
RÉSULTATS GÉNÉRAUX
D'UNE ÉTUDE DES ANCIENS RIVAGES
DANS LA MÉDITERRANÉE OCCIDENTALE ¹

Par M. Maurice GIGNOUX,

Agrégé de l'Université.
Préparateur de Géologie et Minéralogie à la Faculté des Sciences
de Grenoble.

Dans ces dernières années l'attention des géologues s'est portée d'une manière toute spéciale sur l'histoire des temps quaternaires; et, en particulier, on a cherché à y trouver les données nécessaires à la solution d'une des questions les plus intéressantes de toute la science géologique : celle des déplacements des lignes de rivage. La méthode à suivre pour cette recherche sera la suivante: étudier les formations marines récentes, c'est-à-dire pliocènes supérieures et quaternaires, y distinguer le plus grand nombre possible de niveaux paléontologiques bien déterminés, enfin rechercher l'altitude des anciens rivages marins correspondant à chacun de ces niveaux. Or si on se borne à la Méditerranée occidentale, que j'ai seule envisagée dans mes

¹ Cet article est la reproduction un peu modifiée d'un rapport adressé à la Caisse des Recherches scientifiques (Rapports édités par le Ministère de l'Instruction publique et des Beaux-Arts, Melun, 1910), dont l'appui a beaucoup facilité mes études.

études, les pays les plus propices à ces observations sont précisément l'Italie méridionale et la Sicile. Là, en effet, on trouve un superbe développement de formations marines récentes, presque partout fossilifères, qui avaient depuis longtemps retenu l'attention des géologues italiens.

Sur les conseils de mon éminent maître M. Depéret, j'ai donc entrepris au cours des années 1906 et suivantes une série de voyages d'études en Italie : je me proposais de revoir tous les gisements marins récents les plus typiques et les plus célèbres. Leur faune a fait l'objet d'études très soigneuses de la part des paléontologistes italiens, mais leur étude stratigraphique semble avoir été plus négligée. Et spécialement, les notions de concordance et discordance, continuité et discontinuité, de *cycle sédimentaire*, d'*indépendance stratigraphique*, notions dont l'importance est primordiale dans la chronologie géologique (Cf. Haug, *Traité de Géologie*), n'avaient pas été appliquées avec une précision suffisante à tous ces gisements italiens.

Les résultats de ces recherches feront l'objet d'un travail d'ensemble destiné à paraître prochainement : je ne veux ici qu'en indiquer les résultats les plus généraux. Quelques-uns de ces résultats ont d'ailleurs déjà fait l'objet de trois notes succinctes aux *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*¹. Je ne pourrais donc évoquer ici que d'une manière fort incomplète la riche et intéressante bibliographie à laquelle j'ai dû faire appel : je signalerai seulement au cours de cette étude les ouvrages les plus généraux et les plus importants².

¹ Séances du 28 décembre 1908, du 29 mars 1910, du 6 février 1911.

² Mais je veux, dès maintenant, témoigner ma reconnaissance à tous ceux qui m'ont guidé ou aidé dans ces recherches. M. le professeur Depéret, en m'acceptant pendant quatre ans comme hôte de son laboratoire, m'a permis de profiter largement de ses conseils, de sa vaste et précise érudition, de sa bibliothèque; il a bien voulu venir lui-même m'accompagner en Sicile et Calabre pour y contrôler quelques-unes de mes observations. J'ai retrouvé à Grenoble, auprès de M. le professeur Kilian, le même accueil aimable et attentionné. M. Dautzenberg a bien voulu m'apporter, dans la détermination de quelques espèces particulièrement délicates, le concours si bienveillant de sa grande

Ainsi, pour les géologues français, entre la faune typique du Pliocène ancien et la faune également typique des couches quaternaires à *Strombus bubonius* (Lmk.), si bien étudiées par MM. Depéret, de Lamothe, Caziot, Boule, etc..., il existait tout un ensemble vague (Postpliocène, Pliocène supérieur, Quaternaire inférieur, Sicilien?) sur lequel on manquait de renseignements stratigraphiques précis et où, par suite, la limite du Pliocène et du Quaternaire restait indécise.

Je me suis donc attaché à visiter moi-même et à étudier presque toutes les localités fossilifères postpliocènes citées par les auteurs, au moins les plus importantes et les plus typiques et en cherchant à les classer d'une manière rationnelle j'ai été amené, comme on va le voir, à *répartir ces sédiments postpliocènes en deux parties distinctes : l'une que, sous le nom de Calabrien, je rattache au Pliocène, l'autre à laquelle doit être réservé le nom de Sicilien et que je classe dans le Quaternaire.*

I. — Classification des formations marines pliocènes supérieures et quaternaires.

D'après ce que nous avons dit plus haut, c'est la question qui se pose nécessairement au début de toutes les recherches de cette nature. D'autant plus que les formations types des divers niveaux de cet âge ont été naturellement choisies dans l'Italie du Sud et la Sicile. Les géologues italiens y ont en effet distin-

expérience. Enfin nos confrères italiens m'ont partout reçu de la manière la plus courtoise : parmi eux, je dois une reconnaissance spéciale à mon excellent ami G. Checchia-Rispoli, qui soit à Palerme, soit dans les Pouilles, a été pour moi le plus aimable des guides. M. L. Seguenza, quelques mois avant sa mort tragique, m'avait accueilli avec la plus grande cordialité. Enfin, je ne puis que nommer rapidement M. Ugolini et mon excellent ami le D^r Merciai, à Pise; MM. Cerulli-Irelli et de Angelis d'Ossat à Rome, MM. Bassani et Galdieri à Naples, M. le chevalier Jannacci à Reggio-Calabria, M. de Giorgi à Lecce, M. R. Zuccardi à Tarente, M. Scalia à Catane, MM. di Stefano, Gemmellaro, de Gregorio, di Monterosato à Palerme. Tous ont grandement facilité ma tâche et m'ont fait de l'Italie comme une seconde patrie.

gué, au-dessus du *Pliocène* classique (*Plaisancien* et *Astien*), un étage *Postpliocène* ou *Sicilien*, caractérisé par l'apparition dans la Méditerranée d'espèces de coquilles propres actuellement aux mers froides; de plus, au-dessus du *Sicilien*, Seguenza avait distingué, dans le quaternaire supérieur, un étage *Saharien* supérieur, avec une faune à peu près identique à la faune méditerranéenne actuelle, mais renfermant parfois des espèces exotiques des mers chaudes¹.

