silex ; épaisseur, 1 m.

d) Calcaires crayeux, mal lités, avec beaucoup de fissures inclinées de 20-25° à l'E (contrairement à la direction du pendage) et remplies de calcite ; très souvent il y a des « miroirs de failles », beaucoup d'empreintes de *Lamellibranches* (*Nucula*, *Arca*, etc.) généralement mal conservés et des dents de Poissons ; 50 m. environ.

c) Calcaire crayeux, assez tendre, mal stratifié, sans fossiles ; 70-80 m. environ.

Turonien

b) Calcaire massif jaunâtre, très dur, dépourvu de fossiles ; c'est le type du « Mizzi hilu » ; 50 m. environ.

a) Calcaire jaunâtre, dur, bien lité, avec des moules d'*Actaeonella salomonis* et *Nerinea* sp.

Les deux niveaux (*a*) et (*b*) représentent la roche turonienne typique connue sous le nom de « Mizzi hilu ». Ici, on y trouve souvent de petits rognons de silex. Ces rognons, comme l'a déjà montré M. BLANCKENHORN (**33**), ne montrent aucune trace de structure organique.

Les fossiles, ici assez rares, suffisent cependant pour fixer l'âge de ces couches. M. BLANCKENHORN remarque à ce sujet : « L'*Actaeonella salomonis* est l'unique espèce d'*Actaeonella* rencontrée en Palestine, mais elle y est très répandue partout, toujours dans les assises du Turonien, et accompagnée par *Nerinea requieniana* d'Orb. » (**66**, p. 180). Nous ajouterons ici, comme nous l'avons déjà fait remarquer, que le niveau des *Actaeonella* semble être très limité, ne descendant pas au Turonien inférieur, ce qui fait de cette espèce un excellent fossile pour la stratigraphie régionale.

Une coupe mince faite dans un échantillon provenant du niveau supérieur (*b*) montre au microscope, dans une pâte très compacte, quelques Globigérines, peu de Rotalidés, quelques grandes Milioles (*Biloculina*) et beaucoup de fragments d'un Foraminifère non exactement déterminable, mais ressemblant à *Praesorites* Douv. (*Orbitolitinae*), genre connu seulement du Crétacé.

Des résultats semblables ont été obtenus par l'examen d'une coupe mince de « Mizzi hilu » du Ouadi Joz à Jérusalem (échantillon recueilli par FRAAS et conservé dans la collection de M. BLANCKENHORN, maintenant n° 1733 de la collection du Laboratoire de Géologie de l'Université hébraïque de Jérusalem). C'est un calcaire un peu dolomitique et un peu siliceux; dans la pâte, également compacte, on ne voit point de Globigérines, mais seulement quelques Rotalidés et Milioles, et parmi ces dernières une *Quinqueloculina* très nette.

Une autre coupe mince de Banias (Syrie), provenant de la collection de BLANCKENHORN (maintenant à l'Université hébraïque, n° 1729), montre le même faciès, c'est-à-dire absence ou rareté des Globigérines et présence de jolies Milioles.

L'examen microscopique des roches turoniennes permet donc de les caractériser comme toujours riches en Milioles (*Biloculina, Quinqueloculina*) et très pauvres en Globigérines, ce qui les différencie nettement des roches du Sénonien et de l'Eocène inférieur, lesquelles sont extrêmement riches en Globigérines, mais ne contiennent point de Milioles. En outre, nous avons remarqué que les rares Globigérines de l'étage Turonien sont remarquablement plus petites (presque la moitié) que celles de l'Eocène.

2° Entre l'Ouadi Sarar et Yalu.

A 1 km. au N de l'Ouadi Sarar, le Turonien se termine par des *couches à Rudistes* sur lesquelles reposent directement les calcaires tendres du Sénonien. Le même faciès à Rudistes est développé plus au N, à l'E du village de Yalu.

Nous remarquons ici que dans cette partie de notre région les affleurements du Turonien dessinent un arc à faible courbure convexe vers l'W, ce qui fait que la direction de la bordure du Turonien entre Artuf et Bab el Wad est N-S, tandis qu'au N de Bab el Wad elle prend la direction SSW-NNE.

II. — Les montagnes de Barfilya.

1° Al Qubab.

Un faciès identique se retrouve dans les calcaires turoniens au NE de la *colline d'Al Qubab,* entre les km. 33,5 et 35 de la route nationale Jérusalem-Jaffa. Cet affleurement correspond à un fort relief saillant. Sur la route même et près d'elle affleurent des calcaires *sénoniens.*

Cet affleurement n'était pas connu jusqu'à présent. La carte de M. Blanckenhorn (**40, 41**) indique cette région et les terrains environnants au S et au N comme *Sénonien.* M. Blake (**69**) y voit aussi du Sénonien, mais plus au N il a reconnu l'existence du *Turonien,* avec une allure générale se rapprochant de celle observée par moi. L'apparition du Turonien dans cette région

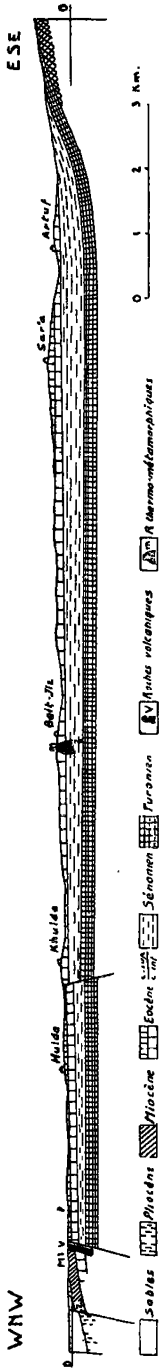

Fig. 3. — Coupe générale de la bordure des Monts de la Judée, près d'Artuf, à Al Mansura.

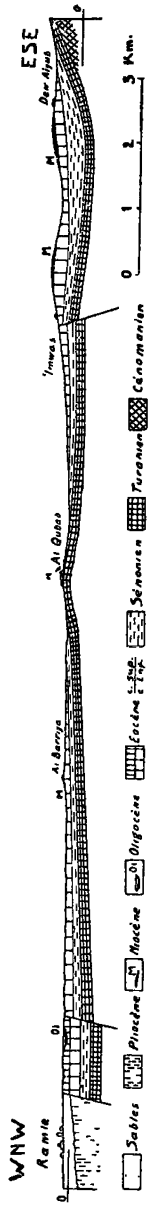

Fig. 4. — Coupe générale de la bordure des Monts de la Judée, près Deir Aiyub, à Ramle.

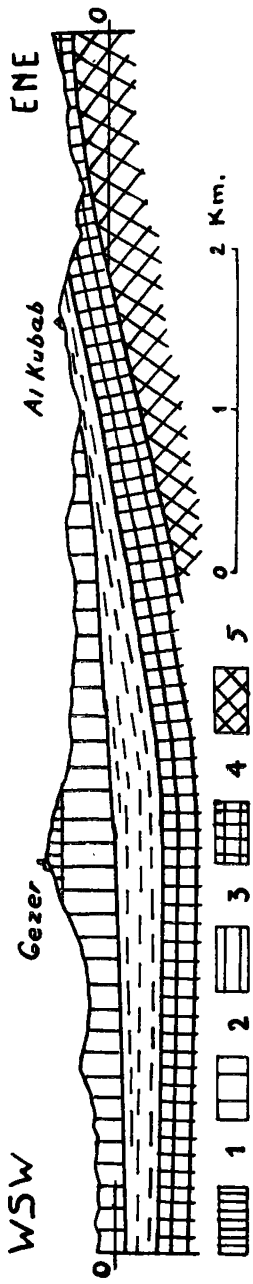

Fig. 5. — Coupe d'Al Qubab vers Gezer.

1. Eocène inférieur, couches supérieures; 2. Eocène inférieur, couches inférieures; 3. Sénonien; 4. Turonien; 5. Cénomanien.

est d'un intérêt spécial pour la structure géologique de la Palestine (**105**) : elle est due en effet au passage d'un *anticlinal* qui descend du NE et qui vient s'ennoyer près d'Al Qubab (fig 4-5).

Ici, sur la rive SW des ouadis Nada et Selma, on remarque dans les pentes orientales de la colline du village d'Al Qubab quelques pointements rocheux très altérés en surface. Sur les cassures fraîches on distingue un calcaire blanc, poreux, pétri d'*Hippurites* et de *Radiolites*.

Un peu plus au N, au confluent du Ouadi Nada et du Ouadi Fawwar, lequel porte ici le nom nouveau de Ouadi Kabir (aussi Ouadi es-Sikka), j'ai observé la coupe suivante :

1. Au sommet, calcaire altéré (« Nari ») et terre végétale.
2. Calcaire très dur, dolomitique, blanc, rosâtre, microcristallin, poreux, analogue au Turonien du S de Jérusalem (Rephaim). — 3-4 m. d'épaisseur.
3. Calcaire un peu moins dur, gris jaunâtre, type du *Mizzi hilu*. — 2-2,5 m.
4. Calcaire cristallin gris. — 1-2 m.
5. Calcaire crème, dur, avec moules de Gastropodes indéterminables (*Actaeonella salomonis* ?). — 4 m.
6. Calcaire blanc, dur, très compact. — 3 m.
7. A la base, calcaire jaunâtre du Ou. Fawwar à nombreux *Rudistes*, avec *Actaeonella salomonis* et *Nerinea requieniana*.

Un morceau de roche contenant un débris d'Hippurite assez bien conservé a été examiné par M. G. Astre qui l'a déterminé comme *Hippurites* (*Orbignya*) *praetoucasi* Toucas (**104**). Cette espèce appartient au sommet du Turonien, ou même au Coniacien. D'autre part, la présence dans les mêmes couches des *Actéonelles* et *Nérinées* citées plus haut ne permet pas de placer ce niveau au-dessus du Turonien supérieur. Mais c'est certainement *le sommet du Turonien*. Il est donc possible que quelques-unes des dernières couches visibles dans cette coupe appartiennent déjà au *Coniacien*, lequel n'a pas été jusqu'à présent individualisé en Palestine.

Un puits récemment creusé au SW d'Al Qubab montre la succession suivante :

Sénonien

1. Sol végétal brun avec éboulis. — 4,85 m.
2. Calcaire tendre, blanc. — 0,50 m.
3. Calcaire marneux, gris-brun. — 6,70 m.
4. Banc à silex (brèche ?). — 1,70 m.
5. Calcaire marneux, blanc, très fossilifère (*Baculites* sp., *Arca parallela* Conrad, etc.). — 0,50 m.
6. Calcaire marneux, riche en Ostracées à coquilles très minces (*Ostrea ayalonensis* n. sp.). — 1 m.
7. Brèche calcaire phosphatée avec ossements et dents de Poissons et de Reptiles. — 1 m. environ.
8. Couche non exactement reconnue, probablement continuation de l'assise précédente, c'est-à-dire calcaire tendre, phosphaté avec débris d'ossements, mais moins nombreux. — 10 m. environ.
9. Calcaire phosphaté, jaunâtre. — 10 m. environ.

Turonien

10. Calcaire blanc, assez dur, de type turonien. — 17 m.
11. Calcaire blanc compact et caverneux, avec une très belle brèche tectonique calcaire, des stylolithes, des miroirs de failles, quelques rognons de silex gris, des Rudistes (*Hippurites* sp.), *Hemiaster* cf. *Luynesi* et un Gastropode ind. (*Tylostoma* sp. ?). — 17 m.

2° Entre Al Qubab et Jimzu.

A l'W d'Al Qubab, la bordure du Turonien se dirige vers le NW en dessinant un petit golfe au sommet duquel se trouve le village d''Innaba. Puis, à l'W d''Innaba, la limite du Turonien se dirige dans l'ensemble du S vers le N, avec quelques sinuosités, jusqu'à la petite ville de Qalqilya, au N de notre carte (comme nous l'ont montré récemment des courses faites dans cette région avec M. L. Picard). Cette extension du Crétacé n'avait pas encore été reconnue et cela avait donné lieu à des interprétations structurales inexactes dans certaines cartes géologiques récentes. Mes observations ne laissent aucun doute sur l'âge de cette formation. Contrairement aux indications des cartes géologiques précédentes, le Sénonien n'est représenté dans cette région que par une bordure assez étroite à l'W du Turonien, et l'Eocène n'y existe que sous forme de quelques très petites buttes-témoins à l'E de Lydda.

Plusieurs assez grandes carrières creusées dans ces terrains au NW d''Innaba (et spécialement au voisinage du confluent des deux Ouadis Kreiki et es-Sikka) permettent d'étudier commodément cette formation. On y trouve les faciès typiques décrits plus haut, c'est-à-dire des couches à *Actaeonella* et des couches à Hippurites. Mais il semble que les bancs à *Actaeonella* et à rognons de silex y sont moins développés.

Dans le *niveau à Rudistes* (*Hippurites*) se trouve quelquefois un banc pétri d'*Algues calcaires* associées avec des *Milioles*. Un horizon semblable ne m'est connu que dans quelques sondages des environs de Ni'ana.

Des couches à Rudistes affleurent largement tout le long de la bordure des montagnes d''Innaba à Jimzu. C'est le Turonien qui plonge vers l'W ou vers le SW.

3° Al Haditha - Deir Tarif.

Près d'Al Haditha, la limite des affleurements du Turonien se recourbe un peu vers l'E. Puis, près de Beit Nabala - Deir Tarif, cette bordure est brusquement reportée vers l'W, à cause d'un accident tectonique. Les assises turoniennes apparaissent ici soudainement en falaises sans montrer un pendage vers le S (ce qui pourrait prouver leur position normale), mais vers l'W. Cela amène donc à admettre une *faille W-E*, faille à laquelle est dû le brusque changement de direction de la limite des affleurements (fig. 6). Les couches turoniennes de cette région gardent toujours les mêmes caractères.

Au N d'Al Haditha, sur le rivage escarpé du Ouadi en-Natuf, la succession des couches *de bas en haut* se présente de la manière suivante :

1. Calcaire compact avec des rognons de silex et beaucoup de moules de Gastropodes turriculés indéterminables. Les silex y ont un aspect rubané, typique pour le Turonien.
2. Une lumachelle calcaire de couleur crème, compacte, avec des Rudistes et autres fossiles triturés.
3. Calcaire très compact sans fossiles reconnaissables.

Les carrières sur la pente occidentale d'Al Haditha permettent de relever la coupe suivante :

1. Au sommet, calcaire grossier, pisolitique, en plaquettes.
2. Calcaire blanc, compact, pas très dur. — 0,40 m. d'épaisseur.
3. Calcaire jaunâtre en plaquettes. — 1,30 m.
4. Cinq bancs minces de « Mizzi hilu » typique, avec des intercalations marneuses. — 1,45 m.
5. A la base, calcaire dur, massif, crème blanchâtre, du type du « Mizzi hilu ».

J'ai déjà fait remarquer que ce faciès de calcaire pisolitique n'est connu que dans l'étage turonien.

Les couches des environs d'Al Haditha, Beit Nabala, Deir Tarif sont évidemment un peu disloquées, car elles montrent de nombreuses petites cassures. Notre croquis (fig. 7) montre une petite faille dans une carrière sur la pente occidentale d'Al Hadita. La différence de niveaux entre les compartiments dénivelés atteint 1,6 m. Ces petites failles sont évidemment des phénomènes accessoires accompagnant la faille principale qui sépare les terrains d'Al Haditha de ceux de Deir Tarif et qui cause le brusque changement de direction de la bordure turonienne.

III. — Le Turonien dans les sondages.

Le Turonien a été souvent rencontré par des sondages au-dessous des terrains sénoniens, tertiaires et quaternaires. Nous avons déjà cité la coupe d'un sondage à Al Qubab. Plusieurs sondages profonds exécutés ces dernières années dans la plaine de Ramle-Lydda ont traversé des séries complètes en fournissant quelques données intéressantes.

Un sondage de 220 m. foré près de Mansura, à l'W de Hulda, a atteint les couches turoniennes à 180 m. de profondeur après avoir traversé l'Eocène et le Sénonien. Malheureusement les échantillons obtenus par ce sondage au trépan étaient complètement triturés, ce qui a empêché de relever une succession détaillée.

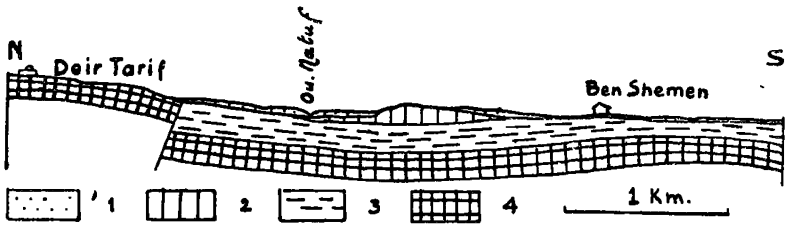

Fig. 6. — Coupe de Deir Tarif vers Ben Shemen.
1. Sables; 2. Eocène inférieur; 3. Sénonien; 4. Turonien.

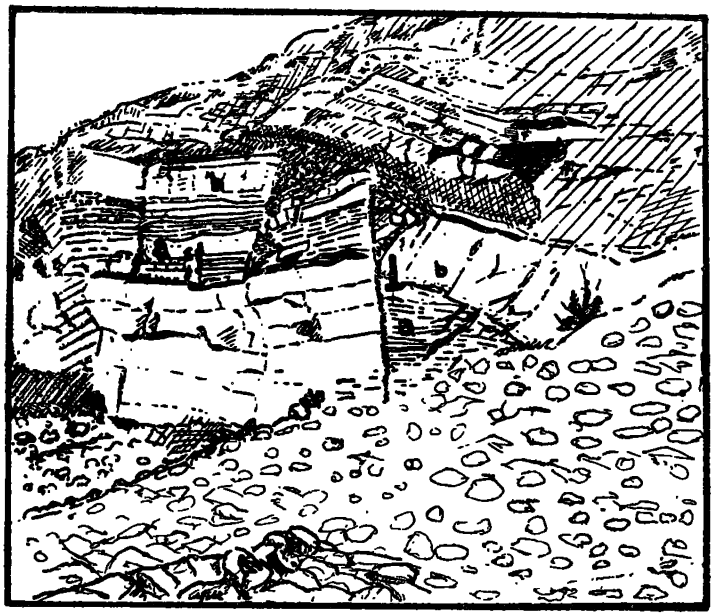

Fig. 7. — Dislocation des couches turoniennes, près d'Al Haditha.

Des informations beaucoup plus précises ont été fournies par quelques sondages profonds à l'W de Ni'ana. L'un d'eux, qui se trouve à 1 km. au N de la gare du chemin de fer, à une altitude de 90,4 m., a montré la succession suivante :

Quaternaire	1. Sol végétal gris et brun.....	4 m.	
	2. Sables, rouges en haut, devenant de plus en plus blonds vers le bas..	36 m.	
	3. Sables et galets.....	8 m.	
			48 m.
Pliocène (+ Miocène ?)	4. Marnes sableuses vertes, jaunes et grises	2 m.	
	5. Marnes grises.....	47 m.	
			49 m.
Eocène	6. Calcaire et marne grise.....	25 m.	
			25 m.
Sénonien	7. Calcaire marneux, pyriteux, un peu bitumineux	46 m.	
			46 m.
Turonien	8. Calcaire blanc, dur, quelquefois avec des taches vertes.....	3 m.	
	9. Calcaire blanc et bleu verdâtre avec des Gastropodes turriculés ind...	3 m.	
	10. Calcaire blanc avec des Gastropodes ind. (*Natica* sp. ind., *Conus* sp. ?)	16 m.	
	11. Calcaire oolithique avec de belles Quinqueloculines et des Gastropodes turriculés.....	21,50	
	12. Calcaire avec petits cristaux de pyrite	4 m.	
	13. Calcaire à silex gris.....	2 m.	
	14. Calcaire gris à Milioles (*Quinqueloculina*)	1,50	
			51 m.
	En tout.....		219 m.

L'absence de niveau à Rudistes dans ce sondage ne prouve pas qu'ils manquent réellement dans cette série. De fait, deux autres sondages très voisins du premier, l'un ayant atteint une profondeur de 235 m. et l'autre de 270 m., ont fourni plusieurs beaux morceaux de Rudistes.

L'étage turonien a une grande importance pratique dans la plaine de Ramle-Lydda à cause de l'abondante nappe d'eaux souterraines qu'il contient. Malheureusement, en plusieurs en-

droits, ces eaux sont chargées d'une plus ou moins grande quantité de NaCl et de FeS qui donne naissance à H^2S, ce qui les rend inutilisables. C'est ce qui se produit spécialement dans les environs de Ni'ana-Mansurah, où la teneur en NaCl des eaux des couches turoniennes atteint jusqu'à 1.000-1.500 mgr./L. Les eaux des puits au N de Ramle sont généralement beaucoup moins riches en NaCl (200-400 mgr./L), ce qui permet de les utiliser.

De nombreux puits ont été creusés dans la région d''Innaba, à peu près à 4 km. à l'E de Ramle. Généralement on trouve, sous la couverture alluviale (3-8 m. d'épaisseur), 10 à 30 m. de calcaires tendres du Sénonien surmontant des calcaires blancs et caverneux à Rudistes et Gastropodes du Turonien. Le niveau d'eau se trouve le plus souvent à 30-40 m. sous le Sénonien. Ces eaux se reconnaissent toujours par une forte odeur de H^2S.

Ces mêmes conditions se retrouvent dans les forages aux environs de Ben Shemen (fig. 8). Au S de cette localité un sondage a rencontré dans les couches turoniennes, à une profondeur de 45 m., un calcaire blanc et caverneux avec quelques rognons de silex gris et quelques Gastropodes indéterminables; j'y ai pourtant pu reconnaître un exemplaire de *Cerithium intercalatum* Boehm (**26**, p. 211, pl. VI, fig. 4-5; **66**, p. 163).

Au N de Ben Shemen, le Sénonien est beaucoup plus épais qu'au S, de sorte que, bien que le grand Ouadi en Natuf y ait creusé une profonde vallée, le Turonien reste encore plus profond.

Dans la plaine alluviale, à l'W des affleurements turoniens de Deir Tarif, on retrouve les mêmes relations géologiques que dans la plaine de Lydda, entre Ramle et Ouadi Natuf : le Turonien s'y trouve sous une couverture assez mince (10-50 m.) de Quaternaire, Néogène et Sénonien. Un des nombreux sondages a fourni un calcaire turonien typique avec des *Radiolites* et contenant un moule identique à l'*Itieria zemmarensis* Blanckenhorn (**66**, p. 156, pl. VIII (V), fig. 68-70) et un *Cerithium* sp. ind.

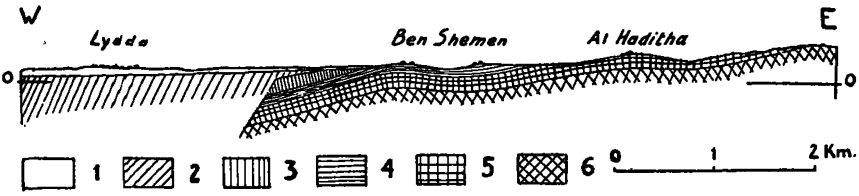

Fig. 8. — Coupe de Lydda à Al Haditha.
1. Alluvions ; 2. Pliocène (?) ; 3. Eocène ; 4. Sénonien ; 5. Turonien ; 6. Cénomanien.

C) Conclusions.

Dans l'état actuel de nos connaissances sur le Turonien de Palestine, il est certainement prématuré de vouloir en présenter une synthèse exacte. Bornons-nous à quelques conclusions générales basées sur les faits déjà connus et sur les observations nouvelles présentées ici.

Le Turonien, bien qu'il soit beaucoup moins puissant que le Cénomanien, semble montrer une aussi grande variété de faciès. Nous avons déjà signalé les différences de faciès entre le Turonien du Liban et de la Transjordanie, d'une part, où le niveau à Ammonites caractérise sa partie inférieure, et celui de la Palestine, d'autre part, où ce niveau manque le plus souvent. Mais dans la Palestine elle-même, il y a encore d'autres variations de faciès. M. Blanckenhorn a déjà signalé (**33, 47**) que dans les environs de Jérusalem on distingue *deux* types du Turonien : un à *Rudistes* et à *Gastropodes,* l'autre à *Oursins.* Ce dernier faciès est assez commun à l'E de Jérusalem, tandis que dans toute notre région je ne l'ai pas observé.

Un autre faciès, très répandu à l'E de la crête de la Judée, est celui à Ostracées (*Pycnodonta vesiculosa* Lmk.), tandis que je ne l'ai pas retrouvé dans ma région, à l'W de cette crête.

Cette grande diversité des faciès semble montrer que les conditions biologiques de la mer Turonienne sur l'étendue limitée de la Palestine étaient assez variées. M. Picard, se basant sur

ses recherches dans le désert de la Judée (**82**), attribue au Turonien un faciès néritique. Dans la région étudiée ici, les faunes, le développement de calcaires oolitiques-pisolitiques et probablement aussi la présence de rognons de silex, témoignent de ce même faciès néritique.

4. — LE SÉNONIEN

A) Caractères généraux.

S'il y avait quelques difficultés pour séparer le Turonien du Cénomanien, il est au contraire bien facile de distinguer le Sénonien du Turonien. Le Sénonien de Palestine, ainsi que celui de beaucoup d'autres pays de la Méditerranée, se caractérise comme une formation presque entièrement crayeuse, tandis que les étages précédents ne contiennent qu'exceptionnellement des horizons crayeux, et ceux-ci sont toujours très limités.

Ce caractère du Sénonien a été reconnu depuis longtemps et il a été très utile aux géologues de la Palestine. Mais, d'autre part, ce même caractère a été la cause d'une confusion du Sénonien avec l'Eocène, lequel a le plus souvent un aspect semblable. C'est pourquoi l'extension du Sénonien a été généralement jusqu'à ces derniers temps plus ou moins exagérée. Des confusions analogues existent aussi dans quelques pays voisins.

La succession des étages sénoniens est connue mieux que celle de toutes les autres formations, et cela spécialement grâce aux soigneuses études de M. Blanckenhorn et plus récemment de M. Picard. Cette succession se présente, d'après M. Picard (**82**), de la manière suivante, en simplifiant, de haut en bas:

6. Calcaire bariolé, siliceux ou marneux, souvent bréchique, sans fossiles.
5. Calcaire bitumineux avec *Pecten obrutus* Conrad. — 100 m. d'épaisseur.
4. Calcaire phosphaté à rares *Ammonites* (*Libycoceras ismaeli* Zittel).

3. Calcaire crayeux à lits de silex, quelquefois avec intercalations bitumineuses ou lits phosphatés; niveaux à *Baculites*. — 115-130 m.
2. Craie blanche, très fossilifère (*Nucula tenera* Mueller, *Leda perdita* Conrad, *Arca parallela* Conrad, etc.). — 50-65 m.
1. Calcaire blanc, souvent à marbrures roses, mal lité, en général un peu crayeux, pauvre en fossiles (niveau à *Mortoniceras*). — 100 m.

En tout, cette formation a dans le désert de la Judée une épaisseur de 350-400 mètres.

La série sénonienne a été divisée par M. BLANCKENHORN en trois étages: *Santonien,* auquel correspondra notre niveau « 1 »; *Campanien,* qui sera représenté par nos niveaux « 2 », « 3 », « 4 », et enfin les couches « 5 » et « 6 » recevront le nom de *Danien.*

M. PICARD, en se basant sur ses recherches minutieuses dans le désert de la Judée, où le Sénonien semble être le plus complet (**82**), a précisé quelques détails de la classification précédente. Laissant au niveau « 1 » le nom de Santonien, il admit que ce niveau représente aussi le *Coniacien* et correspond ainsi à l'*Emschérien.* Il sera donc, à mon avis, plus juste d'appeler le niveau « 1 » « Emschérien » ou « *Sénonien inférieur* » pour éviter de fausses interprétations.

M. PICARD attribue au Campanien seulement la couche « 2 », tandis qu'il sépare les couches « 3 » et « 4 » sous le nom de *Maestrichtien.* Son Danien correspond à la définition donnée ci-dessus.

Cette division a trouvé une opposition de la part de M. DUBERTRET, qui a préféré maintenir la détermination du Campanien de M. BLANCKENHORN, mais qui appelle « Maestrichtien » nos niveaux dits Danien (**86, 92**). Or, cette opposition n'est guère justifiée, car il n'est pas correct de classer les couches à Baculites et à *Libycoceras ismaeli* dans le Campanien et de considérer comme maestrichtiennes des assises où les Ammonites ont déjà disparu (**97**).

Certainement, la question de l'existence du Danien en Palestine n'est pas encore résolue d'une manière absolument sûre (comme dans beaucoup d'autres pays). M. PICARD lui-même

constate clairement que la présence du soi-disant fossile caractéristique du Danien égyptien-palestinien (**47**, p. 27-29, et **48**) *Pecten obrutus* Conr. n'est pas une preuve suffisante, bien que ce *Pecten* ne semble se trouver en Palestine qu'au-dessus du niveau à Baculites [2] (**82**, p. 59). La preuve la plus importante de l'existence du Danien est sa position au-dessus des couches contenant des Ammonites qui ailleurs caractérisent le sommet du Maestrichtien. On peut donc seulement se demander si les couches dites daniennes ne pourraient pas être encore rattachées au Maestrichtien, mais la détermination du Maestrichtien lui-même est indiscutable. Nous aurons plus tard l'occasion de revenir sur cette question.

La succession complète des niveaux sénoniens, telle qu'elle a été reconnue par M. Picard dans le désert de Judée, ne peut être facilement appliquée à d'autres régions, où, à cause des changements de faciès, certains niveaux ne peuvent pas se retrouver. Notre région montrera précisément un exemple de ces différences de faciès.

Le territoire étudié ici, et surtout sa partie méridionale, avait été autrefois considéré comme appartenant presque tout entier à l'étage Sénonien ou même au Turonien-Cénomanien. Pour expliquer cette extension, qui ne s'accordait pas avec une structure géologique normale, on admettait l'existence d'une faille N-S passant au pied des Monts de la Judée : c'est la faille bien connue dans la littérature géologique sous le nom de « *faille d'Artuf* » (**47**, **81**). Mais j'ai reconnu que presque toute la partie méridionale de la région étudiée appartient non au Crétacé, mais à l'Eocène, de sorte que l'étendue des affleurements du Sénonien se trouve considérablement réduite, et la « faille d'Artuf » n'est pas justifiée.

