

ANNALES

DE LA

SOCIÉTÉ LINNÉENNE

DE LYON

FONDÉE EN 1822

ET DES

SOCIÉTÉ BOTANIQUE DE LYON
SOCIÉTÉ D'ANTHROPOLOGIE ET DE BIOLOGIE DE LYON
RÉUNIES

ANNÉE 1924

NOUVELLE SÉRIE. — TOME SOIXANTE-ONZIÈME



α βοτάναι σιγηλῶς τὸ ὠφελοῦν
προΐσχονται.

LYON

JOANNÈS DESVIGNE & C^{IE}, LIBRAIRES-ÉDITEURS

36 A 42, PASSAGE DE L'HOTEL-DIEU

—
1925

PROBLÈMES GÉOLOGIQUES

DU

BASSIN DE LA MARMARA

PAR

N. ARABU

Ces pays à passé historique prestigieux, riches de plus en curiosités naturelles de toute sorte, ont retenu depuis l'antiquité l'attention des naturalistes ; néanmoins les progrès des connaissances sur sa géologie ont été bien plus lents qu'ailleurs (1) à cause, notamment, de la difficulté d'accès et de libre circulation. En dehors des grandes campagnes de Tchihatcheff, rendues possibles par ses titres diplomatiques et son adresse, et des ouvrages remarquables d'Ami Boué, de Viquesnel et de leur savant collaborateur le vicomte d'Archiac, la grande majorité des travaux se ramène à deux groupes très distincts : travaux relatifs à des régions insignifiantes comme étendue (ceux de Strickland et Hamilton, de Spratt, etc.), entre lesquels le raccord est malaisé et travaux consignant de longues et rapides explorations, embrassant des espaces démesurément grands, comme ceux, pleins de valeur du reste, de Hochstetter ayant la prétention de faire connaître, en quelques pages, une région de plusieurs centaines de mille de kilomètres carrés.

Malgré leur importance, ces données ne sont plus suffisantes à

(1) La liste des travaux géologiques sur cette région est extrêmement longue : je considère comme particulièrement importants parmi les anciens travaux, les suivants :

Ami Boué, *la Turquie d'Europe*, 4 vol., Paris, 1840 ; P. de Tchihatcheff *Bosphore et Constantinople*, 1 vol., Paris, 1864 ; *id.*, *Asie Mineure, Géologie et Paléontologie*, 4 vol., atlas, carte géologique, Paris, 1867 ; Viquesnel, *Voyage dans la Turquie d'Europe*, 2 vol., atlas, Paris, 1868 ; F. von Hochstetter, *Die geologischen Verhältnisse des östlichen Theils der europäischen Türkei*

l'heure actuelle. Quel que soit l'intérêt offert par la lecture des travaux des anciens auteurs, on ne peut s'empêcher de constater la fragilité et le vague de leurs connaissances ; je n'en veux d'autre preuve que les quatre ou cinq résumés de la question que différents auteurs ont ultérieurement présentés, sur la base de ces anciens travaux, résumés qui ne se ressemblent pas. Du reste, cette imprécision dépendait aussi de l'état de développement relatif de notre science ; il n'y a que ce fait qui peut expliquer les grands progrès de nos connaissances dans les vingt ou vingt-cinq dernières années. D'après les seules données recueillies, au cours de rapides excursions, par F. Toula et, plus tard, par T. English, on peut déjà se rendre compte de ce qu'il y a d'intéressant dans ces pays et se faire une idée bien plus exacte de leur géologie : la belle synthèse due à M. Haug (1) en est le témoignage le plus éloquent.

Ces recherches auxquelles j'ai eu l'occasion de contribuer, permettent déjà une vue d'ensemble du sujet. Le but du présent article est d'en exposer rapidement les principales données et, autant que possible, malgré les lacunes du sujet et le peu d'espace dont je dispose, de présenter une synthèse de ces données dans l'esprit de la Science moderne.

I

1. TERRAINS PRIMAIRES. — Ces terrains occupent près de la moitié de la région envisagée ici ; ils sont toutefois des moins

(*Jahrb. der k. k. geol. R. A.*, Wien, vol. XX, p. 365 et suiv. ; carte géologique, 1870).

On trouvera un bon résumé de l'état de la question pour tous les environs de la mer Egée, notre région y comprise, dans le travail de M. de Launay : *Etudes géologiques sur la Mer Egée (Annales des Mines, 9^e sér., vol. LXIII, 2^e livrais., p. 234 et suiv., Paris, 1898)* ; il est accompagné d'une bibliographie très étendue, remontant jusqu'en 1717.

Des listes bibliographiques plus complètes ont été données par F. Toula : *Uebersicht über die geologische Literatur (C. R. Congrès géologique International de Vienne, 1903, p. 185 et suiv.)*, et par G. von Bukowski : *Neuere Fortschritte in der Kenntniss der Stratigraphie in Kleinasien (Ibid., p. 293)* ; cette dernière est précédée d'un aperçu sur la géologie de l'Asie Mineure.

Enfin, quelques-unes des publications sur la région, postérieures à 1903, seront citées au cours de cet article.

(1) E. Haug, *Traité de Géologie*, vol. II, fasc. 2, p. 1676-1682.

connus ; cela est surtout vrai pour les formations métamorphiques anciennes.

On peut affirmer dès à présent que dans la constitution des anciens massifs du pays entrent plusieurs séries cristallophylliennes prédévoniennes : 1° Gneiss, souvent glanduleux, à intercalations de marbre, traversés de roches granitoïdes très anciennes ; ils constituent le socle de toutes les formations sédimentaires de la région, dont ils sont séparés par une discordance. 2° Viennent ensuite des schistes micacés variés, également à marbres, parfois à quartzites intercalés. 3° Des schistes quartzeux et des schistes argileux noirs ou verts, souvent satinés, à intercalations de quartzites qui, sur certains points, paraissent être séparés par une discordance du Dévonien.

