

RÉGRESSION ET TRANSGRESSION

DE LA MER

depuis l'Epoque glaciaire jusqu'à nos jours

PAR

Ph. NEGRIS

Ingénieur, ancien Ministre des finances, à Athènes.

(Extrait de la *REVUE UNIVERSELLE DES MINES*, etc.,
tome III, 4^e série, page 249, 47^e année, 1903.)



LIÈGE

55, rue des Champs, 55

PARIS

H. Le Soudier, 174, boulevard St-Germain

Ce dernier mouvement ayant été vivement contesté, je crois devoir reprendre la discussion, en apportant à l'appui de nouvelles preuves qui, à mon avis, lèveront tous les doutes.

II. — Historique.

Les anciens géographes avaient parfaitement distingué le mouvement de régression qui sépara la mer Méditerranée de la mer Erythréenne (*Strabon, Livre I 56 et Livre IX 809*); ils n'avaient pu reconnaître le mouvement de transgression, parce qu'il était beaucoup trop récent, comme nous allons bientôt le voir.

Les premiers qui observèrent ce mouvement de transgression sont les Italiens du XVIII^me siècle. Manfredi de Bologne, à la suite de la découverte d'un dallage en marbre, sur l'emplacement de la basilique de Ravenne, à huit pouces au-dessous du niveau des marées et d'autres observations faites à Venise, émet l'opinion que la mer se relève par l'apport des matériaux solides que les fleuves y amènent chaque année.

Malheureusement, depuis lors, les observations de Celcius sur le retrait de la mer dans le golfe de Bothnie troublèrent les esprits et l'idée du relèvement de la mer fut abandonnée.

Les membres de l'Expédition scientifique de Morée (*Géologie, 1834, p. 364*) constatent bien que nombre de villes anciennes sont submergées, le long des côtes du Péloponnèse ; plus tard Conrad Cold (*Küsten Veränderungen im Archipel 1886*) complète ces données par la description de nombreuses submersions le long des côtes de l'Asie Mineure.

Toutefois on considérait que les côtes d'Alexandrie, et particulièrement de l'île de Pharos qui se trouve au devant de cette ville, montrait une stabilité qui excluait toute idée de relèvement de la mer. Dans ces dernières années cependant, les travaux de Mahmoud-Bey (*Mémoire*

sur l'antique Alexandrie, Copenhague), de Johann Janko (*Das Delta des Nil*, 1890), de F. Noack (*Mitt. des K. D. Archeolog. Inst. Athenische Abtheilung*, Band XXV, 1900) ont mis hors de doute la submersion des côtes de l'Égypte le long de la Méditerranée. D'après ce dernier auteur, la submersion serait même d'au moins deux mètres, d'après les données du D^r Schweinfurth (p. 273).

Quant à l'invariabilité des flèches des lacs Stirbon et Cassius, elle ne serait qu'apparente. Les flèches, en effet, sont le résultat des courants marins et atmosphériques sur les alluvions du Nil. Si le niveau de la mer s'élève, il n'y a aucune raison pour que les flèches ne s'élèvent pas en même temps, sous l'effet des mêmes causes qui les avaient formées plus bas.

D'autre part, les mêmes phénomènes d'immersion des côtes se présentent dans le reste de la Méditerranée; sur les côtes de la France, d'après M. de Lapparent, la plage de Fos, près de Marseille, laisse souvent voir, surtout après les tempêtes, de nombreux fragments de tuiles et d'amphores provenant d'une ville ensevelie à 2 kilomètres du rivage actuel.

D'après Issel, toute la côte d'Italie présenterait des traces d'immersion; il en est de même des côtes de l'Istrie, d'après Anton Gnirs. (*Jahresbericht der K. K. Marine-Unterrealsschule in Pola*, année 1900-1901), qui (p. 20 en note) fixe aussi à 2 mètres au moins l'immersion des rivages depuis l'époque romaine.

A ces phénomènes d'une généralité incontestable, on a objecté que les corniches en surplomb et les grottes littorales du Cap Grosso, creusées par la mer sont aujourd'hui ce qu'elles étaient depuis quelques milliers d'années, et prouvent d'une manière irréfutable la stabilité du niveau de la mer.

Or pour les corniches en surplomb, il est certain que la partie saillante montre bien une limite supérieure du niveau de la mer; mais le talus raide, au-dessous de la

corniche, n'exclut pas l'hypothèse que des niveaux plus bas aient pu exister; le talus peut parfaitement provenir de la destruction de la corniche vers le haut à mesure que le niveau monte.

Quant aux grottes littorales du Cap Grosso dans le marbre, sur la presqu'île du Ténare, elles ne nous sont connues que par la description qu'en donnent les géologues de l'Expédition scientifique de Morée (*Géologie*, p. 338); ces derniers disent que la zone du flot (qui comprend la surface sur laquelle agit ce dernier), « s'étend à quelques mètres au-dessus et au-dessous de la mer, dans son état de repos ou à son niveau moyen ». Or, cette donnée n'exclut certes pas l'hypothèse que la mer se soit élevée de quelques mètres, depuis qu'elle a commencé à creuser le marbre. L'argument est donc loin d'être concluant.

Nous verrons bientôt, au contraire, que cette zone du flot, plus à l'ouest, à Modon, va nous permettre de fixer le point le plus bas qu'ait atteint la mer dans son mouvement de régression.