---

[2] « In any case *P. obrutus* as a guiding fossil must be made use of with care. In our area, however, *P. obrutus* has hitherto been found only in the upper bituminous horizon (notre niveau « 5 ») overlying the phosphate zone (notre niveau « 4 »). » (L. Picard, *Geol. Research. Judean Desert*, 1931, p. 59.)

Par conséquent, le Sénonien ne formera plus, au pied des Monts de la Judée, qu'une zone étroite parallèle à celle du Turonien; une autre zone sénonienne plus large, à cause de son pendage plus faible, s'allonge parallèlement au Turonien de la région de Barfilya, c'est-à-dire de Beit Nuba à Al Qubab, puis à 'Innaba et jusqu'à Al Haditha.

B) Descriptions locales.

Nous allons décrire maintenant quelques affleurements caractéristiques dans l'ordre déjà suivi au chapitre précédent, c'est-à-dire du S au N.

I. — La bordure des Monts de la Judée.

1° La coupe de l'Ouadi Sarar.

La coupe de l'Ouadi Sarar a été citée dans le chapitre précédent (III, *3*, B, I).

Le Sénonien inférieur. — Le Sénonien y commence par un calcaire assez peu dur, devenant vers le haut de plus en plus tendre, très mal stratifié, le plus souvent dépourvu de fossiles (couche « *c* »). Généralement c'est l'horizon des *Mortoniceras* (*Schlönbachia*), mais ce fossile n'a pas été retrouvé ici. C'est donc le niveau « 1 » de notre coupe générale appartenant au Sénonien inférieur (= Emschérien = « Santonien »).

Souvent le calcaire de la base de ce niveau est presque aussi dur que le calcaire turonien. Dans ce cas, l'examen microscopique peut aider à distinguer les deux roches : une coupe mince du Sénonien inférieur montre le faciès caractéristique à *Globigérines,* accompagnées par quelques *Nodosaires, Textilaires,* mais pas de *Milioles.* Cette microfaune caractéristique persiste généralement pendant tout le Sénonien et même pendant l'Eocène.

Les calcaires du Sénonien inférieur étant assez résistants et en même temps faciles à fendre et à tailler sont utilisés comme

pierres à bâtir peu coûteuses. Ce matériau est connu vulgairement sous le nom arabe de « Kakuhleh ». Il y a quelques espèces de « Kakuhleh » plus durs, un peu recristallisés et avec des taches rosâtres, qui sont recherchés comme belles pierres ornementales.

Campanien. — Sur le Sénonien inférieur reposent des couches crayeuses, tendres, fossilifères, d'une épaisseur de quelque 50 m. Elles correspondent au niveau « 2 » de notre coupe générale, c'est-à-dire au Campanien. La faune récoltée à l'Ouadi Sarar et aux environs est la suivante :

Dentalium cretaceum Conrad (= *D. alternans* Mueller ?).

C'est un fossile très répandu dans le Campanien de Palestine. Il est très proche, et peut être synonyme du *D. alternans* Mueller, forme citée par DOUVILLÉ du *Maestrichtien* de la Perse (**3**; **20**, p. 178, pl. XX, fig. 7-8; **32**, p. 35, pl. XLVIII, fig. 35-38; **66**, p. 123, pl. V (I), fig. 1).

Cypricardia sp.

Correspond à la forme *sénonienne* figurée par QUAAS, **30**, p. 220, pl. XXXII, fig. 20-21.

Gervillia hierosolymitana Blanckenhorn (**20**, p. 223, pl. XXIV, fig. 11-12; **99**, p. 181, pl. VII, fig. 7-9).

Le type de BLANCKENHORN (déposé maintenant dans la collection de l'Université hébraïque à Jérusalem), provenant du *Campanien* des environs de Jérusalem, se rapproche beaucoup de *G. solenoides* Defrance.

Nucula crebrilineata Conrad.

Nucula tenera Mueller.

Alaria ou *Fusus* sp. ind.

Aporrhais (*Lispodestes*) *paulusi* Blanckenhorn (**66**, p. 166, pl. IV, fig. 87-89).

Le type de BLANCKENHORN, provenant des environs de Jérusalem, des couches à *Baculites*, est très proche de *L. reussi* Gein.

Desmieria sp. ?

Hemifusus sp. ?

Scalaria goryi Lartet.

Straparolus cf. *indicus* Stoliczka (**8**, p. 258, pl. XX, fig. 7 *a*, *b*, *c*).

Cette faune est dans l'ensemble caractéristique du Campanien de la Palestine.

Les calcaires campaniens sont souvent parcourus par des fissures remplies de calcite. Ces fissures s'allongent le plus souvent parallèlement à la direction des bancs et elles sont inclinées de 20 à 25° à l'E, c'est-à-dire dans le sens opposé au pen-

dage des couches; elles s'accompagnent de miroirs de failles. Ces caractères sont particuliers aux calcaires crayeux campaniens et parfois aux calcaires du Maestrichtien. Ils sont bien connus dans d'autres régions, par exemple dans le désert de la Judée (**82**). Ces phénomènes sont sans doute en relation avec les plissements. On peut penser, en effet, que nos couches campaniennes, formant les parties extérieures des voûtes anticlinales, ont été plus exposées aux fractures que les assises des noyaux. En outre, la craie campanienne est très peu plastique et elle se brise au lieu de se plisser. Grâce à la grande porosité de cette craie, les solutions de carbonate de chaux ont rempli de calcite ces nombreuses fissures.

Toujours à cause de cette porosité, la craie campanienne a pu être souvent imprégnée par des solutions salines. La salinité est parfois assez forte (par exemple dans le désert de la Judée), mais dans notre région elle reste faible. Néanmoins on peut quelquefois observer des efflorescences salines à la surface de la roche. Il est remarquable de constater qu'une pareille salinité se retrouve aussi dans les couches crayeuses de l'Eocène.

Maestrichtien. — Les deux niveaux suivants, assise de silex de 1 m. d'épaisseur (couche *e*) et calcaire à Baculites (couche *f*), appartiennent au Maestrichtien.

Au point de vue tant stratigraphique que morphologique, les bancs continus de silex constituent une des particularités les plus remarquables de la partie supérieure du Sénonien. A cause de leur dureté, ces bancs, d'un brun foncé, font saillie au milieu des couches blanches et tendres qui les encadrent. Ces lits siliceux se montrent affectés de plissotements qui contrastent avec l'allure massive de la craie non stratifiée. Les bancs de silex sont développés presque partout, mais d'une manière très inégale, dans le Maestrichtien. Ainsi les bancs de silex sont toujours nombreux en Transjordanie (ex. les classiques bancs de silex plissés d'Amman, **70**) et à l'E de la crête de la Judée (ex. désert de la Judée, **82**), tandis que dans notre coupe on n'en voit

plus qu'un, et il n'y a pas de raison de supposer que d'autres bancs aient existé à des niveaux plus élevés et aient été ensuite détruits par l'érosion.

La coupe de l'Ouadi Sarar permet donc de distinguer des niveaux successifs appartenant au Sénonien inférieur, au Campanien et à une partie du Maestrichtien. Le niveau à phosphate du Maestrichtien et le Danien y manquent.

2° De l'Ouadi Sarar a Yalu.

Le long des montagnes, le Sénonien a partout presque le même caractère que dans la coupe précédente. Mais on ne peut que rarement observer une série complète. En particulier, le Campanien étant plus tendre a été plus facilement érodé que les autres étages. De plus, tous ces calcaires s'altèrent facilement sous l'influence des agents atmosphériques jusqu'à devenir méconnaissables (formation dite « Nari »). Pour cette raison, le niveau campanien, qui est important par sa riche faune, ne montre malheureusement que très peu de bons affleurements.

C'est au Sénonien inférieur qu'appartiennent les affleurements les plus nets. On y trouve tous les types de roches de cet étage. A 500 m. au NW d'Ishwa, dans le petit cañon du Ouadi Shaib Beit Mahsir, affleure un calcaire à marbrures rouge brique (« Flammenkalk »), déjà mentionné, qui est ici exploité d'une manière assez primitive comme belle pierre à bâtir. Des roches semblables, striées ou tachées de rouge, se retrouvent sur les pentes à l'E de Yalu. En ce point commence déjà à apparaître la base du Campanien, mais avec une faune très pauvre.

Le niveau le plus intéressant est ici le Maestrichtien. Son banc de silex constitue un excellent horizon-repère qui permet de suivre d'une façon presque continue le sommet du Sénonien. Du Ouadi Sarar, ce banc se prolonge vers le N, à l'E d'Artuf (au-dessus des très anciennes ruines de Hirbet Marmita); à partir d'Ishwa il suit à peu près la route jusqu'à Bab el Wad, puis jusqu'à l'E de Yalu. Mais, chose remarquable, le banc de

silex compact est presque toujours remplacé par une brèche de silex avec un ciment calcaire ayant même parfois un aspect conglomératique.

Comme nous l'avons déjà remarqué, le banc de silex souligne nettement l'allure des couches. En bordure des Monts de la Judée, les couches sont fortement inclinées vers l'W, et le pendage du banc de silex atteint généralement 25-30°, mais parfois même 50° ! (à l'E d'Artuf). Les plis, qui sont visibles dans la vallée du Jourdain d'une manière si frappante, sont ici assez rares, mais on en trouve par exemple près d'Ishwa.

Rappelons enfin ce que nous avons dit dans le chapitre précédent sur les différences entre les silex sénoniens et les silex turoniens. Les silex du Maestrichtien sont jaunes, bruns; ils deviennent noirs dans les terrains bitumineux; la cassure est brillante, un peu transparente; il n'y a pas de fossiles microscopiques, mais souvent de magnifiques exemplaires de grandes coquilles.

Nous aurons encore l'occasion de revenir sur les questions que soulèvent ces silex du Maestrichtien.

Le niveau à phosphate de chaux. — A peu près à 1 km. au N d'Ishwa, dans un petit synclinal dessiné par les plissotements ci-dessus mentionnés du banc de silex, se trouve un unique affleurement d'un calcaire bréchique phosphaté. Les grains de phosphate ne sont guère plus gros qu'une tête d'épingle et de couleur gris-brun. Dans la pâte grenue, on reconnaît de petits Foraminifères, des dents de Poissons et des débris de coquilles (*Ostrea* sp., probablement *Pycnodonta vesicularis* Lmk.). Spécialement intéressante est la présence de petits débris et même de grands fragments de silex d'aspect roulé (pl. I, fig. 1).

Il est probable que cet affleurement, bien que très limité, correspond au niveau de calcaire phosphaté du désert de la Judée (sommet du Maestrichtien).

Dans la région étudiée jusqu'ici, c'est le niveau le plus élevé du Sénonien qui soit représenté.

II. — Les montagnes de Barfilya.

Dans la région montagneuse de Barfilya, le Sénonien fait suite au Turonien à l'extérieur de l'arc irrégulier dessiné par celui-ci. Il commence donc au N de Beit Nuba, traverse par Selbit, arrive à Al Qubab, remplit le petit golfe d'Innaba, puis, parfois couvert par des alluvions, il atteint les environs de Ben Shemen et Al Haditha; dans la dépression à l'W de Beit Nabala, il se cache sous le Quaternaire et peut-être sous le Pliocène, de même dans la plaine à l'W de Deir Tarif.

1° De Beit Nuba a Al Qubab.

Les couches du Sénonien entre Beit Nuba et Al Qubab descendent lentement vers la vallée d'Ayalon, dont elles forment le versant septentrional. Bien que dans une grande partie de cette vallée la roche en place soit souvent cachée par de puissantes alluvions anciennes ou modernes, on y trouve néanmoins quelques très bons affleurements.

Contrairement à ce que nous avons vu sur la bordure des Monts de la Judée, le *niveau à silex* du Maestrichtien ne se montre pas ici d'une façon continue. Le plus souvent il manque ou est très réduit, et il ne joue plus dans la morphologie du pays ce rôle important qui ailleurs est si caractéristique. Toutefois, à quelque 2 km. au NNW de Beit Nuba (vers Salbit), on est frappé par l'apparition subite de bancs de silex bien développés qui constituent une colline pittoresque, presque noire, semblable à une ruine fantastique.

Un peu plus loin dans la même direction, donc plus près de Salbit, des assises très riches en Baculites témoignent de la présence du Maestrichtien.

Près de Salbit, sur la berge élevée de l'Ouadi Selma, on trouve des affleurements du Campanien-Maestrichtien riches en fossiles. Dans l'un d'eux j'ai récolté :

Arca (*Grammatodon* ?) *parallela* Conrad.

C'est une espèce très répandue dans les assises du Campanien et du Maestrichtien de Palestine (**80**, p. 523, pl. XXI, fig. 14 *a*, *b*).

Lucina cf. *safedensis* Conrad.

Cette espèce est connue du Sénonien supérieur de la Galilée. PICARD mentionne du Maestrichtien de la Judée orientale *L.* cf. *campaniensis*, qui est très voisine de *L. safedensis* (**80**, p. 530).

Nucula cf. *tenera* Mueller.

Espèce très répandue dans le Campanien-Maestrichtien de la Judée (**80**, p. 519-521, pl. XXI, fig. 7 *a*, *b*, 8-10).

Ostrea ayalonensis n. sp.

C'est une espèce très fréquente dans notre région dans le Maestrichtien, mais descendant parfois un peu plus bas (Campanien supérieur ?). Sa coquille est très mince, de forme irrégulièrement arrondie, généralement ovale, allongée; la surface montre des ondulations irrégulières, concentriques au crochet; ces caractères la font ressembler à *Inoceramus labiatus* Schlotheim (qui était autrefois considéré comme une *Ostracée*; v. SCUPIN, **46**, p. 201, fig. 30-33). Une forme très voisine de notre coquille est *Ostrea* (*Liostrea*) *boucheroni* Coquand (**6**, p. 232, pl. XXII, fig. 9-11; **9**, p. 85, pl. XXXVII, fig. 1-16). *Ostrea* (*Liostrea*) aff. *thevestensis* Coquand, signalée par M. PICARD du Maestrichtien supérieur de la Judée (**82**, p. 34), semble être identique à notre espèce.

Pecten delumbis Conrad (= *spatulatus* Roemer ?).

Cette forme a été figurée par CONRAD (**5**) et par LARTET (**10**). C'est une forme assez répandue dans le Sénonien supérieur en Palestine. PICARD l'a signalée des environs de Nazareth sous le nom de *P.* (*Synclonema*) *orbicularis* Sow. (**74**, p. 11) et aussi sous le nom de *P.* (*Synclonema*) *spatulatus* Roemer des environs de Beisan (**77**, p. 10). En effet, ce dernier nom, qui est le plus ancien, semble correspondre aux figures de CONRAD et de LARTET.

Pecten sp. ind.

Un fragment d'une valve (à peu près de 5 mm. de hauteur) sans oreillettes, avec de fines côtes radiales granuleuses, d'un type qui n'a pas été jusqu'à présent signalé en Palestine.

Dentalium cretaceum Conrad (= *alternans* Mueller ?).

En se rapprochant d'Al Qubab, le Sénonien disparaît, enlevé par l'érosion des ouadis ou recouvert par leurs puissantes alluvions.

2° AL QUBAB.

Rappelons ici que dans la coupe du Turonien, sur le versant NE d'Al Qubab, l'*Hippurites praeloucasi* Toucas nous a indiqué bien nettement le sommet du Turonien, ce qui permet de supposer que les couches situées au-dessus appartiennent déjà au Coniacien. Mais à cause de la croûte superficielle calcaire, il n'a

pas été possible d'observer la succession des couches supérieures. Le Sénonien lui-même a été bien reconnu, grâce à des affleurements extrêmement riches en fossiles que j'ai découverts sur le versant SE de la colline d'Al Qubab. La route Jérusalem-Jaffa y recoupe ces formations en tranchées montrant des couches fossilifères. Mais les gisements les plus riches se trouvent dans les mamelons au S de la route.

Les assises y sont formées par un calcaire marneux jaunâtre, passant inférieurement à des marnes brun-grisâtre. Les fossiles n'y sont conservés que sous forme d'empreintes brunes, sauf les Ostracées et les petits Pectens qui possèdent encore leurs minces coquilles. La roche contient divers petits Foraminifères, tels que *Globigerina, Cristellaria, Frondicularia* et *Nodosaria.*

La faune récoltée est la suivante :

Coralia sp. ind. (*Turbinolia* sp. ?).

Astarte (*Eriphyla*) *lenticularis* Goldfuss.

La forme palestinienne se rapproche beaucoup de la variété indienne *A. forbesiana* Stoliczka; PICARD ne la connaît que du Campanien (**80**, p. 525, pl. XXI, fig. 15).

Arca (*Grammatodon* ?) *parallela* Conrad.

Inoceramus sp., aff. *regularis* d'Orb.

Les Inocérames sont très rares en Palestine. Au Sénonien, ils ne sont connus que dans le niveau supérieur. PICARD a décrit *In. regularis* du Maestrichtien de la Judée orientale (**80**, p. 536, pl. XXII, fig. 9).

Lucina cf. *safedensis* Conrad.

Lucina (*Dentilucina*) *subnumismalis* d'Orb.

PICARD la signale des bancs phosphatés du Maestrichtien (**80**, p. 529, pl. XXI, fig. 22).

Meretrix (*Dosiniopsis* ?) *judaica* Picard.

Dans le désert de la Judée, elle se trouve seulement dans les couches du Campanien (**80**, p. 532-534, pl. XXII, fig. 1 *a*, *b*; 2 *a*, *b*; 3 *a*, *b*; 4; 5 *a*, *b*; 6).

Nucula cf. *Yoldia obtusata* Stoliczka.

La valve est parfaitement symétrique. Notre coquille est certainement très voisine de la forme de STOLICZKA (**11**, p. 324, pl. XVII, fig. 7-10).

Ostrea (*Liostrea*) *ayalonensis* n. sp.

Ostrea (*Pycnodonta*) *vesicularis* Lmk.

Ostrea sp. juv., peut-être *O. gautieri* Thom. et Perv.

Pecten delumbis Conrad (= *spatulatus* Roem. ?).

Pecten aff. *obrutus* Conrad.

Coquille presque ronde, 7 mm. de hauteur; 30-40 côtes radiales, très fines (chez *P. obrutus*, il n'y a que 20-25 côtes, plus épaisses); les oreillettes sont petites, à peu près égales, finement striées.

Pecten sp. ind.

Accompagne le précédent; la coquille est ronde, diamètre 5 mm., très mince, fragile, lisse, un peu bombée; on y distingue quelques lignes radiales faiblement marquées et des côtes concentriques très fines; les oreillettes manquent; aucune forme pareille n'est connue en Palestine.

Dentalium cretaceum Conrad.

Patella sp.

Baculites vertebralis Lmk.

Les Baculites sont très nombreux; comme tous les autres fossiles, ils sont conservés seulement à l'état d'empreintes et, pour cette raison, on ne peut les identifier exactement. Parmi les espèces de la Judée orientale, M. PICARD a reconnu *Baculites palestinensis* Picard, *B. asper* Morton et *B. vertebralis* Lmk. On peut supposer que ces mêmes formes se retrouvent aussi dans notre affleurement.

Hamites sp. ind.

Scaphites sp. ind. (*Bostrychoceras* sp. ?).

Spiroceras sp.

Serpula sp. ind.

Très nombreuses dents de *Poissons*.

Au pied de ces affleurements se trouve le sondage cité dans le chapitre précédent (III, *3*, B, II, 1°). Malheureusement les données relatives à ce sondage ne sont pas toujours assez exactes, car il a été exécuté avec une méthode très primitive; les travaux ont duré plus d'une année et un contrôle continu était impossible. Néanmoins l'examen des déblais avec les renseignements des ouvriers m'a permis d'établir une succession générale bien certaine.

Il est remarquable de constater que le silex n'existe ici qu'à l'état de fragments. Un autre caractère très important est montré par les couches 7, 8 et 9 de ce sondage, qui, depuis le Turonien (ou moins depuis la base du Sénonien) jusqu'à la couche « 6 » (Campanien supérieur ? Maestrichtien ?), sont toujours phosphatées et passent en haut (couche 7) à un niveau pétri d'ossements et dents de Poissons et de Reptiles et de nombreux rognons petits et grands de phosphate brun-vert.

Au N de la route, c'est-à-dire sur le versant oriental de notre colline, à l'endroit où un sentier recoupe deux lacets de la route montante, existe un lambeau d'un niveau qui correspond au sommet de la série du sondage. On y voit de haut en bas :

c) Calcaire blanc-crème avec des morceaux (rognons ?) de calcaire phosphaté et avec des débris de silex;

b) Un banc de silex fragmenté;

a) Calcaire blanc-crème avec de petits grains de phosphate.

En renvoyant l'analyse générale de ces coupes à la fin de ce chapitre, je me bornerai à quelques remarques.

Bien remarquable est ici l'*absence de quelques formes* qui sont très répandues dans la Judée orientale, notamment *Roudaireia undata* Conrad et *Dentalium octocostatum* Fraas. Il faut aussi constater l'absence (ou l'extrême rareté) des *Gastropodes*.

Le fait le plus important qu'on peut déduire de nos descriptions est la *réduction très considérable* de la série *sénonienne*. Les affleurements d'Al Qubab représentent certainement une coupe presque complète de cet étage. En tout cas, le Sénonien ne dépasse pas ici quelque 35-40 m. d'épaisseur, tandis que dans le désert de la Judée il atteint (sans le Danien) 250-300 m. et dans l'Ouadi Sarar quelque 150 m. d'épaisseur.

A cause de cette réduction, il n'est pas facile de comparer la série d'Al Qubab avec la succession complète de la Judée orientale, bien que le sommet de notre coupe montre déjà un caractère maestrichtien assez prononcé.

3° D'Al Qubab a Al Haditha.

Les gisements sénoniens des environs d''Innaba n'ajoutent pas grand'chose de nouveau à ce que nous venons de dire. L'altération superficielle a recouvert les affleurements d'une croûte calcaire qui a effacé toute trace d'organismes fossiles et modifié la structure originelle des roches. Çà et là, on trouve quelques gisements de calcaires à Baculites.

Mais près de Khirbet el Khunnisa, au S d'Innaba, se trouve un affleurement curieux de quelques centaines de mètres de longueur de roches, dont les relations stratigraphiques avec les assises voisines n'apparaissent pas clairement. Elles ont un aspect très variable qui se modifie graduellement ou subitement, à la fois en direction horizontale ou verticale. Leurs couleurs sont vives : jaune-gris, vert-bleu comme de la malachite (mais sans trace de cuivre !), violet, rouge-brique, gris, noir, blanc. Leur constitution minéralogique, que je n'ai pas étudiée en détail, est aussi variée : il s'y trouve des calcaires gypseux, marneux et siliceux, des rognons et des lentilles de silex, des filons de calcite et de silice. La texture montre une forte minéralisation diagénétique et on n'y trouve pas de traces de structure organique.

Une explication de l'origine de ces roches nécessiterait des études géochimiques détaillées qui sortiraient du cadre du présent travail, mais il serait utile de rechercher en Palestine d'autres gisements ressemblant à celui de Khirbet el Kunnisa. En particulier, il en existe de tels dans le désert de la Judée. Ce sont les affleurements étendus et bien connus de Khan el Ahmar, sur la route de Jérusalem à Jéricho; nous les avons mentionnés dans notre description générale du Sénonien sous le nom de « *calcaire bariolé* » (niveau « 6 »), constituant la partie supérieure du *Danien*. Les roches de ce niveau sont aussi sans doute d'origine diagénétique. On a essayé d'expliquer leur genèse de plusieurs manières. HULL (**17**) les avait considérées comme des roches volcaniques. LARTET (**10**) les a indiquées comme « couches bigarrées de rouge avec des gypses », en les considérant évidemment comme des sédiments normaux. M. BLANCKENHORN est du même avis (**41**, **47**). M. PICARD enfin, s'appuyant spécialement sur les vues de J. W. EVANS et de M. G. M. LEES, suppose une diagenèse causée par des hydrocarbures libres (**82**, p. 52-56). Mais, de fait, cette question n'a pas encore trouvé d'explication bien satisfaisante.

Pour nous, la question la plus importante serait la détermination du niveau stratigraphique de notre gisement. Est-on autorisé à le paralléliser avec les calcaires bariolés du Danien de la Judée orientale ? Pour cela il faudrait que le processus de diagenèse ne se soit produit que dans ce niveau bien déterminé du Danien et il faudrait aussi que la *cause* de la diagenèse se trouve dans le *niveau* même du Danien. Ces conditions s'accordent en effet avec l'hypothèse de M. Picard. Mais, même de ce point de vue, il est possible que de pareilles conditions aient existé aussi dans d'autres niveaux; une diagénèse semblable serait possible dans des niveaux différents. Par conséquent, faute d'une connaissance suffisante de la nature, de l'origine et même de l'étendue en sens vertical et horizontal de cette diagénèse, on ne peut pas paralléliser le gisement de Khirbet al Kunnisa avec celui de la Judée orientale.

Dans la zone sénonienne à l'E de Lydda, nous citerons spécialement les affleurements des environs d'Az Zuheiriya, entre Ben Shemen et Jimzu; ils présentent un certain intérêt à cause de leurs calcaires phosphatés, détritiques, avec dents de Poissons, des Foraminifères et fragments de silex. Je les attribue au Maestrichtien.

Entre Ben Shemen et El Haditha, j'ai remarqué un affleurement assez net d'une craie, probablement campanienne, qui a fourni les formes suivantes :

Nucula crebrilineata Conrad.
Pecten delumbis Conrad.
Cerithium sp. Picard (**80**, p. 517, pl. XXI, fig. 4).
Scalaria goryi Lartet.

Enfin il faut ajouter que nulle part entre Innaba et Al Haditha on ne retrouve de *bancs étendus de silex,* mais seulement leurs restes à l'état de *débris* (par exemple : au N de Jimzu et entre Ben Shemen et Al Haditha).

III. — Le Sénonien dans les sondages.

Je grouperai les sondages considérés ici en deux régions qui correspondent à deux faciès différents du Sénonien : 1° la région montagneuse; 2° la plaine de Ramle-Lydda.

1° La région montagneuse.

a) *Sondage de Har Tuv.* — Le sondage le plus important de cette région sera pour nous le sondage profond de Har Tuv (près d'Artuf) exécuté tout récemment. Sa profondeur totale est de 300 m. Malheureusement les échantillons ont été broyés par le trépan et permettent seulement des distinctions pétrographiques, sauf pour les premiers 50 m., que je connais d'après un puits à main antérieur. On y peut distinguer les niveaux suivants :

6,10 m. — Alluvions de l'Ouadi Matlak.

1,50 m. — Marnes jaunes (Eocène).

205,80 m. — Calcaires et marnes bitumineux ; au moins dans les premiers 40 m., s'y trouvent de nombreux exemplaires de *Pecten obrutus* Conrad, des empreintes d'*Inoceramus* (*regularis* d'Orb. ?), de très petits *Crustacés*, de petites *Eponges*, de très nombreuses *Globigérines* et parfois quelques autres petits *Foraminifères*.

9,10 m. — Silex noir.

7,60 m. — Calcaire bitumineux avec silex brun.

70,10 m. — Calcaire bitumineux avec pyrite à la base.

Toute cette série bitumineuse atteint l'épaisseur extraordinaire de 292,6 m. sans que la base ait été atteinte.

L'aspect pétrographique de ces roches et la présence de *P. obrutus* rappellent très vivement les calcaires bitumineux de la Judée orientale, considérés comme *daniens*. Aussi on attribue actuellement les calcaires bitumineux d'Artuf au Danien. Cette conclusion n'est pour le moment que provisoire. Même de ce point de vue, on doit se demander si toute cette série, d'au moins 300 m. d'épaisseur, appartient bien au Danien ou si c'est seulement sa partie supérieure et, dans ce dernier cas, quelle partie ?

Il faut ici souligner — ce qu'a fait déjà M. PICARD (**82**) — que le faciès bitumineux ne caractérise pas rigoureusement un horizon spécial, bien que ce faciès soit tout à fait typique dans le Danien. M. PICARD l'a reconnu en Judée orientale dans le Campanien et dans le Maestrichtien sous forme d'intercalations plus ou moins étendues dans lesquelles il n'a pas observé le *P. obrutus*. Dans notre région, comme le montre le sondage de Ni'ana (chap. III, *3*, B, III) et comme nous le verrons plus loin, le faciès bitumineux peut apparaître même dans le Turonien et monter jusqu'au Pliocène. On ne peut donc pas affirmer que toute la série bitumineuse de Har Tuv soit du Danien.

L'unique argument, sauf la faune du niveau supérieur, qui nous permettra de subdiviser provisoirement cette série est l'existence d'un niveau siliceux. On peut admettre avec quelque vraisemblance que ce dernier correspond au niveau de silex du Maestrichtien. Dans ce cas, les quelque 20-30 m. de calcaire bitumineux au-dessus du niveau siliceux appartiendront encore au Maestrichtien; cela réduirait le calcaire bitumineux du Danien à 175-185 m., tandis que la partie inférieure (105-115 m.) appartiendrait au Sénonien et en tout cas certainement pas au Turonien.

Rappelons ici que le banc siliceux du Maestrichtien, affleurant à 2 km. à l'E, dans la bordure des Monts de la Judée, plonge d'environ 30° vers Artuf. Si c'est ce banc qui se retrouve dans le sondage de Har Tuv, il est dénivelé d'à peu près 350 m. Or, pour un pendage continu si fort, cette différence d'altitude est trop faible. Cela montre que le pendage a dû beaucoup diminuer ou même qu'il a pu s'inverser.

Cette question ayant une grande importance pratique à cause des recherches d'eau souterraine a été étudiée par les procédés géophysiques par MM. LOEHNBERG et LOEWENSTEIN, géophysiciens en Palestine. La courbe de résistivité électrique qu'ils ont obtenue montre un pendage des couches très fort à l'E et beaucoup plus faible à l'W, sous le territoire de Har Tuv.

