

CLASSIFICATION DES TERRAINS TERTIAIRES CONFORME A LEURS FACIES

PAR

le Dr Federico Sacco

Professeur de Paléontologie à l'Université royale de Turin.

PLANCHE XI.

Dans l'état actuel de la science, alors qu'après avoir établi les grands systèmes géologiques et leurs subdivisions différentes, avoir dénommé ces dernières par des noms spéciaux, et les avoir divisées à leur tour en sous étages spécifiés par des noms particuliers et locaux, si l'on vient à considérer et à analyser la valeur de toutes ces divisions, on reconnaît bientôt qu'un besoin d'unification stratigraphique vient s'imposer aux géologues, besoin d'autant plus impérieux que la nécessité d'établir les parallélismes entre les étages et le fractionnement des étages connus dans les diverses parties du globe terrestre, vient s'imposer à son tour.

Le moment des essais d'unification et de classification systématique est donc venu et il est temps, croyons-nous, avant d'en arriver à une confusion nuisible à la science, de tâcher d'établir le synchronisme de quantités de couches connues partout sous des noms différents et cependant parfaitement concordantes comme âge.

Les géologues de tous les pays semblent du reste convaincus de l'importance de la question, attendu que, dans les Congrès internationaux qui se sont succédé à Paris, à Bologne et à Berlin, ces principes ont été débattus, et que l'une des principales questions figurant à l'ordre du jour du prochain Congrès de Londres, consiste précisément dans la recherche de l'unification stratigraphique.

Pour obvier à la confusion, quelques uns conseillent de maintenir sans changements les classifications anciennes, surtout celle de Lyell,

sans établir de subdivisions plus détaillées, de même que l'on propose aux paléontologues, aux botanistes et aux zoologistes de ne point créer tant d'espèces nouvelles.

Mais la science ne peut s'accommoder de cet état stationnaire.

De même que je voudrais voir les paléontologues donner un plus grand développement à la *variété* ou adopter la *classification trinominale*, de même, dans la nomenclature géologique, une fois les systèmes principaux établis, je crois que l'on devrait aussi accepter momentanément les nombreuses divisions secondaires créées dans tous les pays, sauf à rechercher activement leur synchronisme précis, puis, celui-ci une fois trouvé, appliquer la *loi de priorité* qui imposerait le nom le plus ancien donné à la subdivision considérée et annulerait les autres, en supprimant toutes les synonymies inutiles.

Naturellement, cette réforme rencontrera de très grandes difficultés dans la pratique, soit parce qu'un grand nombre des noms proposés correspondent, non à de véritables horizons géologiques, mais à de simples *facies locaux*, soit par le motif que les diverses parties de la terre se sont trouvées, pendant la même période géologique, dans des conditions de sédimentation très variées, de manière qu'il sera toujours difficile et assez conventionnel, d'établir des étages géologiques universels.

Des considérations générales ont été exposées depuis quelques années sur ce sujet par MM. Fuchs (1), Renevier (2), A. Rutot (3), E. Van den Broeck (4) et d'autres.

Il est aussi très naturel que la réforme dont je viens de parler ne s'introduise que graduellement, et ce n'est que quand on sera parvenu à établir, sur une partie suffisante de la surface terrestre, une série d'étages géologiques bien distincts et bien caractérisés — ce qui sera toujours un travail long, difficile et même quelquefois impossible — que l'on pourra proposer comme *type* cette série d'étages aux autres parties de la terre, afin qu'on puisse chercher les correspondants et trouver les synchronismes entre les étages et les horizons déjà distin-

(1) Th. Fuchs. — *Tiefseebildungen* — Neues Jahrb. für Min. etc. II. Beilagband — 1882.

(2) E. Renevier. — *Les facies géologiques* — Archives des sciences physiques et naturelles — Tome II, 1884.

(3) A. Rutot. — *Les phénomènes de la sédimentation marine étudiés dans leurs rapports avec la stratigraphie régionale.* — Bull. du Mus. Roy. d'Hist. Nat. de Belgique, 1883.

(4) E. Van den Broeck. — *Sur un nouveau mode de classification des dépôts géologiques.* — Bull. du Mus. Roy. d'Hist. Nat. de Belg. 1883.

gués dans ces régions, alors même que ces divisions synchroniques seraient représentées par des facies avec faune ou flore différentes de celles caractérisant la série *type* dont on voudrait généraliser le nom.

Toutes ces difficultés seront tour à tour rencontrées et, pour ne citer qu'un exemple, il est certain qu'il ne sera pas aisé aux géologues européens de paralléliser les terrains archéens de l'ancien continent avec les divisions qui ont déjà été créées dans ces terrains en Amérique ; pas plus qu'il ne sera facile aux géologues américains de tenter l'unification parfaite entre leurs étages et ceux adoptés depuis lors en Europe.

Mettant à l'écart ces considérations trop générales, dont la solution est loin de pouvoir être entreprise avec succès, je voudrais poser maintenant la question d'une manière plus pratique en abordant ce qui pourrait être tenté au sujet des terrains tertiaires.

Cet essai se justifie à mes yeux parce que, d'une part, ces terrains constituent une grande partie — quoique relativement superficielle — des terres actuellement émergées et que, d'autre part, il existe dans leur classification de grandes divergences.

Enfin, j'ai pu faire également, sur les terrains tertiaires, des études assez détaillées et assez étendues en Italie, qui est un pays typique à cet égard.

Si les subdivisions du Tertiaire établies par Lyell : Éocène, Miocène, Pliocène, encore maintenues par un grand nombre de géologues, ont pu, pendant longtemps, suffire aux connaissances géologiques et au progrès des études, l'on reconnaît actuellement qu'en raison du grand nombre de subdivisions qu'elles impliquent, il est devenu presque impossible de les maintenir intactes.

