

EXTRAIT
DU
BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE
DE PALÉONTOLOGIE ET D'HYDROLOGIE

(Bruxelles)

Tome IX — 1895

LES RAPPORTS GÉO-TECTONIQUES
ENTRE LES ALPES ET LES APENNINS

PAR

le **D^r Federico Sacco**

Professeur de Paléontologie à l'Université de Turin.

PLANCHE II.

BRUXELLES
POLLEUNIS ET CEUTERICK, IMPRIMEURS
37, RUE DES URSULINES, 37

Août 1895

EXTRAIT DU
BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE
DE PALÉONTOLOGIE & D'HYDROLOGIE
fondée à Bruxelles, le 17 Février 1887

Tome IX. — Année 1895. — Mémoires. — Séance du 19 février,
pp. 33-49.

LES RAPPORTS GÉO-TECTONIQUES
ENTRE LES ALPES ET LES APENNINS

PAR

le D^r **Federico Sacco**

Professeur de Paléontologie à l'Université de Turin.

PLANCHE II

Depuis l'époque où Strabon écrivait : *Alpes vero a Sabatiis initium capiunt*, est ouverte la question de la délimitation des Alpes et des Apennins.

A première vue, cette question paraît de peu d'importance et semble pouvoir se résoudre conventionnellement d'une manière scolastique, en cherchant à se mettre d'accord dans l'acceptation, comme limite, d'une des dépressions plus accentuées, qui se trouvent dans la zone de jonction des deux régions montagneuses. Mais, si l'on considère le problème un peu moins superficiellement, il apparaît de sérieuse importance et ne semble pouvoir être résolu simplement par des considérations orographiques, hydrographiques ou autres semblables, mais bien par des raisons plus scientifiques et fondamentales ; savoir, par l'étude intime des reliefs terrestres, c'est-à-dire en suivant les données géologiques.

Or, depuis longtemps les géographes cherchent vainement à établir cette limite entre les Alpes et les Apennins, hésitant entre le Col de la Maddalena et celui des Giovi, mais en général penchant plutôt pour le Col de Cadibona (ou d'Altare) ; les géologues d'autre part, spécialement Gastaldi, Neumann, Suess, Diener, Franchi, etc., se sont occupés de cette question et eux aussi généralement, sauf Neumann, furent d'accord avec la majorité des géographes, pour considérer la dépression de Savone comme la zone de division entre les deux chaînes de montagnes.

Cependant, cette conclusion, qui a été généralement acceptée par les géographes, par les géologues et dans l'Enseignement, ne me semble pas rationnelle, si l'on considère la question sous un point de vue géologique et orotectonique un peu élevé et synthétique. D'après de tels points de vue il résulte clairement que l'on doit au contraire accepter comme zone de division entre les Alpes et les Apennins la dépression génoise ou des Giovi, et voici sur quelles raisons je m'appuie.

Si nous considérons la chaîne alpine dans son ensemble au point de vue géologique, elle se présente comme essentiellement constituée par des terrains archaïques, *laurentiens* et *huroniens*, disposés en plis subparallèles plus ou moins nombreux, plus ou moins accentués et couverts sporadiquement de terrains *paléozoïques* et *mésozoïques*, qui sont naturellement plus étendus et plus puissants dans la partie périphérique de cette chaîne.

Par contre, la chaîne apenninique se présente comme essentiellement constituée par des terrains *mésozoïques*, également disposés en plis subparallèles, inégalement accentués, avec un recouvrement plus ou moins étendu et puissant de terrains *cénozoïques*.

Il faut remarquer que, entre ces deux chaînes, il existe des analogies géologiques curieuses. Dans la chaîne alpine, entre la série archaïque et la série mésozoïque, se développe souvent une zone schisteuse (micaschistes, calcschistes, schistes lustrés, etc., *Flysch ancien*, peut-on dire) souvent ophiolitifère, qui, d'après l'École géologique française récente, dont le chef est M. Bertrand, appartiendrait au Mésozoïque inférieur (*Triaset Lias*), tandis que, selon l'École géologique italienne, fondée par Gastaldi et ayant pour chef actuel M. Zaccagna, cette zone serait au contraire attribuable au terrain archaïque supérieur. De même, dans la chaîne des Apennins, entre la série mésozoïque et la série cénozoïque se développe aussi extensivement une formation spéciale schisteuse (argiloschistes, calcschistes, *Galestri*, *Flysch lato sensu*, etc.) bien souvent ophiolitifère, qui est généralement attribuée à l'Éocène, tandis que je la crois au contraire référable au Crétacé. Je base cette opinion sur le fait qu'on y rencontre de rares restes de Cycadeoïdées, Hemipneustes, Inocérames, Hamites, Ammonites, Pthycondes, Ichthyosaures, etc.; soit des fossiles caractéristiques du Crétacé (1).

(1) Récemment un de mes plus illustres contradicteurs, le prof. De Stefani, disait « *Sull' età delle Serpentine apenniniche*. B. S. G. I., vol. XIII, 1894 » que l'*Hemipneustes* de Montese, le *Rhynchonella vespertilio* de Torre, l'*Otodus appendiculatus* de Porretta, les *Ptycodus*, etc., trouvés en des formations de l'Apennin

Je rappelle ici incidemment, qu'en 1891, parlant des Radiolaires, qui ne sont pas rares dans les schistes ophiolitifères de l'Apennin, je disais (*L'âge des formations ophiolitifères récentes*) qu'il semble naturel d'admettre, que dans l'ère *archéenne* (pendant laquelle se produisirent souvent les conditions dans lesquelles ces schistes de l'Apennin se sont déposés) ces Protozoaires se soient déjà développés. L'année suivante, MM. Barrois et Cayeux signalaient dans l'Archéen supérieur, ou Précambrien, les *premiers véritables restes organiques*, précisément représentés par des RADIOLAIRES.

Revenant à notre sujet et concluant, nous pouvons synthétiquement définir la chaîne alpine comme étant une *chaîne archaïque avec des recouvrements paléo et mésozoïques*, tandis que la chaîne apenninique est une *chaîne mésozoïque avec des recouvrements cénozoïques*.