On ne peut rien dire de précis sur leur âge et leur séparation sur la carte est malaisée vu la pénurie des documents ; certaines parties du Rhodope n'ont jamais été étudiées à ce point de vue. Même observation pour les massifs de Sakar et de la Strandja, au Nord de la région. Ce n'est que pour le versant asiatique, récemment étudié par Philippson, que l'on est en possession de documents nouveaux (1).

La question se complique encore par l'existence de formations métamorphiques plus récentes. Plus que dans aucune autre région peut-être, on a à compter ici avec le métamorphisme par plissement, par injection de roches massives ou volcaniques, qui superpose ses effets aux autres difficultés inhérentes au sujet ; il s'est produit ainsi pour des couches d'âge très différent une sorte de *convergence des faciès* due au métamorphisme : transformation des grès en quartzites, des argiles en schistes, des calcaires en marbres ; cela pour tous les terrains, depuis l'extrême base de la série, jusques et y compris la partie inférieure de l'Oligocène et dont la séparation constitue un problème auquel on s'est rarement attaché.

• •

La série, plus intéressante, des couches fossilifères commence avec le **Dévonien**.

(1) A. Philippson, *Reisen und Forschungen im westlichen Kleinasien* (*Peterm. Mitteilung. Ergänzungshäfte*, 167, 172, 177, 180, 183, 1910-1915).

De ce système il n'y a de bien représenté paléontologiquement que le *Coblencien* formé de schistes argileux, de calcaires, de grès et de grauwackes ; dans quelques localités ces couches ont fourni la faune habituelle du Coblencien de l'Europe, jusqu'au Rhin et en Espagne.

Mais on a cité aussi des formes *gédiniennes* ainsi que des fossiles caractéristiques du *Dévonien supérieur* (*Spirifer Verneuli*). Excepté ce fossile dont je ne connais pas le gisement, toutes les autres formes proviennent exclusivement des couches inférieures de la série ; or, étant donnée la puissance de celle-ci et sa continuité stratigraphique, il se pourrait que le Dévonien soit représenté ici par tous ses étages.

Le **Carbonifère** est représenté aux environs d'Eregli, dans l'Est de la région, par un *Dinantien* à Brachiopodes (*Productus semireticulatus*), recouvert par des couches à plantes d'âge *west-phalien*. Au Sud de la Marmara, dans la région minière de Balia, des couches appartenant à l'*Ouralien* (calcaires à *Fusulines*), ont été trouvées par Bukowski (1). Elles sont recouvertes en discordance par le Trias.

On n'est pas bien certain de l'existence du **Permien** ; néanmoins, quelques-uns des fossiles du Carboniférien de Balia montent jusque dans le Permien et les dépôts paléozoïques terminaux de cette contrée pourraient être de cet âge. D'autre part, Toula compare à certains facies du Verrucano alpin des couches de grès de couleur rouge et des conglomérats également rouges à gros éléments : ces couches se trouvent en Bithynie, dans le rivage Nord du golfe d'Ismid où le Trias les recouvre en discordance près du bourg de Guezbé.

..

En général, le Paléozoïque des environs de la Marmara est représenté, à l'état sporadique, par des fragments de séries entre lesquels il est difficile de voir la liaison ; néanmoins, dans l'état actuel des connaissances, étant données les analogies très grandes de faune entre l'Europe et l'Asie méridionale, il faut admettre

(1) G. v. Bukowski, Geolog. Verhältnisse Umgebung von Balia Maaden (Sitzungsber. Akad. Wiss., math.-nat. w. kl., 1892, 1, p. 214, Wien).

de larges communications entre les deux régions. Au Cambrien déjà, et surtout depuis le Silurien, ces analogies sont des plus remarquables. Est-il besoin de rappeler la série, riche en *Graptolites*, de l'Australie et de la Nouvelle-Zélande, où ces fossiles sont représentés par des espèces souvent identiques à celles de l'Europe? Au Dévonien, on retrouve des espèces européennes jusque dans l'Hindou-Kouch et jusqu'en Birmanie. Pendant le Carbonifère et le Permien enfin, on rencontre ces deux curieux Brachiopodes, *Lyttonia* et *Richthofenia*, au Salt-Range et dans les Alpes Carniques, de même que parmi les *Ammonoïdés* le genre *Stacheoveras* se trouve à la fois en Sicile et dans l'Himalaya. Or, cette indiscutable communication avait lieu sûrement, au moins en partie, par la région de la Marmara, les quelques lambeaux notés plus haut le montrent bien; il est permis de penser, si l'on a en vue les considérables progrès que la géologie de cette région vient de faire dans les dernières années, qu'il ne s'agit peut-être que de lacunes de nos connaissances, lacunes qui seront promptement comblées.

2. Les TERRAINS SECONDAIRES sont très répandus; ils sont représentés en général sous des facies exceptionnels, peu fossilifères, presque toujours métamorphiques. Il n'y a que dans l'Est de la Marmara, en Bithynie, que le Secondaire affleure sur de grandes surfaces et qu'il est formé par des dépôts riches en fossiles, relativement peu plissés.

C'est ici que le Trias fut pour la première fois reconnu, près du bourg de Guézbé. Il y est représenté par une série ininterrompue de calcaires gris, plus ou moins marneux, alternant avec des marnes; ces dernières deviennent peu à peu prédominantes vers le haut par rapport aux lits calcaires qui se fragmentent et s'individualisent par places sous forme de concrétions; l'ensemble débute par des couches grossièrement détritiques et de grès plus fins, jaunâtres, à pistes de Vers.

La faune assez riche qu'on y a trouvée permet de reconnaître la présence de tous les étages du Trias, depuis le *Werfenien* jusques et y compris la base du *Trias supérieur*. Dans toute cette série, ce sont les *Ammonoïdés* qui prédominent, avec des espèces appartenant aux genres *Ceratites*, *Monophyllites*, *Trachyceras*, *Arcestes*, etc.; cette faune présente un mélange d'espèces alpines

et himalayennes, avec un certain nombre de formes spéciales à la région (1).