Ces formations postpliocènes avaient été reconnues ainsi en de nombreux points de l'Italie, mais dans leur classification le point de vue paléontologique avait été employé d'une manière par trop exclusive, les conditions stratigraphiques des divers gisements n'avaient pas été précisées, de sorte qu'il était impossible de se faire une idée bien nette de la succession des divers niveaux et de l'appliquer aux autres pays.

1° *Le Pliocène supérieur.*

Au-dessus du Plaisancien et de l'Astien constituant jusqu'à présent la totalité du Pliocène classique (ou Pliocène ancien), il y a lieu de distinguer une série puissante de terrains surtout développés en Calabre et en Sicile. Ces terrains sont intimement liés par leur base aux sables ou marnes de l'Astien : il est impossible de tracer là une ligne de démarcation nette, comme cela est impossible aussi entre le Plaisancien et l'Astien. C'est à cette troisième subdivision supérieure du Pliocène que je proposerais de donner le nom de « *Calabrien* » (car nous verrons plus loin que le nom de *Sicilien* ne leur est pas applicable). Ainsi le Plio-

¹ Voir à ce sujet Seguenza, *Le formazioni terziarie della provincia di Reggio-Calabria* (*Mem. Acc. Lincei, Cl. sc. fis. mat. e nat.*, série III, vol. VI, Roma, 1880) et surtout les très intéressantes synthèses dues à C. de Stefani. Les terrains tertiaires supérieurs de la Méditerranée (*Annales de la Société géologique de Belgique*, t. XVIII, 1891); — *Sedimenti sotto-marini dell' epoca postpliocenica in Italia* (*Bollettino, d. Comitato geolog. italiano*, 1876); — *Escursione scientifica nella Calabria* (*Atti R. Acc. Lincei*, série III, vol. XVIII, 1884, p. 244 et suivantes).

cène se composerait dans l'Italie du Sud de trois termes : 1° les argiles ou marnes du *Plaisancien*; 2° les marnes ou sables de l'*Astien*; 3° les sables ou graviers du *Calabrien*, terminés par des cailloutis continentaux qui s'y rattachent intimement et marquent la fin d'une grande période de remblaiement embrassant la durée entière des temps pliocènes. Et comme, d'autre part, la limite inférieure du Pliocène est marquée par une période d'émersion (le Pontien étant très généralement continental dans toute la région méditerranéenne) et qu'il paraît en être de même pour la limite supérieure du Calabrien, on voit que *le Pliocène, ainsi entendu, correspond dans l'ensemble à un « cycle sédimentaire »* au sens où ce terme a été employé par M. Haug pour définir les diverses phases de l'histoire géologique.

Ainsi, en se plaçant uniquement au point de vue stratigraphique, il est impossible, entre la base du Plaisancien et le sommet du Calabrien, d'établir la moindre coupure. M. de Stefani a montré depuis longtemps qu'il n'y avait entre le Plaisancien et l'*Astien* que des différences de facies (d'ailleurs, comme cette succession de facies est en général très constante, il est commode de la traduire dans la nomenclature).

Quant à la distinction de l'étage Calabrien, elle est surtout nécessaire par sa faune. On y assiste en effet : 1° à la disparition graduelle des espèces propres au Pliocène classique, mais dont quelques-unes se conservent jusqu'au sommet (ex. : *Pecten flabelliformis* (Br.), *Turritella tornata* (Br.), *Arcopagia corbis* (Bronn), *Arca mytiloïdes* (Br.), *Cancellaria hirta* (Br.)..., etc...); 2° à la transformation sur place de formes propres au Pliocène en formes quaternaires qui s'y rattachent par voie de descendance (ex. : *Murex torularius* (Lmk.), *Pecten bollenensis* (Mayer), *Euthria cornea* (L.)..., etc...); 3° à l'apparition ou au développement de formes actuellement émigrées de la Méditerranée dans les mers plus froides (ex. : *Cyprina islandica* (L.), *Buccinum undatum* (L.), *Neptunea sinistrorsa* (Desh.), *Pecten septemradiatus* (Lmk.) (et formes voisines, *P. subclavatus* (Cantraine), *P. Estheris* (Crema)..., etc...), mais dont quelques-unes existaient déjà dès le Pliocène ancien.

En résumé, on trouve dans cet étage Calabrien, au milieu d'un fond de peuplement déjà très voisin de la faune actuelle, un mélange curieux de formes disparues propres au Pliocène ancien et d'espèces froides considérées autrefois comme caractéristiques du Postpliocène; car il importe de remarquer, ce que l'on n'a pas fait suffisamment jusqu'à présent, que ces espèces froides commencent à se montrer dès le Plaisancien. Ainsi on ne peut se servir par exemple de la *Cyprina islandica*, comme on l'a fait, pour définir un étage¹. Donc le Calabrien intimement relié au Pliocène classique au point de vue stratigraphique, l'est aussi par sa faune.