Voyons maintenant brièvement de quelle manière elles se développent et quels sont leurs rapports réciproques.

La chaîne alpine s'élève à l'est du bassin autrichien, se développe régulièrement vers l'ouest, jusqu'à ce qu'elle se recourbe, constituant l'arc caractéristique des Alpes occidentales, pour se diriger ensuite au sud et au sud-est. Ce n'est pas le lieu ici de rechercher la cause de cette inflexion, la question étant en grande partie rattachée au problème général de l'orotectonique tourmentée de l'Europe méridionale, comprise entre les massifs anciens de l'Europe centrale et ceux de l'Afrique. Cette circonstance fait aisément comprendre les irrégularités et les contorsions orotectoniques de la région moyenne.

Mais, en nous renfermant dans les limites plus modestes de l'examen en vue, je crois intéressant de noter que la déviation, dont je viens de parler, de la chaîne archaïque, est en réalité sensiblement moins brusque et rapide que ce qui paraît résulter du simple examen orographique des Alpes occidentales. En effet, si nous observons une Carte géologique de cette région, nous sommes frappés immédiatement du fait que l'importante zone paléo-mésozoïque (zone calcaire méridionale ou interne) qui, dans la Vénétie et dans la Lombardie, entoure largement la chaîne archaïque axiale, constituant les Préalpes, s'amincit rapidement par contre en Piémont, se réduit à de maigres lambeaux dans le Biellais et disparaît enfin définitivement dans le

septentrional — que (d'après des relevés géologiques spéciaux publiés avec des Cartes géologiques à l'échelle de 1/100.000 à l'appui) j'attribue au Crétacé, tandis qu'il les met dans le Tertiaire, — sont *miocéniques* ! Partant d'un point de vue un peu semblable déjà M. Mantovani avait baptisé un magnifique *Pachydiscus* cf. *galicianus*, trouvé en place dans les schistes en question de l'Apennin septentrional, comme *Ammonites eocenicus* !

in. N. P. r. Turin
in. S. P. r. Turin

Canavais; de même, la grande zone archaïque principale dans la courbe des Alpes occidentales vient à disparaître environ de moitié (la partie intérieure ou orientale) entre le Biellais et le débouché de la Vallée de Suse. *f. v. r. p. S.*

Or, tout cela n'est qu'apparent; en réalité, si nous faisons abstraction des dépôts pliocéniques et quaternaires du Piémont, nous pourrions voir la zone archaïque s'étendre par son côté intérieur, ou oriental, sous la plaine actuelle du Pô, depuis l'Éporediais au Braidais et au Monregalais, se dirigeant ensuite vers l'est, s'enfonçant sous les terrains oligo-miocéniques des Langhes, jusqu'à sa jonction avec la zone archaïque du massif ligurien, entre Savone et Gênes. Nous verrions aussi la bande paléo-mésozoïque (réduite cependant essentiellement à des terrains mésozoïques, parfois même avec des lambeaux éocéniques) se développer depuis l'Éporediais et depuis le Canavais vers le sud, *f. v. r.* de manière à soutenir directement, peut-on dire, la colline actuelle de Turin (considérée dans un sens étendu) se dirigeant ensuite vers le Braidais, se reliant peut-être à la zone calcaire extérieure monregalaise (à cause de l'abaissement, en cette région, de la chaîne archaïque), mais dans l'ensemble contournant intérieurement, dans la direction ouest-est, cette zone archaïque, de manière à rester sous les terrains oligo-miocéniques de l'Albigeais et du Haut Montferrat; enfin reparaître à Voltaggio, d'où la bande mésozoïque se dirige nettement au sud, jusqu'à Sestri Ponente et à Gênes.

Ce développement souterrain de la chaîne géologiquement définie comme alpine, s'il est naturellement hypothétique, est cependant appuyé, à plusieurs points de vue, par des faits, dont j'indiquerai quelques-uns. Avant tout, il paraît inadmissible qu'une moitié de la grandiose zone archaïque s'affaisse tout à coup au sud des Préalpes biellaises, éporediaises et canavaïses, tandis qu'en général son allure visible est dans l'ensemble assez régulière.

Si nous examinons ensuite la géotectonique de la formation archaïque des Alpes Occidentales, nous voyons que l'axe anticlinal de celle-ci, de central qu'il était dans l'ensemble par rapport à la chaîne alpine dans les Alpes vénitiennes et lombardes, s'approche légèrement de la plaine dans les Alpes Grées, jusqu'à ce que, dans les Alpes Cottiennes et Maritimes, il devient tout à coup excentrique, au point de toucher souvent la région subalpine; évidemment la partie intérieure ou orientale de cette puissante chaîne archaïque se trouve sous les dépôts pliocéniques et quaternaires de la vallée du Pô; en effet, les divers éperons rocheux, comme ceux du Musiné, de Piossasco, de Saluces, etc., qui s'avancent des Préalpes dans la plaine du Pô, comme aussi la

Saluzero
50 km S. S. W. "
Tecchin
30 km W. v. C.

S. W. Turin
M. M. Salinas

Rocca de Cavour, qui s'élève isolée dans la plaine, nous indiquent la présence de cette chaîne souterraine archaïque. Pourquoi les collines d'Alexandrie, Casal, Turin, après s'être développées pendant 60 kilomètres de Pavone à Lauriano, avec une direction régulière E. S. E. — O. N. O. changent-elles brusquement tout à coup de direction dans les environs de Casalborgone et Chivasso, en prenant, dans les collines de Turin (Chivasso-Moncalieri), une direction presque orthogonale à celle primitive et s'élevant jusqu'à plus de 700 mètres au-dessus du niveau de la mer? Il en est évidemment ainsi parce que les plis qui constituent ces collines, après s'être librement développés vers le N.-O., ont heurté souterrainement contre les formations ensevelies subalpines (continuation des Préalpes biellaises et éporédiennes), qui les ont contraints à dévier subitement de direction, prenant précisément celle de ces Préalpes souterraines contre lesquelles ils se heurtèrent et au long desquelles naturellement ils s'alignèrent. Si cela n'était pas, les collines en question auraient dû, naturellement, s'avancer jusque contre les régions préalpines de Lanzo et là seulement dévier un peu et s'aligner près de ces Préalpes, comme justement nous voyons se vérifier le fait en des conditions analogues et pour des terrains tertiaires semblables le long des Préalpes lombardes.