Déjà, pour ne pas altérer trop profondément la classification ancienne, on a dû constituer l'*Oligocène* aux dépens de l'Éocène supérieur et du Miocène inférieur ; plus tard, on a proposé un *Paléocène* ou *Proïcène*, un *Néogène*, et l'on a voulu intercaler un *Mio-Pliocène* entre le Miocène et le Pliocène ; mais ces modifications, encore applicables à des régions où les terrains tertiaires ne sont pas encore parfaitement connus, ne constituent qu'un palliatif, qu'une espèce d'adaptation de l'ancienne classification aux faits récemment observés, et ne répondent plus aux exigences d'une classification logique et naturelle des terrains tertiaires.

Parmi les différentes classifications proposées par plusieurs géologues après Lyell, celle qui me paraît la plus naturelle et supportant le mieux un examen détaillé dans le domaine des faits, est la classification proposée par M. Karl Mayer.

Bien qu'elle soit fortement contestée par un grand nombre de

géologues, et quoique moi-même, tout en l'approuvant, en général, je la critique dans plusieurs de ses détails, je pense que cette classification devrait être acceptée, au moins pour l'Europe, en attendant que les études soient assez avancées dans les autres contrées du monde.

Je suis persuadé que la preuve par laquelle on reconnaît que la classification d'un système quelconque est naturelle, consiste en ce que la série stratigraphique représentée par cette classification doit pouvoir se rencontrer complète et régulière dans les régions où les terrains qui y correspondent se sont déposés tranquillement, sans transgressions et avec un facies essentiellement marin, de manière qu'il soit permis de suivre pas à pas la succession graduelle des faunes, sans que leur ordre soit troublé par ces grands phénomènes orogéniques qui, faisant émigrer les faunes pour un temps plus ou moins long, produisent soit des alternances de faunes et de flores terrestres, avec les faunes marines, soit des lacunes qui altèrent la marche régulière de l'unité stratigraphique.

En conséquence, j'ai choisi la région italienne, déjà classique par rapport au Tertiaire, comme base des considérations que je compte exposer, et plus spécialement le bassin typique du Piémont, dont les conditions stratigraphiques correspondent assez bien à ce que j'ai signalé ci-dessus comme nécessaire pour fonder une classification logique.

De plus, ce choix m'a été dicté par les études spéciales que j'ai faites, depuis quelques années, dans le bassin tertiaire du Piémont; études qui seront bientôt complètement publiées; toutefois, comme dans cette région, les terrains éocéniques, tout en étant bien développés, ne présentent cependant pas une succession stratigraphique aussi régulière qu'il serait souhaitable pour qu'ils pussent servir de type à une classification, et comme la succession régulière de ces terrains se rencontre ailleurs, je n'en parlerai ici que très succinctement.

M. Mayer, dont la magistrale classification me sert spécialement de base, ayant très justement observé une alternance régulière de *facies* dans les dépôts tertiaires, c'est-à-dire une série successive de dépôts de *mers amples* et de *mers basses*, a cherché à relier les faits à des phénomènes astronomiques et a publié, en 1884, une *Classification des terrains tertiaires conforme à l'équivalence des périhélies et des étages* et, plus tard, sur la même base, une *classification des terrains crétacés*.

Mais, tandis que je suis d'accord avec M. Mayer sur cette alternance de *facies* dans les terrains tertiaires, bien que je ne puisse adhérer à l'hypothèse de la cause astronomique qu'il préconise, je suis d'un avis

contraire pour ce qui est de faire correspondre les *facies* alternants aux différentes subdivisions que M. Mayer propose pour la série tertiaire, attendu que cet auteur fait correspondre à chaque étage géologique *deux facies* distincts constituant ainsi deux sous-étages bien marqués, tandis que, en général pour ce qui me concerne, je n'ai pu vérifier l'existence que d'un *seul facies* principal, en correspondance avec chaque étage, ce qui simplifie beaucoup la classification.

C'est cette manière de voir que je compte exposer ci-après, en me basant, comme je l'ai dit ci-dessus, sur la série marine, typique et régulière, du Bassin tertiaire du Piémont.

Bartonien. — Laissant de côté les étages inférieurs du Tertiaire et ceux qui relient ces terrains au Crétacé, vu que ces étages ne sont pas représentés d'une manière typique ni importante dans le Bassin considéré, nous aborderons immédiatement le *Bartonien*, avec ses puissants bancs marneux, — quoique alternés parfois avec des couches calcaires à *Lithothamnium* — en faisant remarquer que cet étage doit représenter un dépôt de mer assez profonde.

Or, bien qu'en certaines localités, comme près de Gassino, sur les collines de Turin, les terrains bartoniens atteignent parfois la puissance de 200 mètres, il m'a été non seulement impossible de les subdiviser régulièrement en deux sous-étages : *Mortolin* et *Auversin* proposés par M. Mayer, mais j'ai reconnu qu'une grande partie des fossiles qu'ils renferment sont très communs dans le *Parisien* et même considérés par quelques auteurs comme caractéristiques de ce dernier étage.

Ce fait tend à montrer que les deux étages ne sont pas aussi distincts l'un de l'autre que le voudraient certains géologues ; mais cette question ne pourra se décider que dans des régions où les étages du Tertiaire inférieur sont régulièrement développés, et non dans le Piémont, où ils ne sont pas typiques.

Dans tous les cas, si le *Bartonien* doit être considéré comme un étage bien distinct du *Parisien*, il correspond bien certainement à un *seul facies* qui paraît être de mer assez profonde et, je crois qu'au point de vue du nom à imposer à l'étage, le nom de *Bartonien*, proposé par M. Mayer en 1857, devra avoir la priorité sur ceux de *Wemmélien*, d'*Uzegien*, d'*Asschien*, de *Jacksonien* (Amérique), etc., etc., proposés depuis lors.

Ligurien. — Quant au *Ligurien*, envisagé dans le sens que lui donne M. Mayer dans sa classification du Tertiaire et dans sa dernière

publication (1), je crois utile de faire à son sujet quelques observations.