C'est à cet étage Calabrien qu'il convient de rapporter les couches de *Vallebiaja* près Livourne, qui terminent la série des sables pliocènes de la basse vallée de l'Arno, celles de *Monte-Mario*² près de Rome, la plupart des sables dits postpliocènes qui entourent la Calabre et avoisinent le détroit de Messine (couches de *Monteleone*, de la vallée *Lamato*, de *Santa-Cristina d'Aspromonte*, gisements des *Archi* et de *Monte-Corvo* près Reggio, sables de *Musalà*), les argiles sableuses de *Monosterace*, de *Santa-Maria di Catanzaro*, de *Caraffa*, de *Castrovillari*, *Cosenza*³, de la Basilicate méridionale⁴, de la dépression entre l'Apennin et le plateau calcaire des Pouilles (gisements de *Gravina*, *Matera*, etc.⁵). En Sicile, je rattacherais aux couches calabriennes les célèbres sables postpliocènes de *Gravitelli*, et de divers points des environs de Messine, les argiles et les sables des environs

¹ Cette espèce a été citée dans le pliocène ancien du Plaisantin, du Modenais (Sacco) et de l'Algérie (de Lamothe et Dautzenberg). Voir toutefois à ce sujet les réserves faites par M. C. de Stefani, *Les terrains tertiaires supérieurs*, etc... (*loc. cit.*), p. 371.

² Voir à ce sujet, dans *Paleontografia italiana*, la magnifique monographie, non encore achevée, due à M. Cerulli-Irelli.

³ Crema, Sul piano siciliano nella valle del Crati (*Bollettino del R. Comitato geolog.*, 1903).

⁴ De Lorenzo, Fossili nelle argille sabbiose della Basilicata (*Rendiconti d. R. Accad. d. Lincei*, série V, vol. II, 1893).

⁵ Di Stefano e Viola, L'età dei tufi calcari di Matera et di Gravina e il sottopiano Materino (*Bollett. Comit. geolog. ital.*, vol. XXIII, 1892).

de *Catane*¹, les couches supérieures d'argile et de grès de *Girgenti* et de *Sciacca*, etc...².

Mais partout, il importe de le remarquer, les couches calabriennes se montrent superposées en concordance et en continuité au Pliocène classique. Le phénomène est particulièrement net en Calabre : là, comme je l'ai déjà fait ressortir³, les cailloutis continentaux qui terminent les assises calabriennes et avec elles le cycle sédimentaire tout entier du Pliocène, forment une immense plaine actuellement morcelée par l'érosion quaternaire et affectée par les dislocations récentes. Dans la dépression qui sépare l'Apennin du massif apulo-garganique, j'ai également pu retrouver la même plaine dont le soubassement est, encore ici, formé par les mêmes couches calabriennes avec la même faune (gisements célèbres de Gravina et Matera). Toutefois, quand on s'éloigne de l'Apennin calabrais pour pénétrer en Sicile, où les phénomènes de transport alluvial ont, actuellement encore, une importance bien moindre, cette vaste plaine d'alluvions ne se retrouve plus avec autant de netteté. Les facies argileux y persistent en effet jusque dans le Calabrien (*Catane*, *Girgenti*); mais la superposition de ce Calabrien au Pliocène classique est, ici aussi, très nette.

Il y a lieu maintenant de se demander à quelles formations répond dans le Nord de l'Italie et en France l'étage Calabrien ainsi défini. Nous venons précisément de résoudre la question en disant que ces couches marquaient la fin du remblaiement pliocène. Si nous reprenons la coupe du cycle sédimentaire pliocène dans ces régions, nous y retrouverons également au-dessus du Plaisancien et de l'Astien typique une puissante série de

¹ Sous lesquels on rencontre le pliocène ancien, comme l'a montré M. Scalia: *Il postpliocene dell' Etna (Atti. d. Accad. Gioenia di Sc. nat. in Catania, série IV, vol. XX, 1907).*

² Di Stefano, *Il pliocene e il postpliocene di Sciacca (Boll. Comit. geol. ital., vol. XX, 1889).*

³ La Calabre. *Annales de Géographie*, mars 1909.

couches qui terminent le remblaiement pliocène et que nous sommes ainsi conduits à paralléliser avec les couches calabrien-nes types. Mais ici ces formations sont à peu près exclusivement continentales. Dans le Piémont elles ont été même dénommées par une appellation spéciale, car Pareto les avait prises pour type de son étage *Villafranchien*; et Sacco avait distingué, sous le nom de *Fossanien*, des couches saumâtres formant passage entre l'Astien supérieur et les alluvions villafranchiennes : ce Fossanien représente donc la dernière trace des facies marins dans le Calabrien de l'Italie du Nord. D'ailleurs ces noms de *Villafranchien* et de *Fossanien*, ne s'appliquant pas à des facies franchement marins, ne peuvent être conservés dans la nomenclature géologique qu'à titre de facies locaux et non comme noms d'étages.

Dans la France méridionale le remblaiement pliocène se termine de même par de puissantes assises alluviales : ce sont les graviers à *Elephas meridionalis* de la vallée du Rhône; et, comme en Calabre, les traces de ce remblaiement du Pliocène sont encore visibles sous la forme d'immenses plaines alluviales, correspondant au niveau de base fourni par la mer à la fin du Pliocène, et dont les plateaux du Bas-Dauphiné, par exemple, sont les restes¹. Donc, en nous basant uniquement sur le point de vue stratigraphique, nous sommes conduits à voir dans ces alluvions les équivalents du Calabrien de l'Italie du Sud.