Le Trias a été trouvé aussi au sud de la Marmara, à Balia Maaden : il y est formé par des conglomérats et des grès, à la base, suivis de schistes de couleur foncée. La faune très remarquable est formée principalement de *Brachiopodes* et de *Lamelli-branches* ; les *Ammonoïdés* qu'on y avait signalés n'ont pas été l'objet d'une détermination précise, aussi le niveau exact de ces couches est mal connu, quoique l'on sache qu'elles sont du Trias supérieur.

Le Jurassique est représenté par une importante série de grès rouges, micacés, bien stratifiés, quelquefois à traces de vagues, sans autres fossiles que des empreintes de plantes. La série épaisse de ces grès débute dans l'Est de la région, à Ismid, par un puissant conglomérat sur lequel est bâtie la ville ; elle s'étend à l'Est et au Nord d'Ismid, superposée ici directement au Dévonien et déborde vers l'Ouest le Trias. Ces grès sont surmontés de schistes également rouges, silicifiés, pétris de *Radiolaires*, alternant avec des couches de silex. Viennent au-dessus des calcaires puissants à grain fin, d'un gris clair, en couches de quelques centimètres ou, ailleurs, en dalles épaisses ; ces calcaires ne sont pas fossilifères ; ils supportent en légère discordance le Crétacé.

L'absence de fossiles caractéristiques, on ne peut rien dire de précis sur l'âge de ces couches, pourtant j'ai noté leur indépendance par rapport au Dévonien et au Trias ; leur importance est parfois considérable, dépassant celle du Trias ; étant donné, d'autre part, l'existence dans l'Est de la région de couches fossilifères d'âge jurassique, et les analogies de facies de cette formation avec le Jurassique de certaines régions des Alpes Dinariques, caractérisé également par l'intercalation de couches siliceuses de mer profonde, il n'est pas trop hasardeux de considérer les dépôts à radiolarites de Bithynie comme étant du même âge. Ce serait un prolongement vers l'Est des couches à Radiolaires d'âge jurassique des Alpes Dinariques, ou peut-être jalonnent-ils une zone de sédimentation indépendante, grossièrement parallèle à leur direction et ayant eu une évolution semblable.

A noter aussi le fait que ces couches ont une extension géogra-

(1) G. v. Arthaber, Die Trias von Bithynien (*Beiträge z. Geol. u. Palaeont.*, Bd XXVII, p. 85-206, 8 pl., Wien, 1915).

plique bien plus grande que celles du Trias : elles recouvraient autrefois toute la partie asiatique envisagée ici et peut-être aussi une partie du Rhodope ; on le trouve, en effet, dans presque tous les anciens massifs du Nord-Ouest de l'Asie Mineure, avec toutefois un développement moindre. Un peu partout dans ces régions de puissantes venues de serpentines leurs sont associées, serpentines qui manquent en Bithynie.

Le Crétacé, comme le Trias, dépasse peu la Bithynie vers l'Ouest et le Sud. Il a été étudié par Tchihatscheff ; Toula en a cité récemment quelques fossiles, mais on doit reconnaître que son étude est tout à fait à son début.

Ce système est constitué par une série de calcaires tendres, ou plutôt d'une craie d'un blanc impur, généralement traçante, mal stratifiée, assez riche en *Echinides*, alternant avec des calcaires compacts également de couleur claire qui s'intercalent à différents niveaux. Des bancs à *Hippurites* ont été également notés, mais ils n'ont pas fait l'objet de déterminations précises.

Le Crétacé des environs de Smyrne, représenté aussi par des calcaires à *Hippurites*, semble avoir été déposé dans un bras de mer séparé de la mer bithynienne par toute l'étendue de la Troade et de la Mysie.

En ce qui concerne l'âge exact de ces couches crétacées, si l'on excepte une petite région orientale comprenant les environs de Héraclée, sur la mer Noire, où des niveaux du Crétacé inférieur et moyen ont été établis avec certitude, les fossiles récoltés dans tout le reste de la série, ne descendent pas dans l'échelle stratigraphique plus bas que le *Maëstrichien*.

3. TERRAINS TERTIAIRES. — Ces terrains, parmi les premiers notés dans la région, commencent à être bien connus. Presque tous les étages du Tertiaire y sont représentés.

Le **Nummulitique** consiste en grande partie en calcaires, le plus souvent zoogènes : des calcaires à *Polypiers* à la périphérie, représentant un énorme récif fossile adossé au cadre cristallophyllien et paléozoïque du bassin ; vers le centre des calcaires ou des marnes, régulièrement stratifiés, formés en grande partie par l'accumulation de tests de *Foraminifères*, de coquilles de *Mollusques*, de carapaces d'*Oursins* ; plus loin encore, des argiles sableuses grises ou jaunâtres, très peu fossilifères.

L'âge de ces formations n'est pas partout le même : en étudiant leur faune on remarque qu'elles sont de plus en plus récentes à mesure que l'on s'avance vers l'Ouest. Il y a d'abord les calcaires à *Nummulites distans*, *N. irregularis* d'Ismid et ceux à *N. Tchihatcheffi* des environs de Constantinople : c'est du *Lutétien inférieur*.

Les couches de cette dernière localité sont recouvertes par des calcaires plus récents, à *N. Rutimeyeri*, *Orthophragmina Douvillei*, *Serpula spirulæa* et des *Echinides* représentés par des espèces rappelant celles de Peyreblanque et du rocher de la Gourèpe : ces calcaires datent donc du *Lutétien supérieur*. Ils s'étendent au loin vers l'Ouest sous le Miocène, car ils apparaissent de nouveau dans l'axe de la petite chaîne de Tekir-Dagh, mais ici, ils sont recouverts par des niveaux encore plus récents à *Nummulites contortus*, *N. Fabianii*, d'âge *priabonien* (1).