Remarquons avant tout que M. Mayer divise maintenant l'étage ligurien en deux sous-étages : *Hénisin* en haut, *Montmartrin* en bas.

Or, j'ai pu constater que, dans le Piémont, les terrains compris dans le sous-étage inférieur atteignent parfois 3000 mètres d'épaisseur, et que ceux du sous-étage supérieur arrivent quelquefois à une puissance de 2500 mètres environ.

Il résulte donc clairement que le *Ligurien*, comme l'entend actuellement M. Mayer, est trop étendu et qu'il représente plusieurs étages, de sorte que l'on devra certainement en détacher le sous-étage supérieur et peut-être même diviser en deux étages l'horizon inférieur.

En effet, si nous observons le *Montmartrin*, qui, à vrai dire, correspond au *Ligurien* de M. Mayer, d'avant 1884, et au *Ligurien* de presque tous les géologues, nous pouvons remarquer que non seulement sa puissance est extraordinaire, mais que l'on rencontre souvent dans sa masse des couches séparables en un horizon inférieur à *facies de mer basse* et même à *facies littoral*, représenté par des grès, des macignos, etc.; et en un horizon supérieur à *facies de mer assez profonde* représenté par des argiles feuilletées (*argille scagliose*), des marnes calcaires, etc.

En conséquence, il semblerait presque que l'on devrait adopter la distinction proposée en 1865 par Pareto : « *Note sur les subdivisions que l'on pourrait établir dans les terrains tertiaires de l'Apennin septentrional* » (Bull. Soc. géol. de France) pour le classement de la puissante série de dépôts liguriens, au moins dans la chaîne alpino-apennine et dans ses ramifications; c'est-à-dire diviser la masse en un étage inférieur *Ligurien, stricto senso*, (nom proposé par M. Mayer, et correspondant à l'*Etrurien* de Pareto, au *Proïcène* de Gervais, au *Sextien (pro parte)* de De Rouville, etc.), étage représenté essentiellement par le Macigno, par les grès à *Chondrites*, etc.; et en un étage supérieur *Modenais* ou *Modénien*, constitué spécialement par les « *argille scagliose* », par des marnes et d'autres dépôts à *facies ordinaire de mer assez profonde*.

Cependant, comme je voudrais, en général, simplifier la classification de M. Mayer, et que, dans le cas présent, on la compliquerait encore, je me bornerai, pour le moment, à exprimer mes idées à ce propos, souhaitant que quelque autre géologue, plus compétent en terrain éocène, reprenne la question et la résolve.

(1) K. Mayer-Eymar — *Systematisches Verzeichniss der Kreide und Tertiär-Versteinerungen der Umgegend von Thun*. Beitr. z. Geol. der Schweiz — 1887.

Quant à constituer un sous-étage du *Ligurien* avec les dépôts placés par M. Mayer dans le *Hénisin*, comme il le soutient maintenant, je ne crois pas la chose admissible; les caractères paléontologiques, lithologiques et même stratigraphiques s'y opposent absolument.

Il en est ainsi assurément pour le bassin du Piémont, bien que l'on puisse observer, moins distinctement, il est vrai, la même distinction ailleurs; et M. Mayer même, qui a toujours considéré les marnes à *Cyrena semistriata* de Hordle, les sables serpentineux et les poulingues de Caïro, de Dego, de Cassinelle, etc., comme typiques du *Tongrien*, a dû, dans ces dernières années, pour se conformer à sa théorie — qui établit que chaque étage géologique doit correspondre à un périhélie entier — placer ces terrains dans le *Ligurien*.

Tongrien. — Le *Tongrien*, correspondant en partie au *Stampien* de M. De Rouville, est bien développé dans le bassin tertiaire du Piémont et y présente une succession stratigraphique régulière, en même temps qu'il est bien caractérisé paléontologiquement par sa richesse en fossiles animaux et végétaux.

Dans le Piémont, le *Tongrien* se laisse diviser nettement en deux horizons bien distincts : un inférieur, souvent très puissant, (dépassant parfois 2500 mètres) constitué en grande partie par des grès, des graviers et des conglomérats, c'est-à-dire par un *facies de mer basse* ou de *littoral*, passant parfois, mais localement, au *facies continental*; et un horizon supérieur, moins puissant, (pouvant toutefois dépasser 600 mètres) essentiellement marneux, c'est-à-dire à *facies de mer assez profonde et tranquille*; de sorte que je crois que l'on peut raisonnablement diviser le *Tongrien* en deux étages ou horizons bien distincts, comme l'a fait M. Mayer.

Mais je ne suis plus de l'avis de ces avant, surtout pour ce qui concerne le bassin piémontais, au sujet des couches qui se rapportent à chacune des deux subdivisions, attendu qu'il place dans le *Tongrien inférieur* ou *Spauwenien* les marnes blanches de l'Apennin septentrional, alors que je suis resté convaincu, après un examen détaillé, que ces marnes constituent, au contraire, le *Tongrien supérieur*.

En outre, M. Mayer met dans le *Tongrien supérieur* (*Boomin* de M. Mayer) : 1° les calcaires blancs à Nullipores de Gassino, — lesquels, ainsi que je l'ai déjà signalé, doivent se rapporter au *Bartonnien* — ; 2° les calcaires blancs à Nullipores de Ponzzone, etc.; couches de calcaires gréseux à *Lithothamnium* dont le *facies littoral* porte à les faire placer dans l'*Aquitanién*, dont elles constitueraient la base; 3° les calcaires blancs d'Acqui, qui certainement font partie de l'*Aquitanién*,

vu qu'ils occupent une position moyenne dans la division supérieure de cet étage.

Je crois encore devoir faire ici une dernière et importante rectification.

Les lignites de Cadibona, celles de Bagnasco, Nuceto, etc., renfermant des restes d'*Anthracoherium magnum* Cuv. etc. doivent être considérés d'après mes études, comme faisant partie du *Tongrien inférieur*, dont elles constituent même la base, et non comme *Aquitaniens*, comme l'affirme M. Mayer (Bull. de la Soc. Géol. de France. Séance du 19 février 1877); et comme malheureusement l'ont répété, dans les meilleurs et plus récents traités de géologie, des auteurs tels que MM. de Lapparent, Gümbel, etc.