Le calcaire bitumineux a été encore retrouvé dans quelques autres sondages, mais tantôt les renseignements ne sont pas suffisants, tantôt les échantillons sont triturés et on ne peut plus y observer de fossiles.

b) Un sondage à Beit Nuba a atteint une calcaire bitumineux à une profondeur de 27 m. sous une couverture d'alluvions et probablement de calcaire éocène.

c) Dans le couvent français de Latrun, un ancien sondage a recoupé les niveaux suivants [3] :

2 m. — Calcaire altéré (« Nari »).
15 m. — Calcaire marneux de l'Eocène.
170 m. — Calcaire bitumineux.
30 m. — « Blocs de silex » ; il s'agit probablement d'un calcaire avec débris d'un banc siliceux.
A la base. — « Calcaire dur » aquifère.

d) A 1 km. au SW de ce sondage, un puits creusé dans les alluvions du Ouadi el Tahun a atteint, à la profondeur de 10 m. environ, un calcaire blanc et tendre avec *Arca parallela* Conrad, *Pecten delumbis* Conrad, *P. obrutus* Conrad, *Astarte* sp. et débris de Poissons. C'est donc probablement du Maestrichtien. J'explique son apparition, ici anormale, par une faille (« faille d'Ayalon ») qui a disloqué les couches dans cette zone.

e) A Gezer, le sondage (altitude 142 m.) a traversé :

28 m. — Calcaire dur. 9 m. — Calcaire marneux, pyriteux.	Eocène.
7 m. — Calcaire bitumineux.	Danien ?

f) Enfin à Barriya quelques petits sondages ont atteint, sous 20 m. environ d'Eocène, un calcaire bitumineux avec Baculites, donc du sommet du Sénonien.

Les coupes des sondages étudiés montrent nettement qu'au-dessus du banc siliceux attribué au Maestrichtien se trouve un

[3] Je dois ces données importantes à M. le Supérieur du couvent de Latrun, que je remercie bien vivement.

puissant complexe qui certainement ne correspond à aucun des niveaux du Sénonien affleurant dans notre région et qui peut seulement être assimilé aux *calcaires bitumineux daniens* de la Judée orientale. C'est seulement de cette manière qu'il devient possible d'expliquer la puissance anormale de l'étage Sénonien.

La localisation de ces dépôts daniens s'explique facilement par leur faciès et par leur évolution paléogéographique. Ces dépôts se sont formés (ce qui a déjà été supposé par M. PICARD, **82**) dans des lagunes séparées, et ils ont rempli des dépressions le long des rivages d'un continent émergé.

2° LA PLAINE DE RAMLE-LYDDA.

Les sondages de cette région confirment encore une fois l'observation faite plus haut sur la réduction considérable de l'épaisseur du Sénonien.

Le sondage de Ni'ana, cité dans le chapitre III, *3*, III, montre 46 m. de Sénonien (Danien absent ?); un autre sondage de cette localité n'en a traversé que 33 m. Une épaisseur voisine se retrouve dans le sondage de Mansura (Hulda).

A l'E de Lydda, où l'Eocène manque presque partout, le Sénonien a été enlevé en grande partie. C'est pourquoi dans plusieurs sondages il n'est plus épais que de quelques mètres, et à l'W de Deir Tarif il manque souvent complètement, le Quaternaire et le Pliocène reposant directement sur le Turonien.

Quelques sondages de ces localités ont fourni une faune sénonienne plus ou moins riche. Un sondage au SW de Ben Shemen a donné :

Crassatella falconnieri Lartet.
Inoceramus sp.
Ostrea ayalonensis n. sp.
Pecten delumbis Conrad.
Dentalium cretaceum Conrad.
Desmieria sp.
Baculites vertebralis Lmk.
Scaphites sp.

Un sondage très intéressant au point de vue des faciès se trouve sur la rive septentrionale de l'Ouadi Natuf, à l'W de Beit Nabala. Sous de puissantes alluvions existe là un calcaire bitumineux phosphaté avec restes très nets de *Poissons* et de *Reptiles* et avec les espèces suivantes :

Arca (*Grammatodon* ?) *parallela* Conrad.
Inoceramus cf. *regularis* d'Orb.
Ostrea (*Pycnodonta*) *vesicularis* Lmk.
Pecten (*Synclonema*) *delumbis* Conrad.
Dentalium cretaceum Conrad.
Baculites vertebralis Lmk.
Ammonites sp. (formes *tuberculées*).
Ammonites sp. (avec des *côtes lisses*).
Hamites sp.

C) Conclusions.

La conclusion la plus importante qui ressort de nos descriptions est la *réduction considérable* du Sénonien s. str. (sans Danien) : de 250-300 m. dans la Judée orientale, le Sénonien passe à 150 m. dans la bordure montagneuse près d'Artuf, à 50 m. près d'Al Qubab et enfin à 30-40 m. près de Ni'ana.

Par suite de cette réduction, les niveaux successifs, qui étaient à l'E très épais, se *réduisent* à des bancs de quelques mètres d'épaisseur ou disparaissent complètement. Le *Sénonien inférieur* (« Santonien »), qui joue un si grand rôle à l'E de Jérusalem, est encore assez épais près d'Artuf, mais à partir d'Al Qubab vers l'W on ne le retrouve plus avec son faciès caractéristique. Il est bien possible qu'ici son faciès pétrographique ne diffère que très peu du faciès du Campanien-Maestrichtien; peut-être aussi est-ce à cause de sa faible épaisseur et de l'absence de fossiles qu'on n'a pu jusqu'à présent le reconnaître.

Cette même réduction d'épaisseur fait aussi qu'il n'est pas facile de *séparer le Maestrichtien du Campanien,* bien que généralement les caractères distinctifs de ces étages se soient conservés. Les différences de la faune se traduisent par *l'absence* de *Roudaireia undata* Conrad, de *Dentalium octocostatum*

Fraas, par la *rareté* des *Gastropodes* et au contraire par l'*abondance relative* des *Ammonites déroulées* (*Hamites, Scaphites, Spiroceras*), malheureusement très mal conservées.

Le faciès, qui, dans la Judée orientale, ne se montre détritique que dans le Maestrichtien, a à peu près le même caractère dans nos affleurements de la bordure des Monts de la Judée; mais plus à l'W, à partir d'Al Qubab, ce faciès détritique et phosphaté envahit en quelques points tout le Sénonien; toutefois, la teneur en phosphate est plus faible que dans le Maestrichtien de la Judée orientale.

Les caractères les plus remarquables sont fournis par la manière d'être des *bancs de silex*. Nombreux et en somme très puissants dans la Judée orientale, ils se réduisent près d'Artuf à un banc de 1 m. d'épaisseur. Mais même ici, le long de la bordure des montagnes, ils se montrent le plus souvent à l'état de *brèche à silex* cimentée par du calcaire. Plus à l'W (Al Qubab), il n'y a que peu d'affleurements où existent encore des bancs continus de silex : ils sont presque partout, même dans les sondages, remplacés par un niveau avec débris de silex. Enfin, encore plus à l'W (plaine de Ramle-Lydda), les débris de silex eux-mêmes disparaissent le plus souvent, tant dans les affleurements que dans les sondages.

Aucun niveau qui puisse correspondre au *banc de phosphate* couronnant le Maestrichtien dans la Judée orientale n'a été observé dans toute notre région, sauf un petit lambeau près d'Ishwa, dans la bordure des Monts de la Judée. Il ne semble pas que ce niveau ait été primitivement bien développé.

Enfin, au-dessus du niveau siliceux, on retrouve dans quelques sondages un *complexe bitumineux* qui correspond à celui du *Danien* de la Judée orientale. Certainement la définition de ce Danien de la Palestine n'est pas très précise, mais les couches correspondantes ne peuvent être attribuées avec certitude ni au Sénonien, ni à l'Eocène. C'est pourquoi, pour souligner leur individualité, nous avons convenu de les attribuer à un étage « *Danien* ».

Presque toute cette série sénonienne, le Danien compris, est remarquable par son *faciès détritique,* souvent de caractère nettement littoral. Cela nous amène à *supposer des oscillations notables* de la mer pendant toute la durée du Sénonien. Cette hypothèse nous permettra d'expliquer, mieux que toutes les autres, la *réduction d'épaisseur* de cette formation vers l'W, les *changements* d'ensemble *de son faciès,* la *grande variabilité de l'extension* des faciès détritiques et surtout l'*origine du niveau des silex en débris.*

Il ne sera pas sans intérêt d'appliquer aussi cette hypothèse au problème de la *genèse de la brèche siliceuse* si fréquente dans la *Judée orientale.* Notamment dans les régions à l'E de la crête des Monts de la Judée et, plus loin, dans la Transjordanie, on voit souvent des bancs réguliers de silex homogène devenir partiellement ou totalement bréchoïdes; à l'œil nu, des éclats de silex anguleux jaune et blanc s'y détachent dans une pâte siliceuse brune. Ce silex bréchoïde n'a pas la cassure brillante du silex homogène ni sa transparence.

Le problème de la formation de cette brèche siliceuse a préoccupé MM. Krusch (**39**), Lees (**70**) et récemment M. Picard (**82**). Lees croit que la solution siliceuse a imprégné le calcaire déjà formé et que la silice s'est déposée dans des niveaux bien délimités. Ces phénomènes ont créé des surpressions (ressemblant par exemple à celles qui se produisent dans la transformation de l'anhydrite en gypse), et par conséquent tout le complexe du calcaire et surtout du silex fut brisé en éclats, lesquels, dans les niveaux de silex, furent cimentés de nouveau par des imprégnations siliceuses. Picard, au contraire, est d'accord avec Krusch pour constater que la silice des éclats et celle de la pâte ont les mêmes caractères microscopiques; pour cette raison, elles seraient contemporaines. S'appuyant sur l'opinion de Cayeux (1929, p. 593) que, « à l'état naissant, les silex témoignent d'une fragilité extrême, ce qui leur permet de se fragmenter et de se réduire en très menus débris sur le fond de la mer sans intervention d'une puissante action dynamique », M. Picard

admet que les bancs de silex se sont déposés dans une mer peu profonde et que c'est à cause de leur état physique particulier qu'ils se sont brisés et immédiatement recimentés par la silice dissoute dans l'eau.

Il ne me paraît pas que l'uniformité de la texture microscopique des éléments de la brèche, d'une part, et du ciment, d'autre part, suffise pour prouver leur contemporanéité, car on peut parfaitement admettre que des solutions colloïdales de silice, même en formant des gels à des époques différentes, acquièrent la même texture microscopique. Mais, d'autre part, l'opinion exprimée par CAYEUX correspond parfaitement à notre propre hypothèse sur le rôle des oscillations de la mer sénonienne. Ces oscillations, qui se sont produites dans toute l'étendue de la mer sénonienne en Palestine et Transjordanie avec une amplitude verticale variable, ont créé à la fin du Maestrichtien des hauts fonds favorables à la formation de dépôts siliceux étendus. A l'E, près des rivages, ces dépôts sont plus puissants, leurs bancs plus nombreux qu'à l'W. Les nouvelles oscillations plus ou moins importantes qui se continuent jusqu'à la transgression de l'Eocène ont causé la formation de la brèche qui à l'E, près des côtes, fut recimentée par de la silice et à l'W, dans la région étudiée ici, par du carbonate de chaux.

Nous n'avons fait qu'indiquer en passant ce problème des brèches, trop complexe pour être étudié à fond ici.

5. — L'ÉOCÈNE

A) Considérations générales.

I. — Caractères généraux de l'Eocène palestinien.

Dès le milieu du siècle passé, l'Eocène avait été déjà reconnu en Palestine grâce à ses roches à Nummulites. Cependant ni ses limites stratigraphiques, ni son extension, ni sa succession n'avaient été établies jusqu'à présent. Aussi je commencerai

par passer en revue les principales études sur l'Eocène de la Palestine pour donner une idée générale de cette formation.

FRAAS (7) a signalé en 1867 quelques espèces de *Nummulites* des environs de Naplouse [4].

LARTET (10, p. 242) a étudié d'une manière générale l'Eocène du Mont Garizim, près Naplouse. Il constate que le calcaire à Nummulites compact surmonte une série « de calcaires en bancs horizontaux assez minces et reposant sur les marnes blanches ». Il remarque encore avec raison que le calcaire dur de l'Eocène ressemble au « Mizzi hilu » (Turonien).

HULL n'ajoute pas grand'chose à ces vagues renseignements sur l'Eocène.

C'est à M. BLANCKENHORN que nous devons une bonne description générale de l'Eocène, bien qu'une succession détaillée des étages ne fût pas encore possible à établir. A cause de l'importance de cette description pour l'étude d'ensemble de cette formation, nous citerons ici quelques passages de son ouvrage classique sur la géologie de la presqu'île arabique (47, p. 29-30) :

« Les dépôts éocènes sont assez richement représentés à la périphérie septentrionale, occidentale et sud-orientale de la presqu'île arabique, c'est-à-dire dans la Mésopotamie du Nord, en Syrie et dans le SE de l'Arabie, partout où existe le Séno-

---

[4] Ses renseignements ont causé fortuitement quelques malentendus. Notamment LARTET (10, p. 244) et, probablement d'après lui, HULL (17, p. 62) n'ont pas compris le texte allemand de la description paléontologique de FRAAS (7, p. 83). FRAAS a cru trouver dans les couches *turoniennes* des environs de Jérusalem une Nummulite, nommée par lui *N. cretaceus*. LARTET, s'appuyant sur l'opinion de D'ARCHIAC, critique avec raison cette détermination (cette espèce fut ensuite déterminée par GUEMBEL comme *Alveolina fraasi*).

A la suite de sa description paléontologique de « *Nummulites cretaceus* », FRAAS décrit un *Nummulites arbiensis* Conrad, provenant de Sebastieh, près Naplouse ; il le rapproche de *N. biarritzensis* et remarque que l'allure de ses filets cloisonnaires ressemble à celle des cloisons de *Nautilus ziczac* ; le *N. arbiensis* était accompagné de *N. variolaria* et de *Pyramidella canaliculata*.

LARTET et HULL ont déduit à tort, des descriptions de FRAAS, que toute cette faune (*N. arbiensis*, *biarritzensis* et *variolaria*, *Pyramidella canaliculata* et *Nautilus ziczac*) provenait des environs de Jérusalem !

nien; ils reposent sur le Crétacé supérieur tantôt en concordance, tantôt en discordance, à cause d'une lacune ou d'une dislocation dans les couches crétacées.

« L'Eocène inférieur dans les montagnes appartenant au système du Taurus a le faciès du « Flysch », comme à Chypre, dans quelques parties de l'Asie Mineure, en Arménie et au Caucase; ailleurs on trouve des sédiments marins de faciès littoral. »

En parlant de l'Eocène de la Palestine, l'auteur remarque : « L'Eocène dans la Galilée et dans la Samarie a une vaste répartition. La transition du Crétacé à l'Eocène s'y fait insensiblement, et les roches sont si peu différentes qu'il est difficile de fixer une limite s'il n'y a pas de fossiles. Le calcaire éocène ressemble beaucoup au « Mizzi hilu », marbre à Nérinées du Cénomanien-Turonien de Jérusalem; en plusieurs endroits se trouvent dans l'Eocène des calcaires crayeux avec silex, et c'est seulement l'existence des Nummulites, que leur petite taille rend difficiles à apercevoir, qui donne une preuve satisfaisante de l'âge de ces roches. »

Ces caractères restent en général justes, même aujourd'hui.

Les premières coupes détaillées furent données par MM. Roman et Doncieux (**67**) des environs de Naplouse. L'une d'elles (coupe du Mont Garizim) débute par « des calcaires compacts blancs très épais, sans fossiles, appartenant probablement au Crétacé supérieur » (?). « Au-dessus commencent en stratification concordante une série de calcaires blancs compacts avec nombreux lits de silex. » Les bancs à Nummulites commencent avec l'Yprésien et se terminent au sommet de la coupe par le Lutétien supérieur. Dans cette coupe, les épaisseurs des assises ne sont pas indiquées.

Dans l'autre coupe (Mont Hébal), un niveau à *N. globulus* repose sur « une barre de calcaires blancs avec silex de 100 m. environ d'épaisseur sans fossiles ». Des lits à Nummulites du Lutétien supérieur terminent cette coupe. Elle a (d'après les

indications incomplètes des auteurs) au moins 400 m. d'épaisseur.

Le *niveau yprésien* identifié dans cette coupe n'a pas été signalé jusqu'à présent dans d'autres localités de la Palestine et il représente l'*horizon le plus profond* de l'Eocène qui ait été reconnu dans ce pays. Malheureusement, je n'ai pas d'autres renseignements sur la position stratigraphique des puissants complexes calcaires situés au-dessous de cet Yprésien. Néanmoins je suis plutôt porté à les considérer comme appartenant à l'Eocène, car les couches supérieures du Sénonien seraient faciles à reconnaître, grâce à leur richesse en fossiles. En outre, leur caractère pétrographique (« calcaires blancs à silex ») semble correspondre (comme nous le verrons plus loin) aux couches de notre Eocène inférieur.

Quelques coupes de Naplouse et d'autres localités de la Samarie ont été données par M. Blake; elles correspondent dans l'ensemble aux précédentes.

Une coupe très détaillée, et pour nous spécialement importante, car elle attire pour la première fois l'attention sur la succession des niveaux lithologiques, a été décrite par M. Picard dans les Monts de Gilboa (coupe de Jebel Abu Medwar, **72** et **77**, p. 11-17). Cette coupe se présente de la manière suivante (de haut en bas) :

h) Calcaire avec des lits et des rognons de silex. — 100 m. d'épaisseur environ.

g, 2-3) Calcaire à Nummulites du Lutétien supérieur. — 40 m. envir.

g, 1) Calcaire marmorisé sans fossiles. — 40 m. environ.

f) Calcaire gris sans fossiles avec quelques rognons de silex. — 240 m.

e) Couches dolomitiques. — 50-60 m.

d) Calcaire dur, gris et blanc, parfois un peu dolomitique et avec des rognons de silex. — 130-150 m.

c) Calcaire tendre. — 100 m.

b) Couches dolomitiques. — 150-170 m.

a) Base : calcaire gris, parfois dolomitique.

Dans toute cette série, qui atteint une épaisseur de plus de 800 m., ne se trouve qu'un assez mince horizon à Nummulites

au-dessus d'une série calcaire, dolomitique, siliceuse, sans fossiles, de 700 m. d'épaisseur environ. Aujourd'hui, surtout dans l'état actuel de nos connaissances sur le Sénonien, on peut être certain que tout ce puissant complexe appartient déjà à l'Eocène; c'est ce qu'a en effet admis M. Picard. Plus encore, on est autorisé à supposer que cette formation se continue encore loin en profondeur.

Des renseignements semblables ont été apportés par M. Picard sur l'Eocène des environs de Nazareth : on y trouve toujours un mince horizon à Nummulites apparaissant au sommet d'une puissante série de roches dépourvues de fossiles.

Enfin les dernières recherches faites par M. Picard et par moi-même dans la région au SE du Mont Carmel ont conduit à la découverte d'une série éocène au moins deux fois plus puissante que celle de Gilboa. Dans cette série ne se trouvent que deux très minces horizons fossilifères du Lutétien de quelques mètres chacun, le premier plus près de la base, le deuxième presque au sommet de la série. Tous les autres niveaux ne se distinguent que lithologiquement. Ces très épaisses assises sans fossiles sont constituées par de la craie, des calcaires purs, des calcaires marneux, siliceux, des calcaires à rognons de silex, des bancs de silex et des bancs dolomitiques. Leur ordre de superposition est constant, mais assez difficile à reconnaître. Etant donné qu'une description détaillée de cette région fera prochainement le sujet d'une publication spéciale, je me borne ici à ces quelques remarques générales nécessaires pour expliquer la stratigraphie des formations éocènes entre Artuf et Lydda.

En somme, notre révision des recherches sur l'Eocène en Palestine nous conduit à la définition générale suivante :

L'Eocène palestinien est représenté principalement par une série puissante, de 1.000 *à* 2.000 *m. d'épaisseur, de roches calcaires crayeuses, siliceuses et dolomitiques généralement dépourvues de fossiles. En plusieurs endroits, mais pas partout,*

s'y intercalent quelques minces lits et lentilles à Nummulites. L'horizon nummulitifère le plus bas qui soit connu est l'Yprésien; le plus élevé est le Lutétien supérieur.

Pour l'étude de l'Eocène palestinien, il sera, à cause de l'extrême rareté des niveaux fossilifères, tout spécialement important de bien définir les caractères lithologiques des assises successives.

II. — Couches de Sar'a. Leur position stratigraphique.

Dans la région à l'W de la bordure des Monts de la Judée et au S des affleurements crétacés de Salbit - Al Qubab - 'Innaba, s'étend une formation dont la partie inférieure est formée de calcaires blancs, jaunâtres, tendres, comparables à ceux du Sénonien, et la partie supérieure est constituée par des calcaires siliceux, durs, ressemblant un peu aux couches turoniennes. Généralement cette formation est dépourvue de fossiles. Dans la littérature géologique on ne trouve mention que d'un unique fossile cité et décrit par O. Fraas (7) sous le nom de *Ventriculites angustatus* Roem., attribué par lui au Sénonien.

Nous donnerons à cette formation le nom de « couches de Sar'a » d'après la localité où elles se montrent de la manière la plus complète. Ces couches reposent directement sur le Danien d'Artuf ou, si celui-ci manque, sur le Sénonien. Les assises sont généralement horizontales ou un peu inclinées vers l'W. Souvent on observe de faibles ondulations, dont l'axe est généralement N-S. Comme le pendage des couches crétacées le long de la bordure des Monts de la Judée est de 30-40°, le contraste entre le Sénonien et les couches de Sar'a est très accentué.

L'absence de fossiles et la ressemblance pétrographique de cette série avec les couches du Sénonien, ou parfois du Turonien, ont été la cause qu'on n'a pas reconnu correctement sa position stratigraphique. En attribuant à cette formation un âge sénonien (et turonien), on était forcé d'admettre l'existence d'une dislocation la séparant des assises fortement inclinées du

Sénonien s'étendant plus à l'E. Cela a donné naissance à l'hypothèse d'une faille N-S passant au pied des montagnes de la Judée (« *faille d'Artuf* »).

Une formation semblable se retrouve dans beaucoup d'autres régions de la Palestine et elle fut toujours cause des mêmes problèmes stratigraphiques. Dans la vallée d'Esdrélon, M. PICARD, en hésitant à la placer franchement dans l'Eocène, a employé le terme d' « assises de passage ».

Ces « assises de passage » ont fourni dans les environs de Nahalal, à l'W de Nazareth, un *Pecten* déterminé par M. BLANCKENHORN comme *Pecten* (*Propeamussium*) *samariensis* Conrad (**99**, p. 190), pl. VIII, fig. 22). Le type de CONRAD n'est connu que par une figure et une description, mais sans indication suffisante de niveau ni de localité. M. BLANCKENHORN, en considérant les « couches de passage » comme sénoniennes, attribua ce *Pecten* à cet étage. Mais il constate lui-même qu' « on croyait jusqu'ici que des formes semblables, appelées *Propeamussium* par DE GREGORIO et SACCO, *se montrent pour la première fois dans l'Eocène* ». Cette constatation aurait dû, au contraire, conduire l'auteur à reviser son opinion sur l'âge des « couches de passage ». La conclusion de M. BLANCKENHORN sur l'existence de *Propeamussium* dans le Sénonien n'est donc pas justifiée.

La question de l'âge des « couches de passage » a occupé récemment M. BROTZEN dans son étude sur les Foraminifères microscopiques du Sénonien de la Palestine (**100**). L'auteur a déterminé un grand nombre de petits Foraminifères existant dans des échantillons de calcaires provenant de six affleurements, dont trois (de Jérusalem et du Carmel) sont d'âge sénonien indiscutable, les trois autres (du Mont Hébal près Naplouse et de la plaine d'Esdrélon) provenant des « couches de passage ». L'auteur attribue les Foraminifères de tous ses échantillons au Sénonien, depuis l'Emschérien jusqu'au Danien.

Cette étude, la première sur les petits Foraminifères de la Palestine, est malheureusement entachée par une erreur de principe : l'auteur a examiné seulement quelques échantillons

de diverses localités, dont les niveaux stratigraphiques n'étaient pas exactement déterminés, et sans s'appuyer sur d'autres faunes suffisamment typiques. Dans un pays où il n'existe aucune échelle stratigraphique, même rudimentaire, de ces petits Foraminifères, il faut commencer par des études systématiques sur des séries continues, basées au moins sur un niveau bien défini. C'est pourquoi l'étude soigneuse de M. BROTZEN ne peut guère être utilisée pour le moment. J'ai eu l'occasion de m'entretenir de cette question avec M. FRANKE, le spécialiste bien connu des petits Foraminifères, et il a approuvé ma manière de voir.

D'ailleurs une comparaison des listes de Foraminifères des échantillons sénoniens indiscutables, d'une part, et de ceux des « couches de passage », d'autre part, montre une grande différence entre les deux. C'est tout ce qu'on peut dire dans l'état actuel de la question.

Les raisons qui me conduisent à attribuer les « assises de passage », et avec elles nos couches de Sar'a, à l'Eocène ne sont pas en effet d'ordre paléontologique si on ne veut pas considérer comme argument l'existence de *Pecten (Propeamussium) samariensis* Conrad, forme plutôt éocène que sénonienne. Nos motifs sont, au moins pour le moment, basés principalement sur les relations de contact des « couches de Sar'a » et des « assises de passage », en général avec le Sénonien et l'Eocène indiscutables.

L'étude que nous venons de faire du Sénonien dans notre région nous a montré que cet étage y est représenté jusqu'à son niveau le plus élevé. Il y a même plus : quelques sondages nous ont prouvé l'existence d'une série que nous avons été conduit à attribuer au « Danien ». Nos couches de Sar'a reposent directement sur ce Danien. Donc elles sont *plus récentes* que celles *de ce Danien.*

Les couches de Sar'a furent recouvertes en transgression par la mer stampienne (ce que je montrerai dans le chapitre suivant). Entre les deux formations existe une lacune qui semble

être très considérable. Donc, les couches de Sar'a sont notablement *plus anciennes que le Stampien;* il sera donc raisonnable de leur attribuer un *âge éocène.*

Mais l'Eocène supérieur est jusqu'à présent inconnu en Palestine. Ce fait est évidemment en accord avec la grande régression de l'Eocène supérieur en Egypte (**78**) et avec le faible développement, sinon même l'absence, de cette formation en Syrie (**110**). Il est donc vraisemblable que les couches de Sar'a ne montent pas plus haut que le *Lutétien supérieur.*

D'ailleurs les caractères pétrographiques et microscopiques des couches de Sar'a sont identiques à ceux que nous avons décrits comme typiques pour la série éocène. Ces caractères et la succession des niveaux lithologiques ont permis de comparer les couches de Sar'a avec d'autres affleurements éocènes définis par des niveaux fossilifères. De fait, la comparaison avec la série mentionnée ci-dessus de la région au S du Carmel a montré qu'une succession analogue à celle des couches de Sar'a se retrouve *au-dessous* d'un niveau à Nummulites du *Lutétien inférieur.*

Nous basant sur ces observations, nous plaçons les couches de Sar'a dans l'*Eocène inférieur.*

B) Descriptions locales.

Les couches de Sar'a débutent par un niveau « I » peu épais (10-15 m.) de marnes jaunes et grises, souvent avec des taches brunes d'oxyde de fer et avec de minces bâtonnets verticaux de limonite. Elles sont entièrement pétries de Foraminifères microscopiques et spécialement de Globigérines. Rarement on trouve quelques empreintes méconnaissables de Lamellibranches (*Pecten* sp. non ! *obrutus* et non ! *delumbis*) et des empreintes brunes, limonitisées, de petites Eponges. Très remarquable est ici la présence de grains microscopiques de *glauconie,* parfois visibles à l'œil nu. Les marnes sont aussi un peu *phosphatées.*

Les marnes du niveau I passent insensiblement au *niveau II* qui est formé par des calcaires tendres, jaunâtres, avec des empreintes brunes de grandes Eponges et de nombreux rognons de limonite, parmi lesquels on trouve souvent des moules ou des empreintes de petites Eponges. Vers le haut, les calcaires de cet étage deviennent de plus en plus durs en s'enrichissant de silex. Mais entre les bancs durs se trouvent parfois des lits de calcaire grossier et tendre. Les Eponges y deviennent plus rares, les rognons de limonite disparaissent, mais les taches brunes témoignent encore de l'abondance du fer. Dans tout cet étage, la roche reste pétrie de Globigérines, accompagnées par quelques Cristellaires, Textilaires et Nodosaires, ce qui en fait une véritable « vase à Globigérines » (pl. I, fig. 2, et pl. II, fig. 1).

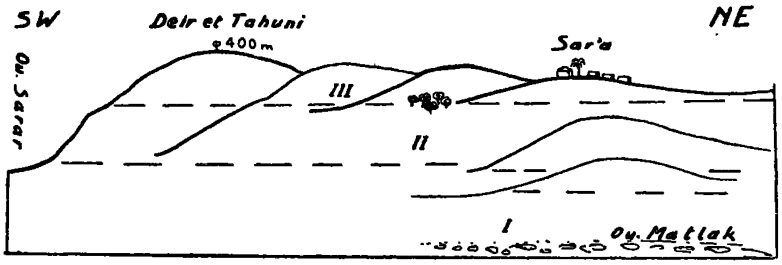

Fig. 9. — Croquis des collines de Sar'a.
I. Niveau marneux; II. Niveau à Eponges; III. Niveau siliceux.

A côté des Globigérines sont des Eponges très remarquables. Nous avons déjà remarqué que O. Fraas (7) est le seul auteur à les avoir signalées. Il en a trouvé un exemplaire près de Latrun et l'a déterminé comme *Ventriculites angustatus* Roemer; la présence de ce fossile l'a conduit à attribuer ces roches au Sénonien. Cette opinion a été suivie jusqu'à ces derniers temps. Mais cette détermination est très discutable et en réalité elle ne peut plus être utilisée aujourd'hui comme une preuve paléontologique de l'âge des couches.

Il est reconnu généralement que les Eponges n'ont qu'une valeur stratigraphique très médiocre, à cause de leur grande

extension verticale et des grandes difficultés de leur détermination, laquelle peut être sûre seulement d'après l'étude des spicules et du réseau. Au temps de FRAAS, la connaissance des Spongiaires était encore assez rudimentaire, et par conséquent sa détermination n'a actuellement aucune valeur paléontologique ni stratigraphique.