Nous avons encore la confirmation de ce que nous venons de dire dans un phénomène assez curieux et intéressant, que l'on essaya généralement jusqu'ici d'expliquer par des hypothèses variées, mais, me semble-t-il, peu acceptables.

1. 06

Tandis que les terrains miocéniques constituant les collines d'Alexandrie, de Casal, et du Piémont en général, sont représentés essentiellement par des marnes et des grès, dans les collines de Turin (considérés dans un sens étendu), ils englobent aussi des zones de cailloux et de gravier, zones qui deviennent toujours plus fréquentes, plus puissantes et à éléments toujours plus volumineux depuis les collines de Brusaço, où elles apparaissent, jusqu'à celles qui font face à Turin : de ces éléments rocheux quelques-uns en petit nombre (Gneiss, Micaschistes, Protogine, Calcaires cristallins) ont leurs correspondants, ou gisements d'origine les plus proches, dans la région archaïque centrale des Alpes Cottiennes et Grées ; plusieurs dans la région archaïque extérieure subalpine et non seulement dans la région faisant face aux collines de Turin (comme c'est le cas pour les Euphotides, les Serpentes, les Amphibolites, etc.), mais aussi, spécialement pour les terrains néogènes plus anciens, dans les zones archaïques subalpines situées plus à l'est (comme c'est le cas pour les Mélaphyres et les Diorites semblables à celles de l'Eporédiais et du Biellais, etc.).

En. d. Chivasso
A. et.

Plusieurs éléments lithologiques des cailloux des collines de Turin ont par contre leur lieu d'origine dans la zone paléo-mésozoïque qui entoure les Alpes lombardes et qui disparaît dans le Canavais. Je citerai notamment : Jaspes, Porphyres quartzifères, grès et brèches porphyriques, semblables à ceux du Biellais et de la partie inférieure du Val Sesia ; roches granitiques identifiables avec celles de Valperga dans le Canavais ; calcaires de natures diverses, quelques-uns fossili-fères, qui nous indiquent comme origine la zone liasique subalpine, zone si développée en Lombardie et qui vient disparaître en Piémont à Gozzano. Enfin très fréquemment, surtout dans les terrains tertiaires inférieurs des collines de Turin, on trouve des cailloux de ce calcaire caractéristique à Fucoïdes ou « Calcaire alberese », dont on rencontre actuellement les plus proches gisements en place dans l'Apennin de Voghera et de la Ligurie.

Pour expliquer ce curieux phénomène de cailloux, souvent volumineux, à éléments alpins et apenniniques entremêlés, dans la colline de Turin, éloignée de 20 à 100 kilomètres des régions alpines qui présentent maintenant ces roches, et de plus de 100 kilomètres de l'Apennin, on a formulé deux théories principales. La première, la plus ancienne, se rattache à l'action glaciaire, ayant recours à l'hypothèse de glaces flottantes, ou icebergs qui, se détachant des glaciers alpins-apenniniques qui débouchaient dans la mer, auraient répandu sur son fond les éléments caillouteux qu'ils transportaient ; cette hypothèse, émise par Gastaldi (1) a été appuyée par Tardy et acceptée aussi dernièrement par Baretta et en partie par Portis.

Une autre hypothèse fut très récemment proposée par Virgilio (2) qui admet que l'entassement des matériaux caillouteux tombés et transportés par les fleuves sur les rivages de la mer miocénique padane le long des pentes alpines et apenniniques par son poids et par l'inclinaison du fond marin, ait pu produire un mouvement de glissement en masse de tous les dépôts tertiaires éo-oligo-miocènes depuis les Alpes et depuis les Apennins vers le centre du bassin du Pô, jusqu'à ce que se produisit la rencontre, sous les eaux marines, des conglomérats d'origine alpine avec les conglomérats d'origine apenninique. Il en serait résulté une pénétration intime et réciproque des deux masses caillouteuses, le mélange de leurs éléments lithologiques et enfin le plissement et l'émergence des collines de Turin.

(1) GASTALDI B. *Frammenti di Geologia del Piemonte*. (R. Acc. Sc. Torino), II, 20, 1861.

(2) VIRGILIO F. *La Collina de Torino*, Tipografia V. Bona, Torino, 1895.

L'hypothèse de Gastaldi ne paraît point acceptable, parce qu'elle se heurte contre les données climatologiques de l'époque miocénique, contre les données paléontologiques, qui nous offrent les restes d'une faune tropicale très riche, renfermée parmi les couches à cailloux des collines de Turin, et enfin contre les données lithologiques, qui nous montrent que, parmi les cailloux des collines de Turin, les éléments de la chaîne alpine centrale sont relativement rares et ceux des Préalpes, au contraire, sont abondants, tandis que justement le contraire devrait se constater s'il était question d'une action glaciaire, ainsi qu'on l'observe dans les véritables dépôts morainiques quaternaires. En outre, cette hypothèse laisse encore tout à fait inexplicables plusieurs faits de distribution régionale et stratigraphique des cailloux dans le Miocène piémontais.

L'hypothèse de Virgilio, application aux collines de Turin de l'hypothèse émise en 1882 par Bombicci pour l'Apennin et appuyée par les recherches expérimentales de Reyer, me semble moins admissible encore. En effet, avant tout, l'on ne peut vraiment comprendre comment des entassements caillouteux auraient pu produire, sur une pente qui ne pouvait pas être très forte, un glissement général, sur plusieurs dizaines de kilomètres, de l'énorme masse de terrains tertiaires occupant le fond de la grande vallée padane. Mais même en admettant cela, il reste à expliquer l'absence de cailloux dans les terrains miocéniques des collines du Tortonais, du Casalais, du Haut-Montferrat, des Langhes, etc., collines qui sont placées entre celles de Turin et l'Apennin, d'où devaient dériver les cailloux apenniniques des collines de Turin. L'on ne comprend pas comment aurait pu se faire la pénétration réciproque des masses caillouteuses provenant des Alpes avec celles provenant de l'Apennin, tandis que les couches constituant les collines de Turin présentent une régularité admirable, tant générale que réciproque. Il reste inexplicable comment, tandis que les masses caillouteuses alpines étaient certainement plus puissantes et placées sur des pentes plus fortes que les masses apenniniques, le plissement qui donna origine aux collines, et qui aurait été causé par la rencontre et par la compression réciproque de ces masses, se soit produit près des Alpes, et non près de l'Apennin, comme cela aurait dû se produire dans cette hypothèse. Il est difficile d'expliquer cet énorme glissement général des terrains tertiaires des Alpes piémontaises vers le centre du bassin, tandis que ceux de la Lombardie, en des conditions très semblables, sont restés au voisinage, je dirai même, tout contre les Préalpes. Il semble difficile d'expliquer l'arrivée dans la région de Turin d'éléments lithologiques de la région alpine