III. — Preuves de la transgression à l'époque actuelle dans la Méditerranée.

Après ce court aperçu historique, nous allons exposer les faits nouveaux qui viennent à l'appui de l'hypothèse de l'élévation de la mer, et nous diviserons ces preuves en 3 catégories : a) preuves archéologiques ; b) preuves géographiques ; c) preuves géologiques.

a) *Preuves archéologiques.*

On reconnaît, sur les rivages de Délos et de l'île Rhénée qui se trouve à côté, des fondations de nombreuses maisons avec citernes qui se trouvent complètement submergées. Or, ici le terrain est formé de roches archéennes, gneiss et schistes cristallins. Toute idée de glissement local doit être exclue.

A Paros, île composée aussi de terrain archéen, M. Théodore Skouphos (*Hebungen und Senkungen auf der Insel Paros*, Berlin 1893), cite les ruines d'une cité ancienne dans la mer, à Abyssos, au sud de l'île, et M. O. Rubensohn (*Mitt des K. D. Arch. Instituts Athen. Abtheilung*, Band XXVI, année 1901, page 191) a pu suivre, dans le port de Parikia (Paros), un groupe de murs, construits avec mortier hydraulique et pierres taillées. Ce mode de construction indique clairement que l'édifice a été construit hors de l'eau.

Quant aux traces de la mer à un niveau élevé que M. Skouphos a observées au nord de l'île, elles ne peuvent appartenir qu'aux mers d'un niveau supérieur, appartenant à la régression post-glaciaire dont il a été question.

J'ai observé moi-même de pareilles constructions, avec mortier hydraulique et moellons, en compagnie de M. le professeur Anton Gnirs (qui a si bien décrit les travaux romains dans les ports de l'Istrie), à Milos, près de l'ancienne ville. Ces constructions qui paraissent appartenir à des murs de fortifications, sont en partie aujourd'hui dans l'eau. Près de là d'ailleurs, on observe d'anciens tombeaux taillés dans le roc, qui sont submergés de un mètre et plus, comme cela arrive dans la Méditerranée orientale, au Pirée, à Alexandrie, au sud de la Crète, à Matala, où j'ai pu les observer moi-même, en compagnie de M. Gnirs.

Il est vrai qu'à Milos, le terrain sur lequel nous avons observé ces phénomènes de submersion, est volcanique et l'on pourrait craindre que ces mouvements du sol fussent le résultat de manifestations de l'énergie interne du globe. Cependant les volcans de Milos paraissent s'être éteints bien avant l'époque historique, et rien dans l'île ne ferait présumer aujourd'hui une pareille manifestation.

Mais il suffit de nous en tenir aux exemples de Délos et de Paros, pour réfuter l'argument de ceux qui voient partout des villes submergées par glissement des couches

sur lesquelles ces villes reposaient, à l'instar d'Helike qui s'effondra dans le golfe de Corinthe, à la suite d'un tremblement de terre. Mais Helike était bâtie sur des alluvions récentes, s'avancant avec une pente assez raide vers les profondeurs du golfe de Corinthe. Il n'y a donc rien d'étonnant qu'elle s'effondrât avec les alluvions sur lesquelles elle était bâtie. Rien de pareil ne se présente à Délos, à Rhénée ou à Paros.

N'oublions pas d'autre part que la catastrophe d'Helike a été enregistrée par l'histoire et que cela n'a pas eu lieu pour les nombreuses autres villes submergées. Ce silence de l'histoire et de la tradition sur des catastrophes aussi terribles, n'est-il pas à lui seul une preuve qu'aucune submersion brusque n'a eu lieu, mais que les cités envahies par la mer l'ont été peu à peu, sans que l'humanité s'en soit rendu compte ?

Mais la preuve de beaucoup la plus importante de l'élévation de la mer depuis l'antiquité nous est donnée par le détroit de Leucade, parce qu'il nous permettra d'une part de fixer la quantité dont la mer s'est élevée depuis l'antiquité, et d'autre part de déterminer la limite extrême de la régression de la mer à partir de laquelle la transgression a commencé.

On remarque sur la carte de l'Amirauté (*Roadstead of Santa Maura*, 1864), au Sud des salines d'Alexandre, entre l'île de Leucade et le continent, deux môles dirigés l'un vers l'autre. M. A. Sakellaropoulos, directeur des travaux du creusement du nouveau canal de navigation à travers le détroit, a bien voulu me communiquer sur ces môles les détails suivants, que j'ai pu vérifier par une visite sur les lieux.

Les môles A (pl. 6, fig. 1) sont formés de blocs naturels ; la plateforme supérieure, indépendamment des talus, a 8 mètres environ de largeur et se trouve aujourd'hui de 2^m40 à 2^m60 submergée par la mer : elle est très sensible-

ment régulière, ne présentant que les irrégularités inhérentes au mode de construction par enrochement. Les deux bras laissent entre eux un espace libre de 80 mètres environ, avec une profondeur de 7 à 8 mètres. Ils n'atteignent ni l'un ni l'autre la côte; celui de l'Ouest s'arrête de 80 à 100 mètres du rivage de Leucade qui en cet endroit s'abaisse en pente douce sous la mer, pour atteindre contre le môle la profondeur de 3 mètres. Ce dernier commence aussitôt à son niveau normal de 2^m40 à 2^m60 sous la surface de la mer. Le bras oriental se termine à 2 mètres de profondeur, contre le talus plus raide d'un îlot rocheux, qui a du fournir les blocs de ce bras, comme les carrières existant sur l'îlot semblent le démontrer. Mais ce bras ne tarde pas non plus à prendre la profondeur normale de 2^m40 à 2^m60, que présente le môle total sur une longueur probablement supérieure à 350 mètres.