Mes Eponges, qui sont probablement identiques avec celles de FRAAS, ne permettent pas non plus une détermination exacte. Elles se trouvent à l'état de moules limoniteux ou d'empreintes également limonitisées. Cela ne permet pas d'étudier convenablement leur réseau ni leurs spicules, même au microscope. Notre photo (pl. II, fig. 1) représente une coupe mince d'une roche à Eponges typique, où le réseau d'une Eponge *hexactinellide* est assez bien conservé. L'examen des moules et des coupes minces nous a permis de reconnaître des Spongiaires appartenant aux groupes des *Craticularia* et des *Lychniscosa*.

Le niveau à Spongiaires peut servir de repère stratigraphique local, mais il n'a pas été signalé jusqu'à présent dans d'autres régions. Toutefois BLANCKENHORN (**47**, p. 29, et **48**) a mentionné deux espèces d'Eponges provenant de Makarin, au SE du Lac de Tibériade, à un niveau attribué par lui au Danien; d'après l'examen des échantillons conservés à l'Université de Jérusalem, ces Eponges me semblent plutôt appartenir à notre niveau éocène.

L'épaisseur du niveau II est de 80-100 m. environ. Nous le réunirons souvent avec le niveau I sous le nom de « *couches inférieures de Sar'a* ».

Le *niveau III* ou « *couches supérieures de Sar'a* » est constitué par des calcaires siliceux où s'intercalent des bancs à rognons à silex passant vers le haut à quelques lits de silex de 20-50 cm. d'épaisseur chacun. Ces lits forment au sommet des collines des plates-formes assez étendues. La surface bien conservée des lits de silex fait ressortir toutes les ondulations des couches. Sous l'action des agents atmosphériques, la surface se

désagrège en une sorte de mosaïque ressemblant à un carrelage artificiel.

Le silex des rognons et des lits est de couleur gris-jaune et il est toujours pétri de Globigérines, accompagnées d'autres petits Foraminifères et de spicules d'Eponges. Cela le distingue nettement des silex de toutes les autres formations.

L'épaisseur des couches supérieures de Sar'a est de 80-100 m. Au total, les couches de Sar'a atteignent une puissance de 200 m. environ.

Ces niveaux se présentent de la manière suivante dans les diverses régions naturelles étudiées ici.

I. — La vallée d'Artuf.

La vallée d'Artuf est creusée le long de la limite entre le Sénonien à l'E et l'Eocène à l'W. Le contact entre ces deux formations n'est nulle part bien visible, à cause des ouadis qui sillonnent cette vallée, à cause des cônes de déjections qui descendent des montagnes et surtout à cause de la croûte superficielle calcaire de « Nari » qui couvre continuellement la surface des roches.

Néanmoins, le contraste entre la forte inclinaison vers l'W des assises du Crétacé et l'allure pratiquement horizontale des couches de Sar'a témoigne, à mon avis, d'une certaine discordance. Par exemple, au S de Bab el Wad, dans le Ouadi Beit Mahsir, on voit des couches crétacées fortement inclinées, tandis qu'au delà, séparées par un talus recouvert par le « Nari », les couches de Sar'a sont presque horizontales; au N de Bab el Wad, sur le sentier qui monte à Yalu, les couches de l'Eocène s'inclinent même légèrement vers l'E, c'est-à-dire en sens contraire au pendage des couches crétacées.

La vallée descend vers le S, et c'est pourquoi près d'Artuf apparaît le niveau marneux I. Nous le connaissons déjà du sondage profond de Har Tuv (chap. III, *4*, B, III), où il repose sur le Danien. Un bon aperçu sur cet étage nous est fourni par

des affleurements dans le Ouadi Sarrar, près de son confluent avec le Ouadi Najil, et les affleurements du Ouadi Matlak, près d'Artuf.

Outre les caractères que nous avons cités ci-dessus, il sera intéressant de noter dans les marnes de ces affleurements l'existence de bourrelets allongés et lisses, dont la largeur atteint 5 mm. (canaux d'Annélides ?); des traces semblables ont été aussi signalées dans les « couches de passage » dans la plaine d'Esdrélon par M. Picard; on y trouve aussi de rares petites empreintes coniques qui peuvent être des Ptéropodes.

Plus au N, entre Ishwa et Yalu, les marnes ne sont pas visibles, étant surmontées par des calcaires crayeux du niveau II.

II. — Le chaînon de Sar'a et d''Imwas.

Le chaînon de Sar'a est typique pour la stratigraphie et la morphologie de notre formation. Ses deux versants oriental et occidental montrent la même succession de couches, mais le versant oriental est plus escarpé que l'autre.

Au pied du versant oriental affleurent les *marnes d'Artuf* (niveau I). La plus grande partie de la montagne est constituée par des calcaires crayeux et siliceux du niveau II, caractérisé par de nombreux rognons de limonite et des empreintes d'Eponges. Les petits ouadis qui descendent vers Artuf et Ishwa entraînent toujours une grande quantité de ces rognons, sur la surface desquels on aperçoit souvent des cristaux cubiques pseudomorphiques montrant que cette limonite résulte de la transformation de la pyrite.

Sur le sommet des collines, on retrouve les typiques « carrelages » formés par les lits siliceux du niveau supérieur.

En descendant vers l'W, on observe successivement le niveau à Eponges (près Rafat et près Latrun), le niveau à rognons de limonite (près Kefar Urya) et enfin le niveau marneux (près Beit Far). Dans ce dernier niveau, on remarque ici de nombreux canaux irréguliers, filiformes, représentant probablement des traces d'Annélides.

Près de Beit Jiz s'intercale dans le niveau II une petite lentille de marnes grises, gypseuses; ici le gypse semble bien résulter de l'action de la pyrite sur le calcaire; en effet, il est toujours accompagné de petits rognons de limonite.

Au S de cette localité, des calcaires du même niveau sont localement transformés par une sorte de thermo-métamorphisme en calcaires siliceux rouge-brique (v. chap. III, *9*, B).

III. — La vallée d'Ayalon.

Cette vallée doit son origine principalement à une dislocation qui la parcourt à partir de Umm Kalkha par Khulda, Deir Muheisin, Latrun, 'Imwas et Beit Nuba. Le long de cette zone on observe de nombreuses fissures et de petites dislocations bien visibles près de Hulda et de Beit Muheisin. Les anciens ouadis ont rempli la vallée, dans sa plus grande partie, de puissantes alluvions. Du côté SE de la vallée apparaissent les calcaires du niveau II et parfois les marnes inférieures; du côté NW, les calcaires du niveau II et les calcaires siliceux du niveau supérieur.

IV. — Les montagnes de Gezer.

Les montagnes de Gezer montrent la même succession de couches, mais les rognons de limonite et les empreintes d'Eponges du niveau II y sont beaucoup moins nombreux. On peut étudier cette série depuis le Sénonien d'Al Qubab jusqu'aux niveaux supérieurs de Gezer.

Le niveau marneux n'est pas visible en surface, mais il a été constaté par quelques petits sondages près d'Al Qubab et près d'Al Barriya. Le niveau siliceux y est développé très nettement et ses reliefs apportent de la variété dans le paysage monotone des collines calcaires.

Au sommet de la colline d'Al Qubab, j'ai observé un lambeau d'un calcaire siliceux qui me paraît appartenir au sommet de notre niveau II; il repose directement sur le Sénonien. Malheu-

reusement, les affleurements ne sont pas très nets, sinon nous aurions ici la preuve d'une discordance entre le Sénonien et les couches de Sar'a, et cela nous montrerait qu'en quelques points de notre région, le Sénonien serait resté émergé au commencement de la transgression éocène.

V. — La plaine de Ramle-Lydda.

A l'W de Gezer semblent exister quelques dislocations parallèles à la zone principale de failles de Ni'ana-Ramle-Lydda, car le niveau supérieur III s'y trouve à une altitude très basse.

Remarquons que, dans cette région, se trouvent quelques couches, et spécialement des couches crayeuses, qui sont plus ou moins saumâtres. Un des ouadis de cette région porte le nom arabe de « Malih », ce qui signifie « salé ». Dans l'Ouadi Sarar, à l'W d'Umm Kalkha, une paroi de calcaire crayeux blanc, disloqué par la faille principale, est couverte d'une croûte de sel de 2-5 mm. d'épaisseur. On peut supposer qu'il existe une relation entre la présence du sel et les dislocations (tectonique salifère ? !).

A l'W de Lydda, l'Eocène ne se trouve qu'en très petits lambeaux : des restes de notre niveau II reposent sur le Sénonien près d'Az Zuheiriya; une colline entre Ben Shemen et Ouadi Natuf montre ce même niveau avec des empreintes d'Eponges; enfin un rocher sur la rive S de cet ouadi fait affleurer les calcaires éocènes au milieu des alluvions.

Au contraire, au S de Ramle, les calcaires éocènes s'avancent plus vers l'W (entre Al Mansura et Jilya).

VI. — L'Eocène dans les sondages.

On a retrouvé cet étage dans tous les sondages au S de Ramle (Gare de Ouadi Sarar, Umm Kalkha, Mansura, Ni'ana). Au N de Ramle il m'est connu seulement dans quelques sondages entre Ben Shemen et Lydda, où les calcaires éocènes sont par-

fois un peu bitumineux. Par ailleurs, ils ont partout leur constitution normale et ne donnent lieu à aucune remarque particulière.

C) Conclusions.

Bien que la faune des couches de Sar'a ne soit pas bien conservée et pas assez typique pour donner des renseignements stratigraphiques, néanmoins son caractère nous permet d'en déduire quelques importantes conclusions sur le faciès.

Un trait typique est l'extrême *abondance des Globigérines* dans tous les niveaux. Autrefois on considérait les Globigérines comme des Foraminifères caractérisant les dépôts très profonds ; actuellement on sait très bien que les Globigérines, comme la plupart des êtres planctoniques, se retrouvent dans des roches déposées à des profondeurs très diverses. Elles préfèrent toujours des *mers subtropicales* ou *tropicales,* et dans les zones plus chaudes, elles peuvent flotter dans des eaux plus profondes (**29**, p. 282), de sorte que, leur zone de vie étant plus vaste, elles sont plus abondantes. Elles pullulent spécialement dans des eaux peu agitées.

Donc l'abondance des Globigérines ne témoigne, pour toutes nos couches, que d'un *faciès de mer assez chaude.*

Notre niveau inférieur I, avec son faciès marneux et un peu glauconieux et phosphaté, correspond à une *mer peu profonde,* lentement transgressive. Cela s'accorderait avec mes observations sur la discordance entre le Sénonien et les couches de Sar'a.

Très remarquable est le faciès à *Eponges hexactinellides* du niveau II.

Les *Hexactinellides* appartiennent généralement à des Eponges d'eaux profondes (**61**), mais la majorité d'entre elles se rencontrent entre 200 et 500 m. SCHULZE (cité par M. MORET, **61**), se basant sur les dragages du « Challenger », conclut qu'il existe quelques zones de profondeur spécialement préférées par les Hexactinellides : de 70 à 365 m. et de 550 à 1.275 m. Les zones

moins profondes, au voisinage des côtes, sont habitées par les Hexactinellides du groupe des *Dictyonines* (d'après SCHULZE). C'est à ce groupe qu'appartiennent les Eponges de notre région. En outre, les résultats des recherches paléontologiques conduisent à penser que les Spongiaires fossiles, et en particulier les Hexactinellides, étaient plus littoraux autrefois qu'aujourd'hui (d'après M. MORET).

Donc, l'existence des Eponges dans nos couches ne montre pas que la mer de cette région était très profonde, d'autant plus qu'elles se trouvent aussi dans des marnes un peu glauconieuses.

Si cependant nous admettons que nos Eponges ont vécu à une profondeur *maximum* de 300 m., cela signifiera que la surface de la mer de cette époque était à 600 m. au-dessus de la mer actuelle et à peu près à 200 m. au-dessus des points les plus hauts de notre région. Le grand contraste entre le pendage des couches du Crétacé et celui des couches de Sar'a permet de croire que les plissements des Monts de la Judée étaient déjà très accentués au moment de la transgression des couches de Sar'a. On peut donc penser qu'au début de l'Eocène, la mer transgressive n'a pas dû beaucoup dépasser vers l'E la limite orientale des affleurements actuels de l'Eocène; ainsi pendant l'*époque des couches de Sar'a* quelques parties des Monts de la Judée seraient restées émergées, formant une presqu'île avec quelques îles.

Cette conclusion, qui était déjà formulée d'une manière générale par M. BLANCKENHORN (**81**) et M. BLAKE (**69**, p. 18) est bien d'accord avec l'histoire de la mer sénonienne en Palestine, histoire que nous avons suivie dans le chapitre précédent. La mer devenait de moins en moins profonde jusqu'à se restreindre dans quelques bassins séparés. Ce paysage du Danien (et peut-être aussi du début de l'Eocène) fut lentement submergé par les eaux de la transgression éocène.

Des événements paléogéographiques analogues se retrouvent en Egypte, où l'Eocène est représenté d'une manière beaucoup

plus riche qu'en Palestine. M. CUVILLIER a décrit très exactement (**78**) tous les stades de la transgresson éocène, et d'après lui ce n'est que dans peu de régions (Oasis de Farafra et Plateau du Galala el Kiblia) que la sédimentation est restée continue du Crétacé à l'Eocène. Dans toutes les autres régions, une lacune plus ou moins importante a été constatée.

De semblables relations sont signalées au Sinaï (p. ex. **45**) et en Syrie (**47**).

Nos observations s'accordent donc harmonieusement avec celles faites dans les pays voisins.

6. — L'OLIGOCÈNE

A) Généralités.

Encore tout récemment, on admettait que l'Oligocène n'existe pas en Palestine. L'aperçu classique de M. BLANCKENHORN sur la géologie de l'Arabie le constate en deux mots : « Il n'y a en aucun lieu de la péninsule arabique de traces d'Oligocène. Il est à croire que pendant cette période toute la région aurait émergé et serait restée stable... » (**47**, p. 31). Mais depuis, on a trouvé des traces d'Oligocène dans quelques régions du continent arabique.

Vers l'année 1928, M. BLAKE, géologue du Gouvernement de la Palestine, a découvert, près de Ramle et près d'Al-Qubeibet, au SW de Beit Jibrin (fig. 10), des affleurements dont les échantillons furent examinés pour la première fois par R. BULLEN-NEWTON, lequel, d'après la présence de *Lépidocyclines,* attribua les gisements de ces deux localités au Miocène (**69**). Un nouvel examen des *Lépidocyclines* par M. MORLEY-DAVIES a donné pour la première fois lieu de supposer l'existence de l'Oligocène.

Cependant l'Oligocène était signalé en Syrie septentrionale dans les environs de Palmyre (Dj. Bichri et Dj. Abiad) et au NE de Damas (Nebek) (**91, 92, 94**).

En 1934 parut l'étude paléontologique de M. L. R. COX sur la faune fossile de l'Oligocène de Ramle et d'Al Qubeibet (**101**).

Les résultats de son examen confirment pour la première fois d'une manière définitive l'existence de l'Oligocène en Palestine.

M. Cox a décrit dans sa publication presque uniquement les Mollusques (1 *Nautile,* 5 *Gastropodes,* 14 *Lamellibranches*) et seulement 1 *Nummulite,* mais il nous informe que MM. Greig et Henson s'occupent actuellement des études sur les *Foraminifères* et M. Thomas sur les *Bryozoaires* de ces gisements. Nous pouvons donc espérer que, outre les importantes déterminations de M. Cox, nous posséderons prochainement une description assez complète de la faune de l'Oligocène palestinien.

Par contre, la position de cette formation et ses relations avec les autres étages n'avaient pas été étudiées jusqu'à présent. M. Blake, qui l'avait décrite pour la première fois, donne la coupe d'une carrière située à 1 km. au SE de la gare de Ramle; c'est la suivante (**69**, p. 20) :

Sable. — 3 m.	
Calcaire dur. — 6 m.	Le calcaire et l'argile sont riches en *Lépidocyclines* et autres fossiles.
Argile bleue. — 50 m. (non traversée)	

La publication de M. Cox (**101**, p. 337) donne des renseignements un peu différents qui proviennent probablement de M. Blake, mais sont plus récents :

10 m. de calcaires jaunâtres avec des intercalations crayeuses et marneuses qui sont très riches en grands et petits *Foraminifères* et contiennent aussi des *Mollusques, Brachiopodes, Echinides, Bryozoaires* et *Algues calcaires.*

Au-dessous se trouvent au moins 50 m. de marnes grises avec *Foraminifères* et petites coquilles peu abondantes.

En réalité, dans la carrière même, ne sont visibles que les 8 premiers mètres de cette coupe, les autres 50 m. environ sont signalés d'après un puits creusé dans la carrière; les parois de ce puits sont maintenant revêtues et ne permettent plus l'examen des terrains.

M. Cox ajoute que M. Blake, se basant sur les observations faites dans les environs et sur les Foraminifères microscopiques qui se trouvent dans les marnes inférieures, est d'avis que ces

marnes sont « plus récentes » que les calcaires supérieurs et que leur superposition est donc « anormale ». Mais l'auteur n'indique pas quelles sont ces observations et quelle est cette microfaune.

Les données sur les relations stratigraphiques de l'Oligocène d'Al Qubeibet, dont les faunes ne sont pas suffisamment connues, sont encore plus incomplètes que celles de Ramle. M. Blake indique seulement que, « près d'Al Qubeibet, les bancs supérieurs d'un calcaire crayeux, tendre, contiennent *Pecten* sp., *Nummulites* et *Lepidocyclina* » (**69**, p. 20). La nouvelle publication de M. Cox précise le caractère des bancs : « Un calcaire un peu gréseux à Foraminifères, surmonté par un calcaire marneux ou crayeux avec des bancs durs, riches en Foraminifères et contenant des Mollusques et d'autres fossiles. »

Les relations géologiques de ces gisements oligocènes étaient donc jusqu'ici complètement inconnues, et même, de plus, comme l'histoire de l'Eocène en Palestine n'était pas encore assez claire, on ne pouvait pas dire si les affleurements reconnus de l'Oligocène forment le sommet d'une série nummulitique continue, ou si, au contraire, ils sont séparés des formations plus anciennes par une lacune plus ou moins importante.

Les découvertes faites par moi dans les environs de Ramle, dans la région à l'W de Beit Jibrin, et dans quelques autres parties de la Palestine donnent une réponse définitive et satisfaisante au problème ainsi posé.

B) Descriptions locales.

I. — La région de Ramle.

1° L'affleurement de Ras Abu Hammid.

Ce gisement d'Oligocène se trouve à 2,5 km. environ au SSE de Ramle et 1 km. à peu près au SSE de l'ancien affleurement reconnu par M. Blake. Il est constitué par une petite carrière

au N de laquelle s'élève la colline allongée de Ras Abu Hammid; une route latérale d'Abu Shushe-Gezer à Ramle passe près de la carrière.

La carrière même montre le calcaire blanc à lits et rognons de silex bien typique pour le niveau supérieur de nos « couches de Sar'a ». L'Oligocène n'apparaît ici que comme une couverture peu épaisse dans la partie NW de la carrière; il n'est évidemment pas exploité.

La roche typique de cet affleurement est un calcaire blanc grisâtre, dur, compact ou parfois un peu caverneux, gréseux, détritique, avec quelques galets de silex et, çà et là, des rognons bruns ou brun-vert de phosphate. Quelquefois on y trouve englobés des morceaux brisés et un peu roulés des typiques calcaires à Globigérines de l'Eocène. Il y a aussi des parties constituées presque entièrement par des Algues calcaires avec quelques petits Foraminifères. Le calcaire à Algues est spécialement compact et dur (pl. II, fig. 2, et pl. III, fig. 1).

La surface des calcaires éocènes qui constituent ici la base de notre Oligocène est fort irrégulière et évidemment abrasée par les vagues de la mer transgressive : on y observe des pointements rocheux d'Eocène entre lesquels sont creusées de petites dépressions remplies par des sédiments oligocènes. Le côté S de la carrière est formé par une paroi de calcaire éocène sur lequel s'appuient les dépôts oligocènes, mais leur contact direct est en ce point masqué par un talus d'éboulis (pl. IV, fig. 1-2). Au-dessus de la carrière, les calcaires oligocènes sont recouverts par des alluvions ou par la croûte calcaire superficielle. Néanmoins on peut en voir quelques affleurements saillants à la surface du terrain au N, près de la carrière. Au S de la carrière affleure la suite des calcaires éocènes, mais un peu plus au S, de nombreux blocs et débris de calcaires oligocènes semblent montrer que d'autres lambeaux de cette formation se cachent encore sous la couverture alluviale.

Les roches oligocènes sont très riches en fossiles : Foraminifères, Lamellibranches, Echinides, Bryozoaires et Algues cal-

caires. Mais à cause de la dureté des roches, ces fossiles ne se dégagent pas facilement. Les formes reconnues jusqu'à présent sont les suivantes [5] :

Nummulites bouillei de La Harpe.
— *incrassatus*, forme A de La Harpe.
— *tournoueri* de La Harpe.
— sp. granuleux, ind.
— sp. ind.
Operculina complanata Defrance.
Amphistegina lessonii d'Orb.
Heterostegina sp.
Lepidocyclina (*Nephrolepidina* ?) sp.
Globigérines.
Milicies.
Rotalidés.
Pecten arcuatus Brocchi.
Chlamys (*Aequipecten*) sp.
Echinolampas angulatus Merian.
Bryozoaires.

Cette liste montre un caractère oligocène très net. La présence de nombreuses Nummulites ne permet pas de considérer cette faune comme plus récente que le Stampien. C'est dans cet étage que se trouve plus spécialement le *Pecten arcuatus* (**38**, **101**). Au contraire, la présence des *Lépidocyclines* et de l'*Echinolampas angulatus* [6] ne s'accorderait pas avec un niveau plus ancien que le *Stampien;* par conséquent, nous attribuons à cet étage notre affleurement de Ras Abu Hammid.

2° L'affleurement de Batn el Adas.

L'affleurement d'Oligocène découvert par M. Blake se trouve sur le versant méridional de la colline de Batn el Adas (= « Ven-

---

[5] Je suis très reconnaissant à M. L. Doncieux qui a bien voulu déterminer tous les Foraminifères mentionnés dans ce chapitre. Je remercie également M. F. Roman qui a eu l'amabilité de reviser une partie de mes déterminations des Pectinidés.

[6] D'après M. Lambert, qui a eu la bonté de vérifier ma détermination de cet Oursin et de quelques autres, cités ici, l'*Echinolampas angulatus* ne se trouve que dans le Langhien-Burdigalien. Notre trouvaille montre donc que cette espèce descend parfois beaucoup plus bas (**14**, p. 13 ; pl. II, fig. 1-11, pl. III, fig. 1-2 ; **35**, p. 381 ; **43**, p. 138-139).

tre à lentilles » — allusion aux grandes Lépidocyclines qui se trouvent ici en abondance ?), à peu près à 2 km. au SSE de Ramle. C'est une assez grande carrière, coupée à l'E par le chemin de fer et par un ouadi, dont les alluvions recouvrent probablement quelques assises oligocènes, invisibles dans la carrière.

La carrière même se divise en deux parties : une septentrionale et une méridionale. La partie méridionale est un peu plus profonde, et de là proviennent principalement de grands Gastropodes et Lamellibranches et de beaux Polypiers simples, non coloniaux. La partie septentrionale semble être pauvre en Mollusques. Les deux parties sont également riches en grandes Lépidocyclines. Malheureusement, le propriétaire arabe de la carrière, voyant l'intérêt des visiteurs pour ses « antiquités », ramasse soigneusement les plus grandes espèces pour les vendre. C'est pourquoi on ne trouve plus en place de grands et beaux fossiles (d'ailleurs jamais très nombreux), et quant aux récoltes faites par le propriétaire du terrain, ses renseignements sur les niveaux d'où proviennent les fossiles ne sont pas assez sûrs.

Dans la carrière même, comme nous l'avons déjà mentionné, on ne voit plus que 8-10 m. de roches, et nous ne nous occuperons ici que de cette partie visible.

La stratification de toutes les couches est très irrégulière, leur épaisseur change même à très courte distance et les limites des diverses assises sont difficilement reconnaissables. En outre, les bancs sont comprimés, brisés dans diverses directions, et les fissures sont accompagnées par des miroirs de failles. Généralement on peut distinguer la série suivante :

1° 1-2 m. — Sables rouges et jaunes, en bas avec des blocs de *calcaire à Polypiers* du *Vindobonien* et de *grès*, peut-être *pliocènes*. Il est probable que de petits lambeaux de ces formations sont cachés sous les sables.

2° 2-2,50 m. — Marnes sableuses, tendres, non stratifiées.

3° 1 m. — Calcaire marneux, sableux, assez dur, avec des *intercalations* d'argile et de calcaire dur.

4° 1-1,50 m. — Marnes avec des *intercalations* argileuses.

5° 2-4 m. — Bancs de calcaire dur, avec intercalations marneuses; les bancs sont très fissurés, un peu plissotés.

Les *Lépidocyclines* sont présentes dans toutes les couches, mais elles sont spécialement nombreuses dans l'assise « 4 ». Les Mollusques se trouvent en empreintes dans les assises marneuses et en moules dans les bancs calcaires inférieurs.

Mes récoltes ont fourni les espèces suivantes :

Operculina complanata Defrance.
— *complanata* Defrance, var. *zitteli* Silvestri.
— *bartschi* Cushman.
Heterostegina depressa d'Orb.
— *præcursor* Tan Sin Hok.
— sp. ind.
Eulipidina raulini P. Lemoine et R. Douvillé.
— *dilatata* Michelotti.
Nephrolepidina tournoueri P. Lemoine et R. Douvillé.
— *tournoueri* Lem. et Douv., var. *exigua* E. David.
— *simplex* H. Douvillé.
— *partita* H. Douvillé.
Miogipsinoides dehaarti Van Der Vlerk.
Cycloclypeus sp.
Spiroclypeus cf. *margaritatus* Schlumberger.
Robulus sp.
Rotalidæ var. sp.
Coralia var. sp.
Chlamys (*Aequipecten*) *deleta* Michelotti.
— (*Aequipecten*) *præscabriusculus* Font.
— sp. ind.
Ostrea flabellulæformis Von Schauroth.
Entalis cf. *miocenica* Micht.
Globularia sp.
Murex sp.
Xancus episomus Micht.
Nautilus sp.

M. Cox, dans son étude (**101**), a décrit du même affleurement les espèces suivantes qui lui avaient été envoyées par M. Blake :

Nummulites cf. *vascus* Joly et Leymerie, forme A (= *boucheri* de La Harpe).
Modiolus incomptus Rov.
Ostrea flabellulæformis Von Schauroth.
— *gigantica* Solander.

Pecten arcuatus Brocchi.
Chlamys (*Aequipecten*) *deleta* Michelotti, forma typica var. *intercosticillatina* Sacco.
Chlamys (*Aequipecten*) *quinquepartita* Blanckenhorn.
— — cf. *perrugosa* Sacco.
— — *judaica* Cox.
Spondylus sp.
Lucina rollei Micht.
Meretrix ovisimilis Kranz.
— sp.
« *Natica* » sp.
Globularia sp.
Ficus condita Brong.
Xancus episomus Micht.
Neoathleta sp.
Nautilus sp.

La liste de la faune donnée par moi établit très nettement l'âge *Aquitanien* des roches étudiées, surtout par l'absence complète de Nummulites, tandis que les autres grands Foraminifères et principalement les Lépidocyclines et Miogypsines sont très abondants. Le reste de la faune s'accorde parfaitement avec cette détermination stratigraphique.

La faune citée par M. Cox montre un caractère plus ancien, et l'auteur l'a attribuée au Stampien, surtout à cause de la présence des *Nummulites* cf. *vascus* qui, d'après sa publication, étaient très nombreux dans la roche étudiée. Un autre trait, qui peut être considéré comme ancien, est la présence de *Pecten arcuatus*.

Je ne puis croire que l'absence de Nummulites dans les échantillons récoltés par moi soit due uniquement au hasard. Mais je pense qu'on peut facilement expliquer les différences entre nos deux listes, et par conséquent entre nos conclusions, par le faciès des assises oligocènes dans cette carrière de Batn el Adas : les couches sableuses, les intercalations argileuses et calcaires, et surtout la stratification irrégulière, montrent nettement un faciès littoral. Si, de plus, nous nous rappelons la netteté vraiment classique de la *transgression stampienne* dans l'affleurement de Ras Abu Hammid, nous pourrons nous repré-

senter assez clairement l'aspect de ces dépôts littoraux pendant les deux époques stampienne et aquitanienne. La sédimentation était irrégulière à cause des fréquentes et faibles oscillations côtières, de sorte que, peu de temps après leur formation, les dépôts purent être plus ou moins détruits par les vagues et remplacés immédiatement par de nouveaux sédiments dans lesquels se retrouvent des débris des dépôts antérieurs. Ces particularités sont bien visibles dans les deux affleurements décrits ci-dessus et nous les rencontrerons encore dans les dépôts oligocènes de la région à l'W de Beit Jibrin.

Il est donc très vraisemblable que M. Cox a reçu, parmi les échantillons de la carrière de Batn el Adas, quelques autres provenant d'un niveau plus ancien ou d'une intercalation de roches plus anciennes remaniées qui contenaient des Nummulites. En tous cas, il n'y a là qu'un petit détail facile à rectifier par l'observation des niveaux plus profonds de la carrière lorsqu'ils seront atteints par l'exploitation. Cela n'empêche pas d'établir provisoirement la succession des niveaux de l'Oligocène dans les deux affleurements étudiés :

Affleurement de Batn el Adas.	Marnes jaunâtres, sableuses et calcaires blanc-gris, irrégulièrement stratifiés, avec des *Lépidocyclines*, *Miogypsines*, *Operculines*, etc., des *Pectinidés*, de grands *Gastropodes* et de petits *Polypiers*.	**Aquitanien.**
	Calcaire à *Nummulites* cf. *vascus*.	**Chattien.**
Affleurement de Ras Abu Hammid.	Calcaire dur gréseux, avec nombreuses *Nummulites*, peu de *Lépidocyclines*, *Pecten arcuatus*.	**Rupélien.**
	Lacune.	
	« Couches de Sar'a ».	**Eocène inférieur.**

3° L'Oligocène dans les sondages.