comprise entre le Biellais et le Lac Majeur, tandis que les masses caillouteuses, glissant vers le sud, des Préalpes éporediaises, canavaïses etc ; auraient dû s'opposer à ce voyage vers le sud-est.

En admettant par contre, comme je le proposais déjà en 1889 (*I Colli Monregalesi*, p. 23), le développement souterrain vers le sud et le sud-ouest de la zone archaïque et paléo-mésozoïque alpine, qui finit maintenant en apparence à la région préalpine comprise entre le Biellais et le Canavais, l'explication des phénomènes sus-exposés devient facile. La région des collines actuelles de Turin devait se présenter, pendant le Miocène, comme une baie marine, fermée par une côte découpée, constituée de roches archaïques et paléo-mésozoïques, où se déposaient des formations sablonneuses, graveleuses et caillouteuses dont les éléments dérivait très partiellement de l'érosion des côtes, comme l'a exposé en 1888 M. Mazzuoli, dans ses études « *Sul modo di formazione dei conglomerati miocenici dell' Apennino ligure* » ; mais il y a spécialement lieu de faire appel ici au transport impétueux des courants d'eau descendant des Alpes et des Préalpes de cette époque, particulièrement dans des périodes de débordement, ainsi que je l'exposais en 1889 (*I Colli Monregalesi*, p. 23-24. — *Il Bacino terziario del Piemonte*, p. 406).

La présence des éléments apenniniques dans le Miocène des collines de Turin est aussi facile à expliquer par le fait que les formations apenniniques s'avançaient alors jusqu'à cette région, soit comme une zone d'entourage du terrain archaïque (comme on voit de nos jours entre Gênes et Voltaggio) émergeant peut-être en quelque point au sud des collines de Turin, soit comme la continuation occidentale de l'Apennin pavais-tortonais, qui devait se prolonger à cette époque jusqu'à la région turinoise, avec une série de plis émergeant en partie de la mer, et par conséquent de facile dénudation. Il devait enfin se vérifier, pendant le Miocène, dans la partie occidentale du Golfe padan, la convergence des formations alpines avec les formations apenniniques, d'où le mélange de leurs éléments lithologiques dans les terrains miocéniques des collines de Turin. Le fait bien connu que les cailloux apenniniques deviennent rares dans les terrains du Miocène moyen (helvétien) des collines de Turin, tandis qu'ils sont si communs dans ceux du Miocène inférieur (aquitanien) de la même région, dépend certainement de la dénudation et de l'ensevelissement des reliefs voisins apenniniques pendant le cours de l'époque miocénique.

Or, après le développement souterrain partiel de la chaîne archaïque sous la vallée d'amont du Pô, on a vu déjà comment elle

va ensuite s'abaissant un peu et se dirigeant vers l'est, jusqu'à émerger de nouveau dans le massif ligurien, qui cependant, à cause du plissement insuffisant de l'axe de la chaîne, ne nous présente que les terrains archaïques supérieurs, *huroniens*, et non les terrains inférieurs, ou *laurentiens*, lesquels se sont graduellement enfoncés, dans les Préalpes de Saluces, sous le recouvrement *huronien*. La preuve de cette liaison du massif ligurien avec la chaîne archaïque des Alpes Cottiennes réside aussi bien dans l'allure stratigraphique et dans la forte élévation des collines langhiennes (qui dépassent çà et là 800 mètres d'altitude et atteignent parfois presque 900 mètres — ce qui nous indique qu'elles reposent sur une zone de relief orogénique) que dans les nombreuses ramifications projetées vers l'ouest par le massif archaïque de la Ligurie jusqu'à Cairo, Spigno, Cartosio, etc.

Cette preuve est encore fournie, et plus fortement, par l'inflexion et le développement régulier de l'ouest à l'est que présente (des Alpes maritimes à Savone) la bande paléo-mésozoïque extérieure de la chaîne archaïque, dont elle suit toujours, dans les Alpes, l'allure générale.

Mais, parvenus là où le massif archéen de la Ligurie s'enfonce sous la mer Tyrrhénienne, l'on se demande naturellement : cet engouffrement est-il absolu, définitif, ou bien cette chaîne archaïque, tout en s'abaissant quelque peu et faisant défaut à l'observation directe ne se développe-t-elle pas sous l'Apennin ou sous la mer? Et, en ce cas, comment et vers quelle direction s'étend-elle? Il semble naturel que la chaîne alpine archaïque qui s'est développée puissante, grandiose sur plus de 800 kilomètres, ne puisse disparaître définitivement avec le massif de la Ligurie, mais que, tout en s'abaissant, comme l'on a déjà constaté depuis les Alpes Cottiennes jusqu'à la région gênoise, elle continue son développement sous la mer. Les faits géologiques que j'exposerai ultérieurement ne me permettent pas d'accepter l'idée, généralement admise, que la chaîne alpine se continue directement dans l'Apennin septentrional.

Cependant quant à la manière et quant à la direction de cette extension, faute d'observations géologiques directes, nous devons recourir aux données bathymétriques, lesquelles cependant offrent des indications multiples et suffisantes.

