

L'ÂGE  
DES  
FORMATIONS OPHIOLITQUES RÉCENTES

PAR LE

**D<sup>r</sup> Federico Sacco**

Professeur de Paléontologie à l'Université Royale de Turin.

Dans la science géologique, on accepte, en général, comme des vérités presque irréfutables, les deux idées suivantes :

1<sup>o</sup> Le *Ligurien* (Mayer 1857) représente l'Éocène supérieur ou bien, selon plusieurs géologues, l'Oligocène.

2<sup>o</sup> Les formations ophiolitiques récentes (Serpentines, Diabases, Euphotides, etc.), renfermées pour la plupart dans les terrains dits *liguriens*, sont généralement éocéniques.

Or, les études que j'ai faites pendant ces dernières années dans les régions les plus typiques, soit pour le *Ligurien*, dans la Ligurie même, soit pour les formations ophiolitiques récentes, dans l'Apennin septentrional, m'ont convaincu que les deux opinions énoncées plus haut sont complètement erronées. En conséquence, je crois devoir les combattre et chercher à les faire disparaître de la science géologique, en exposant les observations qui m'en firent reconnaître la fausseté.

INTERPRÉTATION DU LIGURIEN.

Le nom de *Ligurien* fut proposé, dès 1857, par M. Ch. Mayer (1) pour indiquer une série spéciale de schistes, d'argiloschistes, de grès et de calcaires, savoir la formation complexe généralement connue sous

(1) Ch. Mayer. *Versuch einer neuen Klassifikation der tertiaer Gebilde Europas.* — Verh. d. Schwirz-naturforsch. Gesellsch, Zurich, 1857.

le nom de *Flysch* (avec les *Calcari alberesi*, le *Macigno*, les argiles écailleuses (*argille scagliose*), les *argille galestrine*, etc.). M. Mayer prit pour type la *Ligurie*, où en effet ces formations sont très développées et attribua à l'Éocène supérieur son Étage Ligurien.

Cette interprétation a été généralement adoptée; de plus, comme aux formations liguriennes susdites, M. Mayer et d'autres géologues voulurent encore rattacher des dépôts nombreux, d'âge certainement oligocénique, il s'ensuivit que l'étage ligurien fut rattaché à l'Oligocène par un grand nombre de géologues. Notons ici en passant que le *Modénien* (*Modenese*) de Pareto et l'*Étrurique* (*Terreno etrurio*) de Pilla sont presque identiques au *Ligurien* de Mayer.

Les choses étaient établies de cette manière, lorsque, dans mes levés géologiques du Bassin tertiaire du Piémont (1), j'eus à observer plusieurs faits qui me prouvèrent que le Ligurien est plus ancien qu'on l'avait pensé jusqu'ici, et j'exposai ces faits dans un court mémoire : *Le Ligurien* (2), publié vers la fin de 1888. Dans ce mémoire, après une histoire rapide de l'origine des noms de *Ligurien* et de *Bartonien* (horizon stratigraphique fondé, aussi par Mayer, sur les argiles de Barton en Angleterre, indiqué et accepté jusqu'ici comme inférieur au *Ligurien*) je faisais observer que dans les régions que j'avais étudiées :

1° Les formations *liguriennes* gisent stratigraphiquement *sous* (et non *sur*) les dépôts *bartoniens*, parfaitement caractérisés par des fossiles typiques).

2° Les terrains *bartoniens* renferment quelquefois des cailloux constitués par des roches *liguriennes*.

3° Les terrains *tongriens* passent graduellement aux terrains *bartoniens*, tandis que lorsqu'ils se superposent au *Ligurien*, ils en sont séparés par une discordance très évidente.

4° La faune et la flore *bartoniennes* présentent beaucoup de formes analogues aux formes *tongriennes*, tandis que l'on constate une différence très prononcée entre les fossiles *liguriens* et les fossiles *tongriens*.

Et, en fortifiant ces observations, faites en Piémont, par d'autres études stratigraphiques et paléontologiques faites dans d'autres régions, j'arrivai à conclure que :

1° Le *Ligurien* est *au-dessous* (et non au-dessus) du *Bartonien*.

2° La formation du *Flysch*, sur laquelle spécialement M. Mayer a établi son étage *ligurien*, commence déjà à apparaître dans le Crétacé,

(1) F. Sacco. *Il Bacino Terziario e Quaternario del Piemonte*. — Torino 1889-1890 (avec plusieurs cartes géologiques).

(2) F. Sacco. *Le Ligurien*. — Bull. Soc. géol. de France, 3<sup>e</sup> série, tome XVI, 1888.

se continue dans l'Éocène, et par conséquent ne peut pas être prise pour base d'un étage géologique déterminé.

3° Le nom de *Ligurien* doit donc être aboli, ou conservé seulement pour indiquer un *facies spécial*, qui se développa surtout entre le *Crétacé* et le *Bartonien*.

En outre, à la fin de mon ouvrage sur le *Bacino Terziario del Piemonte 1889-1890*, je disais, page 931, « gran parte delle argille scagliose e di altre formazioni incluse nel *Liguriano* e credute eoceniche, appartengono già al Cretaceo (1), » et page 933 : « I miei recenti studi mi porterebbero invece a collocare nel Cretaceo quasi tutte le così dette serpentine eoceniche (2) ».

Ces conclusions, bien que tirées du simple examen des faits, furent vivement contestées par M. Mayer lui-même et par plusieurs autres géologues.

Afin d'éviter des polémiques inutiles et afin de tenter d'éclaircir et éventuellement de résoudre le problème scientifique sus-exposé, j'ai cru convenable, comme unique moyen définitif, de procéder à un levé géologique détaillé (à l'échelle du 1/25000) de tout l'Apennin de la Ligurie (région typique sur laquelle le *Ligurien* fut fondé); d'après cette étude, faite en trois longues et laborieuses campagnes géologiques, j'ai pu me convaincre que, non seulement les trois conclusions sus-exposées sont absolument exactes, mais encore que le *Ligurien* de M. Mayer est une formation très complexe, qui n'appartient d'aucune façon à l'Éocène supérieur, et qui doit être attribué en partie à l'Éocène moyen et pour la plus grande partie au Crétacé.

Naturellement ce n'est pas l'objet de cette courte note, de caractère général, de traiter de la description géologique détaillée de l'Apennin de la Ligurie, d'autant plus que j'ai publié des travaux récents à ce propos (3); je me bornerai seulement à indiquer à grands traits la constitution géologique de l'Apennin septentrional, pour ce qui a rapport à la formation en question.

Abstraction faite, soit de la grande masse schisteuse-ophiolitique, que l'on peut attribuer au *Huronien* (lato sensu), qui constitue une grande partie de l'Apennin entre Gênes et Savone, soit des affleurements de Calcaire *triasique* qui apparaissent entre Sestri Ponente et

(1) Une grande partie des *argille scagliose* et d'autres formations, renfermées dans le *Ligurien* et considérées comme éocéniques, appartiennent déjà au Crétacé.

(2) Mes études récentes me porteraient au contraire à placer dans le Crétacé presque toutes les serpentes dites éocéniques.

(3) F. Sacco. *L'Appennino settentrionale (parte centrale)*. — Nota preventiva 15 Luglio 1891. — Carte géologique au 1/100000. (28 colori — centim. 105×150. — Torino). Prix : 5 fr., à la librairie Lescher, Turin.

Voltaggio, nous trouvons que, dans la Ligurie centrale et orientale, sur les calcaires et sur les schistes à *Aptychus* du Jurassique, s'appuie, tout à fait en concordance, une formation puissante de bancs arénacés (*Macigno*) que l'on considère comme éocéniques et que quelques géologues attribuent au *Ligurien* ; cette formation, quoique n'ayant pas encore jusqu'ici présenté de fossiles caractéristiques, se trouvant très régulièrement au-dessous des formations crétacées, auxquelles elle se rattache par un passage insensible, paraît être comparable au *Waldenstandstein* et au *Deistersandstein* de l'Allemagne, à une partie du *Wiener-sandstein* et du *Karpathensandstein* de l'Autriche, au *Hastingsand* et au *Lower Greensandstone* de l'Angleterre, etc., c'est-à-dire, à des dépôts arénacés considérés comme *infracrétacés* ; par conséquent les puissants bancs arénacés sus-indiqués paraissent aussi référables à l'*Infracrétacé*, au moins jusqu'à preuve du contraire.

Au-dessus de cette formation infra-crétacée, qui affleure sur divers points de la région appenninique que nous examinons, se développe, très largement, une série très puissante d'argiloschistes grisâtres et brunâtres, souvent indiquée avec le nom générique de *Flysch*, et dans laquelle s'intercalent encore à plusieurs reprises des couches ou des bancs de grès (*Macigno*).

Il est à noter — pour le versant septentrional de l'Apennin, principalement dans la partie plus voisine de la vallée du Pô, et plus rarement, par contre, sur le versant tyrrhénéen — que, pour des causes surtout inhérentes au mode d'origine et aux phénomènes orogéniques, les argiloschistes gris-bruns sont, pour une grande partie, transformés en schistes moins régulièrement stratifiés, moins compactes, plus brisés, etc., savoir, dans les argiles écailleuses typiques (*argille scagliose et galestri*), parfois pétrolifères, çà et là avec de grosses lentilles de brèches, de poudingues et de conglomérats à éléments quelquefois impressionnés, parfois au contraire presque libres, et dans ce cas souvent volumineux et de nature cristalline ; ces argiles écailleuses présentent des teintes brunâtres en général, mais souvent aussi rougâtres, violacées, verdâtres, etc.

C'est seulement par une étude détaillée, en même temps que générale et comparative, des deux versants de l'Apennin que j'ai réussi à constater clairement que les argiloschistes (avec les formations arénacées et calcaires qui s'y trouvent renfermées) si développés sur le versant tyrrhénéen de l'Apennin génois, appartiennent à la même période géologique que les *argille scagliose*, si abondamment développées sur le versant du Pô, c'est-à-dire dans l'Apennin de Pavie, de Plaisance, de Reggio, de Modène, etc.

C'est justement dans cette série très puissante et très vaste d'argiloschistes et d'argiles écailleuses que l'on trouve, à des niveaux divers, des lentilles ophiolitiques nombreuses, plus ou moins épaisses, qui sont souvent accompagnées par des jaspes bariolés, par des pseudo brèches, des Chalcopyrites, des Pyrites, des Pyrolusites, des Hématites, des Limonites, etc., et des roches variées, dites épigéniques.

Or, cette formation très importante, si développée et si puissante aussi bien dans la Ligurie qu'ailleurs dans le reste de l'Apennin italien et autre part, constitue justement une très grande partie de ce qui fut pris, par M. Mayer, dès 1857, comme le type du *Ligurien* et attribué à l'Éocène supérieur ; opinion considérée comme exacte jusqu'à ce moment. Je crois au contraire qu'il s'agit de véritable CRÉTACÉ et voici pour quelles raisons :

I. — Au point de vue LITHOLOGIQUE, il est évident, au premier abord, pour celui qui l'étudie attentivement, que la formation susdite a, en général, un faciès non pas éocénique, mais relativement ancien ; en effet c'est dans ces dernières années seulement que les géologues parvinrent à distinguer, dans la Ligurie occidentale, les argiloschistes en question des schistes huroniens, qui avaient été si longtemps confondus en un seul horizon. D'un autre côté, dans plusieurs régions, ces argiloschistes, tantôt parce qu'ils sont éloignés des dépôts nummulitiques, tantôt parce qu'ils sont en rapport avec des terrains secondaires fossilifères, ont été justement attribués au Secondaire ; ils furent rapportés même parfois au Secondaire inférieur. De plus, le fait même des zones ophiolitiques renfermées entre les argiles écailleuses et les argiloschistes leur donne un faciès assez ancien ; on doit remarquer encore que dans quelques régions ces formations ophiolitiques récentes ont été déjà attribuées au Crétacé et non plus à l'Éocène, comme pourtant cela est généralement admis. L'on doit considérer de plus que les bancs calcaires qui viennent parfois s'intercaler entre les argiloschistes dans plusieurs régions de l'Apennin septentrional (comme par exemple entre Varese ligure et Sestri Levante) sont très différents des calcaires éocéniques typiques, et montrent au contraire une très grande ressemblance avec les calcaires des Préalpes voisines et de plusieurs régions apenniniques ; calcaires qui ont été reconnus, à cause de leurs fossiles, comme appartenant au Jurassique ou au Crétacé.