Les calcaires à *Nummulites* des environs de la Marmara, ont donc été déposés au cours d'une transgression marine de l'époque, transgression venant des parties orientales de la région.

En effet, dans certains points du littoral de la mer Noire (à Chilé notamment, au Nord de la Bithynie), se trouvent des grès de couleur grise, contenant en abondance des *Nummulites* voisines de *N. planulatus*, *N. elegans*, formes caractéristiques des couches inférieures de l'Éocène.

Je ne suis pas encore bien fixé sur l'extension de cette zone, surtout vers l'Ouest ; c'est d'ailleurs un problème qui se pose également pour le Miocène ; on peut toutefois affirmer que les analogies de faune sont très grandes, pour les deux époques, avec lesaffleurements contemporains du bassin Pannonique. Par où les communications avaient-elles lieu ? Quoique la question ne soit pas encore mûre, il y a néanmoins des indices que cette communication se faisait directement par cette région, jalonnée par toute une série de bassins d'effondrement qui suit la limite entre les plis de l'arc balkanique et le Rhodope.

Après leur dépôt les couches éocènes ont été énergiquement plissées, plissement allant jusqu'à la production de superpositions anormales ; il fut suivi de la formation d'un sillon transversal par rapport aux nouveaux plis, sillon que l'on peut assimiler à un

(1) N. Arabu, Remarques sur les formations tertiaires du bassin de la Marmara (*Bull. Soc. Géol. France*, 4^e série, t. XVII, p. 390 et suiv., 1917).

ennoyage et dans lequel se sont accumulés les sédiments oligocènes.

L'OLIGOCÈNE est développé sous un faciès de géosynclinal : c'est le flysch du Tékir-Dagh, épaisse série de grès et de marnes, avec quelques intercalations de tufs volcaniques ; ce faciès monotone, aux couleurs sombres, sans autres fossiles la plupart du temps que des traces de plantes, se poursuit sur plus d'un millier de mètres d'épaisseur. Ces circonstances témoignent de l'existence à cet endroit d'une fosse de nature tectonique ayant joué le rôle d'un géosynclinal, fosse présentant une orientation analogue à celle de la mer actuelle : c'est le premier indice d'un bassin comparable à la cuvette actuelle de la Marmara.

L'importante série qu'est la « *formation volcanique* » de l'Asie Mineure, formation qui est en réalité en grande partie sédimentaire, présentant un caractère saumâtre, a été très sommairement étudiée jusqu'à présent. On ne connaît pas encore son âge exact ; la dernière opinion, celle de Philipsson, l'attribue au Pontien, empiétant sur le Pliocène.

Cette affirmation me semble hasardée vu la pénurie de documents précis. D'autre part, et pour d'importantes surfaces, elle n'est pas exacte : ainsi en Troade, cette série est essentiellement d'âge nummulitique. Ces dépôts, qui affectent par endroits un faciès gréseux, faciès de flysch, m'ont fourni quelques débris d'ossements de Mammifères, paraissant avoir appartenu à un *Prodremotherium* ou à un *Gelocus*, tous deux étant des formes oligocènes. Mais une partie de cette formation est encore plus ancienne : en plusieurs endroits, en effet, j'ai pu récolter de nombreux exemplaires d'un petit Gastropode, toujours très écrasé malheureusement, qui rappelle beaucoup *Fascinella eocenica* Stache, de l'Éocène inférieur de la Dalmatie et en plus des *Planorbis* et des *Hydrobites*, également à affinités anciennes.

Cette trouvaille pose à nouveau cet intéressant problème des relations des différents dépôts, avec ceux, parfois si analogues, de la côte dinarique, problème qui se double, ainsi qu'on le verra plus loin, de celui des relations tectoniques entre les deux régions et de l'interprétation de cette virgation vers l'Est des Dinarides si généralement admise.

Le Néogène est très bien représenté, Des couches marines

d'âge *burdigalien* se trouvent sur la côte égéenne de la Troade, où elles recouvrent en discordance la formation volcanique nummulitique. Ce sont des calcaires coquilliers, très fossilifères, interstratifiés avec des grès, couches qui constituent un étroit liseré le long du rivage. Il est très probable qu'une partie des sédiments marins miocènes, découverts par English au Nord du golfe de Xéros, appartient également au Burdigalien.

C'est au *Vindobonien* qu'appartient l'épaisse succession de grès et de marnes de la Thrace, la « mollasse aux points verts » des anciens auteurs. C'est une formation de mer plus profonde, caractérisée, dans le rivage de la mer Noire, à Karabournou, par des *Pleurotomes*, *Dentales*, *Leda*, etc. ; cette série devient saumâtre à l'intérieur du bassin, où elle renferme des *Congéries*. Ces couches ont été considérées, à tort, comme étant d'âge *méotique*, par Andrussow ; Hochstetter, quelque temps avant, trompé lui aussi par des analogies de faciès, les attribuait au *Pontien*, les faisant ainsi postérieures au *Sarmatien*, étage également représenté dans la région, mais qui de toute évidence les recouvre, ainsi qu'on peut le constater facilement le long du rivage de la mer, à l'Ouest de Constantinople.

Le *Vindobonien* présente les caractères d'un dépôt de sédimentation rapide, il est stratifié par bancs épais consistant principalement en grès et marnes. C'est encore une formation de géosynclinal ; les couches ont été légèrement plissées après leur dépôt, en plis dirigés au Sud-Est. Il y a des lambeaux vindoboniens en Asie Mineure, à l'Est et à l'Ouest de Brousse ; d'autre part, en Thrace, la mer de l'époque dépassait sans doute Andrinople, vers le Nord-Ouest.