En effet, l'abaissement rapide (qui dépasse 1500 à 2000 mètres) du fond du Golfe de la Ligurie vers le S.-O., exclut que la chaîne archaïque puisse prendre cette direction ; par contre vers le S.-S.-E. le fond se maintient entre 400 et 1000 mètres ; en quelques points même, comme à environ 100 kilomètres au S.-E. de Gênes, le fond se relève à moins de 200 mètres du niveau marin ; puis le sol sous-marin se

relève toujours davantage et laisse émerger les sommets archaïques de l'île Gorgona, ensuite peu à peu tout l'archipel toscan en grande partie de nature archaïque jusqu'aux îles du Giglio et de Monte-Cristo. C'est la Tyrrhénide (Tyrrhenis), peut-être plus émergée anciennement et seulement représentée maintenant par les cimes les plus élevées des Alpes tyrrhéniques submergées.

Mais cette « Tyrrhénide » ne constitue pas un affleurement isolé de la chaîne archaïque dont nous suivons le développement. Elle paraîtrait, au premier abord, se relier avec l'affleurement archaïque de la Corse et de la Sardaigne, mais c'est seulement une apparence. En effet, le massif corso-sarde, à cause de sa constitution géologique et de ses caractères paléontologiques, spécialement distincts dans la Sardaigne méridionale, est bien différent de la chaîne alpine; il est au contraire très semblable au massif ancien de l'Europe centrale; c'est enfin un massif hercynien qui, par sa position relative à la bande typique hercynienne de l'Europe centrale, est tout à fait comparable au massif de Méseta, en Espagne. Or, la présence de ce massif ancien au milieu du bassin méditerranéen a causé deux phénomènes principaux.

I. La chaîne alpine, constituée de deux plis principaux subparallèles, s'est dédoublée nettement dans les Alpes maritimes méridionales. En effet l'on peut considérer les Pyrénées comme une prolongation de la chaîne alpine, par une déviation de la zone archaïque du Mont-Blanc (du groupe du Mercantour vers l'ouest) qui va constituer l'affleurement archaïque de l'Estérel, la chaîne des Maures, etc. C'est par ce phénomène que je crois pouvoir rendre compte de l'ampleur du bassin de la Durance, de l'élargissement extraordinaire de la formation éocénique dans la province de Port-Maurice, des curieux faits géologiques et orotectoniques de la région niçoise, etc.

II. La zone alpine principale (méridionale ou interne), après s'être effondrée localement dans le golfe de Gênes, a été de nouveau obligée de réapparaître en partie pour constituer la Tyrrhénide. Mais peu après, ne subissant plus la compression causée par le massif rigide corso-sarde, la zone alpino-tyrrhénienne s'est de nouveau et très profondément abaissée, de sorte que son développement ultérieur vers le sud-est reste complètement caché et incertain à suivre. Mais, dans la Sicile orientale et dans la Calabre, nous voyons une nouvelle apparition des formations archaïques, avec des bandes irrégulières paléomésozoïques. Ce fait, s'il n'est pas causé, au moins partiellement, par la présence d'un petit massif ancien dans cette région, peut être considéré comme une réappatation de la zone alpine principale.

La zone archaïque de la Sicile-Calabre prend peu à peu une direction assez nette vers le nord, même vers le N.-N.-O., s'affaissant en même temps jusqu'à disparaître complètement dans la Napolitaine méridionale (*Lucania*); elle y amène pourtant un grand développement triasique, y causant des troubles tectoniques et orographiques (par exemple la péninsule de Sorrento, l'île de Capri, etc.), de notables phénomènes géologiques et endogènes, d'autant plus qu'ici se vérifie l'enchevêtrement de la zone archaïco-mésozoïque susindiquée avec les formations de l'Apennin.

Cette grande zone lucano-calabro-sicilienne, à charpente archaïque avec manteau paléo-mésozoïque, constituerait, de cette manière, un arc grandiose, presque opposé à l'arc des Alpes occidentales, et comparable à l'arc que, dans le même sens, forment les chaînes des Karpathes méridionales et de la Transylvanie. produisant dans son intérieur la dépression tyrrhénienne, de la profondeur de plus de 3000, 3500 et même de 3700 mètres. Cette grandiose dépression tyrrhénienne, développée du N.-O. au S.-E., correspond assez bien dans son ensemble, soit au bassin autrichien, soit à la dépression padane, spécialement si nous considérons que cette dernière a été aussi, jusqu'à la fin du tertiaire, une dépression marine.

La zone archéo-mésozoïque en question, après avoir constitué la Sicile septentrionale dans son développement ultérieur, va, vers l'ouest, constituer l'Atlas de l'Afrique septentrionale; d'ici se recourbant de nouveau rapidement, elle constitue le détroit de Gibraltar, après quoi, avec une direction de l'ouest à l'est, elle forme la Sierra Nevada, s'abaissant après peu à peu de manière à se terminer, comme simple ride méso-cénozoïque, dans l'Espagne orientale et dans le groupe des Iles Baléares. Ce curieux développement sinueux de cette grande ride constitue dans son intérieur la profonde dépression occidentale de la Méditerranée.

La zone méso-cénozoïque qui constitue le grand Atlas dans son développement vers l'est, va former une partie de la Sicile; puis se courbant vers le sud, donne origine à l'angle méridional de la Sicile; enfin elle plonge sous la mer, n'amenant plus autre chose que les affleurements insulaires de Malte, le rocher de Médina, etc.

Après ces observations, si nous considérons que les formations méso-cénozoïques, qui constituent l'Apennin, ne sont autre chose que la réunion des bandes de même nature, qui entourent les zones paléo-mésozoïques, et par conséquent les zones archaïques axiales, il semble en découler naturellement que l'Apennin n'est que la continuation latérale de la grande ride archaïque alpino-liguro-tyrrhéo-lucano-calabraise.

Or, comme la zone alpine me semble représenter la terminaison occidentale d'une des plus grandes rides de l'Asie, et comme la colline de Turin est, à mon avis, la terminaison septentrionale de la zone apenninique, il en découle la curieuse conséquence que la simple et modeste ride miocénique de Turin, doit être considérée comme une des terminaisons occidentales des grandioses et puissants plissements archaïques et paléo-mésozoïques de l'Asie et d'une partie de l'Europe, à cause d'un graduel affaiblissement de ces nombreuses rides. Si cette interprétation tectonique est acceptable, elle nous montrerait certainement une des plus curieuses façons de plissement, avec développement subhélicoïdal, causés probablement par la position spéciale de la région italique, prise entre plusieurs massifs rigides.