L'on peut dire de même des zones, plus ou moins puissantes, de grès et de poudingues (renfermés parmi les argiloschistes et les argiles écailleuses), que dans l'Apennin septentrional — là où les fossiles manquent — l'on considère comme éocéniques ; tandis qu'ailleurs, en

Toscane et en Lombardie, par exemple, où elles renferment des fossiles caractéristiques, elles y sont judicieusement rattachées au Crétacé.

Le fait que, à la base de la formation argiloschisteuse en étude, on trouve parfois des lentilles de charbon fossile déjà profondément métamorphosé en houille comme près de Montereio dans la vallée de Magra, semble prouver très justement l'âge ancien prééocène de cette formation. Le Pétrole aussi, qui, avec les émanations de proto-carbure d'hydrogène (*Fuochi fatui*) se trouve si fréquemment parmi les argiles écailleuses de l'Apennin septentrional, quelle que soit son origine, représente en général un *facies* assez ancien.

Quant aux teintes bariolées, avec prédominance de la couleur rougeâtre, qui caractérise souvent la formation dont nous nous occupons (surtout les argiles écailleuses), il est reconnu qu'elles se rencontrent très souvent, et parfois tellement abondantes qu'elles en sont caractéristiques, dans le Crétacé de plusieurs régions d'Europe et spécialement, comme il est naturel de le penser, dans les Préalpes lombardes et vénitiennes (*scaglia rossa*, calcaires bariolés, à fucoides, etc.) qui sont les régions plus voisines à celle apenninique que nous examinons à présent. Ce fait est tellement connu que nous avons vu très récemment quelques géologues marquer, dans les cartes géologiques de l'Apennin, de petites aires crétacées aux points où l'on rencontre des zones rougeâtres, tout en laissant dans l'Éocène les zones très développées argiloschisteuses gris-brunes qui, pour la plupart, se trouvent au-dessous de ces zones rougeâtres.

Enfin, entre les argiloschistes et les argiles écailleuses, l'on rencontre assez souvent, comme dans le Parmesan, dans le Modenais, dans les Apennins de Forli, d'Imola, etc., des concentrations phosphoritiques qui, quoique petites, rappellent celles qui, en bien plus grande quantité, se trouvent parfois parmi les assises crétacées de diverses régions de l'Europe et de l'Afrique septentrionale.

II. — Partant du POINT DE VUE STRATIGRAPHIQUE, l'on reconnaît assez facilement l'âge ancien de ces argiloschistes et de ces argiles écailleuses, que l'on considérerait jusqu'ici comme éocènes (liguriennes).

En effet, non seulement on peut observer partout que cette formation gît régulièrement au-dessous de l'horizon éocène bien connu des calcaires et des schistes à *Helminthoidea labyrinthica*, mais encore que là où se développent aussi les zones nummulitifères du Parisien, comme près de Bobbio, près de Velleja, dans le bas Apennin plaisantin, de Pavie, etc., l'on peut assez bien voir que les argiloschistes et les argiles écailleuses en question passent toujours nettement sous le

*Parisien* et par conséquent ne peuvent certainement pas être attribuées à l'Éocène supérieur ou moyen; et, comme le Suessonien est bien peu développé dans l'Apennin, la très puissante formation argiloschisteuse que nous examinons ici ne peut être que crétacée. De plus, si l'on observe que ces argiloschistes sont en général fortement soulevés, plissés, repliés, brisés et presque toujours séparés par de fortes transgressions stratigraphiques des terrains parisiens superposés, de manière que, entre les uns et les autres, il existe clairement un hiatus, une lacune assez importante, il reste toujours plus nettement prouvé que ces argiloschistes sont d'âge crétacé.

Enfin la partie inférieure des formations susdites repose régulièrement et souvent sans discordance, avec intercalation de grès infra-crétacés, sur les terrains jurassiques.

III. — Mais les arguments les plus solides de la thèse sus-exposée peuvent se trouver dans les DONNÉES PALÉONTOLOGIQUES, qui, quoique peu nombreuses, sont cependant très importantes. Malheureusement, les fossiles sont très rares dans la zone des argiloschistes et des argiles écailleuses en question; c'est même justement à cause de cette pauvreté paléontologique, aussi bien qu'à cause du manque d'études stratigraphiques sérieuses et par suite de la pluralité des facies lithologiques dans le même horizon géologique et enfin de la répétition des mêmes facies dans des horizons différents, que l'on a faussement interprété jusqu'ici la formation que j'ai en vue. Mais si l'on considère qu'elle a dû se déposer en des conditions généralement contraires à la vie organique, comme le prouvent avec évidence les teintes bariolées, les nombreuses et puissantes lentilles ophiolitiques accompagnées par les roches dites *épigéniques* et par une quantité de minéraux divers, tels que Hématite, Limonite, Pyrolusite, Chalcopyrite, Pyrite, etc., l'on trouvera très naturel le fait que, dans cette formation, les fossiles soient beaucoup plus rares que dans des dépôts contemporains formés dans des conditions favorables au développement de la vie animale et végétale.

Cependant l'on a déjà rencontré plusieurs fois des fossiles typiques du Crétacé parmi les argiloschistes et les argiles écailleuses de l'Apennin, mais ils ont été considérés comme représentant des fossiles remaniés et conséquemment de peu de valeur, ou bien, comme on a fait souvent dans ces dernières années, on indiqua, dans les grandes zones éocéniques, de petites aires crétacées aux places où l'on rencontrait un fossile crétacé, de manière que, en procédant ainsi, avec l'avancement des recherches et par conséquent de ces trouvailles, la carte géologique

d'une grande partie de l'Apennin italien tendrait à être représentée par une teinte générale éocénique avec de très nombreux pointillés crétacés.

En attendant que des découvertes ultérieures viennent donner de plus vastes proportions à la flore et à la faune du Crétacé de l'Apennin, nous indiquerons les découvertes paléontologiques principales faites jusqu'ici dans la formation qui forme le sujet de cette étude.

Les restes paléozoologiques que l'on rencontre dans les schistes et spécialement dans les grès que nous examinons, sont très nombreux, comme les *Nemertilithes*, les *Paleodictyon*, les *Halymenites*, les *Caulerpa*, les *Tœnidium*, etc., mais ils n'ont pas une grande importance stratigraphique en raison de ce qu'on les rencontre dans des horizons divers; cependant l'on doit noter qu'ils sont spécialement abondants — de telle sorte qu'ils sont presque caractéristiques — dans quelques formations arénacées, certainement crétacées, de l'Apennin italien (*Pietraforte* de la Toscane) et de plusieurs autres régions, surtout dans les Balkans, dans les Carpathes, etc.

Je crois nécessaire de faire remarquer ici que les empreintes appelées *Paleodictyon*, par Meneghini, en l'année 1851 (non *Paleodictyon* Heer 1865), furent, dans la suite, appelées *Glenodictyum* par W. von der Marck, qui trouva dans le Crétacé supérieur de Westphalie le *Gl. exagonum*; Matyasovszki retrouva des empreintes semblables, qu'il nomma *Gl. carpaticum*, dans le Crétacé inférieur du *Karpathen-sandstein* de Kis Lipnick dans la province de Saros. Ces empreintes sont très semblables (parfois presque identiques) aux *Paleodictyon*, spécialement au *P. Strozzi*, au-dessus duquel on trouva jusqu'à un *Inoceramus* dans le Crétacé de l'Apennin toscan; les auteurs susdits croient que ces empreintes pourraient être des restes d'Éponges, opinion que je ne crois pas pouvoir accepter, faute de preuves.

Pour ce qui regarde la Paléophytologie, nous remarquons l'abondance des Fucoïdes, spécialement du genre *Chondrites* (*Ch. intricatus*, *Ch. furcatus* etc.), que l'on rencontre dans les grès et dans les calcaires (*Alberese*) de la formation que nous étudions. Ce fait, qui se remarque cependant souvent aussi dans quelques dépôts éocéniques, est très fréquent dans les terrains crétacés de plusieurs régions d'Europe, de façon à en constituer souvent un des caractères les plus saillants. Les *Zoophycos* (*Taonurus*) aussi ne sont pas rares.

Une forme d'Algue? considérée généralement comme crétacée est le *Gleichenophycus granulatus* Mass. qui fut trouvé assez souvent parmi les calcschistes et les argiles écailleuses de l'Apennin de Bologne, dans l'Apennin de Forli, sur plusieurs points entre la vallées du Savio et de

la Foglia, sur la pointe du Granaglione, à Pennabilli, à Mosciano, ainsi que dans le Parmesan, dans le torrent Fragnoli près de Corniglio, etc.

Observons encore que, dans la partie inférieure des argiloschistes que nous examinons, on a aussi rencontré, par exemple à Montereio près de Pontremoli, des lentilles de houille, c'est-à-dire de charbon fossile à *facies* très ancien et certainement pas tertiaire.

Quant aux plantes supérieures, l'on doit noter que, parmi les argiles écailleuses de l'Apennin, il n'est pas rare de rencontrer des restes de Cycadées attribuables au genre *Raumeria* (1) presque caractéristique du Crétacé. En effet, des fragments de tronc de *R. intermedia* Ranz. ont été déjà trouvés dans l'Apennin bolonais, spécialement dans les vallées du Reno et de l'Idice; récemment M. Capellini signala un bel exemplaire de *R. masseiana* Cap. aussi dans la vallée de l'Idice et précisément près d'Ozzano dans le torrent Centonara. D'autres restes de *Raumeria* ont été recueillis dans l'Apennin d'Imola (Val Santerno), dans la Toscane, etc.; moi-même en ai reconnu quelques fragments provenant des argiles écailleuses de Val Ceno dans le Parmesan; l'Émilie est, en général, la région qui se présente jusqu'ici la plus riche sous ce rapport.

Les restes paléozoologiques sont bien plus nombreux que les restes paléophytologiques, et parmi les restes animaux il y en a d'absolument caractéristiques du Crétacé.

L'on sait que, grâce surtout à M. Pantanelli (2), on a découvert, il y a peu d'années, une faune très riche à *Radiolaires*, dans les jaspes bariolés qui accompagnent souvent les formations ophiolitiques renfermées parmi les argiloschistes et les argiles écailleuses en étude. Ces Radiolaires appartiennent spécialement aux genres *Ethmosphæra*, *Caryosphæra*, *Heliosphæra*, *Raphidococcus*, *Actinomma*, *Trematodiscus*, *Spongodiscus*, *Euchitonia*, *Cornutella*, *Spirocampe*, *Lithopera*, *Dicthiophinus*, *Polystichia*, *Stichocapsa*, *Dictyomitra*, *Lithocircus*, *Urocyrtilis*, *Adelocyrtilis*, etc.

Après les études de M. Pantanelli sur les jaspes de l'Apennin de la Toscane et de l'île d'Elbe, les recherches à ce propos s'étant beaucoup étendues, grâce particulièrement à M. Issel, à M. Trabucco, etc. (spécialement sur les jaspes et sur les calciphyres de Rovigno, de Cassagna, de Bardi, etc.), l'on a pu reconnaître que presque tous les jaspes de l'Apennin sont extraordinairement riches en restes de Radiolaires

(1) Très semblables et en partie génériquement identifiables sont les restes indiqués par les noms de *Raumeria*, *Clathropodium*, *Bennetites*, *Cycadoidea*, etc.

(2) D. Pantanelli. *I diaspri della Toscana e di loro fossili*. Mém. R. Acc. Lincei. Vol. VIII. 1880.

qui, avec leur squelette siliceux, constituent même une grande partie de la roche appelée jaspe.