Deux sondages près de Ni'ana ont traversé une couche marneuse de 4-5 m. d'épaisseur ressemblant aux marnes aquita-

niennes de la carrière de Batn el Adas; les restes de fossiles y sont méconnaissables.

On peut supposer que l'Oligocène existe, en outre, sous les alluvions dans les étroits fossés limités par des séries de failles, entre l'Ouadi Sarar, Ni'ana, Ramle et Lydda.

II. — La région à l'W de Beit Jibrin.

L'Oligocène de la région à l'W de Beit Jibrin a été signalé par M. Blake sous le nom d'Oligocène d'Al Qubeibet (ou Kubeibe). Il forme ici des affleurements assez étendus correspon-

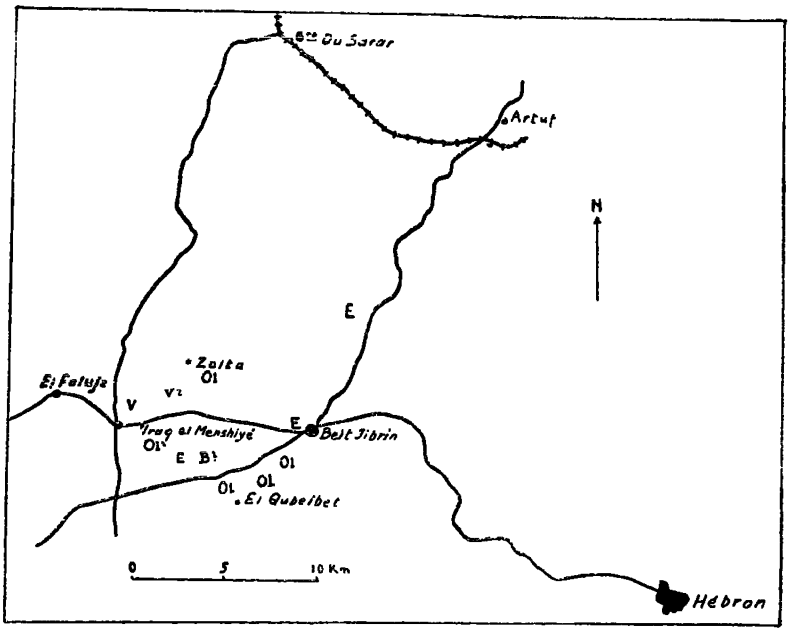

Fig. 10. — La région de Beit Jibrin.
E = Eocène inférieur; Ol = Oligocène; B = Burdigalien ?; V = Vindobonien.

dant à peu près à ceux indiqués sur la carte de M. Blake (**69**). M. Cox a décrit dans sa liste de la faune oligocène (**101**) une espèce de *Cardium* provenant des environs d'Al Qubeibet.

J'ai eu l'occasion (grâce à l'aide qui m'a été offerte par MM. Loehnberg et Loewenstein, géophysiciens à Jérusalem)

d'étudier cette région d'une manière générale, et il sera d'un grand intérêt de comparer les résultats obtenus ici avec ceux fournis par la région de Ramle.

La région de Beit Jibrin est constituée par des dépôts très épais, mal stratifiés, d'une craie blanche, qui repose, d'après mes observations, sur les « couches de Sar'a ». Aucun niveau fossilifère n'a pu être observé, mais j'ai trouvé dans cette région des morceaux isolés de silex et de calcaires à *Nummulites* et à *Orthophragmina* non exactement déterminables, mais d'aspect certainement éocène. Il faut admettre que les assises fossilifères en place se trouvent, ou dans la région même, ou à proximité. La craie de Beit Jibrin appartient donc ou à l'Eocène inférieur, comme les couches de Sar'a, ou à un niveau un peu plus élevé, peut-être à la base de l'Eocène moyen.

C'est sur cette craie de Beit Jibrin que reposent en discordance les roches de l'Oligocène. On peut y distinguer plusieurs horizons successifs de cet étage, dont les plus anciens sont du *Stampien* (*Rupélien-Chattien*), et les plus récents montent jusqu'au *sommet de l'Oligocène*. Les roches y ressemblent en général à celles de la région de Ramle.

L'existence d'une discordance est donc déjà indiquée par la grande lacune entre la craie de Beit Jibrin et le Stampien. Cette lacune est très visible dans le contact des deux formations, lequel ressemble à celui que nous avons décrit dans l'affleurement de Ras Abu Hammid. Sous la surface de transgression, la craie de Beit Jibrin est irrégulièrement ravinée; les dépôts oligocènes se trouvent parfois dans des sortes de vallonnements profonds creusés dans la roche éocène, par exemple dans les environs de Zeita ou sur les routes de Beit Jibrin à 'Iraq el Menshiye et d'Al Qubeibet à ce même village; là on peut observer dans le substratum éocène des crevasses remplies par de l'argile et des marnes sableuses typiques de l'Aquitanien avec beaucoup d'*Operculines* et d'*Amphistégines* de ce niveau.

La transgression a été irrégulière, due à des oscillations locales analogues à celles observées dans les affleurements de la

région de Ramle. La succession complète des couches est pour cette raison assez rarement observable. Néanmoins elle est bien visible dans quelques localités, par exemple près de Zeita et aussi entre Beit Jibrin et Al Qubeibet. Mais dans beaucoup d'autres affleurements on peut voir les marnes aquitaniennes reposer *directement* sur la craie de Beit Jibrin.

Tout cela rend la succession des niveaux de cette formation assez difficile à reconnaître. Ajoutons à cela que ces dépôts oligocènes ont pu être détruits ou recouverts par les transgressions des formations plus récentes (Miocène et Pliocène) et par l'érosion.

D'après mes observations, la succession de toute la série des formations marines représentées dans la région, entre Beit Jibrin à l'E et 'Iraq el Menshiye à l'W, est la suivante :

Pliocène.	6. Grès calcaire, conglomératique, avec des valves de *Pectunculus* sp.	Environs d''Iraq el Menshiye, non observé *in situ*, mais en débris qui témoignent de la proximité des affleurements.
Vindobonien.	5. Calcaire cristallin, caverneux, altéré, avec nombreux moules de Mollusques, récifs de Nullipores, etc.	Au N d''Iraq el Menshiye.
Burdigalien ? - Aquitanien.	4. Calcaire cristallin, compact, gris ou rosé, un peu gréseux, parfois un peu glauconieux, avec *Lepidocyclina*, *Heterostegina*, *Milioles*, etc., moules de *Pecten*.	Entre Al Qubeibet et 'Iraq el Menshiye; sommet de la série de Zeita.
Aquitanien.	3. Marnes jaunâtres avec *Lepidocyclina*, *Operculina*, empreintes de petits *Lamellibranches*; analogues aux marnes de Batn el Adas.	Environs d'Al Qubeibet et Zeita.
Stampien (Chattien-Rupélien).	2. Grès à *Foraminifères* ind. (*Nummulites* ? *Lépidocyclines* ?).	Zeita.
	1. Calcaire gréseux, gris, très dur, parfois avec galets, souvent extrêmement riche en *Nummulites*, *Lépidocyclines*, *Operculines*, etc.	Environs d'Al Qubeibet et Zeita.

La faune microscopique de ces assises oligocènes a été très aimablement examinée par M. DONCIEUX, et c'est d'après ses déterminations que je donne ci-dessous les listes suivantes de quelques niveaux :

NIVEAU 1. — **Chattien-Rupélien.**

Operculina complanata Defr.
Amphistegina sp.
Heterostegina depressa d'Orb.
— sp. ind.
Nummulites bouillei de La Harpe.
— *tournoueri* de La Harpe.
Eulepidina dilatata Micht.
Nephrolepidina tournoueri Lem. et Douv.
— sp. ind.
Cycloclypeus sp. ind.
Globigérines.
Textilaires.
Miliolidés.
Rotalidés.
Crinoïdes.
Algues calcaires.

NIVEAU 4. — **Aquitanien - ? Burdigalien.**

Operculina complanata Defr.
Heterostegina depressa d'Orb.
Amphistegina sp.
Nephrolepidina tournoueri Lem. et Douv.
Lepidocyclina sp. ind.
Globigérines.
Miliolidés.
Textilaires.
Bryozoaires.
Algues calcaires.

III. — Autres régions de la Palestine.

Une série oligocène semblable a été récemment découverte par moi au SE du Carmel. Elle fera prochainement le sujet d'une étude spéciale.

C) Conclusions.

Mes observations nouvelles sur les terrains oligocènes permettent de retracer assez clairement la succession des événements géologiques pendant cette époque et même jettent un peu de lumière sur la fin de l'époque précédente.

Il est bien évident, surtout par les faciès et par l'allure des affleurements, que ce sont des *dépôts de rivages* et que les rivages eux-mêmes n'étaient pas très éloignés des limites orientales des affleurements étudiés.

La *transgression stampienne* a été précédée d'une *régression* relativement très *importante* de la mer *éocène,* analogue à celle de l'Eocène supérieur en Egypte. Cela donne à penser que cette émersion a été la conséquence de quelques déformations du socle continental.

Même pendant toute l'époque oligocène, de faibles oscillations ont modifié souvent les lignes de rivages, mais les contours généraux des terres émergées ont peu varié.

L'*Oligocène palestinien ressemble* beaucoup à celui de la *Syrie,* mais il est *différent* de l'Oligocène *égyptien* qui possède un caractère *fluvio-marin.* Il semble donc qu'en Egypte existait à cette époque un *golfe,* peut-être séparé de la mer ouverte palestino-syrienne par un « *Promontoire du Sinaï* ». Néanmoins, cette mer de la Palestine et de la Syrie recevait des apports sableux provenant des massifs cristallins arabo-africains. Ces sables devaient être amenés soit par des fleuves, soit par des courants marins littoraux sortant du golfe égyptien.

7. — LE MIOCÈNE

A) Généralités.

Depuis que les affleurements de Ramle et d'Al Qubeibet, considérés d'abord comme burdigaliens, se sont montrés appartenir à l'Oligocène, le Miocène restait inconnu en Palestine. On pouvait seulement supposer, comme l'a fait M. Dubertret (94), que les puissantes argiles bariolées de la plaine d'Esdrélon, attribuées provisoirement par M. Picard au Pliocène inférieur, appartenaient encore au Miocène supérieur. Cette supposition s'appuierait sur la fréquence des formations argileuses et gypseuses à ce niveau en Syrie septentrionale et dans d'autres

pays méditerranéens. Mais ces argiles de la plaine d'Esdrélon ne contenant pas de fossiles et leur base étant inconnue, cette preuve n'est pas suffisante.

C'est seulement l'année dernière que l'existence du Miocène fut définitivement prouvée par la découverte du Vindobonien par M. Blake (**109**) et par moi-même (**106**).

Dans les lignes suivantes j'examinerai d'abord la probabilité de l'existence du *Burdigalien* et je décrirai ensuite les affleurements du *Vindobonien.*

B) Description stratigraphique.

I. — Le Burdigalien.

L'existence du Burdigalien ne peut pas être prouvée avec certitude, mais l'étude des formations citées dans le chapitre précédent rend cette existence probable.

Un âge burdigalien peut être attribué avec une grande probabilité aux roches du « niveau 4 » de notre coupe générale dans la région à l'W de Beit Jibrin (chap. III, *5*, B, II). Ce sont des calcaires compacts, gréseux, gris ou rosés, parfois un peu glauconieux avec *Operculina complanata* Defr., *Heterostegina depressa* d'Orb., *Amphistegina* sp., *Nephrolepidina tournoueri* Lem. et Douv. et d'autres *Lépidocyclines* ind., des *Milioles* et d'autres *Foraminifères* microscopiques, enfin quelques mauvaises empreintes de *Pecten.* Cette faune ne suffit pas pour se décider entre l'*Aquitanien* et le *Burdigalien.* C'est seulement à cause de la position de ces roches au-dessus de marnes de l'Aquitanien que l'on peut supposer qu'elles représentent l'étage *Burdigalien.*

II. — Le Vindobonien.

J'ai attribué à cet étage une formation calcaire, conglomératique et un peu gréseuse, qui affleure en lambeaux isolés en plusieurs points de la région étudiée. Cette formation est caractérisée par des récifs de *Polypiers* et de *Nullipores* et par la

présence d'un *Clypeaster* de type miocène. Un tel *faciès à Polypiers* et la présence de ce *Clypeaster* sont connus, comme nous le verrons, dans les régions voisines de la Syrie, de la Cilicie et de l'île de Chypre presque uniquement dans le Vindobonien.

Jusqu'à ces dernières découvertes, l'absence du Vindobonien en Palestine restait assez surprenante, car cet étage est très répandu dans toute la Méditerranée orientale (Egypte, Syrie côtière et septentrionale, Irak, Cilicie et autres parties de l'Asie Mineure). Le faciès de ce Vindobonien est presque partout le même : ce sont des calcaires conglomératiques et gréseux à Polypiers, avec une riche faune de Mollusques et d'Oursins.

Je répartirai les lambeaux reconnus du Vindobonien en deux groupes, suivant leur situation géographique et en même temps d'après quelques différences de faciès. Le premier groupe comprendra des lambeaux situés dans la zone de failles Ramle-Gare de Ouadi Sarar et dans son prolongement au S; dans l'autre groupe, je réunirai des lambeaux situés dans la zone surélevée à l'E des failles jusqu'aux Monts de la Judée.

Premier groupe d'affleurements. — M. Blake a signalé déjà en 1928 (**69**, p. 25) un petit affleurement de calcaires à Polypiers près de Tulkarem (entre Lydda et Haifa), mais il l'avait considéré à ce moment comme Pliocène.

Dans sa dernière note (**109**), M. Blake indique d'autres affleurements de calcaires à Polypiers qu'il a attribués au Vindobonien. Un de ces affleurements se trouve au N de la gare de Ouadi Sarar et correspond à l'affleurement même reconnu par moi; les autres sont situés dans la région de Beer-Sheba (Palestine méridionale).

Dans cette zone de failles entre Ramle et la gare de Ouadi Sarar, j'ai reconnu plusieurs lambeaux de récifs coralliens. Ce sont des calcaires durs, foncés, rouges, gris et orangés, un peu gréseux, avec quelques galets de silex; au milieu de cet assemblage très compact de Polypiers ou de Nullipores se trouvent des moules et des empreintes de Lamellibranches et de Gastro-

podes. La roche est le plus souvent très altérée. C'est pourquoi les Polypiers et les autres fossiles sont calcifiés et difficiles à reconnaître. M. RAMIÈRE DE FORTANIER, qui a bien voulu examiner un débris de ces roches à Polypiers, n'a pu qu'y reconnaître un représentant de la grande famille des *Astréidés.*

Il est important de noter, ce que nous avons déjà remarqué, que les récifs coralliens formés par des *Astréidés* sont bien connus et très répandus dans le *Vindobonien* de la Syrie et pays voisins. Dans la liste de la faune néogène de la publication de M. DUBERTRET et de ses collaborateurs (**94**) sont citées plusieurs espèces d'*Astréidés* du *Vindobonien* des environs d'Alep, Ras el Kelb, Beyrouth, île de Chypre, Cilicie, et seulement *une espèce* (*Astrea guettardi* Deer.) qui existe *peut-être* dans le *Burdigalien* de l'île de Chypre. Ni les *Astréidés* en particulier, ni les *Polypiers récifaux* en général ne sont connus dans d'autres formations néogènes de Palestine, Syrie et des autres pays voisins. Le *faciès à Polypiers* est donc jusqu'à présent plutôt *caractéristique du Vindobonien.*

Des lambeaux de ces récifs, toujours mal conservés ou remaniés et rarement visibles réellement en place, sont observables dans les affleurements suivants de la zone entre Ramle et Ouadi Sarar :

1) Au-dessus de l'Aquitanien de la carrière de Batn el Adas, au S de Ramle, sous forme de blocs isolés dans les sables récents.

2) Des blocs isolés entre Ni'ana et Mansura, provenant probablement des affleurements cachés sous les alluvions des collines à l'W du chemin de fer.

3) Blocs isolés et affleurements existant probablement (d'après ces blocs et d'après la morphologie du terrain) au S de Mansura.

4) Affleurements *en place* au N de la gare de Ouadi Sarar. Le soubassement est formé par les calcaires de l'Eocène inférieur (« couches de Sar'a »).

D'autres lambeaux de cette zone côtière se trouvent entre les villages de Zeita et d''Iraq el Menshiye. Nous les avons cités dans le chapitre précédent en décrivant notre coupe générale de la région à l'W de Beit Jibrin. Ils sont bien visibles au N d''Iraq el Menshiye, où ils sont mis à nu par une ancienne carrière. Mais, même dans la carrière, les calcaires sont très calcifiés. La pierre est de couleur jaune-orange; elle est caverneuse; la surface altérée montre une multitude de Milioles et d'autres petits Foraminifères; les galets sont ici très rares; il y a plusieurs empreintes de Lamellibranches et de Gastropodes, mais toujours très mal conservés et pour le moment indéterminables.

Outre les récifs cités plus haut d'*Astréidés* et de *Nullipores*, j'ai pu reconnaître plus ou moins nettement : *Pecten* aff. *opercularis* L., *Arca barbata* L., *Tellina* sp., *Petaloconchus intortus* Lmk., etc. M. Blake cite les espèces suivantes : *Tellina* (*Arcopagia*) *crassa* Penn., var. *lamellosa* Dolf., *Cardium turonicum* Mayer, *Apolymetis papyracea* Gmelin., *Pecten benedictus* Lmk., *Lucina* (*Linga*) *columbella* Lmk., etc., formes parmi lesquelles la dernière est bien caractéristique du *Miocène*.

Il est très important de noter que tous les affleurements cités se trouvent à une altitude de 100-120 m. environ, ce qui, comme nous le verrons, semble être en relation avec la structure de cette grande zone de failles.

2° *Groupe d'affleurements.* — A l'E de cette zone, j'ai reconnu des lambeaux nombreux et parfois assez grands d'un Vindobonien d'un type un peu différent. Il est représenté par des calcaires rougeâtres, caverneux, riches en galets de calcaire et de silex qui, plus à l'E, près des Monts de la Judée, passent à de véritables et puissants conglomérats. La pâte de ces calcaires est principalement formée d'Algues calcaires et de petits Foraminifères (*Milioles, Globigérines* peu nombreuses) (pl. III, fig. 2), et elle contient des moules et des empreintes de coquilles; les Polypiers y sont généralement absents, quoique j'aie trouvé dans cette région quelques petits blocs isolés de calcaires réci-

faux, ce qui permet de penser que, remaniés dans les calcaires à galets et les conglomérats, se trouvent çà et là des débris de récifs arrachés par les vagues des zones plus profondes et transportés sur les rivages.

Le *faciès* de ce type du Vindobonien est donc plus *littoral* que celui des dépôts situés entre Ramle-Ouadi Sarar et 'Iraq el Menshiye, ce qui est indiqué par les conglomérats et par la rareté (ou l'absence) des Polypiers; ces derniers n'habitent pas les rivages mêmes, mais une zone littorale plus profonde.

La plupart des affleurements se trouvent à une altitude de 300-400 m. Ils sont également conservés sous forme de lambeaux séparés. Le plus grand de ces lambeaux se trouve dans les montagnes d''Imwas, où il couvre la partie septentrionale de ces montagnes, entre 'Imwas et Yalo. De puissantes accumulations de conglomérats revêtent ici le substratum éocène, évidemment très fortement érodé avant le dépôt du Vindobonien. Ces conglomérats sont spécialement bien visibles au-dessus du village de Yalo, où ils forment des falaises. Ici, les galets des conglomérats sont parfois assez grands, atteignant la grosseur d'une tête et davantage. La plupart des galets consistent en calcaires provenant du Crétacé et de l'Eocène. Dans des dépôts aussi conglomératiques que ceux de Yalo, les fossiles sont généralement introuvables; en outre, le ciment de ces conglomérats est tout particulièrement altéré.

Des niveaux fossilifères se trouvent au-dessus d''Imwas, au pied d'un tombeau arabe sacré. Malheureusement la roche ne contient que de mauvaises empreintes, et le matériel récolté ne permet pas encore de déterminations paléontologiques exactes.

Des lambeaux analogues se trouvent en divers points de cette région, mais ils sont très difficiles à reconnaître à cause de la croûte calcaire ou « Nari ». Il est certain que dans notre région *une grande partie du « Nari » à aspect conglomératique* n'est autre que notre *Vindobonien profondément altéré.* Dans quelques cas il est possible de le prouver en trouvant quelques blocs brisés et moins altérés montrant encore les caractères typiques

du Vindobonien. Quelques lambeaux encroûtés, mais certains, se trouvent sur les sommets des collines près de Khirbet Khatula, au SW de Bab el Wad, et très probablement entre les villages d'Islin et de Beit Susin.

Sur la colline d'Al Qubab se rencontrent en assez grand nombre des blocs de Vindobonien, probablement en place. J'ai trouvé là un fragment d'un *Clypeaster*, qui a été rapproché par M. LAMBERT de *Clypeaster imperialis* Gregory (non ! Michelin). Bien que ce débris ne puisse être déterminé avec précision, l'affinité reconnue prouve que nos dépôts sont sans doute du *Miocène*, et elle permet de tenter une comparaison avec d'autres terrains vindoboniens. Notamment en Syrie et en Cilicie, les *Clypeaster* sont connus presque uniquement dans le Vindobonien, ce que montre le tableau suivant (cité d'après les données contenues dans **94**) :

Clypeaster :	**Miocène en général.**	**Burdigalien.**	**Vindobonien.**
1. *latirostris* Ag.		Zone désertique syrienne.	
2. *intermedius* Desm.			Région d'Alexandrette, Alep, Cilicie.
3. *crassicostatus* Ag.	Région d'Antioche.		Région d'Alep.
4. *turritus* Abich.	Région d'Antioche.		
5. *gibbosus* de Serres.			Cilicie.
6. *glandiformis* Bronn.			Cilicie.
7. *altus* Lmk.			Cilicie, région d'Alep.
8. *zumoffeni* de Lor.			Djebel Terbol (Liban), Beyrouth, Ras el Kelb.
9. *grandiflorus* Bronn.			Liban.
10. *campanulatus* Schl. (= *gibbosus* Mich. non de Serr.).			Liban.
11. *tauricus* Desm.			Liban, Cilicie.
12. aff. *intermedius* Desm.			Ras Chekka.
13. *partschi* Mich.			Cilicie.
14. *Cl.* sp.			Ras Chekka.

Cette analogie vient compléter celle des *faciès à Polypiers* cités plus haut.

Il y a encore à noter quelques autres petits gisements de blocs isolés. L'un d'eux se trouve près de Khirbet Abu Dan, entre Barfilya et Al Qubab, sur un soubassement turonien; dans un autre, près du village Al Barriya, quelques blocs montrent, en outre, des surfaces de contact avec les grès du *Pliocène marin;* j'ai encore observé des blocs de Vindobonien près de Az Zuheiriye; enfin un petit lambeau en place, encroûté de « Nari », se trouve près Khirbet Beit Far, entre Rafat et Hulda.

III. — Formation d'âge incertain.

Entre la gare de l'Ouadi Sarar et Ramle existent quelques affleurements de marnes gris-blanchâtre quand elles sont sèches et vert-jaunâtre quand elles sont humides. Ces marnes me sont connues : 1) au S de Mansura; 2) dans l'Ouadi Malih, entre Mansura et Ni'ana; 3) au pied de la colline de Tel el Malat, au S de Ni'ana. Leur âge n'est pas certain et même on ne peut affirmer qu'elles sont contemporaines entre elles. Ces marnes sont riches en Foraminifères microscopiques qui n'ont pas encore été étudiés. Dans ces marnes de l'Ouadi Malih, j'ai trouvé un unique exemplaire limonitisé, mais assez bon, d'un *Opissaster* cf. *scillae* Wright [7] (**35**, p. 509). L'*Op. scillae* provient, d'après les aimables renseignements de M. Lambert, de l'Aquitanien de Malte, où cet étage a un faciès marneux, donc semblable à celui de nos affleurements. La même espèce a été plusieurs fois signalée aussi du Burdigalien; M. Vautrin a récemment décrit cette espèce du Burdigalien de la zone désertique syrienne (**94**).

Je ne tirerai aucune conclusion de la présence de cet *Opissaster* d'un aspect si ancien, sinon celle que nos marnes ne sont certainement pas plus anciennes que l'Aquitanien. Mais il est possible qu'elles soient beaucoup plus récentes.

---

[7] Cette détermination a été confirmée par M. Lambert.

C) Conclusions.

Les résultats de ces dernières découvertes montrent que la transgression qui a commencé au Stampien a atteint son maximum pendant le Vindobonien. Les faciès de cet étage indiquent que la mer vindobonienne n'a pas dû dépasser beaucoup la courbe de niveau actuelle de la cote 400 m., courbe qui, dans l'ensemble, longe le pied des montagnes de la Judée proprement dite. Ce fut donc une transgression assez étendue, ce qui correspond parfaitement au tableau général de la paléogéographie miocène dans la Méditerranée orientale. La situation élevée des lambeaux de Vindobonien découverts par moi prouve ainsi que, depuis le Vindobonien, il y eut des mouvements de soulèvements très importants.

La surface irrégulière du soubassement des dépôts vindoboniens et la variabilité de l'altitude à laquelle ces dépôts se rencontrent montrent aussi que la morphologie du continent palestinien était déjà très accidentée avant la transgression vindobonienne et qu'elle se rapprochait beaucoup de celle d'aujourd'hui : les grandes vallées actuelles et peut-être aussi les ouadis les plus importants existaient déjà dès cette époque, comme le montrent les conglomérats qui descendent jusqu'à Yalo, sur le bord de la vallée d'Ayalon, et comme le montre aussi le lambeau de Beit Far (entre Hulda et Rafat), dans la partie méridionale de cette vallée.

8. — LE PLIOCÈNE

A) Généralités.

Le Pliocène a été signalé plusieurs fois depuis longtemps en Palestine, mais néanmoins sa détermination paléontologique et stratigraphique n'est pas encore certaine. Les formations en question s'étendent le long de la Plaine Maritime, où elles sont

presque toujours couvertes par des sédiments plus récents, et dans la plaine d'Esdrelon, où, découvertes par M. PICARD, elles s'intercalent entre de puissants dépôts continentaux.

Dans la Plaine Maritime, ces formations, aujourd'hui généralement attribuées au Pliocène, passent insensiblement au Quaternaire marin. Leur base n'est pas connue. Dans ces circonstances, puisque la faune qui y a été reconnue jusqu'à présent n'est pas assez typique, la délimitation du Pliocène n'est pas précise, bien que son existence ne soit plus douteuse.

Le Pliocène de la Plaine Maritime a été encore signalé, quoique avec doute, par M. BLANCKENHORN dans ses premières publications; dans les plus récentes, il attribue ces dépôts soit au Pliocène supérieur, soit au Quaternaire ancien. RANGE les place généralement dans le Quaternaire.

Des informations plus précises ont été données par M. BLAKE (**69**). Il a signalé l'existence de puissantes formations marno-gréseuses et plus ou moins bitumineuses retrouvées dans quelques forages profonds (Sarafand et Bir Salem, entre Ramle et Jaffa), où elles ont fourni une riche faune de Mollusques. Parmi ces derniers, M. Cox a pu reconnaître quelques formes qui n'existent plus dans la Méditerranée orientale : *Nassa musiva* Brocchi, *Nassa* sp. Cox et *Cerithium* cf. *varicosum* Brocchi

Une formation probablement analogue a été rencontrée par M. LOEWENGART (**71**) dans un forage à Saqiya (entre Lydda et Jaffa). Parmi les fossiles de cette formation, P. OPPENHEIM a reconnu *Arca acanthis* Font. et *Cardita* (*Glans*) *intermedia* Br., formes du Pliocène. En réalité, l'*Arca acanthis* de Fontannes est considérée par SACCO comme une simple variété de l'*A. clathrata* Defr., espèce fréquente à la fois dans le Miocène moyen et le Pliocène; mais la var. *acanthis* n'est citée que du Pliocène; *Cardita intermedia* semble vraiment caractéristique du Pliocène, car SACCO ne la cite pas dans le Miocène. M. LOEWENGART attribue donc avec raison ces marnes au *Pliocène* et de préférence à la partie *inférieure* de cet étage. Il nomme cette formation « *Saqiya-beds* » (couches de Saqiya), et depuis on appelle sou-

vent de ce nom des formations semblables qu'on retrouve dans des forages, sans être certain qu'elles représentent vraiment le même niveau.

Outre le *faciès marneux* qui ne se montre généralement pas en surface, il existe un *faciès gréseux* conservé en lambeaux quelquefois assez nets. Ces grès contiennent une faune assez riche, mais mal conservée. Elle n'avait pas été décrite jusqu'à présent.

B) Descriptions locales.

Dans notre région, le Pliocène marin n'apparaît en surface que dans la plaine de Ramle-Lydda et en affleurements très restreints. Ce sont les derniers restes, épargnés encore par l'érosion, d'une couverture pliocène plus étendue. Ces lambeaux sont situés presque tous le long du chemin de fer Ouadi Sarar-Ramle.

I. — Faciès marneux.

1° Les marnes de Mansura, de Ouadi Malih et de Tell Malat.

Dans le chapitre précédent (III, 7, B, III) j'ai parlé des marnes puissantes de Ouadi Malih, où j'ai trouvé le *Opissaster* cf. *scillae* Wright, dont le type provient de l'Aquitanien-Burdigalien. Je ne peux pas, pour le moment, avoir une opinion précise sur l'âge de cette formation. Dans le voisinage, au S de Mansura et à Tell Malat, au S de Ni'ana, se trouvent d'autres affleurements de marnes probablement identiques avec celles de Ouadi Malih. Il n'est pas impossible que cette formation appartienne au Miocène ou même au Pliocène inférieur.

2° Les marnes de Lydda.

Les mêmes questions se posent pour les puissantes marnes grises retrouvées dans quelques forages des environs de Lydda. Ces marnes sont un peu bitumineuses, avec quelques empreintes mal conservées de Lamellibranches. P. Oppenheim n'a pu les déterminer. La base de ces marnes n'est pas exactement

connue : d'après mes observations dans quelques forages à l'E de Lydda, elles semblent passer insensiblement aux couches éocènes, également un peu bitumineuses. On peut penser qu'elles représentent le passage du Miocène au Pliocène (Sahélien-Plaisancien ?).