De ces considérations générales il résulte aussi que les divisions stratigraphiques du Bassin typique piémontais n'ont pas seulement un intérêt local, régional, mais qu'elles sont d'une importance bien plus étendue. En effet, comme je l'ai déjà énoncé en 1887 dans une note sur la *Classification des terrains tertiaires conforme à leurs facies*, pp. 292-295, les divisions stratigraphiques du Tertiaire sont basées essentiellement sur des changements de *facies*, qui correspondent à des mouvements oro-tectoniques ; or, le Bassin tertiaire si régulier du Piémont se trouvant entre les Alpes et l'Apennin, c'est-à-dire entre des zones classiques de plissement de l'Eurasie, doit avoir enregistré les palpitations, peut-on dire, les rides rythmiques, et probablement contemporaines, d'une grande partie de la surface terrestre, et, par conséquent, ses divisions stratigraphiques doivent être d'une importance assez générale.

Mais laissons ces considérations, qui nous ont éloigné un peu trop de notre sujet, et indiquons quelques faits qui semblent confirmer l'idée du développement de la zone archaïque alpino-ligurienne au sud du massif de la Ligurie.

En faisant le levé géologique de la Ligurie orientale, j'ai noté comment, tectoniquement, celle-ci présente des failles et une série de plis subparallèles dirigés, dans l'ensemble, du N.-O. au S.-E., plis étroits, pressés, comme si dans le plissement la région se trouvait comprimée contre un massif sous-marin, ayant cette direction, et placé à peu de distance de la côte. On voit bientôt, vers l'est, émerger les terrains paléo-mésozoïques de la Spezzia, ensuite, à peu de distance, apparaît le grandiose et complexe plissement paléo-mésozoïque des Alpes Apuanes, puis, avançant toujours, apparaissent les affleurements semblables des Monts Pisans, du Siennais, du Maremman, du M^t Argentario. C'est la *Chaîne métallifère*, c'est la zone paléo-mésozoïque,

dont nous connaissons déjà le grand développement dans les Alpes et dans les Préalpes lombardes; zone qui, après avoir été en grande partie masquée, peut-on dire, par l'Apennin dans le Piémont et dans la Ligurie orientale, réapparaît de la Spezia au Cap Argentario. C'est en somme la grande zone intérieure ou méridionale de la chaîne alpine archaïque; par conséquent, son apparition et son développement dans la *chaîne dite métallifère* sont les preuves du développement prochain et parallèle, à l'ouest, de la zone archaïque, dont elle constitue la partie périphérique. Ces rapports peuvent d'ailleurs s'observer directement dans l'île d'Elbe, et lorsque la *Tyrrhénide archaïque* s'abaisse vers le S.-S.-O. et disparaît complètement, nous voyons la *chaîne métallifère* s'effondrer au Cap Argentario. *85 Km S. d. Elba*

Il est cependant très probable que, par suite du notable abaissement de la chaîne archaïque entre le massif de la Ligurie et la Tyrrhénide, se vérifie à cette place, sous la mer, une liaison partielle de la zone paléo-mésozoïque que nous venons d'examiner (zone intérieure, par rapport à la courbe alpine), avec la zone du Briançonnais qui disparaît sous les eaux de la mer Tyrrhénienne dans la Ligurie occidentale.

La courbe vers l'est que fait, sous la mer, la chaîne archaïque tyrrhénienne, ne produisit pas seulement l'émersion et le développement de la *chaîne métallifère*, mais influença aussi indirectement la tectonique et l'allure générale de la chaîne apenninique; celle-ci, de fait, fut corrélativement détournée de sa direction régulière S. E.-N. O., formant la grande courbe des Marches, et il se produisit même l'émersion du M^t Conero, près Ancone (qui pourrait être une courte réapparition du système appulo-garganique) outre une très forte déviation, vers l'est, du synclinal bathymétrique de l'Adriatique.

Ayant considéré ainsi dans son ensemble l'allure générale de la chaîne alpino-tyrrhénico-corso-sarde, nous allons dire deux mots du développement de l'Apennin.

La chaîne apenninique est une zone de plissements répétés et sub-parallèles, dûs certainement en partie à ce qu'elle se trouve englobée entre les rides des chaînes archaïques, comme je l'ai déjà indiqué dans un *Abbozzo di Storia Geologica d'Italia* (1892). Cette zone apenninique ne constitue cependant pas un phénomène géologique isolé; on voit déjà des marques plus ou moins importantes de ses formations dans les Préalpes lombardes et vénitiennes; mais il faut spécialement noter qu'elle a son correspondant dans la partie extérieure de la chaîne alpine. En effet, au-delà des Alpes, la formation méso-

cénozoïque, quoique séparée partiellement de la zone archaïque alpine principale, au moyen d'un autre pli archaïque, ou du M^t Blanc (M^t Mercantour-M^t Blanc-Innsbruck, etc.), se développe largement de manière à constituer la *Ceinture calcaire des Alpes Maritimes, la zone calcaire du Dauphiné et la zone des Alpes calcaires de la Suisse, de la Bavière et de l'Autriche.*

La zone apenninique diffère cependant par quelques caractères spéciaux de sa constitution géologique de la zone alpine extérieure indiquée ci-dessus et cela spécialement par la curieuse formation des schistes ophiolitifères. Il faut toutefois noter que des phénomènes semblables s'observent aussi dans la zone problématique *du Chablais*, ou zone des Préalpes Romandes, zone qui semblerait un lambeau d'Apennin dont l'explication tourmente actuellement si vivement les géologues transalpins. Lors d'une récente excursion géologique dans le Chablais, j'ai pu constater la presque identité des formations ophiolitiques de cette région avec celles de l'Apennin septentrional.