Mais comme il s'agit en grande partie d'espèces et parfois même de genres nouveaux, ces restes de Radiolaires ne peuvent point fournir des données paléontologiques très certaines pour la comparaison et conséquemment pour le classement stratigraphique précis des terrains qui les renferment; c'est pour ce motif que M. Pantanelli et les autres paléontologues italiens qui s'occupèrent de ces fossiles, admettant l'opinion générale de l'âge éocénique des argiles écailleuses, des argilischistes, des jaspes, des ophiolites, etc., jugèrent ces organismes comme franchement éocéniques.

Cependant, dans ces dernières années, l'étude des Radiolaires, tant vivants que fossiles, ayant été poursuivie très activement, au dehors de l'Italie, spécialement par M. Hæckel, M. Rüst, etc., non seulement on accrut d'une façon extraordinaire le nombre des espèces et des genres, mais on parvint à reconnaître qu'ils sont bien plus fréquents à l'état fossile qu'on ne l'avait supposé jusqu'ici et qu'ils abondent particulièrement dans le Crétacé; on peut même constater que plusieurs formes des Radiolaires, considérées comme éocéniques, de l'Apennin septentrional, sont semblables et parfois identiques à celles qui se trouvent dans les terrains absolument crétacés de plusieurs parties de l'Europe; cette observation s'applique spécialement à quelques formes d'*Ethmosphæra* (*E. minuta*, etc.), de *Caryosphæra* (*C. cf. bella*), de *Dictyomitra*, etc.

Par conséquent, M. Rüst et M. Hæckel, qui se sont occupés avec tant d'intérêt des Radiolaires fossiles dans ces dernières années, exprimèrent l'opinion que les Radiolaires décrits par M. Pantanelli comme éocènes pourraient au contraire être *crétacés*; hypothèse très juste qui cependant a été généralement repoussée par les paléontologues italiens comme contraire à l'interprétation géologique acceptée jusqu'ici par rapport à l'âge des formations qui renferment les jaspes.

Les Foraminifères ne sont point rares dans quelques schistes calcaires de la formation discutée, mais ils n'ont pas été encore suffisamment étudiés jusqu'ici pour pouvoir en tirer des données certaines de comparaison. Les restes qui prédominent sont ceux des genres *Globigerina*, *Operculina*, *Orbulina*, *Textularia*, *Polystomella*, etc.

Parmi les Échinodermes, on doit noter la découverte, faite par M. Mazzetti dans les argiles écailleuses de Montese (Emilie), de restes d'*Hemipneustes*, genre spécialement abondant dans le *Crétacé*.

Quant aux Molluscoïdes, on a jusqu'à présent à peine signalé des restes peu déterminables de *Terebratula*; pourtant à Torre, au-dessus

de Traversetolo (Val del Termina) dans le Parmesan, M. Guidotti recueillit, il y a quelques années, un exemplaire de *Rhynchonella vesperilio* qui est considérée, malgré quelques controverses, comme une espèce crétacée.

Mais c'est principalement les Mollusques qui nous offrent les preuves les plus certaines de l'âge crétacé des argiloschistes et des argiles écailleuses en question. En effet, on y découvrirait depuis longtemps, et l'on y découvre continuellement des restes plus ou moins bien conservés du genre *Inoceramus* ; restes attribués à *I. Lamarcki*, *I. Cripsi*, *I. cardissoïdes*, *I. Cuvieri*, *I. problematicus*, *I. subcardissoïdes*, etc. Toutes ces attributions n'ont qu'une valeur relative, à cause du mauvais état de conservation de ces fossiles, mais il est pour le moment surtout intéressant de constater la présence de ce genre, si caractéristique du Crétacé, dans les grès et dans les argiloschistes de presque tout l'Apennin italien.

Par exemple, dans les Apennins de Voghera, le Dr Negri trouva des empreintes d'*Inoceramus* (*I. cf. Cripsi*) soit sur place, en montant de Bosmenso au Monte Bogleglio, presque au niveau de Castellaro, soit à peu de distance de cette localité, et près de Varzi, dans le lit du Staffora.

Dans le Plaisantin M. Trabucco a dernièrement découvert une empreinte d'*Inoceramus* (*I. cf. subcardissoïdes*) parmi les argiloschistes alternés dans des couches arénacées près de C. Villa (Groppallo) dans la vallée du Nure. Une empreinte d'*Inoceramus* fut aussi observée par M. de Stefani, sur un grès, au débouché de la vallée de Perino, dans la vallée de la Trebbia.

Dans les Apennins de Reggio l'on connaît les découvertes nombreuses de *Inoceramus cf. Cripsi* parmi les argiloschistes et les grès de Costa dei Grassi, aussi bien que dans la vallée de l'Enza près de Selva Nizza au confluent du Cedra.

Dans le Modenais, M. Mazzetti, spécialement, a retrouvé des empreintes d'*Inoceramus* (*I. cf. subcardissoïdes* et *I. Cripsi*) dans les environs de Montese (S. Martino et Ranocchio), à Mont Venere, à Scanello, etc.)

L'on rencontre des restes nombreux d'*Inoceramus* dans l'Apennin Bolonais, où ils avaient été déjà signalés, il y a plusieurs années, par M. de Mortillet, et où ils ont été depuis lors soigneusement recueillis par le professeur Capellini : sous ce rapport la vallée de l'Idice, et surtout la vallée du Reno, dans les environs de Porretta, sont très intéressantes.

D'autres *Inoceramus*, spécialement indiqués par M. Scarabelli, ont été recueillis dans l'Apennin de Forlì à Sogliano, à Monte Carpigna, près de Perticara, etc.

Nous notons enfin qu'on a recueilli çà et là des restes d'*Inoce-*

*ramus* parmi les grès et les argiles écailleuses de la Capitanata, du Napolitain (Valle Cervaro à l'Est d'Ariano) de la Calabre, de la Sicile, etc.

Je dois encore observer, par rapport aux *Inoceramus*, que M. Mayer a signalé, en 1887, (*Journal de Conchyliologie*), une empreinte trouvée par lui dans les excavations faites à Gênes pour l'agrandissement de la rue Roma, et qu'il a appelée *I. Isseli*, la comparant à l'*I. labiatus* du Turo-nien. Le dessin de cette empreinte laisse fortement suspecter qu'il ne s'agit pas d'un *Inoceramus*; mais si une telle attribution générique était exacte, et si le fossile a été recueilli en place, je serais plutôt porté à admettre un affleurement de *Crétacé* dans Gênes — comme d'ailleurs il en existe à l'Est et à l'Ouest de cette ville — que d'accepter, comme le fait M. Mayer, que les *Inoceramus* puissent se trouver également dans l'Éocène.

L'on a découvert également quelques *Hippurites* parmi les grès de la formation géologique en étude, quoique ces restes soient pourtant jusqu'ici très rares; ce qui dépend, je pense, de la fixité de ces animaux, qui, naturellement, ne pouvaient pas se développer dans un milieu aussi peu propice à la vie que celui dans lequel se déposèrent les formations ophiolitiques que nous examinons ici. Des restes d'*Hippurites* ont été signalés déjà dans le Bolonais et dans l'Apennin méridional où, dans la vallée du Cervaro, à l'Est d'Ariano, on a trouvé une *Hippurites cf. cornupastoris* dans une couche de grès.

Moins rares, fréquentes même relativement, sont les découvertes de restes d'*Ammonitides* parmi les argiles écailleuses et les argilischistes de l'Apennin; mais comme il s'agit presque toujours d'empreintes mal conservées, leur détermination est souvent incertaine et il est même probable que quelques-uns des exemplaires, rangés parmi les espèces jurassiques ou liasiques, devront, à la suite d'études plus minutieuses, être attribués à des formes crétacées.

Dans la Ligurie, depuis bien des années déjà, M. Pareto signala la découverte d'une Ammonite de type crétacé dans un grès brun, ferrifère, près de S. Olcese; mais la présence de ce fossile étant en opposition avec les idées géologiques que l'on avait sur cette région, l'on n'a point donné à cette découverte l'importance qu'elle a effectivement.

Dans les Apennins de Voghera, M. Balsamo Crivelli a trouvé, depuis longtemps dans le lit du Staffora, une empreinte d'Ammonite actuellement conservée dans le musée géologique de Pavie.

Dans le Parmesan, les découvertes d'Ammonites ne sont pas rares: j'en ai pu observer quatre ou cinq empreintes recueillies parmi les argiles écailleuses de Val Ceno et de Val Dordone, confluent du Taro.

Dans la vallée de l'Enza, au confluent du torrent Bardea, près de Ranzano, depuis assez longtemps M. Guidotti a trouvé, parmi les cailloux du fleuve, une Ammonite; cependant cet exemplaire a été attribué à un *Harpoceras* (*H. boscensis* ou *H. radians*) et par conséquent, si cette détermination est exacte, le fossile en question provient de quelque affleurement jurassique de la haute vallée de l'Enza.

Dans les Apennins de Reggio, on a trouvé, dans des couches de grès, près de Costa dei Grassi, des restes d'Ammonites que M. Mantovani, qui fut le premier à signaler ce fossile, appelait *Ammonites eocenicus*!

Dans le Modenais, on trouva des restes d'*Acanthoceras*, genre absolument crétacé, dans la vallée de la Secchia; une découverte spécialement intéressante fut celle d'un bel exemplaire d'*Acanthoceras Mantelli* (espèce *cénomanienn*e) dans un grès parmi les argiles écailleuses à Rocca Corneta, sur la droite du Dardagna.

Des restes nombreux d'Ammonites ont été signalés, d'abord par M. de Mortillet et ensuite spécialement par M. Capellini, dans les grès calcaires et parmi les argiles écailleuses de l'Appennin bolonais; comme, par exemple, dans la vallée du Reno à Casale, près de Porretta, etc.

L'Ammonite de Rio Muro, près de Porretta, est une *Schloenbachia* (*Schl. cf. goupiliana*), genre crétacé. D'autres restes d'*Acanthoceras* (*A. cf. complures*, etc.) ont été aussi recueillis en des points divers de la province de Massa, près de Vagli, etc.

Dans les Apennins de Forlì, on a signalé, spécialement près de Sogliano et à M<sup>t</sup> Carpegna, plusieurs empreintes d'Ammonites, attribuables aussi en partie à l'*Acanthoceras Mantelli*. Cette espèce a été trouvée à Ca di Panico, près Ripa Canea sur la Marecchia.

L'on a trouvé aussi, dans l'Urbinate, des Ammonites entre S. Marino et S. Leo. D'autres restes d'Ammonitidés ont été rencontrés également dans les argiloschistes de l'Apennin méridional, spécialement en Capitanata, en Calabre (Contrada S. Giorgio sous Brancaleone, Ferruzzano, Contrada Gutta, etc.), aussi bien qu'en Sicile (Contrada Magliardo, Scellato, etc.). Pour la plus grande partie, ces restes sont attribuables à l'*Acanthoceras Mantelli*.

Du genre *Hamites*, si caractéristique du Crétacé, on a aussi trouvé quelques restes dans l'Apennin de l'Emilie, à Torre sur Traversetolo dans la vallée du Termina et à Costa dei Grassi; j'en observai moi-même une empreinte dans un grès recueilli parmi les argiles écailleuses de Val Ceno, près de Fornovo di Taro, dans le Parmesan. On en a signalé aussi dans le Modenais, près de Montese.

On en a trouvé d'autres encore dans le Bolonais, spécialement dans les vallées du Reno et de l'Idice, dans les environs de Porretta, etc. ; on les a attribuées principalement à *Hamites Michellii*.

Depuis longtemps déjà, on a découvert à Vezzano, près de Spezia, dans une couche de grès parmi la formation argilo-schisteuse que nous examinons, un exemplaire fort beau de *Turrilites*, genre exclusivement crétacé.

L'on doit noter enfin, relativement aux *Ammonitidés*, que dans le Bolonais on a observé aussi des restes attribuables, avec quelque doute cependant, par suite de leur mauvais état de conservation, au genre *Scaphites*, tout à fait typique du Crétacé. Plus douteux encore sont les restes que l'on peut attribuer peut-être aux *Toxoceras*, *Baculites*, *Ancyloceras*, etc., et que nous indiquons simplement, sans leur donner d'importance, quoiqu'il s'agisse de formes absolument crétacées.