On est en droit de conclure de ces données que le rivage occidental, tel qu'il existait lors de la construction du môle, se trouve aujourd'hui sous la mer, à l'origine du bras occidental, à la profondeur de 3 mètres; que, d'autre part, le bras oriental qui partait des carrières, à empiété dès l'origine sur l'ancien rivage, pour faciliter le transport des blocs: c'est pourquoi le môle commence ici à un niveau un peu plus élevé, qu'il conserve pendant quelques mètres seulement.

Les môles sont élevés sur un sol sableux qui exclurait toute idée de tassement, si d'ailleurs cette crainte n'était éliminée par l'état régulier de la plateforme, aussi bien sur les points où l'on a les plus grandes profondeurs, qu'aux extrémités opposées, sauf tout contre l'îlot rocheux, à l'Est, où la surélévation du môle a été suffisamment justifiée. C'est donc de 3 mètres que se serait élevée la mer depuis la construction du môle.

Quelle est l'époque de sa construction ?

On sait que les Corinthiens s'établirent à Leucade dans la deuxième moitié du VII^m^e siècle avant Jésus-Christ, creusèrent un canal de navigation, dans le détroit, et bâtirent l'ancienne ville de Leucade contre ce canal. La carte fig. 1 montre, au nord des salines d'Alexandre, les traces de cette ville antique. Les môles AA que nous venons de décrire, paraissent destinés aussi bien à former un port excellent au devant de cette ville, qu'à protéger le canal de navigation contre l'accumulation des galets charriés par la mer. Sans aucun doute, il faut rapporter la construction des môles à l'époque du creusement du canal de navigation et de la fondation de la ville de Leucade. Il se serait donc passé depuis cette époque 2500 ans environ.

Rappelons à ce sujet que d'après les données de Schweinfurt, à Alexandrie, et d'Anton Gnirs, en Istrie, c'est de 2 mètres au moins, que ce serait élevée la mer depuis l'époque romaine, c'est-à-dire depuis 2000 ans environ. Il n'y a donc aucune contradiction entre notre chiffre qui est donné comme exact et se rapporte à une époque de 500 ans plus éloignée que celle à laquelle se rapportent les données de ces savants, données qui sont présentées comme des minima.

Ce ne sont pas seulement les môles de Leucade qui sont submergés en Grèce. Ainsi à Paros, le môle ancien, comme nous avons pu le vérifier nous-même avec M. Gnirs, commence à quelque distance du rivage, à la profondeur de 1 m. à 1^m50, et se termine à la profondeur de 2^m50 environ.

Un ancien môle à Tinos se trouverait à la profondeur de 1 mètre, contre la ville actuelle.

Les anciens môles d'Egine ne seraient pas représentés par les môles existant encore aujourd'hui et s'élevant de quelques dizaines de centimètres au-dessus de l'eau, marqués d'ailleurs comme môles anciens sur la carte de

l'Amirauté (*Town and ports of Ægina* 1839) : ces môles seraient plus récents.

Les anciens môles helléniques seraient représentés par une série d'écueils alignés qui apparaissent sur la même carte à la profondeur de 8 à 10 pieds.

Ces écueils sont, en effet, formés d'amas de pierres, de faibles dimensions, ne dépassant guère le volume de moellons à bâtir. Il est évident que ces pierres ainsi entassées le sont artificiellement et ne pouvaient avoir d'autre but que celui de former un môle. Le peu de solidité du tas, construit avec des blocs aussi petits, expliquerait suffisamment que ces môles aient été entamés par la vague, si la profondeur des parties vides n'atteignait par endroits 30 pieds et plus. On ne peut attribuer la destruction de parties aussi profondes à l'effort du flot ordinaire, qui, à cet endroit même, ne peut avoir une grande puissance, à cause de la proximité des côtes qui sont en face. Seules des ondes séismiques ont pu démolir le môle à cette profondeur, par les trépidations qu'elles imprimèrent à des matériaux aussi meubles. Il est d'ailleurs intéressant d'observer que le môle a été construit par des fonds qui aujourd'hui sont de 10 mètres et qui au moment de la construction devaient encore être de 7 mètres.

Mais ce ne sont pas seulement les môles helléniques qui indiquent à Egine une submersion considérable. J'ai observé au devant du phare, à l'entrée du port, à quelques mètres de distance du môle qui porte ce phare, un mur qui s'étend transversalement au môle, construit en moellons solidement cimentés sur 8 mètres de longueur. Ce mur, qui n'a guère plus de 0^m20 d'épaisseur et paraît avoir 0^m75 de hauteur, se trouve à sa partie supérieure à 1^m35 sous l'eau. On reconnaît d'ailleurs deux petites arcades, à la base; car il est peu probable que des trous pareils aient pu être pratiqués par la mer, sans que tout l'édifice s'écroulât. Le mode de construction du mur

avec mortier et moellons indique clairement qu'il a été élevé hors de l'eau. Vu d'ailleurs son peu d'épaisseur, je suis porté à croire qu'il devait porter une conduite d'eau. La hauteur dont ses fondations sont submergées (plus de 2^m10), prouve qu'il s'agit ici d'un ouvrage d'une haute antiquité, probablement égale à celle des môles helléniques, avec lesquels peut-être il communiquait à l'origine, comme l'écueil le plus rapproché qui semble dévier vers le phare, semble l'indiquer.