Comme conclusion, il me semble que les dépôts *tongriens*, par rapport à leurs facies complexes, peuvent se diviser en deux horizons généraux, l'un, inférieur, à *facies de mer basse* qu'on pourrait appeler *Tongrien (stricto sensu)*; et l'autre, supérieur, à *facies de mer assez profonde*, que l'on pourrait appeler *Stampien*.

Aquitaniens. — L'Aquitaniens a été divisé, par M. Mayer, en deux sous-étages : l'un inférieur : *Bazasin* et l'autre supérieur *Mérignacin*. Dans l'esprit de leur auteur ces deux sous-étages doivent correspondre : le premier à un facies de mer profonde et le second à un facies littoral.

Mais l'examen des dépôts aquitaniens du bassin piémontais, où ils sont généralement très développés, puissants de parfois 3000 mètres et à succession stratigraphique régulière, m'a convaincu que leurs couches étant essentiellement sableuses et gréseuses, molassiques, ils correspondent, en général, à un seul facies de *mer peu profonde* ou de *littoral*.

En maintenant donc pour les terrains que nous venons d'examiner le nom d'*Aquitaniens*, proposé par M. Mayer dès 1857, nom préférable à ceux d'*Aurélien*, de *Delemontien*, de *Bolderien*, de *Rupélien*, de *Bormidien*, de *Patagonien*, des Américains, etc. — d'autant plus que ces dernières dénominations embrassent aussi, en général, d'autres horizons, comme par exemple le *Bormidien* de Pareto et l'*Orbitoïtic* des Américains, qui renferment aussi le *Tongrien*, — je suis d'avis qu'il faut considérer l'*Aquitaniens* comme un horizon unique, correspondant à un seul facies, et par conséquent non séparable en deux étages, exception faite des cas particuliers, correspondant à des facies locaux.

Langhien. — Par le *Langhien*, correspondant au *Mayencien*, au *Cartennien* de quelques géologues et, en partie, au *Marylandien* et à l'*Araucanien* des Américains, il me suffira de répéter les considérations que j'ai exposées au sujet de l'*Aquitaniens*.

En effet, tandis que M. Mayer fait correspondre cet étage à un périhélie entier et par conséquent le divise en un horizon inférieur ou *Leoganin* à facies de mer profonde et en un horizon supérieur ou *Saucatsin*, j'ai pu constater, au contraire, dans tout le bassin tertiaire du Piémont, que cet étage géologique, à stratification très régulière et parfaitement concordante avec les couches sous et sus-jacentes, auxquelles il passe sans transgression, est essentiellement représenté par des marnes à Ptéropodes et par d'autres dépôts de mer profonde auxquels se sont substitués, en certaines régions seulement, des dépôts de mer peu profonde.

De toutes façons, cet étage a toujours une puissance beaucoup moindre (1500^m au plus) que celle des horizons entre lesquels il est placé, ce qui s'explique aisément si l'on considère la nature des dépôts ; de sorte qu'à mon avis, le peu de puissance et le caractère unitaire de l'horizon s'opposent à sa division en deux étages.

Ce sont ces considérations qui m'ont persuadé que, dans la classification générale des terrains tertiaires, il y avait lieu de considérer le *Langhien* comme un étage unique correspondant à un facies de *mer assez profonde*.

Helvétien. — L'*Helvétien*, qui semble être un des horizons les plus développés des régions tertiaires, a aussi été partagé, par M. Mayer, en deux étages : *Grundin* en bas et *Serravallin* en haut ; mais, en vérité, si l'on considère la nature de presque tous les dépôts, y compris ceux du bassin piémontais rapportés par M. Mayer au *Grundin* ou facies de mer profonde, il ressort clairement que ces dépôts sont, au contraire, généralement caractérisés comme étant des facies de mer peu profonde.

Dans le bassin piémontais, classique à cet égard par la faune de Superga, le caractère unitaire de *mer basse* des dépôts helvétiques, formés pour la plupart de sables et de grès molassiques en général assez puissants, (parfois près de 2500^m) nous semble évident ; ce qui est conforme à leur allure très régulière et à leur passage graduel et presque insensible au *Langhien* vers le bas et au *Tortonien* vers le haut.

En conséquence, je crois que l'on doit considérer les dépôts dont il vient d'être question comme faisant partie d'un seul étage géologique, subdivisible seulement en sous-étages secondaires correspondant à des facies locaux et spéciaux.

Cet important étage devra s'appeler du nom indiqué dès 1857 par M. Mayer, bien que, dans la suite, on ait proposé divers autres noms tels que : *Serravallin*, *Ligérien*, *Falunien*, *Boldinien*, *Subpampien* et

Virginien (en partie) de l'Amérique, etc. ; noms qui, en général, dans la pensée de leurs auteurs, ne correspondent pas bien à l'étage *Helvétien* de M. Mayer, mais qui embrassent aussi presque toujours des termes supérieurs ou inférieurs à cet étage.

Tortonien. — Dans le *Tortonien* de M. Mayer (*Dertonien* du même auteur), correspondant à l'*Oeningien*, au *Sahélien*, etc., d'autres géologues, nous constatons de nouveau une série de dépôts de mer assez profonde.

Le même fait se présente dans le bassin tertiaire du Piémont, où le *Tortonien* existe bien développé, très régulier, passant graduellement à l'*Helvétien* vers le bas et au *Messinien* vers le haut. L'étage est souvent riche en fossiles et, par conséquent, typique sous tous les rapports.

Malgré cette uniformité de facies, M. Mayer a pensé pouvoir diviser également le *Tortonien* en deux horizons, en se basant, pour faire la séparation, sur un facies tout à fait spécial que présente l'étage dans une région très limitée du Bassin tertiaire du Piémont.