Les restes de Vertébrés ne manquent pas dans la formation géologique en étude; en effet, on a trouvé déjà en diverses localités des restes variés de poissons, spécialement des dents d'*Oxyrhina Mantelli*, forme essentiellement crétacée; ces découvertes ont été faites près de Gênes, au Rio delle Caselle, à Casale, près de Bombiana dans le Bolonais, etc.

L'on doit noter aussi quelques restes de *Lamna*, d'*Otodus*, de *Carcharodon*, de *Notidanus*, mais surtout ceux de *Ptychodus* à facies crétacé (*Pt. cf. polygyrus*), et d'*Otodus appendiculatus* trouvés dans quelques points de l'Apennin septentrional, par exemple dans les argiles écailleuses de Porretta, etc. Le *Ptychodus cf. polygyrus* a été recueilli dans l'Emilie, près de Montese, à Ca di Mattiozzo.

L'on a rencontré, il y a peu d'années, dans le Rio Marangone (Modénais) un débris mal conservé de Crocodile, probablement aussi crétacé.

Enfin, comme si tous les fossiles mentionnés jusqu'ici ne pouvaient suffire à établir l'âge crétacé des formations argiloschisteuses qui les renferment, on a découvert récemment à Gombola, près de Pallerano, parmi les argiles écailleuses de l'Emilie (Lama di Macogno) sur la gauche du T. Rossena, affluent de la Secchia, un crâne de Saurien que M. Capellini, dans un ouvrage important (1) a démontré appartenir à l'*Ichthyosaurus campylodon*, forme absolument crétacée, et spécialement *cénomanienne*.

Or, si l'on considère la quantité assez notable de restes végétaux et animaux, presque tous caractéristiques du Crétacé, qui a été ren-

(1) G. Capellini. *Ichthyosaurus campylodon Tronchi di Cicadee*, etc. Mém. Regio Istit. Bologna. — Serie IV, tomo X, 1890.

contrée dans la formation des argiloschistes, des grès, des argiles écailleuses, etc., qui constituent une grande partie de l'Apennin italien, il semble presque impossible qu'on ait pu, jusqu'à ce jour, la considérer comme éocénique. Il est bien vrai que, par suite des nombreuses découvertes caractéristiques faites parmi les argiles écailleuses, elles ont déjà été considérées en partie comme crétacées par quelques géologues, tels que Doderlein, Scarabelli, Seguenza, Capellini, etc., mais cette manière de voir, soit pour avoir été exposée avec doute, ou pour avoir été fondée sur des découvertes rares, localisées et parfois de provenance douteuse, a été seulement acceptée jusqu'à présent par un petit nombre de savants et toujours partiellement pour certaines localités restreintes; de sorte que, même dans les cartes géologiques les plus récentes, nous voyons indiquées presque complètement comme éocéniques les aires occupées en grande partie par les formations crétacées que nous étudions dans cette note.

D'après les faits exposés ci-dessus, il me paraît assez prouvé que: soit les argiloschistes (avec les bancs arénacés (*macigno*) et les calcaires (*calcare alberese*), les calcaires gréseux etc. qui y sont annexés) si développés dans l'Apennin génois, où ils constituent une grande partie du *Ligurien* typique de Mayer; soit les argiles écailleuses (*argille scagliose* et *galestri*) qui leur sont contemporaines, ou à peu près, et qui constituent une grande partie de l'Apennin italien, doivent être attribués, non pas à l'Éocène, mais au Crétacé.

Quant à la subdivision en sous-étages de cette masse très puissante de terrains, nous manquons encore, pour l'effectuer, de données paléontologiques suffisantes: nous pouvons dire seulement en général qu'une grande partie des argiloschistes et des argiles écailleuses, avec les bancs et les couches gréseuses, calcaires et jaspoides, avec les puissantes lentilles ophiolitiques, etc., doivent se rapporter au *Cénomanién*; une partie des argiloschistes et des étages arénacés avec des restes plus fréquents d'*Inoceramus* est attribuable au *Turonien*, tandis que la partie supérieure des argiloschistes et des argiles écailleuses avec petites lentilles ophiolitiques, et avec les puissantes formations de grès (*Macigno*) qui y sont renfermées, peuvent se rattacher au *Sénonien*.

Pour les schistes ardoisiers (*lavagne*) qui, dans la Ligurie, forment l'horizon supérieur de la série examinée, ils sont peut-être référables en partie au *Danien*, tandis qu'ils appartiennent certainement aussi en partie à l'Éocène.

Pour continuer maintenant l'examen de la formation géologique complexe comprise jusqu'ici dans le *Ligurien*, nous devons indiquer

que, au-dessus de la puissante assise des terrains sus-examinés et qui se rapportent au *Crétacé*, là où n'existent dans ce point de la série stratigraphique ni discordances ni lacunes plus ou moins notables, l'on trouve des schistes ardoisiers (*lavagne*), des schistes marneux-arénacés plus ou moins compactes, des marnes écailleuses brunâtres avec des bancs calcaires arénacés, etc.; ces formations sont de classification incertaine, pouvant être attribuées en partie au *Danien*, en partie au *Suessonien* et en partie aussi au *Parisien* inférieur; peut-être dans l'avenir on devra attribuer une grande partie de cette zone de transition à l'étage *suessonien*, mais pour le moment on manque absolument de fossiles pour bien la classer.

Il est à noter cependant que, dans d'autres régions, comme les Carpathes par exemple, où le Crétacé et l'Éocène ont un facies semblable à celui de l'Apennin italien, il existe également entre ces deux terrains une formation *incertae sedis*, peut-être en partie suessonienne. Les fossiles eux-mêmes ne peuvent pas toujours résoudre la question; en effet, pour citer un exemple, M. Mayer, dans sa « Faune miraculeuse du Londinien d'Appenzel. 1890 », attribue à l'Éocène inférieur une formation qui contient, avec beaucoup de fossiles éocéniques, des restes d'*Inoceramus* et de *Baculites*. On pourrait émettre des considérations analogues pour les schistes de Wang, etc.

Remontant dans la série stratigraphique, on rencontre dans plusieurs points de l'Apennin septentrional, spécialement dans celui de Pavie, dans le Plaisantin, le Parmesan, etc., un horizon de marnes friables, grises ou blanchâtres et parfois aussi bariolées, alternant souvent avec des bancs de grès et de calcaires arénacés, ou avec des lits calcaires, horizon qui renferme assez souvent une faune riche et intéressante, représentée principalement par des *Nummulites* (*N. biarritzensis*, *N. Lamarcki*, *N. cf. scabra*, *N. lucasana*, etc.), par des *Assilina* (*A. exponens*, *A. granulosa*), par des *Orbitoïdes*, par des *Alveolina*, par des restes d'Echinides, de Crinoïdes, de Bryozoaires, des dents de poissons, etc. On y rencontre aussi très fréquemment des concrétions calcaires de *Lithothamnium*. Comme ces découvertes paléontologiques sont de date assez récente, et même pour la plus grande partie ont été faites pendant les levés que j'ai accomplis dans ces trois dernières années, les fossiles sus-indiqués n'ont pas encore pu être étudiés soigneusement; mais, même après un examen paléontologique sommaire, il résulte clairement qu'il s'agit de l'horizon *parisien* et d'un étage qui me paraît assez bien comparable à l'horizon nummulitique bien connu (*Nicéen* de Pareto, 1865) qui, dans les régions alpines, se trouve généralement entre le Crétacé et la formation éocénique connue par le nom général

de *Flysch* (1). En effet, dans l'Apennin que nous examinons, soit directement sur les formations crétacées par suite d'une transgression stratigraphique — comme c'est souvent le cas — soit sur la formation nummulitique susdite, on trouve aussi presque partout des zones ou plaques, plus ou moins larges, plus ou moins puissantes, de schistes, de grès et de calcaires marneux gris-blanchâtres, en général nettement stratifiées — constituant presque toujours des régions élevées, et souvent escarpées — bien connues par les géologues sous le nom de *Calcaires à fucoïdes*, *Calcaires à Helminthoidea labyrinthica*, etc., à cause des nombreuses empreintes, en partie caractéristiques, qu'ils contiennent.

Cette formation importante correspond certainement à la zone puissante nommée *Flysch* (ou mieux *Flysch* typique de Escher de la Linth) qui se trouve si développée dans la région alpine au-dessus des bancs nummulitiques.

Or, en éliminant du Ligurien la formation très puissante des argilo-schistes, des argiles écailleuses, etc., que nous attribuons au Crétacé, il semble naturel que la typique série susdite, marneuse-calcaire (*Flysch*) à *Helminthoidea labyrinthica* doive au moins représenter le Ligurien, comme l'étage supérieur de l'Éocène. Mais les choses se passent en réalité bien autrement.

En effet, déjà dans mon étude du Bassin tertiaire du Piémont, j'ai eu à m'occuper assez minutieusement d'un horizon géologique caractéristique, quoique peu puissant, constitué essentiellement par des marnes friables, grisâtres, avec de minces couches irrégulièrement disposées de calcaire spathique, et des bancs et des lentilles calcaires d'origine organique, horizon très important au point de vue paléontologique parce qu'il renferme çà et là une flore riche de *Carpolithes*, *Zoophicos*, *Lithothamnium*, etc., aussi bien qu'une faune typique de Nummulites (*N. complanata*, *N. distans*, *N. Tchihatcheffi*, *N. Guettardi*, *N. biarritzensis*, *N. striata*, *N. variolaria*, *N. Boucheri*, *N. Rouaulti*, etc., d'Orbitoïdes (*O. radians*, *O. stellata*, *O. papyracea*, *O. ephyppium*, *O. patellaris*, *O. priabonensis*, *O. stella*, etc.), d'Operculines, d'Hétérostégines, de Robulines, etc., d'Anthozoaires, d'Echinodermes (*Conocrinus Suessi*, *Cidaris*, *Echinolampas*, *Echinanthus*), de Vers (*Serpula spirulæa*), de Molluscoïdes, de Mollusques (*Ostræa Martinsi*,

(1) Les diverses zones nummulitiques qui furent signalées par quelques géologues dans la série des schistes, des calcaires et des grès éocéniques de l'Apennin de l'Italie, sont probablement explicables en grande partie par des phénomènes stratigraphiques, spécialement par des synclinaux, ainsi que, pour citer un exemple, c'est peut-être le cas pour le fait indiqué par M. Lotti, « LOTTI, *Sopra un nuovo piano di Calcarea nummulitico*. Boll. Com. Géol. Ital. X, 1879. »

*O. gigantea*, *Scalaria*, etc.), de Poissons (*Carcharodon*, *Oxyrhina*, *Otodus*) etc., etc.

En se basant sur ces nombreuses et caractéristiques données paléontologiques, il est certain que la formation géologique en question, contemporaine de l'horizon déjà connu de Priabona, correspond à l'étage *Bartonien*, étage que Mayer institua en 1857, le fondant sur la formation bien connue de *Barton Clay* en Angleterre et l'indiquant dans la série stratigraphique comme *inférieur* au *Ligurien*.

En étudiant donc attentivement le développement de cette formation *bartonienne* dans l'Apennin septentrional, où elle est assez amplement représentée, mais moins fossilifère que dans la colline Turin-Casal, qui est pourtant un simple prolongement de l'Apennin, je pus constater avec une certitude complète : 1° que, dans sa partie supérieure, le *Bartonien* passe souvent tout à fait insensiblement, sans aucun *hiatus*, au *Tongrien* typique (caractéristique lithologiquement et aussi paléontologiquement par les Nummulites, etc.); 2° que, au contraire, dans sa partie inférieure la formation *bartonienne* s'appuie presque toujours transgressivement sur les argiloschistes crétacés, mais, dans quelques régions, elle repose régulièrement au-dessus des schistes et des calcaires marneux à *Helminthoidea labyrinthica*, c'est-à-dire sur l'étage appelé *Ligurien* (Flysch), même quand on le considère dans son sens plus étroit.