D'autre part, les môles plus récents eux-mêmes montrent aussi qu'une submersion a eu lieu depuis leur construction. En effet, leur plateforme est formée de pierres de taille, taillées et ajustées avec grand soin, travail qui ne se fait généralement pas dans l'eau, tandis que les premières assises sont ici submergées de 0^m40, sur certains bras, et plus encore sur d'autres.

Si d'Égine nous passons à Erétric, nous trouvons ici encore une digue qui unissait probablement le rivage à un ouvrage dans la mer, où est installé aujourd'hui un phare. La digue se trouve à 1 mètre de profondeur.

Cette submersion des môles anciens n'a pas été reconnue jusqu'à présent, parce qu'en plusieurs endroits, des môles plus récents ont été pris pour des môles anciens, comme à Égine, et que, dans d'autres, des murs d'enceinte de fortifications, aujourd'hui submergés par le pied, ont été pris pour des môles. C'est ainsi qu'à Naxos des murs qui s'élèvent de quelques dizaines de centimètres au-dessus de la mer, contre la ville actuelle, par leur position aussi bien que par leur mode de construction, ne peuvent être considérés comme d'anciens môles, mais sont les ruines d'anciennes fortifications.

Enfin rappelons qu'au port de Zéa, près du Pirée, on a constaté que les fondations des bâtiments qui servaient d'abri aux trières athéniennes, sont en partie submergées : je dois ce renseignement à l'éminent archéologue,

M. Wilhelm Dörpfeld, premier secrétaire de l'Institut archéologique d'Allemagne, à Athènes.

D'ailleurs les carrières situées contre la mer, à l'entrée du même port, sont aussi submergées de 1^m20 à 1^m50. Il en est de même des tombeaux creusés dans le roc, qui se trouvent à la sortie du port du Pirée, contre le grand phare.

b) *Preuves géographiques.*

Comme preuves géographiques de l'élévation de la mer, depuis l'antiquité, nous avons l'élargissement de nombreux détroits. Nous ne parlerons que de ceux que nous avons visités et dont nous avons étudié les particularités.

Le détroit du golfe de Corinthe, entre Rhion et Antirrhion avait au temps de Strabon, d'après ce géographe, 5 stades de largeur, c'est-à-dire moins de mille mètres. Aujourd'hui il en a deux mille. Or ce détroit est formé au Nord et au Sud par des alluvions récentes qui, avançant les unes vers les autres, tendaient à rétrécir le détroit. On ne saurait expliquer comment cette tendance si nette au rétrécissement s'est tout d'un coup changée en une tendance à l'élargissement, sans admettre l'élévation du niveau de la mer, qui aurait empiété des deux côtés sur les rivages anciens.

Les données sont encore plus intéressantes au détroit de Salamine, rendu célèbre par la victoire des Hellènes sur les Perses.

Strabon donne pour ce détroit la largeur de 2 stades, c'est-à-dire de 370 mètres, tandis qu'aujourd'hui il a 1500 mètres. (Strabon, livre 6, 395).

Il est d'ailleurs intéressant de rappeler que la carte de l'amirauté laisse voir autour de l'axe du détroit, entre l'île St-Georges et le continent, un canal plus profond qui aurait précisément deux stades de largeur. Les ter-

rasses sous-marines qui limitent ce canal, sont, il est vrai, à 3 brasses de profondeur, c'est-à-dire à une profondeur supérieure à celle que nous avons trouvée pour l'élévation de la mer. Cependant rappelons que les côtes avoisinantes de l'Attique sont formées de tertiaire, reposant sur le schiste. Si donc les terrasses ci-dessus étaient formées des mêmes roches tendres, il n'y a rien d'étonnant que l'érosion aidée par la transgression, ait formé une surface d'abrasion de chaque côté du détroit sur plusieurs centaines de mètres. Mais l'étude de Strabon nous conduit à d'autres observations intéressantes. Strabon cite, contre le détroit du côté d'Eleusis, deux îles, les îles Pharmakoussæ. D'après les renseignements qu'a bien voulu me communiquer M. Adolf Wilhelm, secrétaire de l'Institut Archéologique d'Autriche, à Athènes, qui a fait une étude toute spéciale du détroit, les archéologues sont d'accord pour considérer l'île St-Georges comme l'une d'elles, et pour admettre que l'autre se trouvait à l'Est et aurait disparu par érosion : elle serait représentée par quelques bas-fonds qui se trouvent aujourd'hui à cet endroit. Cela est bien d'accord avec ce que nous venons de dire sur l'érosion qui se serait produite et qui aurait élargi le détroit.

Les phénomènes qui se sont produits à l'extérieur du détroit, ne sont pas moins remarquables. Tandis que Strabon cite ici trois îles, Psyttalie, Atalanti et une troisième île, pareille, dit-il, à Psyttalie, nous ne trouvons plus que les deux premières ; la troisième serait représentée par des bas-fonds situés à l'Ouest des deux premières.