En outre la chaîne apenninique a certainement des rapports de géo-tectonique avec la zone parallèle appulo-garganique laquelle, tandis qu'elle continue vers le S.-E., savoir vers Corfou et vers la Grèce, se développe peut-être aussi vers N.-O., de manière à aller se relier avec l'émergence du M. Conero dans l'Anconitain. Nous pouvons noter ici que de la zone dalmatique se détache, avec le groupe des îles Sabbioncello, Curzola, etc., une zone secondaire qui se développe vers le N.-O., dans les îles de Lissa, de S. Andrea, du Pomo, etc., avec une direction qui semble aboutir aussi au M. Conero et poursuivre dans l'Apennin septentrional, mais c'est là seulement une apparence. De plus, il ne serait pas impossible que cette émergence du M. Conero fit partie d'une profonde zone, qui, provenant du S.-E., allât aboutir vers le N.-O. contre les préalpes du Véronais, en s'y reliant aux formations semblables qui sont très développées dans cette région.

Cette hypothèse pourrait expliquer 1^o le fait du manque de dépôts pliocènes marins à l'est du lac de Garde, c'est-à-dire l'émergence des Préalpes vénitiennes pendant le Pliocène, comme il se vérifia dans la région dalmatique, 2^o les phénomènes compliqués endogènes-orotectoniques de la région euganeo-benacense-veronaise, 3^o les variations profondes de direction et de constitution qui se vérifient dans le bord extérieur des Alpes entre la Lombardie et la Vénétie, 4^o le grand développement et l'enchevêtrement des formations mésozoïques dans la chaîne alpine en cette région, 5^o la formation de la dépression très ample et profonde du lac de Garde, etc.

Au delà des Alpes nous trouvons la grande chaîne du Jura, qui me

semble avoir beaucoup de rapports de position et de structure avec le système appulo-garganique. Ce dernier système eut et a naturellement des rapports géo-tectoniques et aussi orohydrographiques (ancienne *Adria*) assez étroits avec la chaîne parallèle dalmatique, chaîne qui présente un squelette paléo-mésozoïque (affleurant spécialement vers l'est) sur lequel sont appuyés à l'ouest plusieurs plis ou zones méso-cénozoïques.

Ce système dalmatique va vers le S.-E. se relier, latéralement, au système appulo-garganique dans la Grèce ; vers le N.-O., au contraire, il va constituer la péninsule istrienne, puis plonge en partie dans le golfe triestin et sous la plaine frioulaine ; il reparaît ensuite presque complètement dans les Préalpes vénitiennes, et constitue ainsi ce qu'on appelait tantôt la *zone calcaire méridionale* préalpine, ou interne.

Nous pouvons encore noter incidemment que, la chaîne alpine, considérée dans son ensemble, paraît presque constituée par deux grands plis archaïques, comprimés l'un contre l'autre, savoir un *pli principal intérieur*, et un *pli extérieur* (*zone du M^t Blanc*, etc.) ; ainsi quand la chaîne alpine plonge vers l'Orient près Gratz, ces deux zones semblent se détacher ; celle extérieure ou septentrionale se dirige vers l'E.-N.-E. où elle reparaît puissante dans les Carpathes ; celle intérieure ou méridionale se dirige au contraire vers le S.-E., pour reparaître, très étendue, dans le grand système archaïque turc, de la Grèce, etc. Or, les chaînes ou zones susnommées, métallifère, apenninique, appulo-garganique, liburnico-dalmatique et dinarique, représenteraient simplement des systèmes principaux de plis, qui se formèrent soit pour représenter en partie la terminaison de la ride alpine, soit pour s'être trouvés pris et comprimés entre le grandiose et ancien pli massif archaïque turco-alpino-tyrrhénocorso-sarde ; la ligne de la plus grande dépression entre ces plis est essentiellement représentée par l'Adriatique. Ce complexe synclinal adriatique se peut encore subdiviser en deux parties : une occidentale (Golfe de Tarente — Basilicate — Capitanate — Adriatique occidentale — Vallée Padane) qui alla se soulevant peu à peu dans les dernières époques géologiques, et une orientale (Adriatique centrale et orientale — Vénétie) qui alla s'abaissant graduellement. Dans l'ensemble, par conséquent, toute la région examinée, malgré de fortes complications et variations, fait encore partie de ce système grandiose de rides, qui, comme des ondes immenses subparallèles, constituent l'oro-plastique et l'orotectonique de l'Asie. Et il ne manque pas ici, comme dans la partie périphérique méridionale de l'Asie, les phénomènes volcaniques, simple résultat des cassures, des failles et des dislocations, qui doivent natu-

rellement accompagner ces grands plissements, ces poussées, compressions et mouvements semblables oro-tectoniques.

Mais revenons à l'Apennin.

Les rides de l'Apennin sont plus ou moins accentuées, plus ou moins nombreuses; mais, dans l'ensemble, subparallèles et avec une allure générale du S.-E. au N.-O. Ce fait est universellement admis par les géologues, mais l'accord cesse souvent dans l'interprétation des rides, spécialement dans l'Apennin septentrional. En effet, puisque l'on attribue généralement à l'Eocène moyen, ou supérieur, la puissante formation des schistes ophiolitifères, que j'attribue au contraire au Crétacé, il s'ensuit que (comme nous voyons par exemple dans le travail récent de M. De Stefani sur « *Le pieghe dell' Apennio fra Genova e Firenze* ») l'on fait presque toujours correspondre les synclinaux aux lignes que je marquerais comme anticlinales, et vice versa.

Vers le S.-E. la formation apenninique se développe régulièrement jusque dans la Napolitaine; après quoi affleurent les formations mésozoïques, qui, comme dans les Alpes, entourent le massif archaïque calabro-sicilien.