A la suite de mes observations, je ne puis me rallier à l'opinion de M. Mayer, tant pour les divisions qu'il a proposées, que pour l'interprétation qu'il donne au facies sur lequel il base son horizon inférieur.

Je vais expliquer ci après brièvement les raisons qui m'empêchent d'accepter les propositions de M. Mayer, parce que je désire que des hypothèses, que je crois non fondées, ne soient pas introduites comme vérités dans la science.

M. Mayer a partagé le *Tortonien* en un étage inférieur *Badenin*, à facies de mer profonde, renfermant à juste titre les marnes et les argiles bleues du Piémont, de l'Émilie, de Baden, etc.; et en un étage supérieur à facies de mer basse qu'il a nommé *Stazzanin*, à cause du voisinage de Stazzano en Piémont, où se montrent en effet des sables et des graviers dans le *Tortonien*.

Or, bien que je sois d'accord avec M. Mayer, pour admettre que, dans le bassin piémontais, un régime de mer basse se substituait graduellement, vers la fin de l'époque tortonienne, à un régime de mer profonde — fait prouvé par les concrétions calcaires, et par les bancs de fossiles littoraux ou d'estuaire représentant probablement le *Sarmatien* de quelques géologues; — il n'en est pas moins vrai que, dans son ensemble, le *Tortonien* ne correspond qu'à un seul facies de *mer assez profonde* dans le bassin piémontais.

Quant à la présence des lits de conglomérats dans l'horizon tortonien, près de Stazzano, il est important de noter : 1° qu'il s'agit d'un

fait local qui s'accorde avec le développement extraordinaire des conglomérats, soit dans le Tongrien, soit dans le Messinien, comme aussi dans une partie de l'Helvétien, de ces régions; (cette nature graveleuse des terrains s'expliquant par les conditions orogéniques des localités considérées, qui représentent une sorte de golfe entouré en grande partie par des reliefs assez importants); 2° que les dépôts de cailloux ne sont certainement pas dus à un cône sous-marin de serpentine, comme le suppose M. Mayer dans son travail : « *Sur la carte géologique de la Ligurie centrale* », Bull. de la Soc. Géol. de France. 3° série. Tome X. 1877; et cela par la simple raison que les cailloux en question sont de nature gréseuse ou calcaire et proviennent de l'ablation des schistes du *Ligurien*, dont les dépôts constituent les régions montagneuses les plus proches; au contraire, les cailloux serpentiniteux ne se rencontrant que très rarement dans ce conglomérat; 3° que les bancs sableux avec conglomérats de Stazzano dont il est question ne se trouvent pas dans le Tortonien supérieur, ainsi que le dit M. Mayer, mais bien dans les parties moyennes et inférieures; de manière qu'à partir du mont Antico jusqu'à Vargo, les bancs de conglomérats s'appuient presque directement sur l'Helvétien, duquel ils sont même, quelquefois difficiles à distinguer, à cause des lits de cailloux qui existent aussi parfois dans les niveaux supérieurs de ce dernier étage.

Pour conclure à l'égard du *Tortonien*, nous pouvons dire que, dans son ensemble, cet étage doit être considéré comme correspondant à un même horizon, divisible naturellement en facies locaux et spéciaux, mais que l'horizon *Stazzanien* proposé par M. Mayer est basé sur une interprétation erronée des faits.

Messinien. — Le *Messinien*, dont la découverte et la délimitation sont dues en grande partie à M. Mayer, a été divisé par cet auteur en deux horizons : l'un inférieur ou *Billowitzin*, de mer profonde, l'autre supérieur ou *Matérin*, de mer basse ou peu profonde.

Or, dans le bassin tertiaire piémontais, où le *Messinien* — qui dépasse parfois 200 mètres — est magnifiquement et typiquement développé, tant sous le rapport lithologique que sous le rapport paléontologique, et les couches sont en parfaite concordance avec celles qu'elles recouvrent comme avec celles qui les surmontent. La distinction en deux horizons, qui a été proposée, me semble inacceptable, d'autant plus qu'elle repose sur une base erronée.

En effet, les marnes noires qui, selon M. Mayer, représenteraient la partie inférieure, ou le *Billowitzin*, ne sont pas constantes dans le bassin

piémontais; elles font même défaut sur des étendues très notables, alors qu'on ne voit aucune transgression entre le Tortonien et le Messinien.

Non seulement les marnes noires dont il est question n'ont guère que quelques mètres d'épaisseur, mais elles apparaissent à plusieurs niveaux, même dans la partie supérieure de la série messinienne; enfin, nous ajouterons que les fossiles qu'elles renferment sont plutôt des formes de mer profonde que des formes littorales.

Quant aux dépôts de gypse que M. Mayer place dans son horizon supérieur ou *Matérin*, il résulte de mes observations dans le bassin du Piémont, que ces formations de sulfate de chaux se reproduisent dans presque tous les niveaux du Messinien; cependant elles sont développées d'une manière spéciale vers la base, du côté méridional du bassin, de sorte que souvent ces dépôts servent à distinguer cet étage de l'étage tortonien sous-jacent.

Considérant donc que le *Messinien* est essentiellement constitué par des marnes et par des sables à fossiles d'eau saumâtre, par des dépôts calcaires et gypseux, et par des grès épais avec conglomérats, le tout parfois en alternances, mais à des niveaux différents, avec dépôts marins, je crois pouvoir conclure que le *Messinien* doit constituer un étage unique, correspondant à un facies général de *mer basse ou d'estuaire* ou même *continental*; la masse étant localement divisible en différents facies secondaires régionaux.

Quant à la dénomination de l'étage, je pense que l'on doit conserver le nom donné par M. Mayer dès 1867, à l'exclusion de ceux d'*Aralo-Caspien*, de *Zancléen*, de *Sarmathien*, de *Pontien*, de *Pannonien*, de *Carolinien* (Amérique), etc., qui ne correspondent pas exactement à l'horizon messinien, ou ont été créés plus tard.