La seule objection que l'on puisse faire à ce parallélisme consiste dans l'absence, en France et dans l'Italie du Nord, d'une faune marine analogue à la faune calabrienne typique, et qui viendrait stratigraphiquement s'intercaler entre les faunes marines de l'Astien et les alluvions continentales à *Elephas meridionalis*. On peut y répondre : a) en rappelant l'intime liaison de la faune calabrienne avec celle du Pliocène ancien : le développement numérique plus ou moins grand de certaines espèces

¹ Voir à ce sujet : W. Killian et M. Gignoux, *C. R. Acad. Sc.*, 5 déc. 1910, et A. Briquet, *Annales de Géographie*, janvier 1911.

émigrées ou d'autres espèces caractéristiques, soit du Pliocène ancien, soit de la faune actuelle, est un phénomène d'ordre local dont on ne saurait tenir grand compte dans l'établissement de ces parallélismes à longue distance; et si on appliquait à nos couches astiennes supérieures de France la même méthode d'étude employée en Italie par les géologues italiens, il est probable qu'on serait amené à classer quelques-unes de ces couches dans leur Postpliocène¹; b) rien ne s'oppose à ce que des couches marines renfermant en Sicile et Calabre la faune calabrienne, soient équivalentes à des couches saumâtres ou continentales dans l'Italie du Nord et la vallée du Rhône, où les phénomènes de transport alluvial ont une bien plus grande importance, par suite de l'existence des grands fleuves alpins.

En résumé, nous pouvons dire que les formations pliocènes de la Méditerranée occidentale forment une puissante série de remblaiement entièrement concordante et constituant une véritable unité stratigraphique : on n'y peut faire que des coupures basées sur les facies et les faunes.

2° *Le Quaternaire.*

Mais il existe dans l'Italie du Sud encore d'autres couches marines appelées aussi postpliocènes par les géologues italiens et qui ne peuvent rentrer dans notre étage Calabrien défini comme la partie supérieure du cycle sédimentaire pliocène.

Elles se présentent en effet *en contre-bas* des couches calabriennes et *elles ravinent* ainsi les formations pliocènes, venant reposer en discordance, soit sur un terme quelconque de la série pliocène, soit sur des terrains plus anciens. Elles sont donc accolées et non superposées aux terrains pliocènes; dans le langage des géologues français, on dirait qu'elles sont postérieures au creusement des vallées. Il s'est donc produit, avant leur dépôt,

¹ Ainsi, d'après de Stefani, on pourrait retrouver dans l'Astien supérieur du Modenais des couches à faune nettement postpliocène. Cf. de Stefani, *Les terrains tertiaires supérieurs*, loc. cit., p. 371.

une interruption dans la longue série de phénomènes de sédimentation qui s'est poursuivie pendant tout le Pliocène pour se terminer avec le Calabrien supérieur; et il est naturel de placer là une grande coupure dans la classification géologique; ainsi nous sommes conduits à mettre ici la limite entre le Pliocène et le Quaternaire. Donc, à ce point de vue, *nous appellerons Quaternaire, par définition, toute formation qui se présentera discontinue d'avec le Pliocène*, auquel elle sera accolée au lieu de lui être superposée.

Il y a lieu de voir maintenant comment le Quaternaire se trouvera caractérisé au point de vue paléontologique. Le plus souvent on ne pourra en connaître que la faune littorale, puisque les rivages de ces époques se rapprochent de plus en plus des rivages actuels. Or la faune littorale du Calabrien est déjà à peu près identique à l'actuelle : il en sera donc de même à plus forte raison pour les faunes quaternaires¹. Heureusement des faunes quaternaires à facies relativement profonds nous sont connues en un certain nombre de points. Et entre toutes il convient de citer la faune du Quaternaire de Palerme, celle même qui a été prise pour type de l'étage *Sicilien* (Doderlein) ou *Frigidien* (de Gregorio). Cette faune² se distingue encore de la faune actuelle : 1° par la présence, en très petit nombre, de certaines espèces éteintes (ex. : *Nucula placentina* (Bronn), *Crenella sericea* (Bronn), *Plicatula mytilina* (Lmk.), *Brocchia sinuosa* (Br.), etc...); 2° par une abondance particulière des espèces septentrionales dont nous avons parlé plus haut, car beaucoup d'en-

¹ C'est malheureusement le cas général, en dehors de l'Italie, pour toutes les formations quaternaires antérieures aux couches à Strombes : la seule citation que l'on puisse faire dans toute la Méditerranée occidentale d'une vraie faune profonde typique du Sicilien est le gisement sous-marin exploré au large de Banyuls-sur-Mer (Pyrénées-Orientales) par M. Pruvot. C. Pruvot et Robert (*Archives de Zoologie expérimentale*, 1897).

² Soigneusement étudiée par M. A. di Monterosato, *Relazione fra i molluschi del quaternario di Monte-Pellegrino e di Ficarazzi e le specie viventi* (*Bollettino d. Società di Sc. nat. e econom. di Palermo*, n° II. Seduta del 25 gennaio 1891).

tre elles se rencontraient déjà dans le Calabrien; ; mais quelques-unes (*Mya truncata* (L.), *Panopæa Norvegica* (Spengler)..., etc...) semblent bien apparaître ici pour la première fois. La faune sicilienne se distinguera encore de la faune calabrienne par la disparition définitive d'un bon nombre d'espèces propres au Pliocène, et qui avaient, comme nous l'avons vu, persisté jusque dans le Calabrien. En résumé, donc, au point de vue paléontologique, cette faune sicilienne se montre de plus en plus comme intimement liée à la faune pliocène d'une part, à la faune actuelle de l'autre: un bon nombre des fameux *émigrés du Nord*, autrefois considérés comme caractéristiques du *Sicilien*, vivaient déjà en compagnie de formes nettement pliocènes, et d'autre part, les recherches récentes sur les faunes coralligènes et profondes de la Méditerranée y font retrouver tous les jours quelques-unes de ces formes crues spéciales aux mers froides.