3° Marnes sableuses de Deir Tarif.

Au SE de Deir Tarif j'ai reconnu dans quelques forages des marnes sableuses grises avec plusieurs coquilles d'un *Cardium* sp., de nombreux restes de *Plantes* (feuilles et bois carbonisés). Le faciès de ces assises se rapproche beaucoup de celui des marnes de Sarafand, mais il est plus littoral (restes de plantes !).

II. — Faciès gréseux.

Des deux côtés du chemin de fer, près de Mansura (km. 32,5-34), on peut voir en quelques points des grès fossilifères. Ils reposent sur des calcaires à Globigérines éocènes. La surface de ces calcaires est souvent trouée par des Mollusques perforants (*Lithodomus* sp.). On voit de beaux exemples des roches à perforations de *Lithodomes* dans un petit ouadi du côté W du chemin de fer, près de Mansura. Au même endroit, sur la surface du calcaire à trous de *Lithodomes,* se sont déposés des grès cimentés par du calcaire et contenant de nombreux galets de calcaire et de silex. Les fossiles y sont abondants, mais mal conservés, et ils ne se laissent pas bien dégager à cause de leur friabilité. Ce sont le plus souvent de grands Lamellibranches peu caractéristiques, comme *Pectunculus,* des moules de petits *Gastropodes* et des restes de *Crustacés.* Néanmoins, j'ai pu reconnaître quelques formes typiques du Pliocène à cachet assez ancien :

Callista pedemontana Lmk.-Ag., var. *sulcata* For.

Moule interne avec fragments de coquille munis de leur ornementation caractéristique. Cette espèce est fréquente dans l'Helvétien et le Pliocène ancien (Astien) ; elle ne persiste pas au delà, d'après M. Gignoux (45 *b*).

Callistotapes cf. *vetulus* Bast. ou *taurogibbus* Sacco.

Cette forme n'apporte pas des données bien précises, car la première espèce est pliocène et la deuxième miocène.

Cytherea sp. à coquille très grande et épaisse.

Pectunculus (*Axinea*) sp., formes de taille moyenne et petite.

Cardita sp. ind.

Fuscoscala turtonis Turt. ??

Cancellaria sp. (?? *Bivetia cancellata* L.).

Purpura sp. (?? *rarisulcata* Bell.).

Nerita (*Neritodonta*) sp.

Conus sp.

Décapodes pl. sp.

Des affleurements semblables se trouvent dans un petit ouadi affluent du Ouadi Malih, à l'W du chemin de fer et à l'E de Ni'ana, dans le Ouadi Sheriyeh. Il est probable que des dépôts identiques doivent exister dans quelques autres petits ouadis, mais à cause de la grande altération de ces roches et de leur très faible étendue, on les remarque difficilement. Il semble que ces dépôts aient en partie rempli les anciens estuaires de fleuves ou de ravins littoraux.

Entre les km. 33 et 34 du chemin de fer, on voit des bancs minces et peu étendus d'un grès dur contenant de nombreux *Foraminifères,* des *Crustacés* et de rares petits *Mollusques.* Ils sont certainement identiques aux affleurements gréseux cités ci-dessus.

Plusieurs lambeaux d'une formation gréseuse semblable sont répandus dans d'autres régions de la Plaine Maritime.

Il reste encore à rappeler l'observation faite près d'Al Barriya, où quelques blocs de calcaires conglomératiques *vindoboniens* montrent encore une *surface de contact* avec le *grès pliocène* (chap. III, 7, B, II, 2°).

III. — Faciès conglomératique fluvio-marin.

Ce faciès conglomératique a été observé par moi dans le lit du Ouadi Sarar, à l'W d'Umm Kalkha. Les conglomérats sont très compacts, leur puissance est inconnue. Cette formation corres-

pond probablement à la zone des anciens rivages pliocènes ; elles s'étend certainement très loin vers le S, car je l'ai observée près d'Al Kheime et même dans les environs de Gaza. Près d'Al Kheime on peut y retrouver des valves épaisses d'une *Ostrea* sp.

C) Conclusions.

Les dépôts décrits dans ce chapitre n'affleurent dans la région étudiée qu'en lambeaux très restreints de grès grossiers situés le long de la bordure occidentale de la région étudiée ici. Jusqu'à présent on hésitait à attribuer ces grès au Pliocène ou au Quaternaire. Les deux espèces citées plus haut (*Callista pedemontana* et *Tapes vetulus-taurogibbus*) empêchent d'y voir un sédiment plus récent que le Pliocène inférieur; mais il est possible qu'un jour des faunes plus riches conduisent à les attribuer même au Miocène supérieur.

Dans quelques affleurements et en profondeur existe une formation marneuse, en partie évidemment pliocène, mais dont la position stratigraphique ne peut être pour le moment exactement fixée.

9. — LES FORMATIONS VOLCANIQUES

A) Généralités.

Les formations volcaniques sont très fréquentes dans la *Palestine septentrionale* (Haute et Basse Galilée, plaine d'Esdrélon, Mont Carmel, versants N et NE des montagnes de Samarie); elles sont encore plus répandues dans quelques pays à l'E du Jourdain (Hauran), et de nombreux affleurements se retrouvent aussi à l'E de la Mer Morte. Mais toute la Palestine au S du Carmel, c'est-à-dire la plus grande partie de la Samarie et toute la Judée, étaient jusqu'à présent considérées par les géologues modernes comme étant restées indemnes de toute manifestation volcanique.

Néanmoins quelques publications anciennes contiennent des renseignements sur des affleurements de roches volcaniques dans ces régions de la Palestine. En 1872, T. DRAKE, un des membres d'une expédition géographique et topographique de « Palestine Exploration Fund », note dans son journal (**12**, p. 42) [8] : « I have observed one point in the geology worth noting, viz. an outbreak of basalt — very friable from exposure — between the villages of Abu Shushe and Sydun. I am not aware that any basalt has been observed to the west of the main range so far southward. »

Cette unique observation a été faite par un voyageur non géologue. Depuis cette époque, il semble que les environs de Gezer n'aient été étudiés par aucun géologue; tout au moins, les publications géologiques n'en signalent rien.

D'après cette observation, quelques anciennes petites cartes géologiques de la Palestine indiquent par un point rouge la présence de roches volcaniques près de Gezer = Abu Shushe. C'est ce qu'ont fait pour la première fois HULL (1886) (**17**) et le géographe CONDER (**23**), et pour la dernière fois M. BLANCKENHORN en 1893 (**23** *a*). Mais depuis, toutes les cartes géologiques modernes, beaucoup plus détaillées, et parmi elles celle de BLANCKENHORN de 1912 (**40, 41**), n'indiquent plus cet affleurement, et les publications ne le mentionnent pas non plus (BLANCKENHORN, RANGE, BLAKE, DUBERTRET). Peut-être cette omission provient-elle de ce que quelques autres affleurements signalés comme volcaniques par HULL, d'après les observations des membres de la même expédition géographique, ne sont plus considérés comme tels.

Cependant mes recherches montrent, au contraire, que non seulement les observations de DRAKE étaient justes, mais qu'on trouve dans les environs de Gezer d'autres témoins de phénomènes volcaniques.

---

[8] C'est M. PICARD qui a attiré mon attention sur ce document intéressant et je l'en remercie très vivement.

B) Descriptions locales.

1° La localité d'Abu Shushe se trouve à proximité de l'antique ville de Gezer, connue depuis les temps très anciens des Canaanites et des Egyptiens. Les puissantes accumulations de terres à débris archéologiques du « Tell » Gezer contiennent de nombreux morceaux de basaltes qu'on a considérés jusqu'à présent comme importés par les anciens habitants pour la construction ou la fabrication des meules. C'est peut-être aussi une des causes pour lesquelles les renseignements de DRAKE ne furent pas considérés comme dignes de créance. D'ailleurs, il est très *peu probable* que les anciens habitants d'une petite ville aient importé des basaltes de régions très éloignées (Sinaï ou Carmel, à au moins 100 km.), tandis que, dans les environs, on avait de bonnes pierres à bâtir en abondance.

Les affleurements volcaniques s'y trouvent à 500 m. au SSW d'Abu Shushe, sur la route allant à Seidun, sous forme de nombreux débris et de plusieurs gros blocs de basalte. Ceux-ci sont dispersés à la surface du sol, mais on les voit aussi en grande quantité emballés dans la croûte calcaire superficielle, ou « Nari », ici extrêmement épaisse. Les basaltes sont doléritiques, à grain fin, de couleur gris-foncé, et ils rappellent les basaltes bien connus de la Palestine septentrionale. Ils doivent sans doute former des masses plus importantes, mais ils sont le plus souvent masqués sous l'épaisse croûte calcaire de « Nari » (qui atteint ici une puissance exceptionnelle de 3-5 m. et plus) et sous les alluvions des ouadis. Ce même phénomène de l'enrobement des basaltes dans le « Nari » se retrouve d'ailleurs dans les régions volcaniques classiques de la Palestine septentrionale.

2° Au N de la gare de Ouadi Sarar, près de l'affleurement cité plus haut des récifs à Polypiers du Vindobonien, j'ai remarqué une petite nappe de basaltes altérés couverte par les terres superficielles. Les basaltes reposent ici sur des calcaires éocènes.

Cela donne à penser que la couverture basaltique était autrefois assez continue, mais elle fut presque complètement détruite. Il est néanmoins probable que des restes de basaltes encore plus nombreux sont cachés sous la couverture du sol, des alluvions ou du « Nari ».

3° Dans le Ouadi Malih, à 5 km. à l'W de Gezer et à peu près à 1 km. à l'W du chemin de fer, j'ai découvert un affleurement de *tufs volcaniques* sous-marins brun-verdâtre; ils sont associés à des marnes gris-verdâtre à *Opissaster* cf. *scillae* Wright (citées dans le chapitre précédent), dont l'âge n'est pas encore exactement fixé (Miocène ? Mio-Pliocène ?). Les tufs contiennent de nombreux petits Foraminifères et des empreintes de petits Bivalves et Gastropodes très mal conservés. Une coupe mince y montre, parmi des grains de quartz, des débris d'augite et d'olivine altérée. Dans le lit de l'Ouadi se voient plusieurs blocs, atteignant la grosseur de la tête, de basaltes altérés.

4° Je dois mentionner enfin la présence de roches volcaniques dans un forage exécuté au village de colons allemands Wilhelma, à 15 km. de Jaffa et à 7 km. au N de Lydda [9]. Sous une couverture de 20 m. de sables récents se trouve là, sur une épaisseur de plus de 100 m., une roche noir-verdâtre déterminée par L. Picard comme *palagonite*.

5° Les éruptions basaltiques ont été accompagnées par d'autres phénomènes volcaniques, probablement beaucoup plus récents. Au S du village de Beit Jiz, j'ai observé au milieu d'un champ un affleurement de roches calcaires d'une couleur rouge-brique très curieuse. L'examen de ces roches montre qu'elles sont fortement silicifiées. On peut facilement reconnaître que ce sont les calcaires éocènes à Globigérines, métamorphisés thermiquement. On y trouve des passages à des roches moins métamorphisées, où on peut encore reconnaître à la loupe des coquilles de Globigérines silicifiées et à d'autres roches complètement métamorphisées, où la silicification thermo-métamor-

[9] Je dois ce renseignement à l'amabilité de M. M. Goldschmidt, ingénieur de l'Etat en Palestine.

phique a imprégné entièrement toute la pâte de la roche et a rendu méconnaissables les restes d'organismes qui y étaient englobés.

Ces faits sont encore mieux visibles dans un deuxième affleurement voisin, où des roches rouge-brique semblables forment ici un monticule allongé. Dans ces roches se trouvent souvent des parties plus ou moins opalisées.

Je considère ces deux affleurements comme formés par d'anciennes venues d'*eaux thermales*.

D'ailleurs j'ai trouvé dans la région étudiée plusieurs morceaux isolés de silex opalisé. Une magnifique brèche à silex sénonien, cimentée par une belle opale brune, se rencontre sur la colline d'Al Qubab. Le ciment d'opale est donc certainement plus récent que le Sénonien.

J'ai trouvé encore d'autres fragments d'opale dans les environs d'ʼImwas (= Emmaüs).

C) L'âge des formations volcaniques.

Je n'ai pas assez de preuves pour fixer exactement l'âge de ces phénomènes volcaniques. Il n'est même pas certain que toutes nos formations soient de la même époque, surtout les phénomènes thermiques. Ce qu'on peut admettre pour le moment, c'est que les tufs sous-marins sont contemporains des marnes dans lesquelles ils sont englobés; donc, les tufs, et probablement aussi les basaltes, sont *plus anciens que le Pliocène*. En tout cas les éruptions dans notre région sont certainement plus anciennes que le Pliocène moyen - Quaternaire inférieur, âge attribué aux basaltes de la Galilée et de la Transjordanie. Cela explique aussi que nos basaltes aient été si morcelés et si altérés.

Des éruptions aussi anciennes (sauf celles du Carmel et d'Umm el Fahm, attribuées au Crétacé supérieur) ne sont connues nulle part ailleurs en Palestine.

Je veux encore remarquer que l'ancien nom d' « Emmaüs », qui devait s'appliquer au village actuel d'ʼImwas, est une forme

grecque du nom hébreux « hammah » ou « hammath », c'est-à-dire « thermes » (par exemple : « Hammoth Tiberiah » — les thermes de Tibériade). Ce nom d'Emmaüs, rapproché des observations géologiques que nous venons de rapporter, ne donne-t-il pas lieu à penser qu'il existait aux environs des sources thermales encore pendant les temps historiques ? En effet, un document talmudique mentionne l'existence de « hammoth » = sources thermales près de l'ancien Emmaüs. Mais jusqu'à présent, aux environs de l'actuel 'Imwas, des restes de dépôts thermaux ne sont pas connus.

10. — LES FORMATIONS FLUVIATILES

Toute notre région est parcourue par de nombreux ouadis, grands et petits, mais aucun fleuve, aucun ruisseau n'anime son paysage sec. C'est seulement près de Khirbet Ismalla, entre Rafat et Kefar Urya, et près de Latrun, que quelques petites sources donnent naissance à des cours d'eau de quelques centaines de mètres de longueur.

L'action destructive et accumulative des eaux est donc limitée ici à une durée de 30-50 jours par année, correspondant aux pluies de l'hiver. Mais cette faible durée ne donne pas une idée suffisante des effets produits par les eaux courantes, car la soudaine et brusque action d'un violent torrent sur une surface complètement desséchée peut creuser ou alluvionner beaucoup plus que ne le ferait un cours d'eau permanent et plus régulier. Toutefois, il est évident qu'à l'époque actuelle l'action des eaux courantes en Palestine est plutôt faible.

Cette action était sans doute beaucoup plus importante aux époques précédentes, comme en témoignent les nombreux restes de terrasses fluviatiles conservées dans tout le pays. Il est remarquable que presque partout les anciennes terrasses sont accompagnées par des ouadis modernes, ce qui montre que *le*

réseau hydrographique en Palestine n'a presque pas changé depuis une époque certainement très reculée.

Parmi les terrasses de notre région, les plus importantes sont: 1) au S, *la terrasse du Ouadi Sarar;* 2) la terrasse de la vallée d'Ayalon ou simplement *la terrasse d'Ayalon,* qui commence dans cette vallée, près de Beit Nuba, passe entre 'Imwas et Salbit, coupe la colline d'Al Qubab au NE et s'étend parallèlement à la route Jérusalem-Jaffa dans la direction de Ramle; 3) enfin *la terrasse de Ouadi en Naluf* (= Ouadi Sarar du N), entre Al Haditha et Beit Nabala.

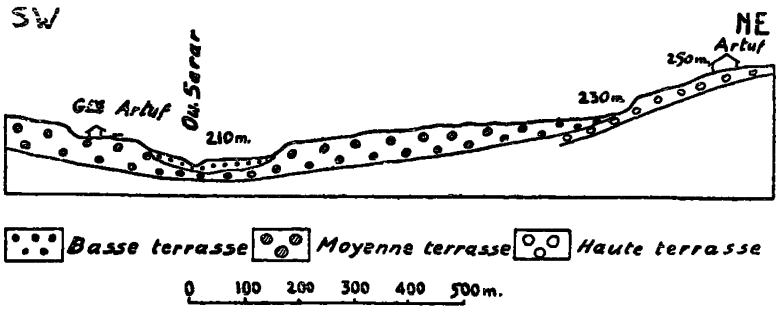

Fig. 11. — Les terrasses d'Artuf.

Les terrasses du Ouadi Sarar sont détruites sur presque toute leur étendue. Elles sont bien conservées près d'Artuf, mais jusqu'à la gare de l'Ouadi Sarar elles n'existent que sous forme de petits lambeaux, dont le plus grand est peut-être le Tell el Batashi, près du km. 41,5 du chemin de fer. Un lambeau bien conservé s'élève près de la gare de l'Ouadi Sarar.

Près d'Artuf on distingue clairement trois terrasses (fig. 11). Sur la plus haute est construite une partie de la colonie Har Tuv. Cette terrasse est située à une altitude de 250-260 m. environ et elle repose sur des calcaires marneux à Globigérines de l'Eocène. Les conglomérats forment des roches compactes, mais la plupart du temps ils sont entièrement altérés. Parfois on en retrouve de beaux blocs à la surface desquels les galets et le ciment apparaissent nettement.

A cause de leur profonde altération, on ne peut pas être sûr que ces conglomérats sont vraiment d'origine fluviatile : il reste la possibilité qu'ils correspondent aux conglomérats marins du Vindobonien. Cette possibilité, qui pour le moment ne peut être prouvée, montrerait qu'à l'époque de la transgression vindobonienne le Ouadi Sarar était déjà profondément creusé (voir chap. III, 7, C).

La deuxième terrasse, dont la surface se trouve à une altitude de 230 m. à peu près, a une largeur de 200 à 300 m. Ici les conglomérats, avec galets bien roulés, sont moins compacts et seulement un peu altérés. Sur cette large terrasse sont situés les champs de Har Tuv et un bois d'eucalyptus; mais ces arbres ne se développent pas, car les galets de la terrasse sur laquelle ils sont plantés gênent la pénétration des racines.

La troisième terrasse forme les rivages du ouadi actuel. Les galets sont le plus souvent isolés. La puissance de cette terrasse peut être seulement de 1-2 m., mais près des montagnes elle atteint une épaisseur beaucoup plus grande.

Du côté S du chemin de fer, derrière la gare d'Artuf, les conglomérats de la deuxième terrasse constituent un chaînon de collines basses. Dans ces conglomérats sont creusées quelques grottes.

Un lambeau de terrasse près de la gare de Ouadi Sarar s'élève jusqu'à 110 m. environ et correspond probablement à la terrasse moyenne de l'Artuf. La surface de cette terrasse domine de 30-40 m. le talweg du Ouadi Sarar actuel.

La terrasse d'Ayalon est conservée dans presque toute sa longueur, mais sa largeur est considérablement réduite par l'érosion latérale des ouadis modernes, car souvent ceux-ci coulent au pied des versants rocheux, laissant entre ces derniers les restes de ces terrasses qu'ils rongent par les côtés. Donc la largeur originaire de cette terrasse était beaucoup plus grande. En effet, en quelques points, la terrasse a une largeur de quelques centaines de mètres; en d'autres, on trouve deux ou plusieurs crêtes parallèles formées par recoupements de l'ancienne et

très large terrasse par les ouadis modernes. La plus grande partie de ces dépôts se trouve au N de la route Jérusalem-Jaffa, mais quelques lambeaux s'observent aussi au S de cette route (par exemple la belle terrasse latérale au S de Latrun et quelques intéressants restes d'une crête entre Al Qubab et Al Barriya).

Dans ces terrasses, on peut distinguer plusieurs niveaux (au moins trois) qui diffèrent par leurs caractères pétrographiques : les plus anciennes sont très compactes, très dures et, même détruites, elles donnent des blocs dans lesquels les galets ne se dégagent pas de leur ciment. Les plus récentes ne sont guère cimentées.

La terrasse de Ouadi en Natuf est bien développée à l'W de Beit Nabala. Elle atteint une largeur de 500 m. et davantage. Ici on distingue au moins trois niveaux; le plus ancien est représenté par de gros blocs très compacts de conglomérats qui font saillie sur la rive gauche de l'ouadi.

La discussion sur l'*âge exact* des différents niveaux de ces alluvions est encore prématurée. Je veux seulement noter ici que, à mon avis, la terrasse supérieure doit être très ancienne. Notamment il est très remarquable que toutes ces terrasses cessent soudainement le long d'une ligne (v. la carte géologique et fig. 12) qui correspond à peu près aux rivages pliocènes (près de la gare de Ouadi Sarar, près de Barriya, près de Deir Tarif). Me basant sur cette observation (qui n'est pas limitée seulement à notre région), je suppose que cette ancienne terrasse pourrait être pliocène.

A des époques très récentes, il a dû y avoir des périodes plus humides que la période actuelle : c'est ce que montre la découverte d'une faune d'eau douce faite dans une terrasse très récente du Ouadi Sarar, près d'Umm Kalkha. Dans cette terrasse, constituée par une terre noire avec des galets, j'ai trouvé de très nombreux exemplaires de *Bulinus truncatus* Audouin (= *contortus* Michaud) avec des *Pisidium* sp.; ces deux formes d'eau douce sont accompagnées par quelques espèces continen-

tales. Cela prouve que, même dans des temps très récents impossibles à dater avec précision, les ouadis secs de la Palestine ont été remplacés pendant une courte période par des cours d'eau permanents.

11. — LES FORMATIONS MODERNES

A la surface du sol de la Palestine se forment continuellement des dépôts superficiels dus à des conditions géographiques générales et à des conditions climatiques particulières. Comme toujours, on peut distinguer dans ces processus deux phases : *a*) la destruction des roches préexistantes et *b*) l'accumulation des produits de destruction, lesquels donnent ainsi naissance à de nouvelles formations géologiques.

La destruction, ainsi que l'accumulation, peut être mécanique ou chimique. Ce sont des processus bien connus, et je ne m'occuperai que de quelques problèmes plus ou moins spéciaux à la Palestine et à la région étudiée.

1° Formation du « Nari ».

Le « Nari » est une des formations les plus « désagréables » pour le géologue, car il enrobe la surface des roches sédimentaires normales sous une croûte calcaire presque uniforme plus ou moins épaisse.

Le nom de « Nari » signifie en arabe « le feu », et il est donné par les habitants à une sorte de calcaire friable employé pour faire des fourneaux primitifs. Chimiquement, ce sont des calcaires presque purs, très pauvres en éléments accessoires (Fe, Al, S, etc.). La désignation populaire n'est guère précise, et on appelle souvent de ce même nom tantôt une croûte superficielle ou des roches altérées, tantôt des calcaires crayeux du Sénonien et de l'Eocène. Cette inexactitude se retrouve même dans le langage scientifique, et on a souvent indiqué comme « Nari » des

terrains constitués par une véritable formation sédimentaire. La cause en est que diverses roches du Sénonien, de l'Eocène et du Pliocène ne diffèrent pas beaucoup, au premier coup d'œil, de leur croûte superficielle. Il est donc nécessaire de bien expliquer les caractères de la formation à laquelle le nom de « Nari » doit être réservé.

Dans les pays subtropicaux, il existe, par suite du climat chaud et sec pendant la plus grande partie de l'année, une migration de l'humidité remontant de la profondeur des roches vers leur surface. Cette migration est limitée à la couche superficielle du sol ou d'une roche; généralement elle ne se fait sentir qu'à partir d'une profondeur de 1 ou 2 mètres; mais, d'autre part, une dessiccation complète des couches superficielles peut causer une migration vers la surface de l'humidité venant de zones encore plus profondes. L'eau imprégnant cette couche superficielle possède une énergie chimique élevée à cause de sa haute température, et son action peut être comparée à celle d'eaux faiblement thermales. L'eau qui monte est par conséquent spécialement riche en minéraux moins solubles (comme la calcite, les hydroxydes de fer et d'alumine), car les minéraux facilement solubles (comme NaCl)) descendent généralement plus profondément pendant les pluies d'hiver. Sur la surface du sol et de la roche, l'eau s'évapore, mais les minéraux dissous s'y déposent sous forme d'une croûte ressemblant à un travertin.

Cette croûte calcaire est très compacte; elle possède une structure zonaire soulignée par de très minces lits plus riches en fer et alumine; elle ne renferme que très rarement des coquilles de petits escargots (le plus souvent *Xerophila vestalis* Parreys) ou de petits débris de roche; la croûte elle-même a une épaisseur de quelques centimètres et n'atteint qu'exceptionnellement une épaisseur de quelques dizaines de centimètres.

Par suite de la formation de cette croûte, la roche elle-même s'appauvrit en minéraux solubles et elle devient poreuse et friable. Dans la roche ainsi transformée, on voit des filonnets

irréguliers de calcite ou d'oxyde de fer qui marquent les principales voies de migration des solutions minérales. Cette partie inférieure du « Nari » n'est pas, en effet, la croûte elle-même, mais la roche altérée. Elle peut être assez puissante, mais ordinairement ne dépasse pas l'épaisseur de 1 à 2 mètres. Dans cette zone altérée, on ne reconnaît plus la structure primitive de la roche, les fossiles disparaissent, et c'est pourquoi elle pose aux géologues des problèmes très difficiles.

Le « Nari » encroûte souvent des brèches et des galets de différentes origines. Dans ces formations, les parties les plus résistantes, comme les silex, ne s'altèrent pas du tout ou seulement un peu. De telles brèches encroûtées par du « Nari » sont très répandues le long de la bordure des Monts de la Judée.

2° L'action des Gastropodes lithophages.

En Palestine, comme dans d'autres régions subtropicales, quelques Gastropodes continentaux lithophages jouent un certain rôle dans la destruction des roches et l'accumulation des sols. Notamment dans notre région, deux espèces d'*Helix* sont très actives : ce sont *Levantina hierosolyma* Boissier et *L. caesareana* Parreys, qui habitent en grand nombre dans les fissures des roches calcaires et, se nourrissant de ce calcaire, s'enfoncent dans la roche, forment de nombreux trous labyrinthiformes, agrandissent les fissures en y facilitant l'action des agents atmosphériques. La « corrosion » due à ces Gastropodes est très lente, mais continue, et au total elle est assez considérable pour être mentionnée sous ce nom. Ses traces sont visibles partout sous forme de trous profonds à la surface des roches. Ces trous se remplissent ensuite de terre, créant des conditions favorables au développement des plantes. Enfin, à cette action destructive concourent divers autres facteurs, ce qui conduit à une accumulation toujours plus grande de terre meuble formant le sol.

Il est remarquable que, dans certains cas, la position et l'aspect des roches avec ces trous caractéristiques des Gastro-

podes lithophages semblent montrer qu'une pareille action était autrefois (Quaternaire ancien ?) plus énergique qu'aujourd'hui.

3° Les sols.

Généralement la plus grande partie des sols palestiniens, comme ceux de toutes les autres régions de la Méditerranée, appartient au type des *sols rouges*. En Italie, cette couleur rouge du sol, très frappante, a donné naissance au terme populaire de « *terra rossa* » ; de même la couleur rouge a été, depuis les époques les plus anciennes, considérée en Palestine comme un caractère typique du sol, de la terre. Les anciens Hébreux nommaient le sol, la terre, « *adamah* », c'est-à-dire « la rouge » ; l'homme, qui a été « créé de la terre et revient toujours à la terre », s'appelle « Adam », c'est-à-dire « qui provient de la terre rouge », de l' « adamah » ; même le sang, ce liquide rouge qui anime le corps humain, s'appelle « dame » = rouge. De cette manière, la couleur rouge du sol expliquait aussi les relations des hommes à leur mère, à la terre.

La couleur rouge du sol palestinien est un caractère général, mais on peut distinguer, même dans la couleur, plusieurs nuances très différentes et bien marquées. En outre, le sol rouge est caractérisé aussi par sa structure physique et chimique due aux qualités du sous-sol et à des conditions géographiques

Dans notre région, les différentes formations géologiques, grâce à leurs caractères pétrographiques, donnent lieu à quelques types de sol. Je les décrirai ici brièvement.

Les sols des terrains turoniens-cénomaniens sont assez lourds, riches en sesquioxydes (Al^2O^3 et Fe^2O^3). Leur couleur est brun-rougeâtre. Ce sont des terres très fertiles, mais l'absence d'eau en quantité suffisante dans notre région ne permet pas le développement de cultures intensives.

Les roches du Sénonien, pauvres en minéraux ferrugineux et alumineux, donnent des sols légers, également pauvres en ces mêmes minéraux, poreux, de couleur gris-blanchâtre. En général, ils ne sont pas fertiles.

La partie inférieure marno-crayeuse des calcaires éocènes produit des sols semblables à ceux du Sénonien. Les sols sont ici également légers, mais ils sont plus riches en sesquioxydes de Fe et Al et plus fertiles.

La partie supérieure de l'Eocène donne des sols plus lourds, riches en minéraux ferrugineux, de couleur brun-rougeâtre, semblables à ceux du Turonien-Cénomanien. Le contraste des couleurs de ces deux types de sols les rend reconnaissables de loin.

Les roches de l'Oligocène et du Miocène ont des affleurements trop restreints pour avoir une importance pédologique.

Les dépôts fluviatiles donnent naissance à un sol argileux, gris, assez lourd, fertile. Ce sol est répandu dans les environs de Lydda et dans les grands ouadis.

Enfin des sables couvrent la Plaine Maritime et l'W de la plaine Ramle-Lydda. Ils proviennent en partie des sédiments pliocènes, mais le plus souvent des dunes récentes. Ces sables donnent un sol léger et très poreux, riche en fer et parfois argileux, dont la couleur varie du jaune au rouge foncé. C'est sur eux que se trouvent les célèbres cultures des « oranges de Jaffa ».

IV. — Structure tectonique

A) Historique.

Dans l'aperçu historique (chap. I) et dans mes remarques générales sur la stratigraphie de la région étudiée (chap. III, *1*), j'ai exposé les idées de mes prédécesseurs sur la structure de cette région. Il ne me reste ici qu'à les rappeler en montrant comment elles peuvent s'appliquer aux faits cités dans cette étude.