Il résulte donc clairement que :

1° Le *Bartonien* représente l'Éocène supérieur et repose *sur* et non *sous* le *Ligurien* ;

2° Le *Ligurien* (1857) représente (outre le Crétacé, comme nous l'avons vu), l'Éocène moyen, et, correspondant par conséquent au *Pari-sien* (1820), il doit être absolument rayé de la série des étages tertiaires.

D'ailleurs, par l'examen des fossiles et des terrains et par les rapports que m'ont gracieusement fournis mes amis, MM. Reid, Harris, Rutot et Van den Broeck, etc., c'est-à-dire les savants qui se sont occupés récemment, et avec un jugement comparatif plus vaste, du *Bartonien* d'Angleterre, qui est synchronique du *Wemmélien* belge, j'ai pu me convaincre que le *Barton Clay* typique, sur lequel Mayer a fondé l'étage *bartonien*, représente l'Éocène supérieur et passe graduellement dans sa partie supérieure à l'Oligocène, d'une manière assez semblable à ce qui se vérifie dans l'Apennin italien.

Il s'ensuit donc la conclusion, très naturelle et digne de foi, à laquelle je suis parvenu par mes études dans l'Apennin septentrional, savoir que le *Bartonien* n'est pas placé au-dessous de l'étage éocénique supérieur, dit *Ligurien*, comme on l'a cru jusqu'ici, mais qu'il représente lui-même l'horizon supérieur de l'Éocène.

Entre le *Bartonien* et le *Tongrien*, on trouve souvent une zone spéciale le *Sextien* (peut-être parallélisable à l'*Asschien* belge) véritable horizon de passage entre l'Éocène et l'Oligocène.

Les détails que je viens d'exposer à l'appui de mon opinion, se trouvent dans la carte géologique au 1/100000 et dans la description géologique générale de l'Apennin septentrional. Pour compléter les observations sus-indiquées, j'ai dressé le résumé stratigraphique qui se trouve à la fin de cette note.

#### AGE DES FORMATIONS OPHIOLITQUES.

Sous le nom de *formation ophiolitique*, j'entends indiquer un ensemble de roches très variées soit comme structure, soit comme constitution chimique, soit comme apparence extérieure, mais qui se trouvent souvent intimement associées, et passent des unes aux autres avec de nombreuses transitions; géologiquement on peut pourtant les considérer, en général, comme constituant une formation unique, que, suivant l'ancienne dénomination ( $\sigma\phi\iota\lambda\iota\tau\eta\varsigma$ ) des naturalistes grecs et romains (Dioscoride, Vitruve, Pline), nous pouvons appeler ophiolitique. Les principaux représentants de cette formation sont les Serpentes, les Diabases plus ou moins altérées (*Gabbro* des auteurs italiens), les Euphotides (*Gabbro* des auteurs non italiens), les Péridotites, Saxonites, Lherzolites, Dunites, Picrites, Wehrlites, Harzburgites, Banatites, Limburgites, Hypérites, Épidiorites, Diallagites, Théralites, Teschenites, Timazites, Variolites, Granites, etc., etc.

Si la question d'origine des formations ophiolitiques n'est pas encore résolue d'une manière satisfaisante, les géologues, par contre, sont généralement d'accord dans l'opinion qu'elles se sont formées spécialement pendant deux époques géologiques différentes, dont l'une ancienne, archéenne; l'autre, récente, tertiaire. Il peut toutefois exister aussi des roches ophiolitiques d'autres âges.

Quant aux formations ophiolitiques anciennes, je dirai seulement que, dans la région des Alpes italiennes, elles semblent essentiellement développées et caractéristiques des terrains huroniens (donnant à ce nom la plus large signification).

Pour les formations ophiolitiques récentes, la plupart des géologues admettent maintenant qu'elles appartiennent à l'Éocène, à l'Éocène supérieur même, et remontent jusqu'à l'Oligocène, selon plusieurs auteurs. Dans la conférence qui fut faite à Bologne sur ce sujet, le 30 septembre 1881, à l'occasion du second Congrès géologique international, presque tous les géologues italiens et étrangers s'accordèrent pour

admettre comme un fait acquis que les Serpentes récentes sont indubitablement éocéniques. L'on peut consulter à ce propos les ouvrages anciens de Brongniart, Pilla, Savi, Viviani, Ferber, Burat, Fournet, Pareto, Meneghini, etc., et ceux récents de Lotti, Taramelli, Capacci, Issel, Mazzuoli, Pellati, Cossa, Perazzi, Cocchi, Botti, Bonney, Corsi, Di Poggio, Berwerth, D'Achiardi, Capellini, Pantanelli, etc., mais spécialement ceux de De Stefani qui, outre de nombreux ouvrages à ce propos, eut à s'en occuper expressément dans ces derniers temps dans son mémoire : « *Le rocce eruttive dell' Eocene superiore nell' Apennino*, B. S. G. S. — 1889. »

Or, comme les études minutieuses que j'ai achevées dernièrement sur l'Apennin septentrional italien (région typique pour les formations ophiolitiques récentes), m'ont amené à des conclusions bien différentes de celles adoptées généralement par les auteurs ci-dessus, j'ai cru de mon devoir de les indiquer synthétiquement dans cette note.

D'après ce que je viens d'exposer dans le chapitre précédent, il résulte clairement que, à l'exception des affleurements peu étendus de terrains jurassiques et plus anciens, et des zones plus ou moins étendues de formations miocéniques, pliocéniques et quaternaires, l'Apennin septentrional, typique pour le grand développement des Ophiolites récentes, est constitué essentiellement de la manière suivante :

Oligocène . .	Tongrien et Sextien	Marnes et grès lignitifères.
	Bartonien . . .	Marnes grises friables à <i>Nummulites</i> , <i>Orbitoides</i> , <i>Lithothamnium</i> .
Éocène . . .	Parisien . . .	{ Calcaires marneux et schistes à <i>Fucoïdes</i> , à <i>Helminthoidea labyrinthica</i> , etc.
		{ Marnes et Calcaires à <i>Nummulites</i> , <i>Assilines</i> , <i>Orbitoides</i> , <i>Alvéolines</i> , etc.
		{ Suessonien . . . Argiloschistes, etc.
Crétacé . . . . .		{ Schistes bruns, grès ( <i>Macigno</i> ), argilo-schistes, argiles écailleuses ( <i>argille scagliose</i> , <i>argille galestrine</i> ), Calcaires ( <i>alberese</i> ), Jaspes, etc., avec <i>Ammonites</i> , <i>Inoceramus</i> , etc.
		{ Infra-crétacé . . . . . Bâncs puissants de grès ( <i>Macigno</i> ).
Jurassique . . . . .		{ Schistes, argilo-calcaires rouges et grisâtres, à <i>Belemnites</i> , à <i>Aptychus</i> , etc.

Or, le travail de levé géologique minutieux fait dans l'Apennin septentrional m'a prouvé que c'est précisément dans l'horizon crétacé et jamais au-dessus ni au-dessous, quoique à des niveaux divers, que l'on trouve les formations ophiolitiques avec leurs roches épigéniques concomitantes. De ce que jusqu'ici on considérait généralement comme éocéniques les argiloschistes et les terrains analogues, ces formations

serpentineuses se classaient naturellement aussi comme éocéniques ; mais si ces terrains sont crétacés, ainsi qu'il me paraît absolument prouvé, on doit considérer comme également crétacées les formations ophiolitiques qui s'y trouvent renfermées ; cette idée, je l'indiquais déjà dans mon étude : *Bacino terziario e Quaternario del Piemonte* 1889-90 où, à la page 933, je disais : *I miei studi recenti mi porterebbero invece a collocar nel cretaceo quasi tutte le così dette serpentine eoceniche* (1).

Quant au fait avancé par d'éminents géologues (ce qui a contribué par conséquent à nous maintenir pendant longtemps dans une interprétation stratigraphique erronée) savoir, que l'on observe des formations serpentineuses *au-dessus* de terrains nummulitifères, je dois de suite faire observer que, dans toutes les localités indiquées comme classiques sous ce rapport, et que je visitai (par exemple S. Martino de Bobbio, citée par M. Taramelli), l'examen stratigraphique consciencieux m'a prouvé absolument que, même dans ces régions, les serpentines passent nettement *sous* les étages nummulitiques ; il est vrai pourtant que dans certaines régions, par suite d'une transgression stratigraphique, les terrains éocéniques, fortement redressés, s'appuient sur les ophiolites, de telle manière que, en examinant le fait superficiellement, l'on peut se tromper sur le rapport stratigraphique réciproque de ces terrains.

Cependant, après avoir écarté la susdite interprétation stratigraphique erronée et avoir admis l'âge crétacé des terrains parmi lesquels on trouve les formations ophiolitiques, ces formations étant considérées comme des roches éruptives par la plupart des géologues, on peut encore se trouver dans l'incertitude par rapport à l'époque à laquelle elles sont venues au jour. De fait, elles sont considérées par plusieurs géologues comme ayant apparu à diverses époques dans l'Éocène et jusque dans le Miocène ; et même les géologues qui considéreraient déjà les argiles écailleuses comme crétacées, tels que M. Doderlein, parlant des serpentines qui y sont renfermées, les jugèrent plus récentes, éocéniques, et formées par des éruptions diverses.

La solution de la question de l'origine intime des formations ophiolitiques appartient au chimiste-lithologue et sort, par conséquent, des limites de cette note ; mais s'il est permis à celui qui a relevé plusieurs centaines d'affleurements ophiolitiques, en étudiant leur manière de se présenteret leurs rapports avec les terrains qui les encaissent ; s'il lui est permis, dis-je, d'exprimer une opinion à ce propos, je dirai que : en

(1) «... Mes études récentes me porteraient au contraire à placer dans le Crétacé presque toutes les formations de serpentines dites éocéniques. »

considérant que les formations ophiolitiques se présentent non pas en dykes ou filons, mais toujours en lentilles plus ou moins étendues, interstratifiées dans les schistes qui les englobent; qu'elles sont alternées parfois à plusieurs reprises et en concordance avec les argiloschistes; qu'elles sont étendues quelquefois de manière à former des bancs de plus d'un kilomètre de longueur, ce qui fait exclure, à mon avis, l'origine dite *laccolithique*. Considérant, en outre, que la pâte ophiolitique paraît parfois faire passage à la pâte argileuse des schistes, souvent bariolés, parmi lesquels elle se trouve régulièrement interstratifiée; considérant de plus les rapports que les ophiolites et les roches analogues montrent avec les terrains qui les renferment, je crois pouvoir conclure que :

1<sup>o</sup> Les formations ophiolitiques se sont formées par des phénomènes thermo-chimiques, sous forme d'une espèce de pâte boueuse constituée spécialement de silicates magnésiques, à température assez haute, et dans des régions sous-marines assez profondes;

2<sup>o</sup> Les formations ophiolitiques sont d'une origine contemporaine aux dépôts des argiloschistes et des argiles écailleuses qui les englobent et sont, elles aussi, par conséquent, d'âge crétacé.

Comme complément de cette étude, je crois devoir encore indiquer les régions principales où l'on rencontre les formations ophiolitiques récentes, puisque de cet examen il résultera, avec une évidence plus grande, la preuve de l'âge crétacé de ces formations.

Il ne paraît point exister en Italie de masses ophiolitiques récentes dans la région alpine: il est vrai cependant que dans le Piémont, près de Rivara canavese, MM. Issel et De Stefani ont déjà signalé des zones serpentineuses qui, à cause de leur proximité des schistes à Radio-laires, considérés comme éocéniques, furent aussi rattachés à l'Éocène; mais probablement les schistes argileux jaspoïdes de Rivara sont bien plus anciens, peut-être primaires.

Dans les collines de Turin-Casal il y a deux localités: Cocconato et Piancerreto, où affleurent de petites lentilles ophiolitiques récentes, c'est-à-dire crétacées.