Ainsi, c'est surtout le point de vue stratigraphique qui nous permettra de séparer d'une manière précise le Pliocène du Quaternaire.

Mais est-il possible d'établir encore des coupures dans l'ensemble des formations quaternaires ainsi définies? Ici encore, l'examen des conditions stratigraphiques de ces formations va nous le permettre.

Nous venons de voir, en effet, que les dépôts quaternaires se présentaient comme nettement distincts du cycle sédimentaire pliocène. C'est ainsi que dans les formations quaternaires de Palerme, types de l'étage *Sicilien*, on peut reconnaître, comme je l'ai montré (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 28 décembre 1908), un cycle sédimentaire complet, dont les divers termes vont reposer sur des terrains antérieurs quelconques. Mais il est facile de retrouver dans la région d'autres formations quaternaires, encore plus récentes que le *Sicilien*. Elles sont à leur tour tout à fait distinctes du cycle sédimentaire sicilien qu'elles ravinent; elles peuvent se présenter, soit accolées aux couches siciliennes, soit reposant sur des terrains plus anciens

quelconques. Il est parfois possible de reconnaître ainsi en un même pays les traces de plusieurs formations quaternaires, de plus en plus récentes et stratigraphiquement indépendantes les unes des autres. On retrouve ici le même phénomène observé pour les terrasses d'alluvions quaternaires, emboîtées les unes dans les autres et évidemment d'autant plus récentes qu'elles sont plus basses.

Ainsi, *dans une même région*, le point de vue stratigraphique nous suffira pour classer chronologiquement les diverses formations quaternaires, comme il avait été suffisant pour nous permettre de les distinguer des formations pliocènes.

Mais pour obtenir un critérium qui nous permette d'arriver à un parallélisme exact entre des formations déposées à longue distance, il nous est nécessaire maintenant d'entrer dans plus de détails relativement aux diverses faunes du Quaternaire.

Nous avons déjà caractérisé la plus ancienne d'entre elles, la faune sicilienne, et je n'y reviens pas. J'arrive donc immédiatement aux faunes marines plus récentes que les siciliennes. Depuis longtemps déjà on avait reconnu dans quelques-unes de ces faunes la présence de certains éléments caractéristiques. Elles contiennent en effet des espèces disparues aujourd'hui de la Méditerranée et que l'on ne retrouve plus vivantes que dans l'Atlantique subtropical, sur les côtes du Maroc, du Sénégal, de la Guinée ou aux Canaries; nous nous contenterons d'en rappeler les plus importantes : *Strombus bubonius* (Lmk.), *Conus guinaicus* (Hwass), *Natica porcellana* (d'Orb.), *Tritonidea viverata* (Kiener), *Tritonium ficoïdes* (Reeve), etc.¹... Toutes ces espèces exotiques seront précisées et figurées de manière à pouvoir en donner une liste complète et en discuter l'origine et les affinités. Elles caractérisent ainsi, sur tout le pourtour de la Méditerranée occidentale des formations dites « couches à

¹ Pour plus de détails à ce sujet, voir M. Gignoux : Les couches à *Strombus bubonius* (Lmk.) dans la Méditerranée occidentale. *C. R. Acad. Sc.*, 6 février 1911.

Strombus bubonius » et constituent de la sorte un « horizon paléontologique » bien net¹.

Ainsi, postérieurement à la faune sicilienne, ou du Quaternaire ancien, apparaît dans la Méditerranée une deuxième faune marine, celle des couches à *Strombus* ou du Quaternaire supérieur.

Telles sont les deux grandes divisions que l'on peut établir dans les dépôts quaternaires, en se basant uniquement sur le point de vue paléontologique.

En Italie toutes ces formations avaient été jusqu'à présent décrites comme siciliennes, postpliocènes ou quaternaires suivant les auteurs, sans que l'on eût réussi à les classer d'une manière rationnelle.

C'est ainsi qu'à Palerme on trouve le Sicilien type, avec sa faune caractéristique. On peut y observer aussi les couches à *Strombus*, dans lesquelles, à *Sferracavallo*, j'ai pu recueillir le *Strombus bubonius* et la *Tritonidea viverrata*. A l'Ouest de Palerme, les formations siciliennes se retrouvent à *Balestrate* et à *Castellamare del Golfo*. A l'Est de Palerme, le Sicilien seul se prolonge d'une manière continue par des dépôts continentaux ou très littoraux, très fossilifères à *Milazzo*. Sur la côte Sud de la Sicile, c'est le Calabrien qui est surtout bien représenté, le Quaternaire à l'état de dépôts très littoraux n'y offre pas de faune bien caractéristique. A l'entrée du détroit de Messine on retrouve sur ses deux rives le Sicilien, dont les couches horizontales reposent en discordance sur les couches inclinées du Calabrien. Dans l'intérieur même du détroit, la plupart des gisements fossilifères cités comme postpliocènes appartiennent à l'étage Calabrien : toutefois le Quaternaire y est bien représenté : la faune à *Strombus* est magnifi-

¹ La généralité de cet horizon a été surtout mise en lumière par MM. Déperet et Caziot : Note sur les gisements pliocènes et quaternaires marins des environs de Nice (*Bulletin de la Soc. géol. de France*, 1903, p. 321). Voir aussi M. Boule, *Les grottes de Grimaldi*, t. I, fasc. II, p. 128 et suivantes (Monaco, 1906).