D'après HULL, notre région ferait partie d'un versant monoclinal très allongé formé par les roches éocènes.

D'après la carte de M. BLANCKENHORN de 1912, cette même région serait bordée à l'E et à l'W par deux anticlinaux de Cénomanien-Turonien : l'un est l'anticlinal de la Judée, l'autre est indiqué par le « Cénomanien-Turonien », entre Beit Jibrin et Hulda. Le synclinal compris entre ces deux anticlinaux est rempli par le Sénonien et bordé à l'E par la « faille d'Artuf ». Le trajet de cette « faille » fut encore précisé dans le Manuel classique de cet auteur (**47**, p. 89), où il la caractérise comme « la plus longue faille de l'intérieur de la Palestine ».

Dans la carte schématique de M. BLAKE (**69**), les terrains cénomaniens-turoniens de Beit Jibrin - Hulda disparaissent, et des affleurements du Turonien au NE de Ramle font ressortir un anticlinal qui s'élève ici en direction SW-NE. La plus grande partie de la région est remplie par du Sénonien, du Pliocène et du Quaternaire continental. Cela donne une structure générale qui se rapproche de celle représentée dans ma carte géologique.

Pendant ces dernières années, M. BLANCKENHORN a révisé ses idées antérieures sur la géologie de la Palestine, suivant de nouvelles observations faites depuis; d'après sa publication (**81**), on peut comprendre qu'il approuve en général, en ce qui concerne notre région, les opinions de M. BLAKE.

Enfin, la nouvelle carte géologique au millionième de la Syrie et de la Palestine, dressée par M. DUBERTRET (**92**), retourne en principe, en ce qui concerne la Palestine, à l'ancienne carte de HULL; elle est en effet inexacte.

B) Anticlinaux et synclinaux.

La répartition des affleurements des divers étages géologiques, telle qu'elle est représentée sur notre carte (hors texte), donne une image assez claire de la structure de notre région. Nous décrirons ici les traits essentiels de cette structure.

Les *éléments principaux* sont les *deux massifs crétacés :* celui de la *bordure des Monts de la Judée* et celui de *Barfilya.*

Dans la bordure des Monts de la Judée, les assises sont, comme nous l'avons signalé plusieurs fois, fortement inclinées vers l'W ou vers l'WNW. L'allure de ce pendage en profondeur n'est pas exactement connue. Jusqu'à Bab el Wad, la bordure est dirigée à peu près du S au N; plus au N encore elle change de direction et devient SSW-NNE. Ces montagnes font évidemment partie du grand « *anticlinal de Ramallah* » (v. le chapitre suivant).

Le massif de Barfilya présente une série de plis bien développés que nous grouperons provisoirement sous le nom d' « *anticlinal de Barfilya* »; il semble que cet anticlinal soit l'extrémité SW de « *l'anticlinal de Ouadi Farah* » constaté par M. BLAKE (**69**, p. 25; v. le chap. suivant). Notre « anticlinal de Barfilya » est constitué par un faisceau de plis secondaires, dont les éléments les plus remarquables sont : le *pli d'Al Qubab;* le *pli de Jimzu,* entre 'Innaba et Jimzu; le *pli d'Al Haditha* et le *pli de Deir Tarif.* Ces plis sont peu accentués, mais néanmoins

se traduisent nettement dans l'allure des limites d'affleurements. Leur direction est généralement comprise entre WSW-ENE et SW-NE.

Entre ces deux massifs anticlinaux se trouve le « *synclinal de Latrun* ». La direction de ce synclinal est SW-NE et elle est indiquée en gros par les collines de l''Imwas et de Sar'a. Le synclinal de Latrun semble être plus profond à l'E qu'à l'W, comme je l'ai montré dans mes coupes.

La série éocène de Gezer, bien qu'elle se relie à celle du synclinal de Latrun, peut être considérée comme la couverture du flanc SW de l'anticlinal de Barfilya; elle appartiendrait alors à un « *synclinal de Gezer-Ramle* ».

C) Les failles.

1° La « zone des failles ».

Cette allure harmonieuse des plis est subitement interrompue à l'W par la *zone des failles*. Cette zone, que nous étudierons d'un point de vue plus général dans le chapitre suivant, avait été déjà précisée par M. Blanckenhorn, et sa structure a été discutée plusieurs fois par d'autres auteurs (Range, Blake, Picard, Dubertret). Malgré cela, sa structure et son allure sont encore un peu hypothétiques. On sait seulement qu'à l'W de cette zone cessent soudainement les formations crétacées-éocènes de l'E, lesquelles n'apparaissent même pas dans les sondages profonds. Entre Lydda et Ben Shemen existent deux sondages qui ne sont pas éloignés l'un de l'autre de plus de 100 m. environ; dans l'un, situé à l'E, le Sénonien a été atteint à 20 m. de profondeur environ; l'autre, situé à l'W, s'est arrêté à une profondeur de plus de 50 m. dans un niveau élevé de notre puissant Eocène inférieur. Plus loin, vers l'W, dans les environs de Lydda même, des sondages profonds de 200-250 mètres n'atteignent ni le Crétacé, ni même l'Eocène (fig. 8). Quelques sondages au SE de Ramle retrouvent à une profondeur de 250 m.

une série pliocène (mio-pliocène ?) continue, tandis qu'à quelques centaines de mètres plus loin au SE affleurent l'Oligocène et l'Eocène avec une allure pratiquement horizontale. Près de Ni'ana, les sondages à l'E retrouvent une série éocène-crétacée à une profondeur de 60-100 m., tandis que, quelques centaines de mètres à l'W, le Quaternaire et le Pliocène eux-mêmes ont au moins 200-300 m. d'épaisseur (fig. 3-4).

La « zone des failles » est indiquée d'une manière remarquable par des affleurements de lambeaux oligocènes et miocènes, terrains qui n'ont pas été jusqu'à présent rencontrés par des sondages à l'W de cette zone.

Dans quelques endroits de cette zone, où la roche affleure, on observe des témoignages très frappants d'une action tectonique: cassures diverses, fissures, petites failles, souvent avec miroirs, brèches tectoniques, etc. Ces phénomènes sont particulièrement bien visibles dans le Ouadi Sarar, près d'Umm Kalkha. Ici, sur une longueur d'un kilomètre, j'ai observé 10 petites failles orientées S-N ou SSW-NNE et, dans un cas, WSW-ENE. Au SW de la gare de Ouadi Sarar, les couches éocènes sont très tourmentées, d'une manière qui rend très difficile de reconnaître l'allure des couches et la signification de ces accidents.

Il faut encore rappeler ici les affleurements de roches éruptives dans cette zone et dans son voisinage.

Tout cela rend très probable l'existence réelle de cette zone de failles, existence d'ailleurs admise généralement jusqu'à présent, quoique sa structure ne soit pas encore assez clairement connue.

2° Failles transversales.

En outre de cette grande zone N-S de failles, notre région est traversée par d'autres failles ayant une direction WSW-ENE ou presque W-E.

Une *faille* bien marquée est celle de *Deir Tarif* (fig. 6). Ici, les couches du Turonien, inclinées vers l'W, sont brusquement coupées vers le S. Dans la vallée qui s'étend au S des montagnes

de Deir Tarif (vallée de Beit Nabala) se trouvent en profondeur des roches sénoniennes d'une puissance considérable. D'ailleurs l'allure du Turonien entre Beit Nabala et Al Haditha, l'existence de plusieurs petits accidents dans cette région (v. chap. III, *3*, II, 3°), et enfin la morphologie générale du pays accentuent suffisamment le tracé de cette faille.

Une structure analogue est due à la « *faille d'Ayalon* » (fig. 4). Celle-ci est située au bord du synclinal de Latrun et elle est le plus souvent masquée par les alluvions de la vallée. Elle est bien visible entre la gare de Ouadi Sarar et Hulda, où apparaissent des calcaires siliceux de l'Eocène à une altitude beaucoup trop basse pour qu'ils soient en position normale par rapport aux affleurements de l'Eocène inférieur marneux visibles plus au SE. Entre Hulda et Latrun, des différences analogues de niveaux stratigraphiques sont visibles encore plusieurs fois. En outre, dans toute cette zone, on retrouve de nombreux petits accidents, des fissures, des miroirs de failles, etc. Enfin, c'est dans le voisinage que se trouvent les dépôts thermaux de Beit Jiz.

Nous nous occuperons plus loin de la signification de ces éléments structuraux pour la géologie de la Palestine en général.

V. — Conclusions générales

Les résultats de mes recherches dans la région étudiée proprement dite, ainsi que mes observations faites dans d'autres territoires de la Palestine, en relation avec les faits déjà connus, nous permettent de formuler quelques conclusions d'une valeur générale pour la géologie de la Palestine et des pays voisins. J'ai mentionné auparavant quelques-unes de ces conclusions dans la partie stratigraphique de cette étude et je les rappellerai ici pour rassembler en un tableau synthétique l'histoire géologique de la Palestine en général et de sa partie méridionale en particulier.

A) L'histoire géologique de la Palestine (v. fig. 12 et 14).

Les roches les plus anciennes dont nous nous soyons occupé dans notre étude sont celles du *Cénomanien-Turonien*. Pendant ces époques, toute la Palestine et les pays voisins furent submergés par la mer. Il semble que ce soit seulement à *la limite du Cénomanien et du Turonien* (niveau à Rudistes), et spécialement *pendant le Turonien* lui-même, que cette mer ait subi d'*importants changements de niveau* et qu'elle se soit *retirée des régions plus internes du socle arabique*.

Les faciès du *Sénonien*, tels qu'ils se présentent dans notre région, confirment de nouveau l'opinion, déjà exprimée par MM. Blanckenhorn (**47, 81**), Blake (**69**) et Picard (**82**), que, pendant cette époque, le domaine marin se rétrécit lentement, mais constamment. Ces changements importants survenus dans les

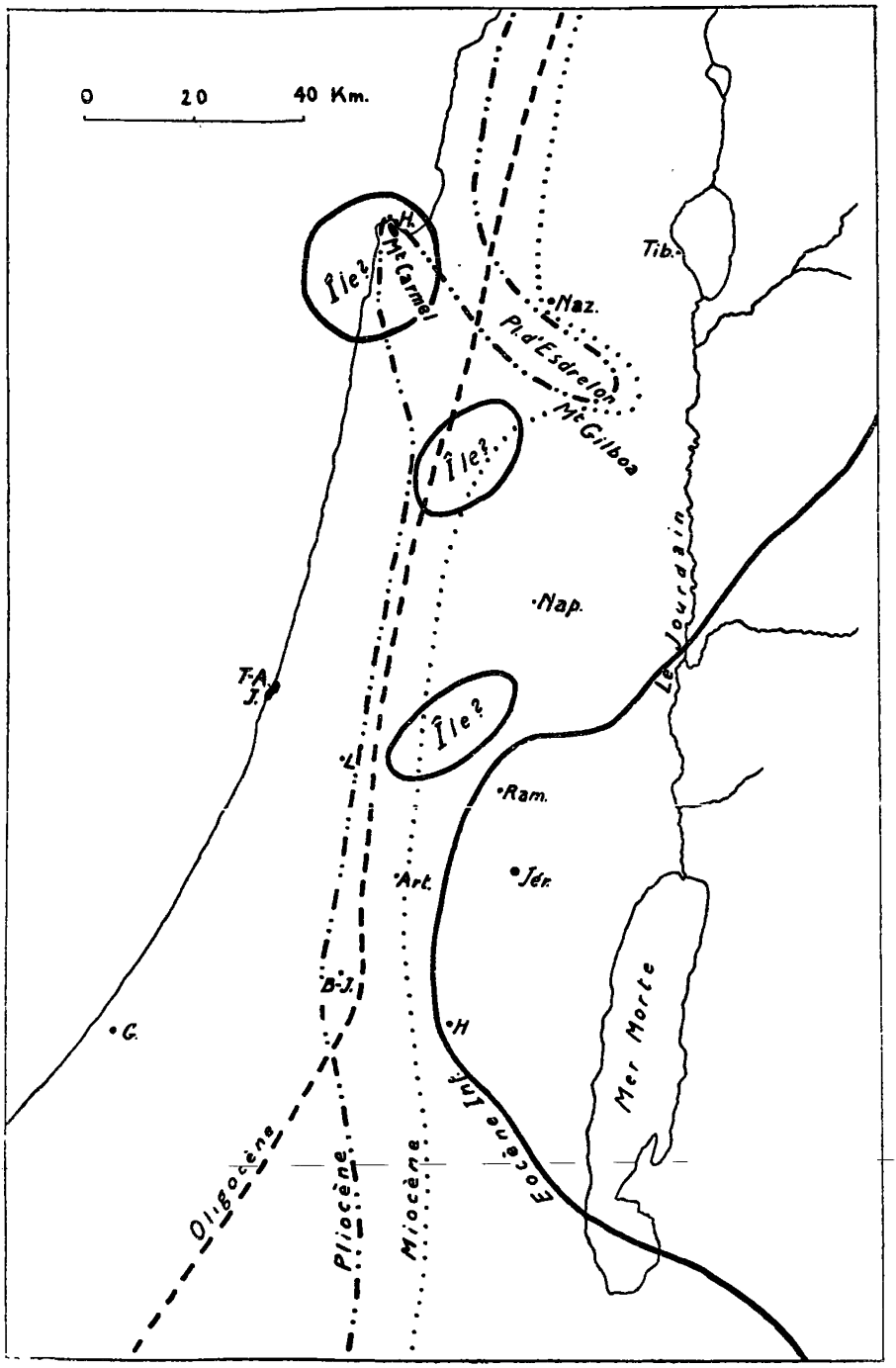

Fig. 12. — Paléogéographie de la Palestine à l'époque tertiaire.

aires continentales crétacées dans cette périphérie du socle arabique ont été certainement dus à des *mouvements de soulèvement très accentués* qui se sont produits vers *la fin du Sénonien.* En effet, des mouvements analogues ont été reconnus depuis longtemps dans les pays voisins (Egypte, Sinaï, Syrie), où ils se sont traduits par des *plis* recouverts par l'Eocène transgressif. Les mêmes phénomènes, mais moins accentués, se trouvent aussi en Palestine : nous les avons analysés dans la partie stratigraphique en décrivant les faciès détritiques du Sénonien supérieur au-dessus duquel le Danien s'est déposé dans de petits bassins restreints. Nous avons vu aussi qu'il y a des raisons suffisantes pour admettre une discordance de l'Eocène sur le soubassement crétacé dans certaines régions.

Ces particularités des faciès du Sénonien et du Danien ont été causées par *des plissements qui se sont produits depuis le Maestrichtien jusqu'à la fin du Danien.* A la fin du Maestrichtien, une partie de ces plis s'élevait déjà au-dessus de la surface de la mer. Au Danien, cette phase de plissement était terminée, de sorte que les dépôts du Danien sont limités aux dépressions synclinales. A cette phase tectonique, je donnerai le nom de « *plissements du Maestrichtien-Danien* ».

Un abaissement général de tout le pays plissé a causé sa *submersion au commencement de l'Eocène.* Cette transgression a occupé, au début, seulement les synclinaux en recouvrant les assises marneuses du Danien par de nouveaux dépôts calcaires et siliceux. Puis, la mer a recouvert la plus grande partie du pays, et seuls les sommets de quelques anticlinaux crétacés émergeaient au-dessus des flots comme des îlots ou des presqu'îles (v. fig. 12).

L'allure générale des plis maestrichtiens-daniens n'a été que peu modifiée au cours des époques suivantes, et ces plis ont joué depuis un rôle prépondérant dans l'histoire et dans la structure géologique de la Palestine.

Nous ne savons pas exactement à quelle époque a commencé la transgression éocène, mais à l'*Yprésien* elle était certaine-

ment assez avancée. La mer a persisté depuis pendant tout l'Eocène inférieur et pendant tout l'Eocène moyen.

L'*Eocène supérieur* n'est pas connu en Palestine; son existence n'est que vaguement supposée en Syrie; en Egypte, la mer de l'Eocène supérieur a abandonné la plupart des régions occupées à l'Eocène inférieur et moyen. On peut donc penser que, pendant cette époque, la terre de Palestine émergea de nouveau, et depuis elle ne fut plus jamais submergée que sur sa périphérie occidentale. A l'Eocène supérieur-Oligocène inférieur, le continent palestinien était au moins aussi étendu que celui d'aujourd'hui, car la *transgression* suivante du *Stampien,* qui ne s'est pas avancée à plus de 20-30 km. à l'E des rivages actuels, n'a déposé ici que des couches à faciès très littoral. Il faut donc admettre qu'*à la fin de l'Eocène et au début de l'Oligocène* se sont produits de nouveaux *mouvements de surélévation* continuant évidemment les mouvements crétacés. Ces mouvements ont plissoté faiblement les couches éocènes dans la région Artuf-Lydda et ont approfondi les synclinaux dans les environs du Carmel. Il faut remarquer qu'en général, dans les régions septentrionales de la Palestine, les plissements sont plus accentués que dans la Palestine méridionale, à cause de la proximité du Liban et de la Syrie. Les plissements de cette époque appartiennent à la deuxième phase, ou *phase de plissements de l'Eocène supérieur - Oligocène inférieur.*

A l'*Oligocène moyen* se répète un phénomène analogue à celui de la fin du Danien et du début de l'Eocène, c'est-à-dire une *lente submersion* du pays, mais cette fois assez faible. Elle est marquée par les dépôts littoraux du *Stampien.* La submersion augmente un peu à l'*Aquitanien.* Nous n'avons pas assez de données sur l'histoire du *Burdigalien,* mais il semble que cette époque a été d'une relative stabilité : la mer s'est un peu retirée, mais sans importante modification des rivages.

Une *transgression* énergique se renouvelle avec le *Vindobonien :* elle couvre les terrains bas du pays jusqu'aux bords des montagnes actuelles, c'est-à-dire jusqu'à la cote actuelle 400.

Cette transgression a trouvé une morphologie presque identique à celle d'aujourd'hui : les mêmes montagnes s'élevaient; la plupart des vallées étaient déjà creusées par une érosion très avancée; de fait, les dépôts vindoboniens se trouvent dans les fonds des vallées actuelles et leurs conglomérats sont très puissants. Cela prouve encore une fois que les plissements sont certainement *beaucoup plus anciens que le Vindobonien.*

Au *Miocène supérieur* commence la phase des failles. Le système des failles morcelle les plis en plusieurs blocs. C'est pourquoi, dans quelques régions bordant la Plaine Maritime de l'E, les dépôts pliocènes reposent directement sur l'Eocène, sur le Sénonien ou même sur le Turonien sans trace d'Oligocène ni de Miocène, tandis que dans d'autres régions de la même zone, les dépôts pliocènes remplissent avec une immense puissance de profondes dépressions en reposant évidemment sur des séries continues à faciès uniformément marno-calcaire. Pour le premier cas, on peut citer comme exemple la région à l'W de Deir Tarif, où le Pliocène très mince repose sur le Sénonien ou sur le Turonien; l'autre cas est illustré par les très puissants dépôts marno-calcaires d'au moins 600 m. d'épaisseur rencontrés dans des sondages au S du Carmel; ces dépôts commencent par le Quaternaire-Pliocène et passent insensiblement par le Miocène et l'Oligocène jusqu'à l'Eocène; des relations semblables ont été remarquées aussi par moi dans la Palestine méridionale (sondages de Faluja, au NE de Gaza).

La plupart de ces failles *traversent* les plis en les recoupant en tronçons successifs et en formant souvent des *fossés* qui conservent la structure primitive des plis dans la profondeur; un bel exemple de cette structure a été décrit par M. Picard dans sa coupe générale de la plaine d'Esdrelon (**83**).

C'est justement à cette époque du Miocène supérieur que s'est formée la plaine d'Esdrelon. La plus grande partie de cette plaine est remplie par d'immenses *dépôts continentaux mio-pliocènes,* et c'est probablement aussi pendant cette même période qu'a commencé la formation du *fossé du Jourdain.*

La *formation des failles* se continue aussi pendant *le Pliocène* et *achève* la structure des *fossés internes,* en particulier de celui du *Jourdain.* Les *rivages* de la Palestine sont de nouveau *inondés* par la mer qui, dans certaines régions, pénètre plus ou moins loin dans les dépressions formées par des failles : la dépression de Beer Sheba au S et la dépression de la plaine d'Esdrelon au N.

Toute cette période de formation des failles est accompagnée par de plus ou moins fortes *éruptions volcaniques* datant de la fin du Miocène dans notre région, plus récentes au N.

Enfin, par suite d'un *soulèvement du pays,* qui commence vers *la fin du Pliocène,* la mer se retire peu à peu, tantôt des petits golfes intérieurs, tantôt le long des rivages.

Depuis le *Quaternaire,* les oscillations ont été assez faibles pour ne pas changer l'allure générale des rivages de la Palestine. Surtout l'*accumulation des sables,* apportés du delta du Nil par les courants marins littoraux, a été si puissante qu'elle a formé une *plaine côtière* très large au S, très étroite au N, et cessant enfin près du Carmel.

B) La structure générale de la Palestine (fig. 13).

Cette histoire géologique a donné au pays une morphologie qui ne correspond qu'imparfaitement à sa structure géologique. En particulier, les blocs d'anciens plis, morcelés par des failles récentes, ont souvent fait méconnaître la véritable direction de ces plis et de ces failles.

1° Les plis.

Comme nous l'avons déjà dit, la *formation des plis date du Maestrichtien-Danien* et elle *se poursuivit* encore *pendant l'Eocène supérieur et l'Oligocène inférieur.*

L'existence de plissements a été reconnue en Palestine depuis longtemps, mais en général on n'avait pas compris comment ils pouvaient se grouper en un *système de plis.* On se représentait

plutôt la Palestine comme un pays tabulaire, morcelé en un certain nombre de massifs longitudinaux formant des « horsts » et des fossés accompagnés parfois par des « monoclinaux » allongés. C'est seulement KRENKEL (**58**) qui a reconnu en Palestine et dans les régions voisines un système de plis qu'il a nommé « l'arc syrien ». Depuis, cette idée a toujours trouvé des preuves nouvelles dans les observations faites par MM. BLAKE, PICARD et dans celles que j'ai décrites moi-même ici. En effet, elle explique parfaitement la structure géologique de la Palestine. Les « horsts » ne jouent point un rôle aussi prépondérant que le croit encore M. DUBERTRET dans son « Esquisse structurale de la côte orientale de la Méditerranée » (**92**, p. 42; **93**).

Notre carte structurale (fig. 13) figure les plus importants anticlinaux et synclinaux reconnus jusqu'à présent. Elle reste encore schématique et incomplète, car tous les détails nécessaires n'ont pas été suffisamment observés. La connaissance de quelques-uns de ces plis est due aux recherches de M. BLAKE signalées dans sa publication de 1928.

Dans l'extrême Sud existe l'*anticlinal* compliqué *de Kurnub* (BLAKE), dans lequel apparaît même le Jurassique. Le chaînon suivant correspond à l'*anticlinal de Hébron* (BLAKE); la dépression entre ces deux premiers anticlinaux est remplie dans sa partie W par des dépôts tertiaires mal connus, certainement très puissants (*Synclinal d'Asluj*). Le Paléogène bien développé de Beit Jibrin est dû probablement à un *synclinal de Beit Jibrin.* Plus au N s'élève l'*anticlinal de Ramallah* qui borde les Monts de la Judée du NW. Près de Lydda commence le grand *anticlinal de Ouadi Farah* (reconnu par M. BLAKE dans le NE de la Samarie), bien marqué à son extrémité NE par des affleurements de Crétacé inférieur. Parallèlement à lui s'allonge l'important *synclinal de Naplouse-Gilboa,* où l'Eocène à Nummulites a été reconnu pour la première fois en Palestine. Ensuite nous trouvons l'*anticlinal d'Umm el Fahm* (et du *Mont Tabor* ?). Il lui correspond le *synclinal de Megiddo,* très nettement développé, dans lequel j'ai trouvé récemment la série la plus com-

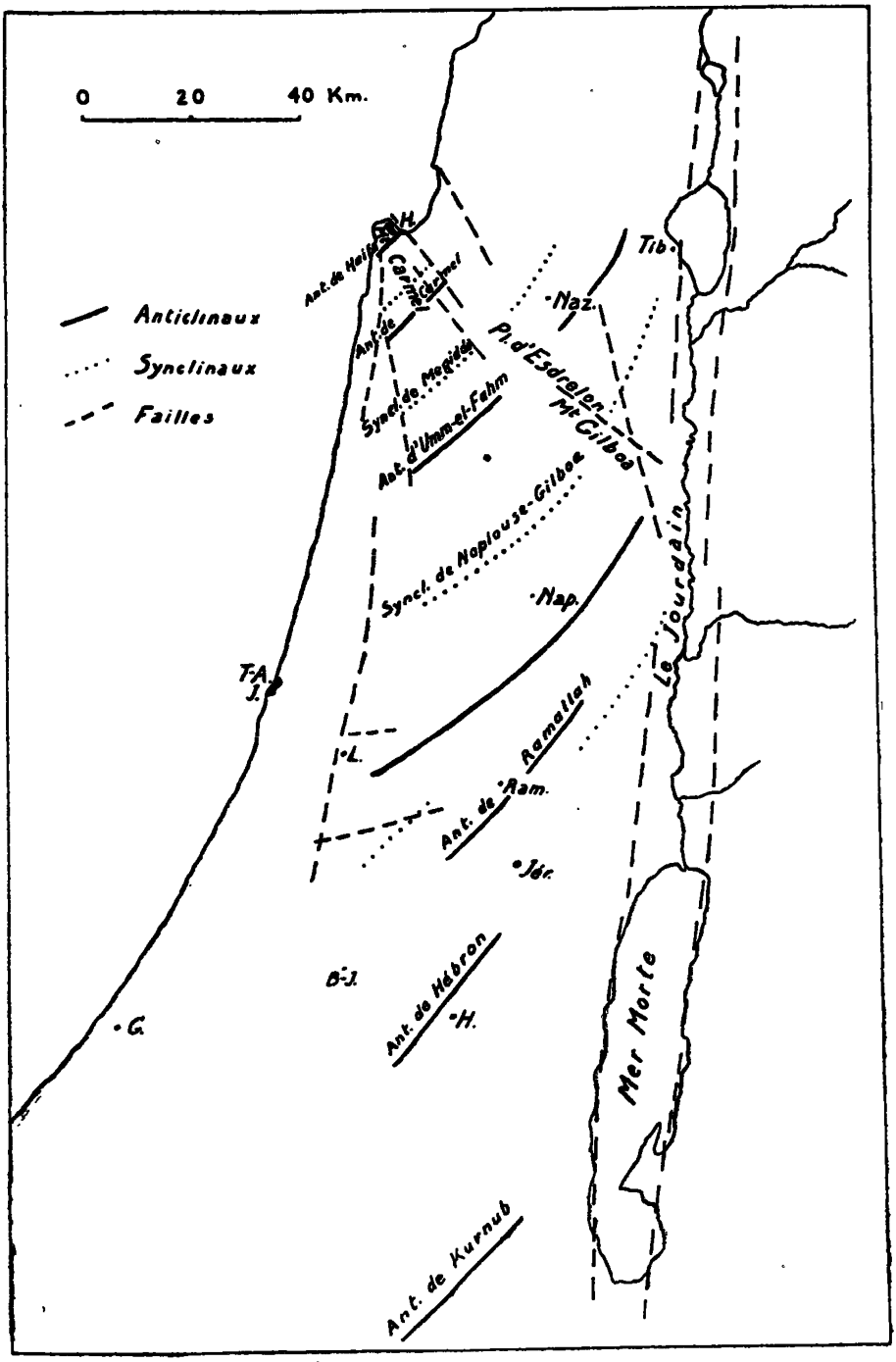

Fig. 13. — Les principaux traits de la structure géologique de la Palestine.

plète du Nummulitique en Palestine. Il s'appuie au N à l'*anticlinal du Carmel,* probablement accompagné encore par un petit *synclinal du Carmel* et par l'*anticlinal de Haifa,* réduit à un très court tronçon.

On a considéré souvent le Carmel et le Mont Gilboa comme des anticlinaux dirigés du SE au NW. En réalité, cette direction n'est que la direction des failles, le long desquelles plusieurs compartiments ont été affaissés en escalier vers le fossé en simulant un versant d'anticlinal orienté SE-NW. A l'occasion de mes recherches dans le Carmel méridional, j'ai pu observer très distinctement cette structure de l'anticlinal du Carmel dirigé du SW au NE et recoupé par plusieurs failles NW-SE.

La Palestine septentrionale n'est pas suffisamment connue, et seules quelques-unes de ses lignes structurales peuvent y être approximativement indiquées.

Ce système de plis, tel que je l'ai représenté ici, s'accorde parfaitement avec la structure du Sinaï, du Liban, de la Syrie, de l'île de Chypre et des autres régions voisines, dessinant ainsi une grande auréole de plis qui borde la Méditerranée orientale.

2° Les failles.

Les failles formées au Mio-Pliocène posent des problèmes plus compliqués et surtout moins bien étudiés. Dans quelques régions, surtout grâce à des recherches de M. Blanckenhorn et récemment de M. Picard, les principales de ces failles sont assez bien connues. Mais pour l'ensemble du pays, leur allure est encore hypothétique.

Les problèmes les plus importants et les plus curieux sont relatifs à l'existence des failles N-S qui ont donné naissance au fossé du Jourdain et à la Plaine Maritime. Dans le fossé du Jourdain, ces failles sont quelquefois visibles aux affleurements. Elles montrent alors qu'ici le système des failles est assez compliqué et n'est pas constitué seulement par des éléments N-S correspondant à la direction morphologique du fossé.

On remarque ici le plus souvent *deux directions principales : l'une NNE-SSW* (failles de la « direction somalique » de M. Picard dans la Judée orientale, faille de Sartaba (?), failles de Siru-Rumemin, à l'E du Jourdain, etc.) et *l'autre NW-SE* (nombreuses failles de la plaine d'Esdrelon). Les premières failles passent à peu près le long des versants des anticlinaux, les autres les traversent.

Une pareille image s'offre à nous dans la « zone des failles » de la Plaine Maritime.