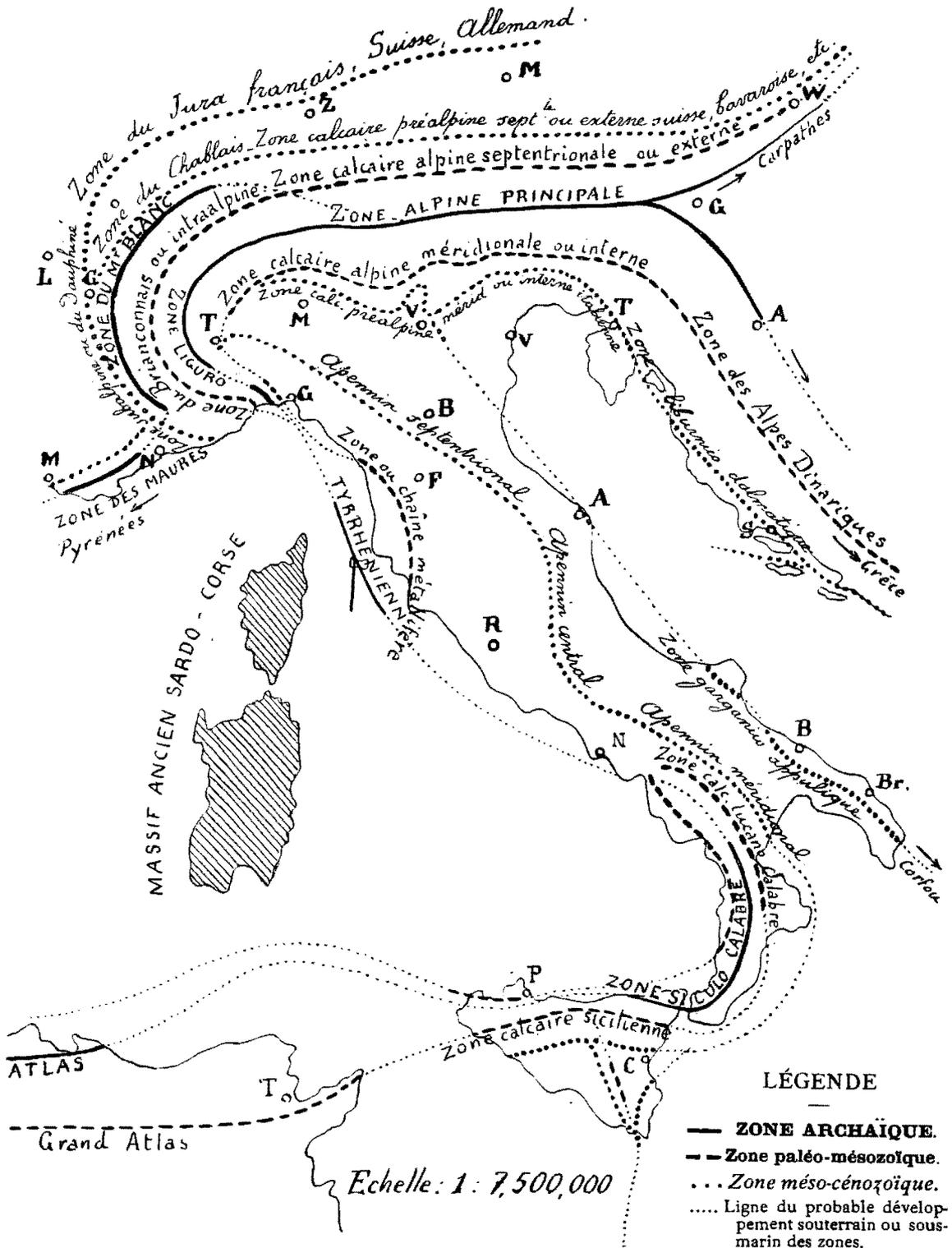
Quant au développement, vers l'occident, de la chaîne apenninique on a généralement l'habitude de la relier, de différentes manières, aux Alpes maritimes, considérant la colline d'Alexandrie et de Turin comme un phénomène de plissement isolé, comme nous le voyons aussi dans l'ouvrage récent et très important de M. Diener (*Der Gebirgsbau der Westalpen*, 1891), dont j'ai adopté en grande partie la nomenclature des zones alpines; presque tous les auteurs indiquent précisément l'Apennin comme une continuation directe de la chaîne alpine.

Or cette interprétation est, géologiquement, essentiellement erronée. De fait, comme je le déclarai déjà en 1890 dans une étude sur la *Géotectonique de la Haute Italie occidentale* (p. 17, 18) et comme je le démontrai par des études géotectoniques détaillées sur le *Bacino terziario del Piemonte* (1889-90) et sur l'*Apennino settentrionale* (1891), l'axe principal de plissement de l'Apennin septentrional ne va point se rencontrer avec la chaîne des Alpes Maritimes, mais il continue régulièrement son développement dans les collines de Pavie et de Voghèra, s'abaisse graduellement dans les collines de Tortone de manière à plonger sous la plaine de Tortone et d'Alexandrie. Cette disparition rapide et tout à fait locale de la zone apenninique est causée en partie aussi par les puissants dépôts alluviaux produits par le concours des eaux dévalant de la haute vallée du Pô, des deux Bormida, de l'Orba, de la Scrivia, etc. Mais aussitôt après, la ride apenninique se relève, constituant les collines d'Alexandrie, et elle continue ensuite,

plus ou moins complexe, son développement ordinaire S.-E. — N.-O. par les collines de Casal, jusqu'à ce que, heurtant contre la chaîne souterraine archaïque, elle est obligée de dévier vers le S.-O. pour constituer les collines de Turin.

Résumant ce qui vient d'être sommairement exposé dans les pages précédentes, nous pouvons donc conclure que la délimitation des Alpes de l'Apennin au col de Cadibona ou à d'autres cols plus occidentaux, est basée seulement sur des données orographiques et géologiques d'une importance secondaire. La chaîne alpine (ou alpino — liguro-tyrrhénienne) de nature archaïque, avec des recouvrements et des zones paléo-mésozoïques, est complexivement indépendante de la chaîne apenninique (ou apenninico — alexandrino — turinoise) de nature mésozoïque avec des recouvrements cénozoïques. Bien que les deux chaînes présentent entre elles des rapports tectoniques, elles sont non seulement bien distinctes géologiquement mais aussi bien individualisées dans leur développement : elles se touchent à peine latéralement dans la Ligurie, et cela précisément dans *la dépression génoise* (Pas des Giovi, dans un large sens), *que l'on doit conséquemment fixer sans aucun doute comme la ligne de division la plus rationnelle des Alpes d'avec l'Apennin*, ligne qui finit vers l'ouest en Piémont dans le grand bassin de l'Astesan.

Musée géologique de Turin. — 5 février 1895.



F. SACCO. — SCHEMA GEOTECTONIQUE DES ALPES ET DE L'APENNIN.