Le *Vindobonien* est recouvert en discordance, à l'Ouest de Constantinople, par le *Sarmatien*. Cet étage débute ici par un conglomérat de base et se montre transgressif par ses niveaux supérieurs : c'est du *Sarmatien supérieur* (*Maetra bulgarica*) passant au *Méotique* (*Vivipara Barboti*, *Unio Capellinii*). La série est complète aux environs des Dardanelles ; ici, elle fait suite sans discordance au *Vindobonien* et se montre développée, quant à ses niveaux inférieurs, sous le même faciès monotone de géosynclinal si souvent signalé dans la région. L'ensemble sarmatien-méotique atteint, et peut-être dépasse, 400 mètres d'épaisseur près des Dardanelles ; il se termine par une alternance de couches

minces et discontinues d'argiles marneuses et de calcaires gréseux riches en empreintes de *Maetra* et de petits *Cardium*, couches qui paraissent déposées sous une faible épaisseur d'eau, dans des marais en voie d'assèchement.



Sur cette surface une fois exondée, s'est développé, durant le Pontien, le réseau hydrographique dont le Bosphore et les Dardanelles représentent les vestiges. Les opinions sont partagées quant au moment exact, au mécanisme de sa formation, et aussi — en admettant avec la grande majorité des géologues, l'origine fluviale — quant à la direction du fleuve qui l'a creusé.

Je ne puis entrer ici dans cette discussion, mais j'estime que c'est Andrussow qui a donné la meilleure interprétation du problème (1) : âge pontien, fleuve dirigé vers la lagune euxinique. Son argument, irréfutable dans l'état actuel des connaissances, est la découverte, près Gallipoli, dans le rivage Nord des Dardanelles, de sédiments d'âge *pliocène* ; or la faune de cet affleurement est identique à celle des couches du cap Tchaouda, de la mer Noire. D'autre part, dans les deux bassins, ces couches ne dépassent pas 40 mètres en altitude ; pour que la faune de Tchaouda ait pu se propager dans la lagune pliocène de la Marmara, qui est séparée de la mer Noire par un seuil qui ne descend nulle part plus bas que 200 mètres, une solution de continuité était nécessaire ; il me semble qu'en admettant que cette communication se faisait par la vallée du Bosphore déjà creusée à cette époque, c'est la meilleure interprétation que l'on puisse actuellement donner de cette question.

Lors de mes dernières courses dans la région, quelques mois avant la guerre, j'ai pu trouver plaqués sur les roches anciennes des rivages du golfe d'Ismid, des lambeaux de couches d'origine saumâtre et d'âge pliocène, qui sont distinctes et plus anciennes que les couches de Gallipoli. D'autre part, ce golfe ne semble pas être une ancienne vallée comme le Bosphore, ni un limane comme la Corne d'Or ; c'est bien plutôt un accident de nature tectonique et il n'est pas le seul accident de cette nature.

(1) N. Andrussow, Kritische Bemerkungen über die Entstehungshypothesen des Bosporus und der Dardanellen (*Sitzungsber. d. Naturf. Ges. b. d. Universit. Jurjew*, XVIII, p. 378, 1900).

J'ai déjà eu l'occasion (1) d'appeler l'attention sur certaines autres particularités de même nature : il me semble que ce qu'il y a de caractéristique ici, ce n'est pas tant la présence de vallées inondées par la mer, comme le Bosphore, mais bien plutôt l'aspect si découpé des rivages creusés de golfes profonds et étroits, ou se prolongeant en longues presqu'îles. Tous ces traits (dont la ligne des grandes profondeurs dépassant 1.000 mètres qui jalonne l'axe de la Marmara fait partie) ne sont pas sans présenter toujours la même orientation, Ouest-Est et un certain parallélisme. Ces faits n'ont pu résulter, à mon avis, que de dislocations tectoniques récentes, postérieures à la formation de quelques-unes des vallées de la région, dislocations qui se présentent dans leur ensemble avec les caractères extérieurs d'un plissement. En d'autres termes, la cuvette actuelle de cette mer aurait une origine tectonique et les conditions de gisement des couches d'Ismid permettent de fixer sa formation au *Pliocène*; elle serait donc antérieure à l'invasion de la région par la mer.

Le **Quaternaire** est intéressant, mais très peu connu encore ; il est représenté essentiellement par des alluvions anciennes et des dépôts de terrasses ; je n'y ai jamais rencontré de *löss* appréciable.

* * *

Plusieurs résultats se dégagent assez clairs, je pense, de cette rapide esquisse :

Tout d'abord, les remarquables analogies de faciès avec les formations correspondantes des Alpes Dinariques, analogies très nettes pendant le Jurassique et le Nummulitique. Ces analogies sont surtout frappantes quant à la composition stratigraphique de la couverture tertiaire. Dans les deux régions le Tertiaire est au complet avec des termes qui manquent dans la zone des plissements alpins, comme l'Eocène inférieur et le Burdigalien. Doit-on en conclure, comme on le fait généralement, que ces deux zones sont le prolongement l'une de l'autre ? Ce que je connais de la question ne me permet pas de le croire, je reviendrai d'ailleurs plus loin sur ce point.

D'autre part, à aucun moment de l'évolution géologique de la région, les mers qui l'ont successivement occupée n'ont consti-

(1) N. Arabu, les Régions voisines de la mer de Marmara (*Ann. de Géogr.*, t. XXVI, p. 353, deux cartes, 1917).

tué des bassins fermés, limités à cette contrée, même pendant le Tertiaire, pour lequel cette opinion était autrefois soutenue? La considération des faunes conduit à admettre de libres communications avec les mers voisines.