Il est arrivé ici ce qui est arrivé à l'intérieur du détroit. L'une des îles a complètement disparu par érosion marine. C'est probablement la même que cite Hérodote sous le nom de Kéos et que les archéologues n'ont pu encore retrouver.

c) *Preuves géologiques.*

Les géologues de l'Expédition scientifique de Morée avaient remarqué (*Géologie* 338 et *Relation* 116), que de Modon au cap Gallo, les rivages de la Messénie forment une falaise escarpée d'une élévation de 50 à 100 mètres, souvent presque verticale, composée de couches redressées d'argiles schisteuses et de psammites, qu'ils considéraient comme appartenant au grès vert et que, depuis lors, M. Philippson a rangé dans le flysch éocène. Le pied de la falaise est formé par une terrasse sous-marine, formée par les tranches des couches qu'on voit sur les falaises et qui s'étendent, avec une pente insensible, jusqu'à plus de 300 mètres d'après le volume de *Géologie* (p. 338), jusqu'à 400 à 500 mètres d'après le volume de *Relation* (p. 116). A cette limite extrême la profondeur aurait été de 2 à 2 1/2 brasses et augmenterait ensuite brusquement. Que cette terrasse soit formée par le flot ou par les courants, ou par l'action combinée des deux causes, la profondeur extrême à laquelle elle se termine, indique une limite inférieure que la mer n'a pas dépassée dans son mouvement de régression. L'inspection de la carte (fig. 2), dressée pour la partie sous-marine, d'après la carte de l'Amirauté, et pour la partie géologique, d'après la carte du Péloponnèse de Philippson, nous permet de suivre cette terrasse, le long de la ligne de 3 brasses au Sud-Est de Modon. Comme elle se répète en face sur l'île de Sapienza, et même sur le calcaire, nous sommes conduits à attribuer ici l'érosion aux courants qui sont, il est vrai, marqués plus près de Sapienza, ce qui explique la forte érosion même du calcaire.

A l'Ouest de Modon au contraire, où le courant paraît n'avoir pas de prise, si l'on en juge par la direction de la flèche (fig. 2), la ligne de 3 brasses se confond avec celles de 5 et même de 10 brasses. Il est donc clair qu'ici

nous avons une surface d'abrasion, due à l'action du flot seul, et dont la profondeur extrême est de 3 brasses. Or, le flot de la mer n'aurait certainement pu attaquer le calcaire à cette profondeur, au niveau actuel. Elle se trouvait donc à un niveau plus bas, lorsque l'érosion a commencé, et la profondeur de 3 basses est le point limite qu'elle n'a pas dépassé dans son mouvement de régression. Nous verrons plus tard par d'autres considérations de combien elle s'est approchée de cette profondeur limite.

IV. — Transgression dans la Mer du Nord.

L'élévation du niveau de la mer est donc démontrée dans la Méditerranée. On n'a d'ailleurs aucune preuve sérieuse du contraire dans les autres mers. Les partisans de la stabilité du niveau de la mer ont avancé que les preuves d'immersion des rivages de la mer du Nord, particulièrement des tourbières, ne sont pas réelles. Ils ont admis que l'immersion pouvait être expliquée par un tassement des couches immergées sous le poids des dunes et sous l'influence de l'irruption de la mer. Nous ne nions pas ce fait : mais il est plus que probable que l'irruption de la mer a été généralement provoquée par l'élévation de son niveau, qui a permis aux grandes marées de crever les digues naturelles, formées par les dunes qui avaient résisté pendant des milliers d'années.

N'oublions pas que pendant les 6000 ans qu'a exigés la formation de la tourbe au-dessus des dépôts de la mer Flandrienne, la marée n'a pas atteint la plaine maritime de la Belgique : si donc depuis l'époque Gallo-Romaine, la mer a disputé avec acharnement cette contrée à l'homme, il y a de grandes présomptions pour que le niveau moyen de la mer se soit élevé pendant les quelque mille dernières années. Il est vrai qu'ici, comme nous le verrons plus loin, a dû aussi intervenir un affaissement du sol. De même l'élévation de la mer peut expliquer la submersion de la

ville d'Ys, de la forêt et des villages de la baie St-Michel, sans que l'hypothèse d'un affaissement du sol soit aussi exclue (1).

Notons d'ailleurs que dans tous les exemples d'immersion des tourbières, dans le Nord, les couches immergées contiennent des objets en bronze. Cela est un indice que l'époque à partir de laquelle l'immersion des continents ou le mouvement positif, suivant l'expression de Suess, a commencé n'est pas très éloigné de nous, comme il sera prouvé bientôt.

Le phénomène de la submersion des rivages peut donc, autant qu'il est permis de l'observer, être considéré comme général; seule, l'élévation du niveau de la mer peut expliquer un phénomène aussi général d'une manière satisfaisante.

V. — Niveau et temps à partir duquel a commencé la transgression actuelle.

Nous avons déjà déterminé que la mer est montée de 3 mètres depuis 2500 ans et que dans son mouvement de régression, elle n'a pas dépassé le niveau de 3 brasses ou de 5^m48 au-dessous du niveau actuel.

Nous allons maintenant nous occuper d'évaluer le temps qui s'est écoulé depuis que la mer a atteint ce point le plus bas. Le détroit de Leucade va nous permettre de répondre à cette question.

Pendant la construction du nouveau canal de navigation, M. Sakellaropoulos dont nous avons déjà cité le nom, a

(1) Si la terre a empiété sur la mer par alluvionnement, comme cela est arrivé à Bruges et à L'Ecluse qui ont perdu leur qualité de ports de mer, c'est un phénomène fréquent qui n'a rien de commun avec le mouvement négatif ou positif des rivages que nous étudions ici.

constaté que la lagune à travers laquelle était creusé le canal, présentait :

0^m30 à 0^m40 d'eau,

4^m00 à 4^m50 de boue

dont 2^m50 à 3 mètres de boue molle et 1^m25 à 1^m75 de boue tenace, mais de même aspect et contenant les mêmes coquilles marines que la boue molle supérieure.