Plaisancien. — Au-dessus du Messinien, M. Mayer indique, dans sa dernière classification, l'étage *Astien*, nom que je crois devoir limiter et restreindre à la partie supérieure du Pliocène de Lyell. Par conséquent, je dénommerai sous le nom d'*étage Plaisancien*, proposé par M. Mayer en 1857 et qui correspond au *Tabbianien*, au *Zancléen (pars)*, à l'*Anversien*, au *Diestien*, au *Floridien (pars)* de l'Amérique, etc., d'autres géologues, l'horizon pliocénique qui recouvre directement le *Messinien*. En Italie, cet horizon, avec ses marnes argileuses bleuâtres typiques, extraordinairement riches en fossiles, représente, à mon avis, un facies de mer profonde. En conséquence, malgré sa faible épaisseur relative (1) — ce qui est du reste l'un des caractères des dépôts de mer

(1) Une centaine de mètres environ.

profonde — je crois qu'il y a lieu de considérer le *Plaisancien* comme un véritable étage géologique, dans lequel on peut parfois distinguer quelques facies spéciaux ou sous-étages locaux.

Je crois utile de faire remarquer que M. Mayer indique, comme faisant partie de son *Andonin* ou Pliocène supérieur, le Plaisancien, qui serait représenté par des marnes sableuses bleuâtres, tandis qu'au contraire, je suis d'avis que le Plaisancien renferme les argiles et les marnes bleuâtres, qui pourtant deviennent quelquefois sableuses, surtout dans la partie supérieure, où elles passent très graduellement à l'étage astien.

Astien. — L'*Astien* qui, dans le bassin piémontais — où il atteint une puissance d'un peu plus de 200 mètres — représente le dernier dépôt marin de cette région, correspond parfaitement à un *facies de mer basse*; aussi je crois que l'on doit le considérer comme un étage complètement individualisé; toutefois, nous aurons à émettre à ce sujet quelques considérations.

Dans le bassin tertiaire du Piémont, les terrains que nous avons examinés jusqu'ici, correspondent en général à des phases marines, de haute mer, ou de basse mer, les phases continentales étant très localisées.

Par contre, en dehors de cette région tertiaire typique, dans quelques unes des périodes que nous avons examinées, ainsi que dans d'autres, le régime continental s'est substitué complètement au régime marin et par conséquent, il devient alors difficile d'établir les synchronismes des divers terrains, puisque des érosions plus ou moins importantes, des transgressions stratigraphiques et des hiatus plus ou moins étendus accompagnent généralement les dépôts continentaux. Ces conditions interrompent l'alternance régulière des facies de haute et de basse mer dans les étages géologiques, de sorte que ces étages, dans certains cas, semblent plus nombreux et, en d'autres, moins nombreux que ceux compris dans la classification fondée sur l'étude d'un bassin marin typique dont la majeure partie n'a jamais été émergée, comme le bassin piémontais qui m'a servi de base pour la classification que je propose.

Or, le susdit fait apparaît aussi dans le bassin du Piémont à l'égard de l'*Astien*, parce que, pendant cette période, la mer se retirant graduellement du golfe du Pô, il s'est substitué au régime marin proprement dit un régime d'estuaire, puis un régime continental, très variable suivant les régions considérées.

Il en est résulté que les sédiments déposés, très différents, ont été souvent attribués à divers étages, tandis que je suis persuadé que, tout en réclamant une distinction, par des noms différents correspondants aux différents facies, ils n'en constituent pas moins un étage unique, qui est l'étage *astien*.

Pendant cette période, outre les notables différences de facies provenant des circonstances locales, il y a encore lieu de considérer les différences climatologiques déjà très accentuées dans les diverses régions du globe ; de sorte que, même après l'examen des fossiles, on pourrait parfois être poussé à établir plusieurs étages pour ces terrains, qui, probablement, ne doivent constituer qu'un seul étage.

C'est ainsi qu'il me paraît nécessaire d'expliquer la proposition faite par M. Mayer, d'instituer un étage spécial, l'*Arnusien*, subdivisible en deux sous-étages : le *Cromérin* et le *Durntenin*, pour des dépôts que je rapporte tout simplement à l'*Astièn*.

Toutefois, par suite des différentes conditions du milieu, c'est-à-dire d'altitude, de latitude, etc. dans la région où ces sédiments ont été déposés, il s'en suit qu'ils présentent une constitution et même une faune et une flore à facies variés et parfois d'apparence plus récente que celles que l'on est habitué de rencontrer dans l'*Astien* typique.

Les considérations que je viens d'émettre sont basées sur des observations paléontologiques et stratigraphiques personnelles, à la suite desquelles j'ai pu constater, par exemple, que les dépôts *pleistocènes* du Piémont, aussi bien que ceux du bassin lignitifère de Leffe et d'autres semblables, renfermés dans le *Cromerin* par M. Mayer, sont, au contraire, des *dépôts astiens à facies continental* (1), à tel point que j'ai pu, entre ces dépôts continentaux et ceux à facies marin proprement dits, délimiter un horizon spécial littoral ou d'estuaire que j'ai appelé *Fossanien* (2), tout en le considérant simplement comme un facies spécial de l'étage astien.

Comme conséquence des considérations que je viens de résumer, et que j'ai exposées en détail dans d'autres ouvrages, je crois qu'il faudra faire rentrer dans l'étage *Astien* (nom proposé par M. De Rouville dès 1856 et pour lequel les noms de *Scaldisien*, d'*Andonien*, de *Sicilien*, de *Pampéen*, etc., ont aussi été créés), les horizons secondaires fondés sur des facies locaux, importants par eux-mêmes et qui devraient être traités séparément dans les ouvrages spéciaux, horizons ayant reçu les noms de *Villafranchien*, de *Fossanien*, d'*Arnusien*, de *Cromerin*, de *Chamberyen*, de *Durntenien*, de *Casterlien*, etc., etc.