En me limitant au Tertiaire, qui commence à être mieux connu, des considérations stratigraphiques et paléontologiques que je ne puis entreprendre de développer ici, me permettent d'affirmer que ses différents termes ont été déposés dans des zones de sédimentation plus ou moins étroites, venant de très loin, et qui ne font que traverser la région. Or ce qu'il y a d'intéressant à constater, c'est que ces zones ne se superposent pas suivant la même direction mais se déplacent alternativement, suivant deux orientations qui sont en gros les mêmes : à l'Eocène et pendant une grande partie du Miocène (Burdigalien, Vindobonien), les bras de mer respectifs étaient orientés Nord-Ouest-Sud-Est, tandis que pendant l'Oligocène et le Sarmatien, les bassins de sédimentation sont orientés Nord-Est-Sud-Ouest, en croisant les premiers.

Dans le but de simplifier les remarques qui suivent, j'appellerai direction « dinarique » celle orientée vers le Sud-Est en raison de son parallélisme avec les Alpes Dinariques ; c'est aussi la direction des principales chaînes de la région. La seconde, dirigée vers le Nord-Est, qu'on peut nommer « taurique », est approximativement parallèle à la chaîne du Taurus, et concentrique à la virgation admise à l'heure actuelle, suivant laquelle les Dinarides se raccorderaient aux chaînes de l'Asie.

Si je laisse pour le moment de côté la direction plus récente, Ouest-Est, sur laquelle je reviendrai plus loin, tout s'est passé comme s'il y avait existé une sorte d'antagonisme entre les deux directions notées, qui prennent à tour de rôle la prédominance. C'est cet antagonisme, autour duquel viennent se grouper tous les autres faits géologiques, qui constitue, du moins pendant le Tertiaire, la trame de l'histoire géologique de cette contrée.

II

Je ne puis insister ici sur le côté géographique de la question, l'ayant traité déjà ailleurs (1). A ce point de vue, les dislocations pliocènes notées plus haut sur lesquelles est calqué, on peut le

(1) N. Arabu, *loc. cit.* p. 151

dire, le dessin d'ensemble de la mer de Marmara, constituent le fait essentiel, ceci dit sans penser porter préjudice à d'éventuelles recherches morphologiques de détail, sujet qui n'a tenté que peu de personnes.

Cet important mouvement date du début du Pliocène ; plusieurs traits topographiques de l'Asie Mineure paraissent rentrer dans la même catégorie : telle est la dépression occupée par les lacs Apollonia et Manyas, cours supérieur du Simaw-tchaï, etc. De même au Nord de la Marmara, d'importants cours d'eau (Mariça, Toundja, etc.), déroulent leurs méandres au milieu de larges plaines orientées aussi Ouest-Est, qui peut-être rentrent dans le même cas.

Tous ces accidents récents font partie du grand ensemble de dislocations qui ont agrandi vers l'Est le bassin de la Méditerranée, au commencement du Pliocène. Lors de la formation de la mer Egée dont on connaît la naissance récente, les eaux marines ont pu réoccuper ainsi une partie du domaine qu'elles avaient abandonné depuis le Vindobonien. Cette nouvelle arrivée de la mer n'a lieu qu'au Quaternaire, alors que son emplacement était préparé déjà, comme je l'ai indiqué plus haut, par les mouvements du début du Pliocène.

Ces dislocations pliocènes se présentent avec les caractères d'un plissement régulier, de faible amplitude, comme une succession d'anticlinaux et de synclinaux, avec des noyaux de couches anciennes affleurant dans l'axe des premiers et localisation des dépôts récents dans les synclinaux. Il y a pourtant des indices que ceci n'est souvent qu'une apparence ; il est possible que l'on soit en présence d'une succession de « fosses d'effondrement » suivant des systèmes de failles rectilignes en gradin, fosses séparées par de longues zones de terrains restées en saillie. Des levés de détails sont nécessaires pour trancher cette question, mais dans tous les cas, le rôle des failles a dû être considérable dans la production du phénomène.

III

Ces dernières considérations m'amènent tout naturellement à dire un mot sur la question, peu connue encore, de la *Tectonique* de la région.

Il y a peu de contrées à passé aussi tourmenté : à ce point de

vue les environs de la Marmara peuvent être pris comme type de région disloquée. Les mouvements y ont déformé jusqu'aux terrasses marines quaternaires, et se continuent même de nos jours par les tremblements de terre qui la ravagent assez souvent.

Quelques-unes de ces dislocations ont pu être datées, ainsi que je l'ai déjà dit, grâce aux discordances qui coupent çà et là la série stratigraphique. On peut attribuer aux trois systèmes classiques de plissements, *huroniens*, *calédoniens* et *hercyniens*, les discordances notées dans la série primaire.

L'analyse de ces dislocations ne pouvant pas être faite ici, je me bornerai à dire que grâce à leur superposition la région constituait au début du Secondaire un continent très accidenté dont les couches, parfois intensément plissées, offraient une direction générale du Nord au Sud.

Il y a en outre des témoignages certains de mouvements d'âge secondaire : ce sont les conglomérats de la base du Jurassique de la région d'Ismid. Un autre conglomérat également jurassique, mais plus élevé dans la série, se remarque sur plus d'un point en Troade. Ce sont là autant d'indices de mouvements dits « cimmériens », bien connus au nord de l'arc alpin, depuis l'ouest de l'Allemagne jusqu'en Dobrogea. Mais c'est surtout pour les temps écoulés depuis le début du Tertiaire que les données, un peu plus nombreuses, permettent de serrer de plus près la question.

Le premier grand mouvement tertiaire se place au début de l'Oligocène, plissement intense, allant jusqu'à la production de superpositions anormales. Le terme de « charriage » a déjà fait, et non sans raison, son apparition dans la littérature géologique sur la contrée; la direction des plis est vers le Sud-Est.

Nouveau plissement après l'Oligocène et, chose remarquable, la direction des nouveaux plis est à angle droit par rapport aux précédents. On peut étudier ce nouveau mouvement dans la région des collines du Tekir-Dagh et du Kourou-Dagh formées de plusieurs écaillés se chevauchant vers le Sud-Est; ce même régime imbriqué se laisse suivre sur de grandes étendues en Troade.