quement développée dans les couches célèbres de *Ravagnese* et de *Boveto* près de Reggio; le Sicilien paraît être représenté seulement par des terrasses alluviales, comme celle de *Gallina*, entaillée dans la série pliocène. Sur les côtes de Calabre, la faune à *Strombus* ne se retrouve pas ailleurs d'une manière nette, mais les formations siciliennes sont bien développées à *Rosarno*, dans le golfe de Gioia, où elles contiennent une faune très riche analogue à celle de Palerme; ailleurs le Sicilien est réduit à des lambeaux isolés de formations littorales (*Riace*, *Monosterace*....) reposant en discontinuité sur le Calabrien ou des couches plus anciennes. Dans le Marchesato, au Sud de *Cotrone*, les mers quaternaires ont entaillé dans les marnes plaisanciennes de magnifiques terrasses marines, mais la faune, très littorale, n'y renferme pas d'éléments caractéristiques. Dans la terre d'Otrante, on retrouve un très beau développement du Quaternaire marin. Le Sicilien est représenté à *Gallipoli* avec sa faune typique, et dans divers points des environs de *Lecce* ou de *Tarente*. Quant aux couches à *Strombus* elles sont magnifiquement développées à *Gallipoli* et surtout à *Tarente*, où elles contiennent une faune qui est peut-être la plus riche de toutes celles des gisements de cet âge¹. Plus au Nord sur la rive adriatique, le Quaternaire marin est mal représenté jusque dans les environs de Foggia où il forme l'immense plaine du *Tavoliere di Puglia*, constituée entièrement par des terrains d'origine marine. Dans l'Italie centrale, les « *panchinas* » développées sur la côte au Nord de Rome sont à rapporter au Quaternaire : à *Corneto*, près de Civita-Vecchia, elles contiennent un des éléments caractéristiques de la faune à *Strombus*. En Toscane, nous retrouvons le Quaternaire aux environs de Livourne : le Sicilien y est représenté par des couches à *Cyprina islandica*, et le Quaternaire

¹ Voir les publications de Kobelt, Fuchs, de MM. Verri et de Angelis d'Ossat et le beau travail de M. Bassani : La ittiofauna delle argille marnose plio-ceniche di Taranto e di Nardo (*Atti d. R. Accad. d. Sc. fis. e mat. di Napoli*, vol. XII, série II, n° 3, 1905), dans lequel on trouvera une bibliographie très étendue.

supérieur y montre sa faune typique à *Strombus bubonius* : c'est la « *panchina* » de Livourne, reposant en général directement sur l'Eocène.

II. — Parallélisme avec les formations continentales de la Méditerranée septentrionale.

Sans entrer dans le détail à ce sujet, je tiens à donner une idée de la manière dont les principes de classification adoptés dans l'Italie du Sud peuvent s'appliquer en France et dans l'Italie du Nord.

En se plaçant au seul point de vue stratigraphique, on est amené, comme on l'a vu, à ranger dans le Quaternaire marin toutes les terrasses alluviales situées en contre-bas des grandes surfaces de remblaiement pliocènes. Les hautes terrasses (les Deckenschotter en particulier) seront du Quaternaire ancien, les basses terrasses du Quaternaire récent.

Mais ici il est nécessaire de voir comment cette subdivision peut s'accorder avec celle que l'on déduit des faunes continentales. Tous les géologues sont, en effet, à peu près d'accord pour faire débiter le Quaternaire, dans les pays méditerranéens, avec l'apparition de l'*Elephas antiquus*; par contre, la fin du Pliocène (sous-étages *Villafranchien* et *Saint-Prestien* de M. Depéret) serait caractérisée par l'*Elephas meridionalis*, pouvant coexister (dans le *Villafranchien*) avec le Mastodonte pliocène¹. Or, dans la région méditerranéenne, la faune des plus anciennes terrasses quaternaires est trop mal connue pour que l'on puisse affirmer avec certitude que l'*E. meridionalis* y avait déjà été remplacé par l'*E. antiquus*. D'ailleurs, comme a bien voulu me le faire remarquer M. Depéret, il n'y a, à priori, aucune raison pour que les limites d'étages déduites de considéra-

¹ Voir Ch. Depéret, L'évolution des mammifères tertiaires, importance des migrations, époque pliocène. *C. R. de l'Acad. des Sciences*, 18 janvier 1909.

tions stratigraphiques ou de l'étude des faunes marines coïncident rigoureusement avec les courants de migration qui ont renouvelé les faunes continentales. Mais, en fait, il n'existe actuellement, dans la région méditerranéenne, aucun argument positif qui mette en désaccord la classification déduite de l'étude des Mammifères avec celle que je propose en me basant sur les facies marins de l'Italie du Sud.

Ces vues sont d'ailleurs entièrement confirmées par l'examen des faunes de Proboscidiens de l'Italie du Sud, malheureusement assez mal connues¹.

Ainsi le *Calabrien* y paraît bien appartenir à l'âge de l'*Elephas meridionalis*. Cette dernière espèce a été rencontrée, en effet, dans les couches supérieures du Pliocène marin de Toscane (en particulier à Fauglia près Vallebaja), dans les sables dits postpliocènes (en réalité calabriens) du Monte Mario², près de Rome, et de Gravitelli, près Messine. Au contraire, le Quaternaire marin tel que nous l'avons défini renferme l'*Elephas antiquus* : la panchina de Livourne en a fourni aux musées toscans de nombreux restes et on en a trouvé également dans le Sicilien de Palerme, associés à des mollusques marins, ce qui démontre indubitablement la contemporanéité de cet éléphant et de la faune marine du Sicilien. Enfin, près de Foggia, le gisement d'*Elephas antiquus* qui m'a été montré par M. Checchia offre toutes les garanties voulues d'authenticité et prouve que les formations marines quaternaires du Tavoliere di Puglia appartiennent également à l'âge de l'*Elephas antiquus*³.