La surface de séparation des deux couches de boue, se trouvait donc à très peu près à la profondeur de 3 mètres, qui correspond au niveau que devait présenter la mer à l'occupation du détroit par les Corinthiens, et plutôt au-dessous. On en conclut avec raison que la boue molle s'est déposée depuis cette occupation et la boue tenace avant cette époque. La différence des deux dépôts doit tenir sans doute au trouble produit dans la lagune, par les courants auxquels l'ouverture du canal donna lieu, ou à d'autres circonstances en rapport avec ce fait, telles que la plus ou moins grande salinité de la lagune, avant et après l'ouverture du canal. Ainsi les Corinthiens durent creuser le canal dans cette boue ferme sur une longueur de 4 à 5 kilomètres. Ce n'est pas une œuvre extraordinaire, si nous nous rappelons que les anciens navires ne devaient pas avoir un tirant d'eau de plus de 6 pieds (Cartault, *La trière Athénienne*, 247). D'ailleurs, il se peut que l'axe du canal des Corinthiens différât sensiblement de l'axe du canal actuel, et suivit une zone où la boue occupât une épaisseur moindre, en formant un fond de cuvette, comme cela se passe pour la boue actuelle, qui n'est pas uniformément répartie : on voit, en effet, sur la carte (fig. 1), en face des salines de Leucade, un espace non hachuré où la boue se trouve à plus d'un pied de profondeur, tandis que le reste de la lagune hachuré présente un pied environ d'eau.

Admettons les chiffres moyens de 4^m25 pour la boue totale, de 2^m75 pour la boue molle. Les deux espèces de

boues proviennent des eaux superficielles des côtes qui entourent la lagune. On peut admettre que les quantités de boues déposées sont proportionnelles aux temps employés pour leur formation. On trouve ainsi que, puisque la boue de 2^m75 d'épaisseur a mis 2500 ans pour se déposer, la boue totale de 4^m25 aura exigé 3861 années. C'est là l'époque à partir de laquelle les boues ont commencé à se déposer dans la lagune, c'est-à-dire l'époque à partir de laquelle la mer l'a occupée, et à ce moment elle se trouvait à 4^m60 environ au-dessous du niveau actuel, tandis que 2500 ans avant notre époque, elle se trouvait à — 3 mètres. Ces profondeurs sont proportionnelles aux temps correspondants. Si nous admettons la même proportionnalité jusqu'à la profondeur limite de 5^m48, que nous ont donnée les surfaces d'abrasion de Modon, nous trouverons qu'elle aura été atteinte 4566 années avant notre époque. Mais il est peu probable que cette profondeur limite ait été atteinte, car il est certain que la mer commence son travail d'érosion au-dessous de son niveau moyen. Nous pouvons donc admettre que le point de régression limite a été atteint entre 4000 et 4500 ans avant notre époque, et qu'il est lui-même compris entre 5^m48 et 4^m60, profondeur limite des boues à la lagune de Leucade.

VI. — Dislocations contemporaines de la plus grande régression post-glaciaire.

D'après ce que nous venons de voir, la boue n'a commencé à se déposer, dans le détroit, que depuis moins de 4000 ans. La mer était descendue probablement encore plus bas que la surface inférieure des boues. Rien n'indique dans le détroit que les mers supérieures, lors du mouvement de régression, aient laissé leurs traces : bien au contraire les dépôts que l'on trouve au-dessous de la boue dans les parties centrales du détroit, ressemblent

fort à un calcaire travertin, qui se présente en plaques, alternant au contact avec des lits boueux, sur quelques dizaines de centimètres. Plus au Nord dans les parties plus profondes, aux environs de 5 mètres, on retrouve le même calcaire en roche criblé de coquilles marines, comme si les sources qui déposaient le calcaire travertin avaient coulé vers les parties les plus profondes, occupées par la mer et avaient ainsi formé un dépôt marin, tandis que dans les parties centrales, le dépôt paraît être terrestre.

On est en droit de conclure de toutes ces données que le détroit de Leucade a dû être formé à l'époque de la plus grande régression de la mer et appartenir à la série des dislocations qui ont mis fin au mouvement de régression. Cela même expliquerait la présence du calcaire travertin dans le détroit. Il serait dû à des sources carbonatées, qui auraient apparu à la suite de la dislocation qui aurait séparé l'île de Leucade du continent.

Cette dislocation n'a pu être une dislocation isolée. Le globe entier a dû être fortement éprouvé pour la dernière fois, et ce n'est qu'à la suite de cet ébranlement final qu'il a pu prendre une position d'équilibre plus stable, à la suite de laquelle le mouvement de régression fit place au mouvement de transgression.

Il n'est donc pas étonnant que nous trouvions à la même époque d'autres dislocations considérables en Grèce.