Plissement encore après le Vindobonien, et encore une fois, la direction de la poussée change : les plis, faibles du reste, sont dirigés Sud-Est et se superposent aux plis nummulitiques.

Sans pousser plus loin cette analyse, un fait surtout me semble intéressant à noter : c'est l'étroite relation de ces plissements avec les zones sédimentaires qu'ils affectent, sans y être toutefois exclusivement localisés. Il y a en somme des *zones de plissement* qui se superposent aux *zones de sédimentation* et qui jouent comme elles, à plusieurs reprises, suivant les deux directions notées, « dinarique » et « taurique », directions qui viennent se croiser au centre de la région.

On se sera sans doute aperçu combien ces faits sont peu en harmonie avec les idées actuellement admises sur la tectonique de ces contrées.

Depuis le temps où E. Suess a formulé l'idée de « ligne directrice », les géologues ont en général interprété ce concept, encore peu net dans l'œuvre de Suess, comme exprimant, non seulement la direction d'ensemble du relief, mais aussi celle de la Tectonique, et comme celle-ci est toujours en relation étroite avec la Stratigraphie, on peut dire que la ligne directrice symbolise l'essentiel de l'évolution géologique d'une région.

C'est dans ce sens qu'elle est comprise ici ; il me semble que réduire l'idée de ligne directrice à une question topographique, ce serait en quelque sorte une concession à la Géographie, à laquelle aucun géologue ne pourrait consentir.

Toujours est-il que les auteurs aiment à indiquer les « directrices », par un système de lignes sinueuses, plus ou moins parallèles. S'il s'agit d'une région plus vaste, à plissement uniforme, ils mettent une manière de coquetterie, à l'exemple du grand maître du reste, à les réduire à une seule ligne, droite, courbe ou brisée. En ce qui concerne l'ensemble de terres, très bien défini par M. Haug, et qu'il est convenu d'appeler l'*Egée*, on admet depuis les recherches de Naumann et surtout à la suite des grandes synthèses de E. Suess (1), que les chaînes de l'Asie Mineure — *chaîne pontique* au Nord, *chaîne taurique* au Sud — vont, avec une direction générale vers l'Ouest à la rencontre des *chaînes dinariques*. Leur raccord ne se ferait pas toutefois directement,

(1) Ed. Suess, *la Face de la Terre*, traduct. Emm. de Margerie, t. III, 1, p. 416 et suiv., Paris, 1902.

mais par l'intermédiaire d'une quatrième chaîne, la *chaîne égéenne*. Celle-ci est en grande partie abîmée sous la mer Egée, mais elle constitue pour une part l'Ouest de l'Anatolie. Son contact avec les chaînes asiatiques aurait lieu suivant un rebroussement, se plaçant sous le méridien de la presqu'île Artaki, dans la Marmara.

Malgré les réserves que Suess lui-même avait cru devoir formuler sur cette hypothèse, nombreux sont les auteurs qui l'ont complètement adoptée ; elle représente, à l'heure actuelle, l'opinion classique. Or, s'il y a continuité des lignes directrices il n'y a pas de croisement : les deux idées sont inconciliables.

Pour ma part, je suis certain de ne pas me tromper sur les faits avancés plus haut. La carte ci-jointe, où l'orientation des hachures indique la direction générale des couches, le montre clairement : les plis oligocènes du Tekir-Dagh sont à angle droit par rapport à ceux de la région du Bosphore. D'autre part, dans les couches éocènes qui affleurent sur le versant méridional du Tekir-Dagh, couches très écrasées, coupées de lignes de chevauchement, on reconnaît suffisamment la même direction vers le Sud-Est ; elle se rencontre aussi dans l'Éocène entraîné parmi les plis du versant asiatique.

Bien qu'ayant déjà touché ailleurs cette question, on me permettra, pour la clarté de cet article, quelques remarques sommaires :

Il est facile tout d'abord de constater que mes contributions n'apportent aucun fait qui ne cadre avec les données antérieures. Ainsi les anciens auteurs, Ami Boué, Viquesnel, avaient noté cet éparpillement de lambeaux tertiaires de toutes les dimensions sur la presqu'île Balkanique, fait affirmé plus tard, par Tchihatcheff, pour l'Anatolie.

Les recherches modernes de Cvijic, en particulier (1), ont confirmé cette disposition pour la presqu'île Balkanique, mais elles ont apporté, en même temps, plusieurs précisions : ces lambeaux ne sont pas disposés au hasard, les plus importants du moins jalonnent des zones disloquées, grossièrement parallèles, à direc-

(1) J. Cvijic, Die Tektonik der Balkanhalbinsel (*C. R. Congrès géol. International de Vienne*, 1903, p. 347 et suiv.) ; *id.*, Grundlinien Mazedonien u. Altserbien (*Petrom. Mitteil.*, Ergänzungsband, XXXIV, Gotha, 1908).

tion dinarique, zones séparées les unes des autres par de hauts massifs cristallins allongés, entre lesquels les couches sédimentaires se sont déposées et tassées au cours des âges. Ces zones sont en partie très anciennes, quelques-unes datant du début du Secondaire. Enfin, parmi les sédiments qui les remplissent, il se trouve des couches d'origine marine.

Je n'ai fait, pour ma part, qu'utiliser ces notions acquises, mais j'ai dû tenir compte, en même temps, des découvertes antérieures d'autres lambeaux de couches, ainsi que de ceux que moi-même j'ai pu y trouver. Il m'a semblé important, toutefois, de les interpréter exactement, en notant les directions et la date de leur plissement; c'est alors que leur indépendance stratigraphique et tectonique m'est apparue. Ces derniers lambeaux appartiennent à des couches d'âge complémentaire par rapport aux lambeaux, à direction dinarique de la presqu'île Balkanique et leur orientation orthogonale par rapport à ceux-ci tient à des conditions originelles de dépôt.