Il y a donc là des arguments sérieux montrant que la classification proposée pour les terrains récents de l'Italie du Sud n'a

¹ Cf. Flores, Catalogo dei Mammiferi fossili dell' Italia meridionale continentale (*Atti d. Accad. Pontaniana*, vol. XXV, Napoli, 1895).

² Il s'agit bien ici d'un *E. meridionalis* et non d'un *E. antiquus* comme on l'a souvent dit à tort, après Fonzi.

³ Je signalerai ici que dans la Méditerranée orientale, le gisement d'Antimakhia (Cos) montre également l'association de l'*E. meridionalis* et d'une faune marine calabrienne.

pas qu'une valeur purement locale et que les conclusions obtenues sont susceptibles d'être étendues aux pays plus septentrionaux.

Le tableau ci-dessous résume ce parallélisme :

	Facies marins.	Facies continentaux.
<i>Quaternaire</i>	supérieur. Niveaux à Strombus.....	Basses terrasses.
	inférieur. Sicilien.....	Hautes terrasses et Deckenschotter. Saint-Prestien.
<i>Pliocène</i>	supérieur. Calabrien.....	Villafranchien.
		Fossanien
	inférieur { Astien { Plaisancien.....	} Levantin.

III. — Conclusions relatives aux mouvements des terres et des mers.

Nous avons vu que partout l'époque pliocène se terminait par un puissant remblaiement dont on peut reconnaître les traces sur tout le pourtour de la Méditerranée occidentale. Si l'on ne s'écarte pas trop des rivages, l'altitude des plaines formées par ce remblaiement correspondra évidemment à peu près à la hauteur qu'atteignait la mer à cette époque ou, comme on le dit, au niveau de base de la fin du Pliocène. Or, cette altitude est très variable avec les diverses régions, et cela n'a rien qui doive nous étonner, car la série pliocène tout entière a souvent été affectée par les derniers mouvements du sol. Pour me borner à mes observations personnelles, je rappellerai qu'en Calabre le Pliocène se présente nettement affecté par de véritables failles et que les couches du Calabrien y sont souvent très inclinées sur l'horizon : de sorte que la surface du remblaiement de la fin du Pliocène se retrouve soit à 1.000 mètres, soit à 300 ou 400 mètres d'altitude. En Sicile on a des faits analogues. Dans la Toscane, l'altitude maximum de cette surface ne paraît pas dépasser quelques centaines de mètres ; mais elle se relève de nouveau quand on s'approche des Alpes¹. *Les altitudes auxquelles nous retrouvons*

¹ Voir à ce sujet dans le *Bulletin de la Soc. géol. de France* (série IV, t. IV,

les niveaux de base correspondant à la fin du Pliocène sont donc assez variables : nous allons voir qu'il y a là une importante différence avec les anciens rivages quaternaires; et ce contraste contribue encore à accentuer la coupure que nous avons établie entre Pliocène et Quaternaire.

J'indiquerai, à cet effet, brièvement l'altitude des anciens rivages du Sicilien, dans les points où j'ai pu la retrouver. A Palerme même j'ai déjà montré¹ comment l'altitude de cette ligne de rivage pouvait être fixée à 90-100 mètres, et j'ai aussi attiré l'attention sur ce fait très important que *cette ligne de rivage peut être suivie sur toute la côte Nord de la Sicile avec une très grande netteté et qu'elle y demeure toujours à la même altitude constante de 90-100 mètres*. En Calabre, les formations siciliennes de Rosarno dont nous avons parlé correspondent à un niveau de base de 100 mètres environ, et la côte orientale de la Calabre montre également les traces d'un ancien rivage à 100 mètres. C'est encore à 90-100 mètres que l'on retrouve les traces les plus élevées de la mer quaternaire à Tarente. Dans les Pouilles, les couches marines à *Elephas antiquus* indiquent également une mer à 100 mètres au-dessus de la mer actuelle. En Toscane, les conditions d'observation sont moins favorables, mais semblent conduire à une altitude analogue.

Quant au Quaternaire récent, contenant la faune à *Strombus bubonius*, il correspond à une mer beaucoup moins élevée au-dessus de la mer actuelle. A Palerme, il s'agit d'une mer à 15 ou 30 mètres; de même à Livourne et dans la Maremme romaine. Les formations de Tarente fournissent à ce sujet des données précises : la mer où elles se sont déposées s'élevait jusqu'à 35 mètres, mais on peut y reconnaître la trace d'une nouvelle incursion marine plus récente ayant atteint à peu près l'altitude de 15 mètres. Enfin, dans le détroit de Messine, près de

1901, p. 206) les observations de M. Léon Bertrand au sujet des poudingues du delta du Var, qui doivent être considérés, dans leur partie supérieure tout au moins, comme d'âge calabrien.

Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 28 décembre 1908.

Reggio, j'ai pu constater que les dépôts fossilifères de Ravagnese et de Boveto, appartenant à l'époque des couches à *Strombus*, sont d'anciennes plages marines où les flots ont formé des cordons littoraux actuellement à 100 mètres d'altitude. C'est jusqu'à présent *le seul point connu de toute la Méditerranée où les rivages de la mer à Strombus aient été signalés au-dessus de 35 mètres.*

Si maintenant nous faisons entrer en ligne de compte tous les faits connus jusqu'ici dans la Méditerranée occidentale, nous pouvons dire que :

1° Sur toutes les côtes de la Méditerranée occidentale on retrouve une ligne de rivage à 100 mètres; partout où l'on peut préciser sa position chronologique, on la trouve d'âge sicilien, puisque l'on doit prendre pour type du Sicilien les formations de Palerme.