Nous avons, en effet, à enregistrer, précisément à cette même époque, une deuxième dislocation, à la suite de laquelle la presqu'île de Messénie s'affaissa vers le sud. Les géologues de l'Expédition scientifique de Morée citent (*Géologie*, pp. 32 et 223), une ligne de cavités creusées par les lithodomes, au col de San-Nicolo, dans le terrain tertiaire et dans la craie (calcaire éocène de Pylos, d'après Phillipson), qui aurait été rompue par une dislocation E.-O., postérieure à toute la formation tertiaire. Cette ligne de cavités se trouvant à la coté 190 environ,

les considérations que nous avons développées dans notre ouvrage précité sur la mer des hauts-niveaux qui a suivi l'époque glaciaire (pp. 12 et 21), nous permettent de rapporter cette ligne de rivages marquée par les lithodomes, à l'époque de cette mer des hauts-niveaux.

Une seconde ligne pareille, 40 m. plus bas, indique un second arrêt de la mer, mais toujours à un niveau élevé. Ce dernier niveau, à la suite de la dislocation, s'incline et s'abaisse contre Modon, jusqu'à 8 m. au-dessus de la mer, quoique dans sa position originelle, il dût se trouver à 150 mètres.

Aucun autre niveau n'apparaît à cet endroit, quoique les roches et les circonstances climatériques n'ayant pas varié, nous devrions nous attendre à retrouver, tous les niveaux, aussi bien celui de la mer des moyens niveaux à 70 m. que celui de la mer des bas-niveaux à 15 m. (Voir pp. 126, 127, 140, 142 et 143.)

Il faut en conclure que l'affaissement de la presqu'île de Messénie est non seulement postérieur à la mer des hauts-niveaux post-glaciaire, mais aussi à la mer des moyens-niveaux et à la mer des bas-niveaux. L'affaissement a donc dû coïncider avec le niveau le plus bas des mers, c'est-à-dire coïncider avec la dislocation qui a séparé Leucade du continent et qui répond aux derniers grands ébranlements du globe.

Je ne puis m'empêcher de rappeler ici les paroles des géologues de l'Expédition scientifique de Morée (p. 371) :

« En voyant donc les Annales historiques d'Athènes, de
 » Mégare et d'Argos, s'arrêter à peu près à une même
 » époque et signaler en même temps un déluge passager,
 » en voyant à Argos un temple à Neptune inondateur,
 » construit sur la place où les flots s'étaient arrêtés à une
 » époque qu'on regardait également comme en dehors des
 » véritables temps historiques (sous Inachus), nous nous
 » croyons fondés à penser que, antérieurement à la coloni-

» sation égyptienne, les côtes de la Grèce éprouvèrent une
 » grande inondation et que le déluge d'Ogygès n'est pas
 » un fait fabuleux, mais la tradition d'un phénomène
 » volcanique sous-marin. »

Après ce qui vient d'être dit, je n'ai rien à changer à cette manière de voir, si ce n'est qu'à la place de « phénomène volcanique sous-marin », il faut mettre « phénomène tectonique », quoique le cataclysme immense qui a formé la baie de Santorin et a enseveli sous un manteau de 20 à 30 mètres de ponce, l'ancienne île de Santorin avec tous ses habitants, doit être rapporté à la même époque, si, comme l'admet M. Fouqué (*Santorin et ses éruptions*, p. 131), cet événement a eu lieu 2000 ans environ avant notre ère et doit par conséquent avoir coïncidé avec les dernières grandes dislocations du globe dont il vient d'être question.

C'est encore à cette époque qu'il faut probablement placer la séparation d'Egine du Péloponnèse, s'il en faut croire la fable. Egine était fille d'Asopus, fleuve de la Corinthie : Jupiter l'enleva et la cacha dans l'île qui porte son nom, où elle donna au dieu un fils Eaque. Cela n'indique-t-il pas clairement qu'Eaque, l'aïeul d'Achille, héros de Troie, fut le premier roi d'Egine, après qu'elle eut été séparée violemment des terres qu'arrosait le fleuve Asopus? On conçoit qu'à la suite de dislocations aussi considérables que la formation du détroit de Leucade et l'affaissement de la presqu'île de Messénie, qui probablement ne furent pas les seules à cette époque, il a dû se former des vagues gigantesques dans la Méditerranée. Ces vagues durent surtout se développer dans les golfes profonds, comme ceux d'Athènes, d'Egine et d'Argos. Rien d'étonnant donc qu'Athènes, Mégare et Argos aient été parmi les endroits les plus éprouvés et aient conservé le souvenir de catastrophes immenses.

Je suis porté à rapporter à la même époque les tremble-

ments de terre qui, d'après Diodore de Sicile (Liv. III 55), auraient fait disparaître le lac Triton, qui aujourd'hui est représenté par les chotts El-Djerid et El-Fedjedj. Voici le passage de Diodore : « On dit que le lac Tritonis disparut » à la suite de tremblements de terre, qui amenèrent la » rupture des régions situées vers la mer. » Or, d'après Edm. Fuchs (*Note sur l'isthme de Gabès, C. R. Acad. sc.*, 1874, p. 354), l'isthme de Gabès qui sépare ces chotts de la mer, porte les traces d'un mouvement négatif des rivages de 12 à 15 mètres. Nous avons constaté, dans notre ouvrage (p. 140), que ce niveau se retrouve dans toute la Méditerranée. Cependant la mer paraît avoir occupé un niveau encore plus bas, avant qu'elle ait atteint la limite extrême de régression. Ce niveau se retrouve sur le globe, dans des régions fort éloignées les unes des autres, telles que l'Algérie, les côtes Est de l'Afrique, le golfe Persique, les Indes (Suess, *La face de la terre*, II, Traduction française, 798-810). Il se retrouve sur les côtes Est de la Floride (même ouvrage, II, p. 526). Mais on le rencontre aussi, d'une manière très nette, en Grèce, à Nauplie, où une ligne de cavités dues aux lithodomes se trouve à 4 ou 5 mètres au-dessus de la mer. (Expédition scientifique de Morée, p. 358.) C'est donc à cette hauteur que la mer se trouvait très probablement, avant d'atteindre le point limite de régression, à quelques mètres au-dessous du niveau actuel.