Dans ma carte géologique de la région Artuf-Lydda et dans la carte structurale (fig. 13), j'ai représenté par une seule « ligne de failles » toute une série de dislocations constituant une « zone de failles », comme on l'admet généralement jusqu'à présent; les diverses failles décrites ci-après n'étant pas prouvées par d'assez nombreuses observations, ne sont qu'en partie figurées sur ces cartes.

Le Carmel est plusieurs fois recoupé par des failles de direction NW-SE : *a*) *faille de Yadjur,* entre Haifa et Megiddo ; *b*) *faille d'Umm ez Zinat,* récemment observée par moi; *c*) *faille de Shefeya,* grâce à laquelle l'Eocène du synclinal de Megiddo est flanqué au NW par le massif turonien-sénonien de Sikhron Yaakob; cette dernière faille borde aussi à l'E la plaine de Karkur remplie d'épaisses formations tertiaires.

Entre Tulkarem et Qalqilya, je suppose *une faille* très importante, dirigée également NNW-SSE, qui sépare le bloc turonien-cénomanien de Qalqilya-Al Haditha des terrains éocènes du synclinal de Naplouse.

On n'a pas de renseignements exacts sur l'allure des failles plus au S; de même les indications fournies par les sondages ne sont pas toujours suffisantes.

La bordure orientale de la Plaine Maritime doit certainement être considérée comme une *zone de failles,* mais il n'y a pas de preuves suffisantes pour affirmer que la direction de ces failles est toujours N-S. Au contraire, la structure tectonique du fossé du Jourdain, de la Plaine Maritime et de la plaine d'Esdrelon

conduisent à admettre que *les éléments les plus importants de ces structures sont des failles NW-SE et NNE-SSW, plus rarement aussi WSW-ENE et W-E. Ces failles, se combinant avec des plis dirigés en général NE-SW, donnent des zones de relief allongées à peu près N-S. Dans les cas où l'influence des failles NW-SE a été prépondérante se sont créés des fossés ayant cette même orientation NW-SE* (la plaine d'Esdrelon et peut-être aussi la plaine de Beer Sheba).

Résumé

Le sujet de ce travail est la géologie d'une partie de la région de la *Shéphélah* en Palestine; cette partie est comprise entre l'Ouadi Sarar au S et l'Ouadi en Natuf au N, entre les Monts de la Judée à l'E et la Plaine Maritime à l'W.

Le pays étudié a été subdivisé en 8 régions naturelles définies par leur morphologie et leur géologie.

La formation la plus ancienne est celle du Cénomanien.

Les étages du Crétacé, c'est-à-dire *le Cénomanien, le Turonien* et *le Sénonien,* forment deux massifs : celui de la bordure des Monts de la Judée et celui des montagnes de Barflya. Tous ces terrains sont constitués par des calcaires blancs ou grisâtres; le Sénonien supérieur montre un faciès détritique bien net. Les assises de tous ces étages sont *plissées.*

Une formation marno-bitumineuse, qui ne se montre que dans les sondages, a été attribuée à un étage *Danien,* par suite de sa position stratigraphique.

Entre ces deux massifs crétacés s'étend *horizontalement* une série de calcaires parfois siliceux dépourvus de fossiles typiques. Par suite de sa position stratigraphique et de son analogie très nette avec l'Eocène inférieur fossilifère des autres régions de la Palestine, cette série a été considérée comme représentant l'*Eocène inférieur* dans le pays étudié ici.

Sur cette formation reposent *en discordance* quelques lambeaux très fossilifères de *l'Oligocène.* La transgression a commencé au *Stampien* et a duré jusqu'à la fin de cette époque.

Mes recherches permettent de supposer l'existence du *Burdigalien* dans une partie des régions étudiées.

Fig. 14. — **TABLEAU STRATIGRAPHIQUE**

Epoque.	Caractères pétrographiques.	Caractères paléontologiques.	Faciès.	Evolution structurale et phénomènes volcaniques.
Formations modernes	Croûte calcaire = « Nari », sols rouges.		Continental.	
Quaternaire	Terrasses fluviatiles.		Continental.	
Pliocène	Marnes et marnes sableuses, grès et conglomérats.	*Callista, Tapes, Pectunculus.*	Littoral, fluvio-marin et continental.	Continuation de la formation des failles. Petite transgression.
Miocène — **Vindobonien**	Conglomérats, calcaire à galets, récifs de Polypiers.	*Clypeaster*, Polypiers (Astréidés).	Littoral.	Transgression. Vers la fin du Miocène, premières failles et éruptions volcaniques.
Miocène — **Burdigalien ?**	Calcaire rougeâtre, gréseux ?	Lépidocyclines, etc.	Littoral ?	
Oligocène — **Aquitanien**	Marnes et calcaires jaunâtres.	Nombreuses Lépidocyclines et Miogypsines, *Pecten.*	Littoral.	Oscillations.
Oligocène — **Stampien**	Calcaire dur, gréseux.	Nummulites, Lépidocyclines, *Pecten arcuatus.*	Littoral.	Transgression, oscillations.
Eocène inférieur	Calcaire crayeux et siliceux, bancs de silex.	Globigérines, Eponges.	Néritique.	Transgression. Plissements pendant l'Eocène supérieur-Oligocène inférieur.
Danien	Marnes bitumineuses.	*Pecten obrutus.*	Lagunaire.	Emersion.
Sénonien — **supérieur**	Calcaire crayeux, blanc, tendre, bancs de silex, brèche phosphatée.	Baculites, Scaphites, etc. *Pecten delumbis, Arca parallela*, etc. Globigérines, etc.	Néritique-lagunaire.	Importants plissements.
Sénonien — **inférieur**	Calcaire blanc, assez tendre, souvent avec taches rouges.	*Mortoniceras*, Globigérines.	Néritique.	Oscillations.
Turonien	Calcaire dur, blanc-jaunâtre ou gris, rognons de silex, bancs pisolithiques.	*Acteonella salomonis*, Rudistes (*Hippurites*), Milioles.	Néritique.	Oscillations ?
Cénomanien	Calcaire dur, jaunâtre, un peu marneux.	*Acanthoceras*, Rudistes (*Radiolites*), Milioles.	Néritique.	

Les découvertes faites ici montrent que pendant le *Vindobonien,* presque toute la région étudiée a été recouverte par la mer.

Le passage du Miocène au Pliocène reste encore obscur.

Une petite transgression du *Pliocène inférieur* est indiquée par quelques lambeaux de grès fossilifères.

Dans cette région, considérée auparavant comme indemne de toutes manifestations volcaniques, j'ai trouvé plusieurs témoins d'une *action volcanique,* évidemment prépliocène.

Les *terrasses fluviatiles,* bien développées, correspondent à plusieurs phases d'une intense érosion, dont la plus ancienne est pliocène.

La répartition des divers étages prouve que notre région est constituée par *deux massifs anticlinaux* séparés par un *synclinal* et dirigés à peu près du SW au NE. A l'W se trouve la grande « *zone des failles* » N-S; deux failles transversales divisent les plis en plusieurs compartiments séparés.

En cherchant à appliquer à toute la Palestine les résultats de ces recherches locales, j'ai révisé les idées paléogéographiques et tectoniques antérieures. J'ai retracé brièvement l'histoire géologique de la Palestine depuis le Cénomanien et j'ai cherché à prouver l'existence d'*un système de nombreux plis NE-SW* qui représentent, à mon avis, les éléments essentiels de la structure géologique de la Palestine. Ces plis sont recoupés souvent par *des failles* de deux directions principales : NW-SE et NNE-SSW. La combinaison de ces failles avec les plis NE-SW a construit une morphologie, dont la direction générale est N-S. *Les plis* se sont formés en deux phases : la première pendant le *Maestrichtien-Danien,* l'autre pendant l'*Eocène supérieur-Oligocène inférieur. Les failles* se sont formées depuis le *Miocène supérieur* et pendant le *Pliocène.*

OUVRAGES CONSULTÉS

1834-40. 1. GOLDFUSS (August). — Petrefacta Germaniae, II. Duesseldorf.

1846. 2. FORBES (Edward). — Report on the Fossil Invertebrata from Southern India. *Trans. Geol. Soc. London*, sec. series, vol. VII, part III, p. 97-174, pl. 7-19.

1847-53 3. MUELLER (J.). — Monographie d. Petrefakten d Aachener Kreideformation.

1847. 4. RUSSEGGER (J.). — Geognostische Karte d. Petraeischen Arabien u. d. suedlichen Theiles von Syrien. Stuttgart.

1852. 5. CONRAD (T. A.). — Description of the fossils of Syria, dans LYNCH (W. F.), Official Report of the United States Expedition to explore the Dead Sea and the River Jordan. Baltimore.

1862. 6. COQUAND (H.). — Géologie et paléontologie de la région Sud de la province de Constantine. Marseille.

1867. 7. FRAAS (O.). — Aus dem Orient. I, Geologische Beobachtungen am Nil, auf der Sinai Halbinsel und in Syrien. Stuttgart.

1868. 8. STOLICZKA (Ferd.). — Cretaceous Fauna of Southern India. Vol. II, The Gastropoda. *Mem. Geol. Surv. India. Palaeont. Ind.* Calcutta.

1869. 9. COQUAND (H.). — Monographie du genre Ostrea. Terrain Crétacé. Marseille.

1869-72. 10. LARTET (Louis). — Essai sur la géologie de la Palestine et des contrées avoisinantes, telles que l'Egypte et l'Arabie, etc. *Ann. Sc. Géol.* Paris.

1871. 11. STOLICZKA (F.). — Cretaceous Fauna of Southern India. Vol. III, The Pelecypoda. *Mem. Geol. Surv. India. Palaeont. Ind.* Calcutta.

1872. 12. DRAKE (Tyrwhitt). — Report. *Palestine Exploration Fund-Quarterly Statement for 1872*, p. 42.

1873-1904. 13. BELLARDI (Luigi) et SACCO (Federico). — I molluschi dei terreni terziarii del Piemonte e della Liguria. Roma-Torino-Firenze.

1882. 14. LORIOL (P. DE). — Description des échinides des environs de Camerino (Toscane). *Mém. Soc. Hist. Nat. Genève*, XXVIII, 3.

1883. 15. ZITTEL (Karl). — Beiträge zur Geologie u. Palaeontologie d. Libyschen Wüste u. d. angrenzenden Gebiete von Aegypten. *Palaeontographica*, XXX, 1. Cassel.

1885. 16. HUDLESTON (Wilfrid H.). — The Geology of Palestine. *Proc. Geol. Assoc.*

1886. 17. HULL (Edward). — Memoir on the Geology and Geography of Arabia Petraea, Palestine and adjoining districts. *Comm. Palestine Explor. Fund.*

18. NOETLING (Fr.). — Entwurf einer Gliederung d. Kreideformation in Syrien u. Palaestina. *Z. D. G. G.*, p. 824-875.

1887. 19. DIENER (Carl). — Ein Beitrag z. Kenntniss d. syrischen Kreidebildungen. *Ztschr. Deutsch. Geol. Ges.*, p. 314-342.

1887-89. 20. HOLZAPFEL (E.). — Die Mollusken d. Aachener Kreide. *Palaeontographica*, XXXIV, p. 29-180, et XXXV, p. 139-268.

1890. 21. BLANCKENHORN (Max). — Die Entwickelung d. Kreidesystems in Mittel-u. Nordsyrien. Cassel.

1891. 22. BOEHM (J.). — Die Kreidebildungen d. Fuerbergs u. Sulzbergs bei Siegsdorf in Oberbayern. *Palaeontographica*, XXXVIII.

23. CONDER (C. R.). — Palestine. 2-d edit. London.

1893. 23*a*. BLANCKENHORN (Max). — Die Strukturlinien Syriens u. des Roten Meeres. *Richthofen Festschrift*. Berlin.

1895. 24. COTTEAU (G.). — Description des échinides recueillis par M. Lovisato dans le Miocène de la Sardaigne. *Mém. Soc. Géol. Fr.*, 13.

1896. 25. SACHSE (R.). — Beitrag zur chemischen Kenntnis d. Mineralien, Gesteine u. Gewässer Palästinas. *Ztschr. deutsch. Palästina-Ver.*

1900. 26. BOEHM (Joh.). — Ueber cretaceische Gastropoden v. Libanon u. v. Karmel. *Ztschr. Deutsch. Geol. Ges.*, p. 189-219.

27. ROVERETO (G.). — Illustrazione dei Molluschi fossili Tongriani posseduti dal Museo Geologico d. R. Università di Genova. Genova.

1902. 28. BLANCKENHORN (M.). — Die Geschichte d. Nilstroms in d. Tertiär u. Quartärperiode in Aegypten. *Ztschr. d. Ges. f. Erdkunde Berlin*, p. 695-722.

29. CHAPMAN (Frederick). — The Foraminifera. An Introduction to the Study of the Protozoa. London.

30. QUAAS (Arthur). — Beitrag z. Kenntniss d. Fauna d. obersten Kreidebildungen in d. libyschen Wüste (Overwegischichten u. Blätterthone). *Palaeontographica*, XXX, 2, p. 153-334.

1902-20. 31. DOLLFUSS (F. G.) et DAUTZENBERG (Ph.). — Conchyliologie du Miocène moyen du bassin de la Loire. *Mém. Soc. Géol. Fr.*, 27.

1904. 32. DOUVILLÉ (H.). — Mollusques fossiles, dans MORGAN, Mission scientifique en Perse, t. III, part IV.

1905. 33. BLANCKENHORN (M.). — Geologie d. näheren Umgebung v. Jerusalem. *Ztschr. deutsch. Palästina-Ver.*, p. 75-120.

1906-17. 34. CHECCHIA-RISPOLI (G.). — Gli Echinidi viventi e fossili della Sicilia. *Palaeontographia Italica*, XII, XIII, XXII, XXIII.

1909-25. 35. LAMBERT (J.) et THIÉRY (P.). — Essai de Nomenclature raisonnée des Echinides. Chaumont.

1910. 36. BLANCKENHORN (M.). — Das Klima d. Quartärperiode in Syrien-Palästina u. Aegypten. *Postglaziale Klimaveränderungen. Congr. Géol. intern.* Stockholm.

37. DOUVILLÉ (H.). — Etudes sur les Rudistes : Rudistes de Sicile, d'Algérie, d'Egypte, du Liban et de la Perse. *Mém. Soc. Géol. Fr.*, 41. Paris.

1911. 38. BOUSSAC (Jean). — Etudes stratigraphiques et paléontologiques sur le Nummulitique de Biarritz. *Ann. Hébert. Ann. de Stratigr. et de Paléont. Lab. de Géol. Fac. Sc. Univ. Paris.*

39. KRUSCH (P.). — Die Phosphatlagerstätten bei Es-Salt im Ost-Jordanlande. *Ztschr. f. prakt. Geologie*, p. 397-406.

1912. 40. BLANCKENHORN (M.). — Kurzer Abriss d. Geologie Palästinas. Begleitworte zu einer neuen geologischen Karte v. Palästina. *Ztschr. deutsch. Pal. Ver.*, p. 113-139.

41. BLANCKENHORN (M.). — Naturwissenschaftliche Studien am Toten Meer u. im Jordantal. Berlin.

42. PERVINQUIÈRE (L.). — Etudes de paléontologie tunisienne. II, Gastropodes et Lamellibranches des terrains crétacés. Paris.

1913. 43. LAMBERT (J.). — Description des Echinides des terrains néogènes du bassin du Rhône, fasc. III. *Mém. Soc. Pal. Suisse*, XXXIX.

44. COTTREAU (Jean). — Les Echinides du bassin méditerranéen (Epoque néogène). Paris.

45. COUYAT-BARTHOUX et DOUVILLÉ (H.). — Le Jurassique dans le désert à l'Est de l'isthme de Suez. *C. R. Acad. Sc.*, t. 157, p. 265.

45*a*. GIGNOUX (M.). — Les formations marines pliocènes et quaternaires de l'Italie du Sud et de la Sicile. *Ann. Univ. Lyon*, 1, 36.

46. SCUPIN (Hans). — Die Löwenberger Kreide und ihre Fauna. *Palaeontographica, Supplement* VI, Dritte Lieferung.

1914. 47. BLANCKENHORN (M.). — Syrien, Arabien u. Mesopotamien. *Hdb. d. region. Geologie*, V, 4.

48. BLANCKENHORN (M.). — Das Danien in Palästina mit d. Leitform *Pecten obrutus* Conr. (= *P. farafrensis* Zitt. = *Mayer-Eymari* Newt.). *Ztschr. Deutsch. Geol. Ges.*, B 67, p. 187-191.

49. DAUS (H.). — Beiträge z. Kenntnis d. marinen Miocäns in Kilikien u. Nordsyrien. *N. Jhb. f. Min., etc.*, XXXVIII, *Beilageband*, p. 429-500. Stuttgart.

1918. 50. PHILIPPSOHN (A.). — Kleinasien. *Hdb. d. region. Geol.*, V, 2.

1920. 51. RANGE (Paul). — Die Geologie d. Isthmuswüste. *Zschr. Deutsch. Geol. Ges.*, 72, B, p. 233-242.

52. TAUBENHAUS (H.). — Die Ammoneen d. Kreideformation Palästinas u. Syriens. *Ztschr. deutsch. Palästi. Ver.*

1921-22. 53. COSSMANN (Maurice). — Synopsis illustré des Mollusques de l'Eocène et de l'Oligocène en Aquitaine. *Mém. Soc. Géol. Fr., Paléontol.*, XXIII, 3-4, et XXIV, 1-2. Mém. 55. Paris.

54. GERMAIN (L.). — Mollusques terrestres et fluviatiles de Syrie. Paris.

1921. 55. RANGE (P.). — Geologie d. Küstenebene Palästinas. *Ztschr. Deutsch. Geol. Ges. Monatsber.*, p. 194-203.

1922. 56. HOPPE (Walter). — Jura u. Kreide d. Sinai. *Ztschr. deutsch. Paläst. Ver.*, p. 61-219.

1924. 57. KOERT (W.). — Geologische Beobachtungen in Syrien u. Palästina. *Zschr. Deutsch. Geol. Ges.*, LXXVI, p. 1-46.

58. KRENKEL (E.). — Der syrische Bogen. *Cbl. f. Min., etc.* Stuttgart.

59. WALTHER (Johannes). — Das Gesetz d. Wüstenbildung in Gegenwart u. Vorzeit. Leipzig.

1925. 60. BLANCKENHORN (M.). — Der sogenannte « syrische Bogen » u. die erythräische Geosynklinale. *Zschr. Deutsch. Geol. Ges.*, 77, B, p. 206-226.

61. MORET (Léon). — Contribution à l'étude des Spongiaires siliceux du Crétacé inférieur français. *Mém. Soc. Géol. Fr.*, Mém. 5. Paris.

1926. 62. BLANCK (E.), PASSARGE (S.) et RIESER (A.). — Ueber Krustenböden u. Krustenbildungen wie auch Roterden, insbesondere ein Beitrag zur Kenntniss d. Roterdebildungen Palästinas. *Chemie d. Erde*, p. 348-395.

63. GIGNOUX (Maurice). — Géologie stratigraphique. Paris.

64. PICARD (Léo). — Sur le Cénomanien du Carmel (Sud-Est d'Haifa). *C. R. Acad. Sc.*, p. 895-898.

65. ZUMOFFEN (G.). — Géologie du Liban. Paris.

1927. 66. BLANCKENHORN (M.). — Die fossilen Gastropoden u. Scaphopoden d. Kreide v. Syrien-Palästina. *Palaeontographica*, LXIX, p. 111-186.

67. ROMAN (F.) et DONCIEUX (L.). — Observations sur l'Eocène de Syrie et de Palestine. *C. R. Soc. Géol. Fr.*, p. 171-173.

68. SHALEM (Nathan). — La Creta Superiore nei dintorni di Gerusalemme. *Boll. Soc. Geol. Ital.*, XLVI, p. 171-192.

1928. 69. BLAKE (G. S.). — Geology and Water Resources of Palestine. Jerusalem.

70. LEES (G. M.). — The chert beds of Palestine. *Proc. Geol. Ass.*, XXXIX, p. 445-462.

71. LOEWENGART (St.). — Zur Geologie d. Küstenebene Palästinas. *Cbl. f. Min., etc.*, B, p. 498-519.

72. PICARD (L.). — Ein Eocänprofil d. Gilboa in Palästina. *Cbl. f. Min., etc.*, p. 578-582.

73. PICARD (L.). — Ueber die Verbreitung d. Pliocäns im nördlichen Palästina. *Cbl. f. Min., etc.*, p. 326-335.

1928. 74. PICARD (L.). — Zur Geologie d. Kischon-Ebene. *Ztschr. deutsch. Paläst.-Ver.*

75. WILLIS (Bailey). — Dead-Sea Problem : Rift Valley or Ramp Valley ? *Bull. Geol. Soc. Am.*, 39, p. 490-542.

1929. 76. PICARD (L.). — On Upper Cretaceous (chiefly Maestrichtien) Ammonoidea from Palestine. *Ann. et Mag. Nat. Hist.*, ser. 10, vol. III, p. 433-456.

77. PICARD (L.). — Zur Geologie d. Besan-Ebene. *Ztschr. deutsch. Pal.-Ver.*

1930. 78. CUVILLIER (Jean). — Revision du Nummulitique Egyptien. *Mém. Inst. Egypte.* Le Caire.

79. DUBERTRET (Louis). — Note préliminaire sur la structure des Etats du Levant sous mandat français. *C. R. Soc. Géol. Fr.*, p. 43-45.

80. PICARD (L.). — Upper Cretaceous (chiefly Campanien et Maestrichtien) Gastropoda and Pelecypoda from Palestine. *Ann. et Mag. Nat. Hist.*, p. 513-543.

1931. 81. BLANCKENHORN (M.). — Geologie Palästinas nach heutiger Auffassung. *Ztschr. deutsch. Pal.-Ver*, 54, p. 1-50.

82. PICARD (L.). — Geological Researches in the Judean Desert. Jerusalem.

83. PICARD (L.). — Tektonische Entwicklungsphasen im nördlichen Palästina. *Zschr. Deutsch. Geol. Ges.*, p. 164-184.

1932. 84. DUBERTRET (L.). — Les formes structurales de la Syrie et de la Palestine; leur origine. *C. R. Acad. Sc.*, t. 195, p. 66.

85. DUBERTRET (L.). — L'évolution structurale des Etats du Levant sous mandat français. *C. R. Acad. Sc.*, t. 194, p. 1964.

86. KILIAN (Conrad) et DUBERTRET (Louis). — A propos de quelques ammonites du Crétacé supérieur des régions méditerranéennes. *C. R. Soc. Géol. Fr.*, p. 76-78.

87. PICARD (L.). — Grabenstrukturen im Jordantal. *Fortschritte d. Geol. u. Paleont.*, XI, 33, *Deecke-Festschrift*, p. 88-98.

88. PICARD (L.). — Zur Geologie d. mittleren Jordantales (zwischen wadi el-öschsche u. Tiberiassee). *Zschr. deutsch. Pal.-Ver.*, p. 169-237.

89. RENSCH (Bernard). — Ueber die Abhängigkeit d. Grösse d. relativen Gewichtes u. d. Oberflächenstruktur d. Landschnecken v. d. Umweltfaktoren. *Zschr. f. Morph. u. Oekol. d. Thiere*, 25, p. 757-807.

1933. 90. AVNIMELECH (M.). — Studien über Landschnecken Palästinas. *Arch. f. Molluskenkunde*, 65, p. 49-70.

91. DAVID (E.). — Note sur l'Oligocène et le Burdigalien de la Syrie septentrionale. *C. R. Acad. Sc.*, 196, p. 1134-1136.

92. DUBERTRET (L.). — La carte géologique au millionième de la Syrie et du Liban. *Revue de Géogr. Phys. et de Géol. Dynam., Paris*, VI, p. 269-318.

93. DUBERTRET (L.). — Sur la structure de la côte orientale de la Méditerranée. *C. R. Acad. Sc.*, t. 197, p. 458.

1933. 94. DUBERTET (L.), VAUTRIN (H.), KELLER (Al.) et DAVID (El.). — Contribution à l'étude géologique de la Syrie septentrionale. Le Miocène en Syrie et en Liban. *Haut-Commissariat Rep. Fr. en Syrie et au Liban. Serv. Trav. Publ. Paris.*

95. JACQUET (F.). — Une faune du Miocène moyen dans la vallée du Nahr-el-Kebir (Nord de Lattaquié, Syrie). *C. R. Soc. Géol. Fr.*, p. 67-68.

96. PICARD (L.). — Zur postmiocänen Entwicklungsgeschichte d. Kontinentalbecken Nordpalästinas. *N. Jhb. f. Min., Beil.*, Bd. 70, B, p. 93-115.

97. SPATH (L. F.). — Note sur Kilian (C.) : « A propos de quelques ammonites du Crétacé supérieur de la région méditerranéenne », dans *C. R. Soc. Géol. Fr.*, 1932. — *Geol. Zbl., Palaeontologie*, Bd. III, n° 3, p. 201-202.

1934. 98. AVNIMELECH (M.). — Données fondamentales pour le développement agricole de la région Artuf-Hulda (en hébreu). « *Hassadeh* ». Tel Aviv.

99. BLANCKENHORN (M.). — Die Bivalven d. Kreideformation v. Syrien-Palästina. *Palaeontographica*, LXXXI, A.

100. BROTZEN (F.). — Foraminiferen aus dem Senon Palästinas. *Ztschr. deutsch. Paläst.-Ver.*, p. 28-72.

101. COX (L. R.). — On the occurence of the Marine Oligocene in Palestine. *Geol. Mag.*, LXXI, p. 337-355.

102. COX (L. R.) et THOMAS (H. Dighton). — The Oligocene in Northern Syria. *Geol. Mag.*, p. 431.

103. CUVILLIER (J.). — Du Caire à l'oasis de Farafra via Baharia. Aperçu géographique et géologique. *Bull. Soc. Roy. Géogr. d'Egypte*, XVIII, p. 257-281.

1935. 104. ASTRE (Gaston). — Sur un Hippurite de Palestine. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, LXVII, p. 69-73.

105. AVNIMELECH (M.). — Notes sur les calcaires d'El Kubab en Palestine. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, LXVII, p. 74-75.

106. AVNIMELECH (M.). — Sur le Vindobonien en Palestine. *C. R. Acad. Sc.*, p. 906-908.

107. AVNIMELECH (M.). — Découverte de formations volcaniques à l'Ouest de Jérusalem. *C. R. Soc. Géol. Fr.*, p. 207-209.

108. AVNIMELECH (M.). — Données fondamentales pour le développement agricole de la région à l'E de Lydda (en hébreu). « *Hassadeh* ». Tel Aviv.

109. BLAKE (G. S.). — On the occurence of Marine Miocene in Palestine. *Geol. Mag.*, LXXII, p. 140-142.

110. CIZANCOURT (Mme DE). — Matériaux pour la stratigraphie du Nummulitique dans le désert de Syrie. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 5e série, t. IV, p. 737-758.

111. SENN (Alfred). — Die stratigraphische Verbreitung der tertiären Orbitoiden. *Ecl. Geol. Helvet.*, XXVIII, n° 1, p. 51-113 et 369-373.

Cartes géographiques et topographiques

1. *Topographical and Physical Map of Palestine* compiled from The Palestine Exploration Fund Surveys and other authorities under the direction of BARTHOLOMEW and revised by A. SMITH. 1: 253.440. London.

2. *Palestine and Transjordan.* 1: 250.000. Geographical Section. General Staff, n° 3903. Published at the War Office 1931. Feuille : *Jerusalem.*

3. *Palestine-Administration Map.* 1: 250.000. Survey of Palestine.

4. *Survey of Palestine.* 1: 20.000, Series Topocadastral. 1929. Feuilles : 13-13 (Qezaze), 13-14 (Er Ramle), 14-13 ('Amwas), 14-14 (El Qubab), 14-15 (Lydda).

5. *Survey of Palestine.* 1935. 1: 100.000 - Series. Feuille : Jaffa-Tel Aviv.

6. *Survey of Egypt.* 1919 (*Secret*) - *Palestine.* 1: 40.000. Feuilles : Ramleh, Latron.

7. Service Géographique de l'Armée. *Reproduction de la carte de reconnaissance de l'E.-M. Ottoman.* Echelle : 1: 200.000. Feuilles : Jaffa-Nablous (1926), Gaza (1919), Jérusalem (1919).

8. Reichsamt für Landesaufnahme. *Karte von Palästina.* 1: 50.000. Feuilles : 59, 68, 78.

EXPLICATIONS DES PLANCHES

PLANCHE I

Fig. 1. — Brèche calcaire, phosphatée, avec *Rotalia* sp., quelques Globigérines et nombreux débris indéterminables. 1 × 60. *Sommet du Sénonien* (Maestrichtien) ; au N d'Ishwa, entre Artuf et Bab el Wad.

Fig. 2. — Calcaire marneux à Globigérines avec une *Cristellaria*. 1 × 60. Couches inférieures de l'*Eocène inférieur*, près Beir Far, entre Rafat et Hulda.

PLANCHE II

Fig. 1. — Calcaire siliceux à Globigérines et à spicules d'Eponges (*Hexactinellides*) avec une *Nodosaria*. 1 × 60. Sommet des couches inférieures de l'*Eocène inférieur*, près de Beit Susin, entre Ishwa et Beit Jiz.

Fig. 2. — Calcaire zoogène avec très nombreux petits Foraminifères (*Cristellaria*, *Rotalia*, quelques Globigérines, quelques Milioles et Textilaires, etc.), *Amphistegina* sp., *Operculina* sp., débris de radioles d'Oursins et Algues calcaires, etc. 1 × 26. *Stampien* de Ras Abu Hammid, SE de Ramle.

PLANCHE III

Fig. 1. — Calcaire zoogène contenant la même microfaune que le précédent, avec *Lepidocyclina* sp. (*Nephrolepidina* sp. ?), *Amphistegina lessonii* d'Orb. 1 × 26. *Stampien* de Ras Abu Hammid.

Fig. 2. — Calcaire à Milioles (*Biloculina*, *Triloculina*), Algues calcaires et nombreux débris indéterminables. 1 × 30. *Vindobonien*, près Khirbet Khatula, au SW de Bab el Wad.

PLANCHE IV

Fig. 1-2. — *Transgression du Stampien sur l'Eocène inférieur*. Carrière près Ras Abu Hammid, au SE de Ramle.