2° En Algérie, en Espagne, en Italie et en France, l'âge des *Strombus* est caractérisé par une ligne de rivage à 35 mètres et une à 15 mètres environ. Dans un seul point jusqu'à présent, au centre du détroit de Messine, les couches à *Strombus* dénotent un niveau de base à 100 mètres au-dessus de la Méditerranée actuelle; on se trouve là, comme on sait, dans une des régions les plus instables de toute la Méditerranée, et il n'est pas étonnant d'y retrouver la trace de mouvements locaux récents.

Pour expliquer la position de ces anciennes lignes de rivage et leur altitude au-dessus de la mer actuelle, on peut avoir recours à deux théories : *a)* ou bien supposer que le niveau de la mer étant resté invariable les masses continentales se sont soulevées (*mouvements épirogéniques*); *b)* ou bien supposer que les masses continentales étant restées fixes c'est le niveau de la mer qui a varié (*théorie eustatique*).

Je n'oserais évidemment point trancher d'emblée une aussi grave question, car je sais la distance qui sépare les faits d'observation des conclusions théoriques. Et mon assurance à l'égard des secondes rendrait à juste titre sceptique pour l'exactitude des premiers.

Je me contenterai donc de transcrire ici les quelques réflexions qui m'ont été suggérées par mes études relativement à la part de vérité que renferment ces deux théories ou mieux encore à la commodité qu'elles offrent pour présenter un exposé synthétique des faits.

Il est évident que la théorie eustatique ne peut être poussée à l'extrême, jusqu'à la négation absolue des mouvements propres du sol continental pendant les temps quaternaires. Car l'on constate qu'à toutes les époques géologiques il y a eu des déformations de l'écorce terrestre et il serait peu raisonnable de supposer qu'il ne s'en soit point produit précisément pendant la seule époque quaternaire. Les observations que j'ai exposées plus haut prouvent d'ailleurs avec évidence qu'il y a réellement eu des déformations de l'écorce terrestre depuis le Quaternaire récent, puisque les rivages de la mer à *Strombus*, qui se trouvent généralement à 35 mètres d'altitude, sont en un point soulevés jusqu'à 100 mètres.

Mais tout en admettant des soulèvements locaux du sol, on peut garder la notion de *mouvements eustatiques*, c'est-à-dire d'oscillations générales de la surface entière de la mer. Avec cette restriction, on voit que la théorie eustatique nous permet d'exposer et de synthétiser d'une manière claire les résultats obtenus : il nous suffira de parler d'une Méditerranée sicilienne à 100 mètres, d'une Méditerranée à *Strombus* à 35 mètres au-dessus de la Méditerranée actuelle pour grouper immédiatement un nombre immense d'observations paléontologiques, géologiques et géographiques faites sur tout le pourtour de la Méditerranée actuelle. Nous n'aurons plus à signaler spécialement que les exceptions dues aux mouvements locaux du sol continental.

Au contraire, si l'on veut rejeter complètement la notion de mouvements eustatiques, on sera néanmoins obligé de convenir que : depuis l'époque des *Strombus* il ne s'est produit, en aucun point de la Méditerranée (sauf une exception), de soulèvement supérieur à 35 mètres; et d'ailleurs, partout où l'on peut préciser nettement la valeur de ce soulèvement, on le trouve de

35 mètres (sauf exception). Il faudra dire de même que depuis l'époque sicilienne le maximum atteint par les soulèvements a été de 100 mètres. On n'est amené ainsi à aucune contradiction, mais l'exposé des résultats obtenus est beaucoup plus compliqué, l'explication beaucoup moins synthétique.

Et d'ailleurs on est ainsi ramené encore, par une voie détournée, à l'une des conclusions les plus importantes auxquelles conduit naturellement la théorie des mouvements eustatiques : la classification des formations quaternaires d'après la hauteur des lignes de rivage correspondantes.

Telle est, en effet, la méthode, plus ou moins explicitement avouée, suivie par tous les géologues qui se sont occupés de la question des anciennes lignes de rivages. En effet, étant donné qu'au Pliocène supérieur le niveau de la mer était presque partout plus élevé que le niveau actuel, il est bien évident qu'entre cette altitude maximum et la plage actuelle on peut retrouver, *à toutes les hauteurs*, des traces de formations marines. D'ailleurs, les couches à *Strombus* mises à part, il est presque impossible, en dehors des quelques gisements italiens que j'ai examinés, de se servir des faunes marines pour aboutir à des synchronismes précis. Dès lors, dire qu'une ligne de rivage de 100 mètres en Algérie est contemporaine d'une ligne de rivage de 100 mètres en Italie et en France c'est faire, en toute rigueur, une pétition de principe, puisque c'est s'appuyer sur la théorie eustatique, théorie qu'il s'agit précisément de démontrer.

Mais, par contre, adopter strictement la théorie épirogénique c'est, par avance, se priver de toute orientation dans un ensemble confus qu'il s'agit de débrouiller. Peut-être est-ce utile quand il s'agit de préciser des résultats antérieurement obtenus ; mais, à coup sûr, ce serait une méthode de travail bien peu féconde et bien peu propre à éclairer les recherches futures. Quant à la théorie eustatique, adoucie par la considération des mouvements locaux possibles, elle peut et doit rester une « *hypothèse de travail* ». Jusqu'ici il n'existe pas de fait précis montrant qu'elle ne renferme aucune part de vérité.