Quelques unes de ces dénominations devront disparaître avec le temps, pour cause de synonymie ; les autres pourront être conservées pour désigner les facies spéciaux.

(1) F. Sacco — *Il Villafranchiano al piede delle Alpi*. — Boll. del R. Com. géol. Ital. 1886.

(2) F. Sacco — *Le Fossanien, nouvel étage du Pliocène d'Italie*. — Bull. Soc. géol. de France, 1887.

Saharien. — Comme dans le bassin du Piémont la phase marine finit complètement avec le Tertiaire, la base sur laquelle on a pu établir la classification des terrains tertiaires nous fait ici défaut pour la classification du Quaternaire. Cependant, la comparaison des phénomènes qui ont eu lieu dans notre bassin avec ceux qui se sont produits ailleurs, nous permettra de tenter une classification des terrains quaternaires, établie sur les mêmes bases que celles qui ont servi pour le Tertiaire.

En effet, il est admis par plusieurs géologues que la première phase du Quaternaire a consisté en une période de submersion notable des continents.

Il semble prouvé que, pendant cette période, les vastes régions actuellement occupées par le désert de Sahara, comme aussi celles occupées par l'Allemagne septentrionale, par l'Angleterre orientale, par une partie de l'Écosse et de la Scandinavie, c'est-à-dire une vaste étendue de l'Europe septentrionale, à laquelle il faut ajouter une large zone circumméditerranéenne, une partie de la région Aralo-Caspienne et d'immenses territoires dans les plaines américaines, ont été submergés.

Si cette preuve existe, je serais d'avis de considérer la première période du Quaternaire, comme un véritable étage à facies de *mer profonde*, caractérisé en outre par un climat humide et par un développement extraordinaire des glaciers. Cet étage pourrait recevoir le nom de *Saharien*, proposé par M. Mayer en 1865, nom qui correspondrait et pourrait remplacer ceux d'*Acheulin*, de *Campinien*, de *Diluvien*, d'*Arénéen*, etc.

Terracien. — Le dernier terme du Quaternaire, qui est celui correspondant à l'époque où nous vivons, correspond certainement à une phase de notable émergence des continents ; au moins pour l'hémisphère septentrional.

Ce dernier terme est si bien caractérisé par le phénomène de formation des *terrasses*, tant le long des côtes de la mer que dans les vallées, à cause même des soulèvements qui entraînent l'émergence, que j'ai cru pouvoir proposer, en 1886, le nom de *Terracien* (1), que je voudrais voir adopter en place d'autres dénominations telles que : *Contemporain*, *Alluvien*, etc., qui s'appliquent à des dépôts en général plus récents que le *Terracien*.

Dans ma pensée, l'étage *terracien* a pris naissance, vers la fin de l'époque glaciaire, avec le commencement du phénomène de formation des *terrasses*, phénomène qui s'est perpétué jusqu'à nos jours, bien qu'il soit peut-être près de sa fin.

(1) F. Sacco. — *Sulla costituzione geologica degli altipiani isolati di Fossano, Salmour e Banale.* — Atti R. Acc. d'Agric. di Torino. — Vol. XXIX — 1886.

CONCLUSIONS.

Laisant de côté les observations que je viens d'exposer, de manière à ne conserver que l'appréciation des faits, je crois que les divisions nettement constatées dans le bassin typique du Piémont prennent un caractère important, relativement à la classification générale des terrains tertiaires.

Ces considérations me permettent d'arriver aux conclusions suivantes:

1° Dans la série tertiaire, il y a souvent une alternance régulière de dépôts à facies de *mer assez profonde* et de dépôts à facies *littoral* ou de *mer peu profonde* et quelquefois même à facies *continental*. (Pl. XI, fig. I et II.)

2° L'ensemble des dépôts correspondant à un des deux facies principaux constitue un horizon géologique sensiblement constant.

3° Les horizons à facies de mer profonde ont, en général, une puissance moindre que ceux à facies littoraux.

4° Les caractères paléontologiques changent avec la transformation des facies; les faunes conforment leur facies à celui des terrains qui les renferment, et viennent ainsi sanctionner la légitimité de la classification fondée sur l'alternance des facies.

5° Les facies continentaux altèrent en général l'alternance régulière susdite; en outre, les terrains à facies de dépôts tranquilles d'une période géologique donnée, peuvent parfois être dénudés par l'érosion des courants tumultueux de la période suivante.

6° Chaque étage géologique est localement subdivisible en sous-étages spéciaux, qui peuvent se distinguer par des noms spéciaux; ces sous-étages correspondent seulement à des facies particuliers.

C'est ainsi, par exemple, qu'en Italie, les dépôts de l'étage *astien* peuvent se diviser en sous-étage *astien (stricto senso)*, s'ils ont le facies marin; en sous-étage *fossanien*, s'ils ont le facies littoral ou d'estuaire; en sous-étage *villafranchien*, s'ils présentent le facies continental.

7° Les étages géologiques à facies littoral ou peu profond, renferment souvent de puissants dépôts de conglomérats qui nous démontrent l'existence, pendant ces périodes, d'ablations considérables des continents à cause de précipitations atmosphériques intenses.

Ces précipitations ont dû présenter elles-mêmes certaines alternances régulières dans la série des périodes géologiques.

Peut-être doit-on même attribuer en partie à ces alternances dans les précipitations atmosphériques, celles des facies dans les diverses

périodes du Tertiaire; car il doit exister des rapports étroits entre ces précipitations et les périodes où les formations sédimentaires furent les plus abondantes.

8° Si l'on admettait la concordance des périhélies du globe, qui sont d'environ 21,000 ans chacune, avec les subdivisions générales des terrains tertiaires et quaternaires, comme le propose M. Mayer, c'est-à-dire si l'on admettait l'équivalence des demi périhélies avec les *étages* que j'ai cru pouvoir établir dans le Tertiaire et dans le Quaternaire, et de plus, si l'on considérait que, probablement, les périhélies vont en diminuant de durée, on pourrait calculer que, du commencement de la *période bartonienne* jusqu'à nos jours, il s'est écoulé environ 150,000 ans.