Dans l'Apennin septentrional, à l'Est du grand développement ophiolitique tout à fait typique récent, qui s'étend de la Ligurie aux collines de Pavie, nous voyons les lentilles ophiolitiques apparaître extraordinairement abondantes, quoique ordinairement petites, dans l'Apennin de Parme, de Reggio, de Modène, de Bologne et d'Imola; c'est-à-dire dans l'Émilie et dans la Romagne occidentale. Dans toute cette région, les masses ophiolitiques se trouvent toujours parmi les argiloschistes

et les argiles écaillées à *Ammonites*, *Inoceramus*, *Ichtyosaurus*, etc., couvertes çà et là par des terrains parisiens, comme d'ordinaire.

Autour de la grande émergence des terrains primaires et secondaires qui constituent les Alpes Apuanes, s'étend aussi la formation des argilo-schistes avec des lentilles ophiolitiques, granitiques, etc., qu'elle englobe çà et là.

Dans cette région, sont spécialement fameux, sous le rapport des ophiolites, les environs de Castelnuovo, de Garfagnana dans la vallée du Serchio, car ils ont été l'objet d'études très minutieuses de la part de M. De Stefani. C'est même spécialement dans cette région que ce géologue a cru pouvoir établir l'âge éocénique supérieur des formations ophiolitiques. Mais, à dire vrai, il me semble que dans cette région on peut vérifier des faits semblables à ceux indiqués pour l'Apennin de la Ligurie; nous voyons en effet, que dans cette région les Euphotides, les Saxonites, les Diabases, les Granites, etc., apparaissent parmi les schistes argileux (*galestri*) et les grès, que je crois appartenir, non pas à l'Éocène supérieur, mais bien au Crétacé. En effet, ces terrains sont couverts par les grandes et puissantes plaques de calcaires arénacés à Fucoïdes, c'est-à-dire, par le Parisien, constituant les masses montueuses de Volsci, Brucchiella, Sillico, etc. De plus, à la base de ces formations parisiennes apparaissent çà et là des zones nummulitifères, comme à Secca, à Ceserana, à Sassi, etc. Par conséquent cette région, typique pour les études faites sur les masses ophiolitiques, me paraît confirmer, plutôt que combattre, la théorie exposée dans cette note.

En Toscane, les masses ophiolitiques sont assez développées, tant au Nord qu'au Sud de Florence, spécialement dans les localités bien connues de Monte-Ferrato, Impruneta, etc.; elles se trouvent toujours parmi les schistes argileux et arénacés qui ont été attribués jusqu'à ce jour à l'Éocène, quoique étroitement liés aux formations arénacées voisines (*Macigno*, *Pietraforte*, etc.) qui, pour leurs fossiles caractéristiques, sont considérées, depuis plusieurs années, comme absolument crétacées.

Le développement des lentilles ophiolitiques entre la basse vallée de l'Arno, dans la Toscane méridionale, et la région volcanique de la campagne de Rome est très importante; en effet, on en trouve en très grande quantité, parfois même en masses fort considérables, dans les Apennins de Livorno, de Rosignano, de Volterra, de Gabbro, de Siena, de Montalcino, de Santa-Fiora, de Montiano, etc., toujours parmi les argiloschistes comme d'ordinaire, excepté dans quelques points, spécialement dans les Apennins de Siena, où les masses ophiolitiques, par suite de leur plus grande dureté et de leur résistance à l'érosion, viennent au jour apparemment parmi les terrains pliocéniques.

Etroitement reliée à la grande zone ophiolitique que je viens d'indiquer, on trouve la formation analogue qui se développe assez largement dans l'île d'Elbe, surtout dans sa partie orientale. Là aussi, cependant, quoique la région ait été très soigneusement et à plusieurs reprises étudiée par des géologues éminents, italiens et étrangers, les masses ophiolitiques (Euphotidé, Diabase, Serpentine, Granits, etc.), avec les schistes, les grès, les calcaires, les jaspes à Radiolaires, les phtanites, etc., qui les englobent, sont attribuées généralement à l'Éocène; M. Reyer cependant les a déjà très judicieusement considérées comme crétacées. Ces formations sont placées sous les calcaires nummulitiques du Parisien et s'appuient directement sur les terrains anciens, de la même manière que cela a lieu dans quelques régions de l'Apennin septentrional.

Dans la haute vallée du Tevere, nous retrouvons les formations ophiolitiques dans des conditions semblables à celles de l'Apennin septentrional, près de Pieve di S. Stefano, Caprese, etc.

Dans l'Apennin de Rimini, au Val Marecchia, l'on rencontre parmi les argiles écailleuses, d'autres petits affleurements ophiolitiques de peu d'importance. Dans l'Ombrie M. Verri, qui y fit des études minutieuses, a constaté que les formations renfermant des zones ophiolitiques restent toujours au-dessous des terrains nummulitiques, comme au M. Amiata et en Valdichiana.

Entre l'Ombrie et les Marches, on voit encore des lentilles ophiolitiques parmi les argiloschistes crétacés, mais considérés jusqu'à présent comme éocéniques, spécialement dans la vallée du Chioggio, près de Gubbio, etc.

Récemment, on a découvert un petit affleurement ophiolitique dans les argiloschistes du Napolitain, près d'Avellino.

Enfin, une dernière zone d'affleurement de petites masses ophiolitiques récentes peut s'observer dans la Basilicate entre Latronico et Castelluccio, et en ce cas aussi ces ophiolites sont interstratifiées avec des argiloschistes et des grès considérés jusqu'ici éocéniques, mais qui semblent se relier aux zones voisines reconnues depuis longtemps comme crétacées.

En considérant le développement des formations ophiolitiques récentes en Italie, l'on doit noter qu'il a son maximum dans l'Apennin septentrional et qu'il va diminuant graduellement dans l'Apennin central jusqu'à être réduit à de très rares affleurements dans la partie méridionale; ce fait nous prouve que le phénomène qui donna origine aux masses ophiolitiques, de quelque manière que l'on veuille l'interpréter, eut son centre principal là justement où, par un puissant soulèvement postérieur, pointa l'Apennin septentrional.

Comme conséquence de ce qu'on a exposé dans les pages précédentes, nous devons faire observer que si la théorie développée dans cette note est acceptée, savoir que la zone puissante des argiloschistes et des formations concomitantes qui renferment les masses ophiolitiques sont d'âge crétacé et non d'âge éocénique, comme l'on croit en général aujourd'hui, la carte géologique de l'Italie devra subir dans l'avenir des modifications profondes, dans la région apenninique, devant attribuer au Crétacé (recouvert pourtant de nombreuses plaques éocéniques), des zones très étendues que l'on considère maintenant comme exclusivement éocéniques.

Les formations ophiolitiques sont généralement beaucoup moins développées hors de l'Italie, et on en interpréta diversement l'âge ; j'en indiquerai brièvement quelques-unes.

En Suisse, la formation indiquée sous le nom compréhensif de *Flysch* (nom employé vulgairement dans le Simmenthal pour indiquer des schistes marneux, arénacés, qui se délitent (*fiessen*) facilement), est, comme l'on sait, très développée.

Escher de la Linth employa cette appellation pour indiquer uniquement les formations qui se trouvent au-dessus des zones nummulitiques ; par contre, Studer, et, en général, les géologues suisses étendirent ce nom à toutes les formations de semblable nature argilo-arénacée, même si elles étaient plus anciennes que l'horizon nummulitique. Si la délimitation prudente employée par Escher de la Linth avait été suivie on eût épargné un grand travail de révision que l'on devra faire dans des régions nombreuses et étendues de la Suisse ; en effet, tandis que le *Flysch* typique (*stricto sensu*) d'Escher correspond au *Parisien*, les formations analogues confondues avec le *Flysch*, mais placées sous l'horizon nummulitique parisien (qui, par suite d'une plus grande confusion fut parfois attribué erronément au Bartonien), doivent, crois-je, appartenir en grande partie au *Crétacé*.

Probablement sont aussi crétacées les zones de *Flysch* qui renferment des lentilles de gypse, de cargneule et de dolomie, avec des schistes rouges verdâtres, des grès (*Macigno*) et des calcaires semblables à l'*Alberese* de l'Apennin italien.

En outre, d'après les études de Studer, Wild, Renevier, Schmidt, etc., il résulte que, dans les grès de Taveyannaz, il y a des minéraux pyriteux et des roches vertes diabasiques qui rappellent beaucoup quelques masses ophiolitiques de l'Apennin d'Italie. M. Schmidt « Ueber den sogenannten Taveyannaz - Sandstein, 1888 » s'est occupé récemment de ces Diabases à hornblende quartzifère, qu'il

considère comme éruptives, admettant en outre le grès de Taveyennaz, comme un tuf amené par des éruptions éocéniques.

Dans la vallée d'Habkeren, dans le Lombachgraben, l'on trouve des granits gris-verdâtres avec passage aux grès et aux schistes à *Chondrites* du Flysch qui les englobent, ainsi qu'il est démontré par les études de Kauffmann « Ueber Granite des Habkerenthalen » 1878, et récemment par Fellenberg « Brèche du Flysch de Habkeren » 1888.

Schmidt a également étudié des formations de nature ophiolitique « Diabasenporphyrite und Melaphyre von Nordabhang der Schweizer Alpen » 1888, dans le Flysch du canton de Schwyz et du Griesbach-tobel, près du Château d'Oex.

Déjà plusieurs géologues ont compris que le Flysch (*lato sensu*) de la Suisse, comme il est entendu à présent, représente une formation assez complexe et ont cherché à le diviser en zones diverses selon les régions de développement ou selon le facies, mais en l'attribuant toujours à l'Éocène.

Ainsi Kaufmann distingue, parmi différents facies, le *Wildflysch* représenté par des schistes à Fucoïdes, avec du grès, des conglomérats, des brèches à granit, etc., c'est-à-dire par des formations probablement crétacées.

Ce fut particulièrement M. Schardt qui, par ses études géologiques très minutieuses et très soignées, réussit à distinguer différentes zones dans le Flysch; ainsi dans son « Étude géologique sur le Pays d'Enhaut vaudois. 1884 » et, peu après, avec E. Favre « Description géologique des préalpes du canton de Vaud, etc. 1887 » il signala cinq zones de Flysch. Parmi ces zones, quelques-unes (par exemple celle de Simmenthal, puissante de plus de 1000 mètres) englobent des roches variolitiques; d'autres renferment des poudingues (*Mocausagestein* de Vert-Champ-Ayerne, Hundsruck, Rodomont, etc.), des conglomérats, (Vidémont-Hornfluh), des brèches (grès de Wiesen dans la région d'Ormons), etc., c'est-à-dire qu'elles ont un facies tel que, par la comparaison avec ce que j'ai observé de semblable dans l'Apennin septentrional, je crois devoir les attribuer en grande partie au Crétacé plutôt qu'à l'Éocène.

Je rappelle ici que, parmi les argiloschistes et les argiles écailleuses crétacées des collines Turin-Casal et de l'Apennin septentrional, j'ai rencontré souvent (1) (Lavriano-Brusasco, Val Curone, Bosmenso, Pometo, etc.) des lentilles de brèches, de poudingues, de conglomérats,

(1) F. Sacco. — *Les conglomérats de Flysch*. — Mém. Soc. belge de Géol., etc. — III, 1889.

aussi bien que des amas de gros cailloux de nature gneissique, granitique, etc. (provenant des terrains archéens des Alpes); j'ai donc constaté là des phénomènes pareils à ceux que l'on rencontre en Suisse, dans la formation dite du Flysch que, dans ces cas, je considère comme étant en grande partie crétacée. Mon opinion est fortement confirmée par le fait que dans quelques-unes de ces zones de Flysch on rencontre aussi des masses diabasiques.

Il n'y a pas lieu ici d'examiner particulièrement les zones diverses du Flysch crétacé de la Suisse; j'indique seulement un exemple tiré de cette région, à l'appui de ma théorie.