Je considère, comme une confirmation de cette idée, le fait qu'elle paraît pouvoir, dès à présent, être étendue à l'Asie Mineure, ainsi que je l'ai montré d'une manière plus détaillée dans un mémoire présenté au Congrès géologique international de Bruxelles.

Cette région a été parcourue assez récemment et excellentement étudiée par M. Philippson, professeur à l'Université de Bonn, qui en a donné (1) une carte géologique, au 300.000^e, en six feuilles, carte comprenant toute la partie occidentale de la presqu'île, jusqu'au méridien d'Ismid, à peu près.

La question est d'autant plus intéressante que l'auteur partage, lui aussi, l'opinion de Naumann; mais je pense que ceci est imputable simplement à une confusion de tous les sédiments d'origine lacustre et saumâtre de la région en un seul ensemble qu'il attribue au Pliocène, le Pontien y compris.

L'auteur figure cet ensemble avec une seule et même couleur qui empâte tous les autres terrains, et qu'il prolonge, en raison peut-être aussi de son âge supposé récent, le long de tous les grands cours d'eau. C'est évidemment une erreur que le texte, très clair, accompagnant cette carte permet très heureusement de corriger: le « Jungtertiär » de l'auteur comprend en réalité des

(1) A. Philippson, *ouvrage déjà cité...*, p. 143.

terrains très divers, s'échelonnant comme âge sur toute la durée du Tertiaire, empiétant peut-être même sur le Crétacé.

Mais alors que faut-il penser d'une manière générale du croisement si net des directions ? Quelles sont réellement les lignes directrices de l'Égée ?

Ce sont évidemment les deux directions citées plus haut : *lignes dinariques*, orientées vers le Sud-Est, et *lignes tauriques*, orthogonales par rapport aux premières. Je me demande même s'il ne faudrait faire intervenir aussi la troisième direction, d'âge pliocène, des lignes orientées Ouest-Est, que l'on pourrait appeler avec M. Mrzecz, *lignes méditerranéennes* (1). C'est en effet cette direction que les auteurs ont particulièrement en vue, lorsqu'ils relient directement les *Taurides* aux *Dinarides* : ligne « des grandes fosses nord-égéennes et propontiennes », ligne « de Corinthe », qu'ils supposent faire le raccord. Or, pour les environs de la Marmara spécialement, il ne peut s'agir de raccord : les hauteurs du Tekir-Dagh, prolongées par la presqu'île de Gallipoli (constituée comme l'a montré English (2) par les mêmes terrains) se dressent comme un isthme, qui sépare la fosse Nord-égéenne s'enfonçant dans le golfe de Xéros, de la fosse de la Marmara qui débute au Sud-Est de Tekir-Dagh. La carte ci-jointe le montre très nettement.

Le problème est assez difficile à résoudre, on le voit sans peine : mettre en avant une seule « directrice », ce serait faire arbitrairement un choix entre les trois qui s'y trouvent et qui, même au point de vue topographique, se placent au même plan comme importance. On ne saurait, non plus, laisser sans directrice une région essentiellement plissée, qui se place juste à l'endroit où E. Suess envisageait la liaison la plus évidente entre l'Europe et l'Asie.

Force nous est de les prendre toutes trois en considération, quelque compliqué que cela puisse paraître.

Or, il est intéressant de faire remarquer que si cette attitude se laisse difficilement concilier avec les vues théoriques actuellement admises, elle se laisse, au contraire, rattacher directement aux données de fait non moins admises, puisqu'elles se trouvent relatées dans les meilleurs traités.

(1) D'après une communication verbale.

(2) Th. English, *Recent and later formations surrounding the Dardanelles* (*Quart. Journal. Geol. Soc.*, LX, p. 243, London, 1906).

Je résumerai encore une fois les données du problème :

Les environs de la Marmara laissent voir trois ensembles de dislocations tertiaires, d'âge distinct, qui se croisent suivant des directions diverses :

a) Direction Nord-Ouest - Sud-Est, direction de plissement principal au début de l'Oligocène, et de mouvements plus faibles à la fin du Vindobonien ;

b) Une deuxième direction orientée orthogonalement, directrice de plissements à la fin de l'Oligocène et de mouvements plus faibles de soulèvement. Ils ont déterminé l'assèchement des lagunes méotiques et l'établissement de l'ancien réseau hydrographique du Bosphore-Dardanelles ;

c) Troisième direction, Ouest-Est, des dislocations pliocènes. Elles ont déterminé les contours si particuliers de la région, ainsi que la ligne des grandes fosses actuelles.

Reportons-nous à présent aux traités classiques et voyons ce qu'ils disent sur les mouvements tertiaires. A ce point de vue, les meilleurs auteurs sont d'accord pour les grouper de la manière suivante :

a) Mouvements post-lutécien (ou « pyrénéens »), ayant atteint leur maximum au Tongrien ;

b) Mouvements anteburdigaliens et pontiens, caractérisant plus particulièrement la chaîne des Alpes ;

c) Dislocations du début du Pliocène, qui ont régénéré le bassin de la Méditerranée, presque entièrement comblé à la fin du Miocène.

Dans ce cas la question est beaucoup moins malaisée à envisager. Comme il ne peut rester de doutes sur la contemporanéité et la signification des dislocations pliocènes, on peut assimiler à une *chaîne alpine* le système de plis, auquel le *Taurus* peut servir pour l'Egée à la fois de type et d'appellation commune, et le système complémentaire, *dinarique* à une *chaîne pyrénéenne*. On peut, dans ces conditions, considérer les environs de la Marmara, et avec elle l'Egée entière, comme un cas particulier où les trois systèmes classiques de dislocations tertiaires, dont les résultats se montrent habituellement localisés dans l'espace, ont exercé leurs effets, suivant des directions différentes, sur la même portion de l'écorce terrestre.