En poursuivant les calculs sur cette base, si, tout en considérant seulement comme douteux le chiffre ci-dessus indiqué, on cherche à supputer les temps écoulés pendant les périodes plus anciennes, en appliquant les rapports approximatifs : 1 : 3 : 12 indiqués par Dana entre le *Cénozoïque*, le *Mésozoïque* et le *Paléozoïque*, on en arrive au chiffre de *deux cent mille ans* pour exprimer le temps écoulé depuis le commencement du Tertiaire jusqu'à nos jours; à *cinq cent mille ans* environ pour le temps écoulé depuis l'aurore des temps secondaires et enfin à environ *cinq millions d'années* pour les temps qui nous séparent du commencement de l'ère primaire ou paléozoïque.

Je me hâte d'ajouter que je donne ces chiffres comme hypothétiques et que, probablement, ils sont très en dessous de la réalité; car c'est surtout dans ce sens qu'ils s'éloignent notablement des nombres donnés par Dana, Croll, Hanghton, Tart, Thompson, etc., qui les ont proposés en se basant sur des données également dignes de considération.

9° L'alternance constatée des mers basses et des mers amples me paraît encore pouvoir s'expliquer, d'une manière plus naturelle que celle qui se base sur les périhélies, de la façon suivante :

Les ridements de la surface terrestre sont, en général, de formation lente, quoique discontinue; ils se produisent surtout à de certaines périodes.

Or, il est naturel que les bassins qui se trouvent entre deux régions constituées par de grands plis anticlinaux — comme par exemple le bassin piémontais entre les Alpes et les Apennins — ont eu à subir, durant les périodes où les ridements se sont le plus fortement accentués, un rétrécissement — accompagné d'un abaissement relatif de leur fond, — qui a provoqué un régime de mer assez profonde, où se sont

déposés des sédiments correspondants à ce régime et où une faune à facies de mer profonde a vécu (1).

Mais, le fond ayant cessé de s'affaisser, les sédiments n'en ont pas moins continué à se déposer sur ceux qui s'étaient déjà formés, de sorte que, par l'accumulation même des sédiments, le fond s'est graduellement surhaussé, tandis que le niveau de la mer restait immobile; la profondeur, devenant successivement moindre, a fini par provoquer l'établissement d'un régime littoral ou de mer peu profonde.

Mais plus tard, à la suite d'une nouvelle période de compression et de ridement dans les régions montagneuses environnantes, le bassin marin, en se rétrécissant, vit encore son fond s'affaisser au point d'amener l'établissement d'un nouveau régime de mer assez profonde, auquel succéda lentement un nouveau régime sub-littoral, par suite du comblement partiel du bassin par les nouveaux sédiments déposés.

Après le renouvellement, à plusieurs reprises, de ce phénomène, le bassin étant entièrement comblé par la sédimentation, on conçoit qu'un régime continental définitif s'y soit établi.

Pour le bassin piémontais, ce comblement, suivi de l'émersion définitive, s'est produit à la fin de la période *astienne*.

J'ai donné, dans la planche qui accompagne ce travail, (Pl. XI, fig. IV,) un diagramme montrant comment s'est faite l'alternance des hauts et des bas fonds dans le bassin marin piémontais. Un coup d'œil sur la figure montre comment le niveau des eaux restant fixe, le fond s'est abaissé à la suite de quatre rétrécissements successifs du bassin.

La théorie que je viens d'émettre, me paraît plus logique, soit que celle qui admet une série de soulèvements suivis d'affaisements généraux du fond du bassin; soit que celle qui admet, alternativement sur les deux hémisphères, un abaissement général du niveau des mers, suivi d'une élévation générale du même niveau.

En effet, ma théorie explique :

1° la succession très graduée qui se vérifie généralement entre les dépôts de facies différents ;

2° le fait que, dans les bassins réguliers, les terrains des divers étages géologiques, quel que soit le facies qu'ils offrent, se présentent généra-

(1) On conçoit que si un bassin marin, dans lequel se sont déjà déposés des sédiments, vient à être comprimé entre deux massifs montagneux, et par conséquent rétréci, les dépôts déjà effectués devront couvrir un espace moindre que celui dans lequel ils ont été accumulés et, en conséquence, ils devront se plisser à leur tour. C'est ce qui s'est produit dans le bassin du Piémont et c'est ce que j'ai figuré Pl. XI. Fig. III, où je donne la coupe diagrammatique du bassin piémontais entre les Alpes et l'Apennin.

lement en plan, sous forme de courbes concentriques, les couches les plus anciennes étant placées à la partie extérieure et les plus récentes se rapprochant de la partie centrale.

Ce fait n'avait pas été expliqué par les autres hypothèses. L'accroissement plus ou moins forte des ridements, les phénomènes météorologiques et le temps plus ou moins long écoulé entre deux maxima, produisent des dépôts à facies plus ou moins profonds et de puissance plus ou moins grande.

L'alternance assez régulière, dont il a été question dans ce travail, des dépôts des deux facies, indique une certaine régularité dans la succession des périodes d'accroissement de la formation des ridements terrestres superficiels.

Comme ces ridements ne se sont pas formés partout en même temps, ni d'une manière identique, ni avec la même intensité, il est probable que les divisions établies dans les dépôts des différents bassins — surtout s'ils se trouvent dans des régions éloignées les unes des autres — ne se correspondent pas parfaitement.

On trouve en effet des dépôts synchroniques, avec des facies différents.

Pour pouvoir paralléliser de tels dépôts dans les différents bassins, il faudra faire une étude minutieuse pour chaque bassin, en tâchant de faire ressortir nettement dans chacun d'eux tous les horizons généraux qu'on peut y distinguer.

C'est seulement par une analyse particulière bien détaillée que l'on pourra arriver à une synthèse générale vraiment scientifique.