Dans la Suisse occidentale, dans la vallée du Fenils, au N. E. de Rougemont, on trouve, vers environ 1100 mètres d'altitude, un des affleurements les plus connus de roche diabasique, signalé pour la première fois par Studer dès l'an 1834 dans sa « Geologie westlichen Schweizer. » Cette roche, de couleur vert-rougeâtre, appelée *amygdaloïde dioritique* par Studer, étudiée récemment par Michel Levy et par Schmidt, qui en reconnurent la nature variolitique et diabasique, affleure sur 50 mètres environ au fond de la vallée, formant un petit tertre de quelques mètres d'élévation parmi les schistes. Nous avons donc ici une lentille ophiolitique très semblable à celles qui se trouvent si abondamment dans l'Apennin italien. Dans la Suisse, ainsi que nous l'avons vu pour les ophiolites de l'Italie, une telle lentille de diabase avec les schistes qui l'englobent et avec la zone très étendue de brèche calcaire (dite de Hornfluh) qui se trouve dessous, est attribuée au Flysch éocène; par conséquent, afin d'expliquer la présence de la zone crétacée qui affleure dans le voisinage de cette lentille, au fond de la vallée de Fenils (à Prés-Charbons, Raccords, etc.), on a été obligé d'imaginer des contorsions, des plissements et d'autres dérangements stratigraphiques. En acceptant, au contraire, comme je l'admets, que les argiloschistes, englobant la formation diabasique, de même que la zone à la brèche calcaire de Hornfluh et les formations semblables, appartiennent, non pas à l'Éocène, mais au Crétacé, la stratigraphie se trouve naturellement très simplifiée, c'est-à-dire l'on doit seulement supposer un simple pli synclinal, dont les formations centrales (constituant le haut relief de Rodomont, etc.) appartiennent au *Flysch parisien*, tandis que les terrains sous-jacents, c'est-à-dire les argiloschistes avec les lentilles diabasiques de Griesbach, avec les poudingues et les brèches d'Hornfluh, et avec les schistes rouges de Les Chevalets (N. O. de Rougemont) etc., font déjà partie du Crétacé.

Cet exemple doit suffire, parmi les nombreux autres que l'on pourrait citer à l'appui de ma thèse, pour montrer, qu'en Suisse, aussi bien que

dans l'Apennin italien, une partie très notable du Flysch regardé comme éocénique, est au contraire attribuable au Crétacé.

Je dois maintenant demander l'indulgence des géologues suisses si, tout en admirant leurs excellents travaux, je me place en adversaire de quelques-unes de leurs opinions et les prier de croire que c'est uniquement l'amour de la science et de ses progrès qui m'y détermine. Déjà, en 1888, par une note intitulée « *Les terrains tertiaires de la Suisse*, Mém. Soc. belge de Géol., etc., T. II » j'exprimais l'opinion qu'une partie puissante des formations considérées par ces géologues comme quaternaires, doit être au contraire rapportée au *Pliocène* ; que les terrains indiqués comme aquitaniens seraient par contre en grande partie tongriens et que de notables modifications devaient être introduites dans l'interprétation des terrains éocéniques. Je viens encore aujourd'hui exprimer l'idée que la formation si complexe et si puissante dite du Flysch, regardée jusqu'ici comme éocénique, doit, pour une partie considérable, être attribuée, par contre, au Crétacé.

J'ai simplement l'espoir et le désir d'être, par les susdites observations, de quelque utilité au débrouillement de la géologie si compliquée de la Suisse, de la même manière que les géologues suisses ont contribué si efficacement à faire connaître la géologie des Alpes italiennes.

En Bavière, il y a peut-être aussi quelques chose de semblable à ce que j'ai observé pour la Suisse. Un fait qui me paraît digne d'attention et d'étude est que, dans les terrains crétacés, spécialement dans les terrains cénomaniens de la France, on trouve très développé le Grès vert et la Craie glauconieuse ou mouchetée de grains de glauconie ; ce fait fait surgir l'idée que la formation de cet hydrosilicate de fer et de potasse (contenant parfois de la magnésie) appelé glauconie, pourrait offrir quelque rapport avec l'origine des formations ophiolitiques récentes (qui sont essentiellement des silicates magnésiens) lesquelles se constituèrent aussi spécialement pendant le Cénomalien, au moins selon la manière de voir exposée dans cette note.

Dans les Pyrénées, on a découvert et étudié depuis longtemps des formations ophiolitiques semblables à celles de l'Apennin d'Italie ; mais malgré les études nombreuses qui y ont été faites par plusieurs géologues, leur âge reste encore assez problématique. Depuis Palassou, qui les étudia en 1814, les signalant sous le nom d'*Ophites*, bien des géologues s'en occupèrent spécialement, comme Leymerie, Choffat, Boué, Dufrenoy, Coquand, Cordier, Raulin, de Verneuil, Magnan, Dieulaufait, Virlet d'Août, Macpherson, St Mentath Kuhn, Calderon, De Yarza, Quyroga, Vidal, Kilian, Michel-Levy,

Fouqué, Seunes, Frassard, Beaughey, Noguès, etc. Ces formations ophiolitiques furent considérées longtemps comme tertiaires ; maintenant, au contraire, certains géologues les attribuent à des terrains plus anciens ; ainsi Dieulafait les croit le résultat d'éruptions qui auraient pris place entre le Carbonifère et le Lias ; Magnan les envisage comme des *Muschelkalk* métamorphisés ; plusieurs autres géologues, Hébert en tête, les rattachent au *Trias*, parce qu'elles présentent souvent un substratum triasique ; M. Seunes indiqua récemment dans les Basses-Pyrénées et dans les Landes des Diabases ophiolitiques post-triasiques.

M. Frossard « Note sur les terrains éruptifs de Pouzac — B. S. G. F. — 1889 » indique dans les Hautes-Pyrénées des masses de Syénites éocènes, des Diorites, des Ophites, etc., qui se trouvent sous un schiste crétacé à *Fucoides Targionii*. M. Seunes et Beaughey ont observé dans la vallée de Bager (Hautes-Pyrénées), des schistes cénomaniens et albiens traversés par des filons de Diabases et de Porphyrites à structure ophitique, et ils croient qu'il y a des roches ophitiques *triasiques*, et d'autres *crétacées* ou *post-crétacées*, et dans leur récent travail « Roches éruptives récentes des Pyrénées occidentales — 1889 » ils indiquent des Microgranulites, des Diabases, des Syénites, des Porphyrites, etc., qu'ils croient postérieurs au *Danien*. Mais par suite de nombreuses irrégularités stratigraphiques, de bouleversements, etc., les rapports stratigraphiques de ces formations sont souvent obscurs et la considération des terrains qui se trouvent au-dessous d'elles n'a pas une grande valeur puisque l'on y rencontre souvent de grands *hiatus*, de la même manière que, en plusieurs points de l'Apennin italien (par exemple près de Gênes et ailleurs) les formations ophiolitiques crétacées reposent parfois directement sur les calcaires du *Trias*.

Les ophites des Pyrénées, que je crois en grande partie crétacées comme celles de l'Apennin italien, sont très variables d'aspect et de constitution ; elles apparaissent dans des affleurements limités spécialement près de Bayonne, au pied de la Rhune, aux environs de St-Béat, dans diverses localités de l'Ariège, etc., souvent accompagnées par les formations dites épigéniques.

En général, on peut dire que les formations ophiolitiques les plus importantes des Pyrénées se trouvent dans les provinces basques, dans les provinces de Santander et au nord de celle de Burgos dans les Asturies, dans la Catalogne et principalement dans la province de Lerida. L'on doit noter que souvent ces Ophiolites se montrent englobées dans les terrains reconnus comme cénomaniens.

Le développement de la formation ophiolitique, probablement aussi

crétacée à mon avis, avec son cortège de roches épigéniques, est très grand dans l'Espagne méridionale, dans l'Andalousie, entre Cadix et Grenade, dans la province de Cadix, Séville, Malaga, Grenade et Jaen ; les études faites à ce propos par Orueta, de Gonzalo Tarin, Kilian, Paul, de Herrera sont très importantes, mais surtout celles de Macpherson et celles, toutes récentes, de Calderon : « La région épigénique de l'Andalousie, etc. B. S. G. F. 1888 », travail qui offre un grand intérêt pour la question traitée dans cette note.

Aussi M. Vilanova « Las peñas negras de Finestratt (Alicante) » et M. Quiroga « Ofita cuarcifera de las Peñas negras » s'occupèrent récemment (1887) des formations ophiolitiques, qu'ils décrivent comme affleurant parmi des terrains nummulitifères fortement redressés : fait qui se vérifie souvent aussi dans l'Apennin italien.

MM. Kilian et Bertrand décrivent en 1888 des filons ophitiques enclavés dans le Trias, dans le Jura et aussi dans le Crétacé.

Dans le Portugal, on rencontre des formations ophiolitiques, semblables à celles sus-indiquées, englobées dans des terrains considérés, assez justement, je pense, comme crétacés ; ces formations furent étudiées spécialement par Macpherson, Kuhn, P. Gomes, Choffat, etc. ; on y trouve abondamment, avec les Ophites, la *Teschenite* et la *Theralite*, comme par exemple à Cezimba, à Fonte da Bica, à Casaes do Callado, etc.

M. Choffat signale ces Ophites du Portugal, surtout dans ces vallées dites vallées tiphoniques, qui seraient, à son avis, les vallées de dislocation. Quant aux masses de Péridotites, Euphotides, Picrites, etc., que l'on observe dans quelques régions de l'Écosse et de l'Irlande et qui furent assez minutieusement étudiées dans ces dernières années par Judd, elles sont maintenant considérées comme tertiaires, avec quelque incertitude cependant quant à leur placement. Les détails précis stratigraphiques manquant encore à ce propos, je crois prudent de me tenir sur une certaine réserve au sujet de l'âge de ces formations.

Passant maintenant à l'examen de l'Europe orientale, nous trouvons que les formations ophiolitiques apparaissent dans plusieurs régions, principalement dans les Carpathes, dans les Balkans et dans le Caucase. Dans ces régions, comme jusqu'ici en Italie, les puissantes formations d'argiloschistes, de grès, etc., qui englobent les Ophiolites furent généralement considérées comme un seul tout, appelé par le nom de *Flysch*, *Wienersandstein*, *Karpathensandstein*, etc., et rattaché à l'Éocène. Cependant, dans ces dernières années, à la suite des études détaillées de Hohenegger, de Falleaux, de Niedzwiedzki, de Tietze, de Morosewitch, de Mojsisovics, de Matyasovskzy et particulièrement de C. M. Paul, l'on parvint à reconnaître justement qu'une partie de cette assise puissante de couches appartient au Crétacé.

On rencontre plusieurs formations ophiolitiques dans la Silésie et dans le Banat.

On connaît les *Picrites* (Diabases à Olivine et à Augite) des Carpathes, de Fichtelgebirge, d'Erzgebirge, etc.

Il est important de noter qu'on rencontre le pétrole dans la Galicie parmi les grès et les argiloschistes, que je crois crétacés, du Flysch; comme on en trouve dans des terrains semblables, que je maintiens également comme crétacés, dans l'Apennin italien.

Parmi les formations ophiolitiques de ces régions, nous trouvons aussi la *Teschelite*, appellation instituée par Hohenegger pour une série de masses diabasique-néphéliniques assez variables, aussi bien minéralogiquement que structuralement, lesquelles, selon Szainocha, forment des filons-couches repliés mais concordants avec les calcaires crétacés et avec les *Teschener-Schiefer* près de Teschen et de Neutischein, sur la limite de la Silésie avec la Moravie.

Le travail récent de M. Zuber « Atlas géologique de la Galicie — 1889 » est très intéressant à ce propos; il en résulte que la série géologique des Carpathes galiciens est bien semblable à celle des Apennins d'Italie. Il est encore digne d'être noté que M. Stur, dans son mémoire « Zur Kenntniss der Verhältnisse im Steinbruche bei Mietniow in Südästen bei Wielieska — 1889 » croit, avec M. Tietze, les grès de Mietniow, d'âge éocénique, bien que M. Niedzwiedzki y ait rencontré des fossiles crétacés. Il me semble bien plus logique d'admettre comme vraiment crétacés ces grès, aussi bien qu'une puissante série de schistes et de grès des Carpathes, qu'on croit encore à présent éocéniques.

Une autre roche qui appartient à la série ophiolitique est la *Banatite*, nom institué par Cotta pour une espèce de Diorite pyroxénique-amphibolique, avec Hypersthène, qui se rencontre parmi le *Flysch* dans le Banat, unie à des zones riches en minéraux, parfois aussi à travers des calcaires crétacés à *Caprotina*.

L'on rencontre assez fréquemment des formations ophiolitiques dans le Flysch de la Bosnie, de l'Herzégovine, de la Serbie, de l'Illyrie, etc., où elles ont été récemment étudiées par Von John, Schafurzik, Tietze, Mojsisovics, etc.

Sur les côtes et dans les îles de la Dalmatie on a découvert aussi de petites masses diabasiques, étudiées spécialement par M. Tschermack, à Brusnick près de Saint-André, à Lissa et à Comisa, dans l'île Pomo au milieu de l'Adriatique, etc.

Des formations semblables ont été observées depuis longtemps en Grèce par Virlet et autres géologues parmi des formations schisteuses-calcaires considérées comme crétacées; il paraît même qu'en quelques

localités, comme entre Kastri et Damala en Morée, les ophiolites alternent avec les schistes calcaires. Les études très récentes de A. Philippson « Der Pelopones-1891 » confirment aussi que l'on rencontre des formations serpentineuses parmi les calcaires crétacés.

Des zones serpentineuses ont été également observées, spécialement par Fuchs, dans l'Eubée.

Plus à l'Est, dans le Caucase, l'on a rencontré aussi des roches ophiolitiques que Tschermak et Rohrbach ont étudiées. Parmi ces roches, on en remarque de très semblables à celles dites *Theralites*, dans des terrains secondaires, peut-être crétacés, comme près de Kutais, Kursewi, etc.

Il est probable que des formations pareilles seront encore rencontrées dans d'autres régions, outre celles sus-indiquées, principalement en Asie.

Dans l'Afrique septentrionale, on a déjà signalé plusieurs zones dans lesquelles l'on rencontre des formations ophiolitiques avec leur cortège ordinaire de roches épigéniques, c'est-à-dire, des argiles bariolées, du grès, du sel gemme et des minéraux divers; quelques auteurs, par exemple M. Thomas, appellent *Ophites* ces formations bariolées etc., même si elles ne sont point accompagnées par de véritables roches ophiolitiques; je pense qu'on ne doit pas adopter le mot *ophite* dans ce sens si large, qui peut produire des confusions dans une question déjà si compliquée par elle-même.

De véritables pointements ophitiques (Péridotites, Diabases, etc.) apparaissent dans l'Algérie et dans la Tunisie, principalement dans les chaînes Nord et Sud de l'Atlas algérien, où ils furent étudiés par Coquand, Ville, Peron, Bleicher, Pomel et, très récemment, par Curie et Flamand: « *Étude succincte sur les roches éruptives de l'Algérie* 1889, » par Thomas, « *Roches ophitiques de la Tunisie* 1891, » etc.

Une chose digne d'être signalée à ce propos, c'est la masse ophiolitique (*Péridotite* selon Bleicher) d'Aïn Ougrab, dans le massif jurassique et crétacé du Sud de Bousaada, indiquée par Peron: « *Echinides fossiles de l'Algérie*. T. VI, 1890 ». Notons aussi les massifs gypso-salins, avec roches vertes acides de Bou-Senroun, des Arbàa et de Guéragda, au Sud-Ouest de Geryville; celui de djebel Onkel dans le Djebel Amour, toujours dans les terrains jurassiques et crétacés; les massifs ophitiques (roches acides épidotifères selon Bleicher) de Djenien-bou-Resq près de l'oasis de Figuig, etc.

M. Curie et Flamand « *Descript. strat. générale de l'Algérie* 1889 » décrivent de nombreux affleurements ophitiques avec accompagnement de gypse, de roches vertes, de marnes bariolées, etc.; ils indiquent des

émissions de granites, de granulites et de microgranites dans l'Eocène, spécialement dans le *Ligurien* ; enfin ils parlent de sorties de roches granitoïdes et ophitiques dans le Pliocène ! Sans vouloir contester des phénomènes que je n'ai pas étudiés, il ne me semble pas impossible qu'une partie de ces formations ophitiques soient bien d'âge crétacé, bien qu'affleurant parmi des terrains tertiaires, comme cela se vérifie assez souvent dans l'Appennin d'Italie.

Sur le versant méditerranéen de l'Atlas septentrional l'on voit apparaître de nombreuses masses ophitiques, très variables de forme, de structure et de couleur, analogues aux fameuses Ophites des Pyrénées ; elles en diffèrent pourtant parce que, tandis qu'aux Pyrénées ce sont en général les ophites labradoriques à diallage qui sont spécialement développées ; en Algérie, au contraire, l'on voit prédominer les Ophites andésitiques à amphibole.

Dans les Hauts-Plateaux et sur la lisière du Sahara, on observe sur plusieurs points des affleurements ophiolitiques indiqués comme dolérites, diorites, etc.

Dans la Tunisie, M. Thomas signale de nombreuses régions où apparaissent les formations ophiolitiques ; mais, à mon avis, comme je l'ai déjà énoncé auparavant, il étend outre mesure la signification du mot *Ophite* en indiquant par ce terme les marnes bariolées argilo-gréseuses, les formations gypso-salifères, etc.

M. Rolland, « *Rapport géol. de la miss. du Chemin de fer trans-saharien 1890*, » recueillit dans le Sahara algérien, près de El-Goléah, des roches verdâtres, probablement ophiolitiques.

L'âge de ces formations ophiolitiques de l'Afrique septentrionale est laissé généralement incertain ; quelques-uns les croient même formées dans des périodes diverses, du Crétacé au Pliocène ; probablement cependant elles sont en grande partie crétacées, au moins selon l'idée que j'ai pu m'en faire par les descriptions des géologues qui les ont examinées.

Indiquons enfin qu'en Amérique on a signalé aussi des formations ophiolitiques récentes ; M. Becher traitant des « *Cretac. metamorph. rocks of California* » dit avoir trouvé des roches serpentineuses parmi les terrains crétacés de la « *Coast Range* » en Californie. Ces formations sont considérées comme éocéniques par quelques géologues et rattachées par d'autres à l'époque crétacée ; cette dernière opinion me paraît plus d'accord avec ce qui, à mon avis, se vérifie en Europe.

Récemment, M. Wolff (1), à l'occasion du levé géologique

(1) WOLFF. *Notes on the petrography of the Crazy Mountains* 1885.

des Crazy Mountains dans le territoire de Montana (Etats-Unis), a rencontré, parmi les grès crétacés fortement relevés, quelques masses d'aspect presque protrusif, *eugranitiques*, selon Lössen, plagioclasiométriques, que Rosebusch a appelées des *Thérli tes*.

MM. Brunner et Brackett, dans leurs études sur « the Peridotite of Pike county, Arkansas — 1889 », expriment l'opinion que ces Péridotites ont été émises après le Crétacé inférieur.

L'on voit apparaître aussi des formations analogues dans le Canada. Mais je pense devoir m'arrêter dans cet examen ; il me suffit d'avoir indiqué que même la géologie américaine paraît confirmer mon opinion sur l'âge, généralement crétacé, des formations ophiolitiques récentes.

Avant de tirer les conclusions qui semblent dériver des considérations exposées dans cette note, je crois bien faire de présenter un aperçu général de la manière dont se présente, dans l'Apennin septentrional (que j'ai étudié minutieusement dans ces derniers temps) cette puissante et complexe formation qu'on a nommée *Ligurien*.

(Voir le tableau faisant face à la page 97.)

---

## CONCLUSIONS

D'après ce que je viens d'exposer dans les pages précédentes il me semble pouvoir logiquement tirer les principales conclusions suivantes :

1. Le *Ligurien* (Mayer 1857) ne représente ni l'Éocène supérieur, ni, moins encore, l'Oligocène, ainsi qu'on l'admet généralement aujourd'hui ; mais, d'après les études géologiques accomplies dans la Ligurie, région typique où il a été institué, il est constitué, pour la plus grande partie, par des terrains *crétacés* et, pour une moindre partie, par des terrains *parisiens* ; par conséquent, le *Ligurien* doit disparaître de la série des horizons géologiques.

2. Le *Bartonien* (Mayer 1857) ne se trouve absolument pas *au-dessous* mais bien *au-dessus* de la formation attribuée jusqu'ici au *Ligurien*, et représente donc certainement l'Éocène supérieur. Ce dernier fait est prouvé par les données paléontologiques et stratigraphiques observables soit à Barton, en Angleterre, où cet étage a été institué, soit sur le continent européen.

3. La puissante formation d'argiloschistes connue sous le nom de

*Flysch*, avec les grès (*Macigno*), avec les calcaires (*Alberese*), avec les argiles écailleuses (*Argille scagliose* et *Galestri*), avec les zones de conglomérats, de poudingues, de brèches, etc., est une formation très complexe, correspondant dans son ensemble à ce que l'on a appelé jusqu'ici *Ligurien*, mais séparable en *Infracrétacé*, *Crétacé*, *Suessonien* et *Parisien*, ainsi que le démontrent les études paléontologiques et stratigraphiques.

4. Tandis que les formations ophiolitiques anciennes appartiennent essentiellement au *Huronien* (*lato sensu*), celles récentes (représentées particulièrement par des Serpentes, des Diabases et des Euphotides, avec l'accompagnement très varié de Lherzolites, de Saxonites, de Péridotites, de Wehrlites, de Picrites, de Dunites, de Limburgites, de Banatites, de Harzburgites, d'Epidiorites, d'Hypérites, de Teschenites, de Théralites, de Diallagites, de Timazites, de Variolites, de Granites, etc.), se trouvent presque toujours sous la forme de masses ou de lentilles plus ou moins grandes, englobées, avec leur cortège de roches dites *épigéniques*, dans la partie inférieure de la formation complexe et puissante comprise jusqu'ici sous le nom de *Flysch*; non pas pourtant dans l'Éocène comme on l'admet en général maintenant, mais dans le Crétacé, spécialement dans le *Cénomanién*.

5. Les formations ophiolitiques ont pris leur origine, pour la plupart, par suite de phénomènes thermo-chimiques, sous la forme d'une espèce de pâte boueuse constituée essentiellement de silicates magnésiens, à haute température et à des profondeurs marines assez notables, contemporanément à la sédimentation des argiloschistes (parmi lesquels les formations ophiolitiques sont maintenant englobées), c'est-à-dire pendant l'époque crétacée.

6. En procédant par analogie, on peut admettre que les formations ophiolitiques *huronniennes* prirent origine de la même manière que les *crétacées*; que les terrains micaphyllitiques, micaschisteux et aussi les gneissiques de l'*Archéen* peuvent se comparer aux schistes crétacés, les premiers étant seulement plus profondément métamorphisés et par conséquent devant être considérés, eux aussi, comme d'origine sédimentaire. Considérant en outre que la formation crétacée qui renferme les ophiolites est, par suite des conditions spéciales dans lesquelles elle fut déposée, très pauvre en fossiles appartenant à des animaux ou à des plantes supérieures, tandis que, par contre, elle est assez riche en Algues (*Fucoïdes*, etc.) et en Protozoaires (*Radiolaires*, etc.), il semble naturel d'admettre que dans l'ère *archéenne* (pendant laquelle se vérifièrent presque généralement ces conditions qui se répétèrent ensuite, bien plus rarement, çà et là, particulièrement

pendant l'époque crétacée) les Algues et les Protozoaires ont pu déjà se développer; leurs traces, cependant, ont été presque complètement effacées par le métamorphisme, qui changea ces fossiles en graphites, en quartzites et en calcaires cristallins.

*L'Archéen* (et plus spécialement le *Huronien*) doit donc être considéré plutôt comme un terrain archéozoïque que comme un terrain azoïque.

Turin, 25 août 1891.

---