On comprend qu'à la suite de la baisse de la mer, de ce niveau à celui de quelques mètres au-dessous du niveau actuel, et des fractures qui ont accompagné cette régression, les eaux douces n'aient pu se maintenir dans le lac Tritonis, mais s'écoulèrent dans les profondeurs où on les atteint aujourd'hui par des puits. Personne n'ignore, l'effet de la marée sur les puits peu éloignés des côtes : le niveau d'eau du puits monte avec le flux, descend avec le reflux. Cela arrivait dans l'isthme de Suez avant son percement (Suess, ouvrage déjà cité I. 481). On comprend

après cela quelle influence a dû avoir, sur les conditions hydrographiques du Sahara, une baisse permanente de la mer de + 5 mètres à — 5 mètres environ, c'est-à-dire de 10 mètres. Cela explique le dessèchement du lac Tritonis.

Mais la même explication peut rendre compte, d'une manière plus générale, de la formation des déserts, depuis le Sahara jusqu'à l'Arabie, par la régression de la mer depuis le niveau de 200 mètres jusqu'au niveau le plus bas. C'est par le mécanisme que nous venons d'expliquer, que les sources qui occupaient autrefois toute la partie nord du Sahara, ont cessé de couler à la surface du sol. Sur toute l'étendue des déserts, depuis le Sahara jusqu'à l'Arabie, le sous-sol est caractérisé par un ensemble de traits communs : les couches y sont horizontales et formées en grande partie par des terrains crétacés qui ne s'appuient que plus au sud sur les terrains anciens, tandis qu'au nord ils prennent part aux plissements de l'Atlas. C'est probablement à travers les fentes de ces couches, que les sources anciennes des régions sahariennes s'échappèrent, lors de la grande régression post-glaciaire, que ces fentes aient préexisté ou qu'elles aient été produites à la suite des nombreuses dislocations dont quelques-unes ont porté sur le grand plateau désertique, comme je l'ai exposé dans mon ouvrage (p. 140).

Le dessèchement du lac Tritonis ne fut que le dernier terme de la transformation hydrographique de ces contrées qui furent ainsi changées en déserts.

C'est certainement à ces époques, appartenant à la pré-histoire, que fait allusion la tradition de Platon (Timée 22. D.), lorsqu'elle nous transmet qu'une grande partie de la terre fut détruite par les ardeurs du ciel et que dans cette détresse, le Nil sauva l'Égypte. Il est digne de remarque que cette tradition se rapporte évidemment à un fait brusque. Faudrait-il admettre que le dessèche-

ment du nord de l'Afrique résultât des dislocations qui ont porté sur cette région, lorsque le niveau de la mer descendit à + 15 m. (p. 140 de notre ouvrage) ? Cela paraît probable.

Il est même curieux de rappeler à ce sujet que le Nil ne pénétra en Egypte qu'à ce moment. Ainsi s'explique que tandis que le reste de la région se transformait en désert, le Nil sauva l'Egypte de la catastrophe générale. Il y aurait encore à rapprocher de ce fait ce que dit Diodore de Sicile sur le nom ancien du Nil. (Liv. I. C. 19.)

Il se serait d'abord appelé Océan, puis plus tard, *Ægyptos*, avant de porter le nom de Nil. Il semble bien ressortir de cette tradition que la vallée du Nil, en Egypte, fut occupée par la mer à une époque assez peu éloignée de nous, pour que le souvenir s'en perpétuât.

Enfin, je ne serais pas étonné que des phénomènes tectoniques remarquables se soient passés à cette époque dans la mer du Nord. En effet, nous venons de voir que le dernier niveau de la mer, avant la régression limite, paraît être de 4 à 5 mètres au-dessus du niveau actuel, et que ce niveau existait 4000 à 4500 ans environ avant notre époque. Mais avec ce niveau, la mer aurait dû occuper la plaine maritime de Belgique, qu'elle a inondée plus d'une fois depuis l'époque Gallo-Romaine avec son niveau actuel. Or, nous savons qu'avant 4500 ans, la plaine maritime était occupée par la tourbe. Il faut donc qu'elle se soit trouvée à ce moment à un niveau plus élevé de plusieurs mètres qu'aujourd'hui. Cette région a donc subi un affaissement depuis cette époque, comme elle l'avait fait, lors de l'irruption de la mer Flandrienne qui sépara l'Angleterre du Continent, comme elle l'avait fait encore, lors de l'irruption de la mer Moséenne, à une époque encore plus reculée.

Mais si pour toutes ces irruptions des mers en Belgique, nous sommes obligés d'admettre un affaissement,

pour le recul de ces mêmes mers, il n'est pas besoin d'admettre un soulèvement, comme on le fait souvent. La régression de la mer suffit seule à expliquer ce dernier phénomène.

Avant de clore ce chapitre sur les dernières dislocations, je ne crois pas inutile d'observer que les effondrements de Leucade et de Messénie eurent lieu suivant des directions N.-S. et E.-O., c'est-à-dire suivant la direction du plissement le plus récent que j'ai signalé dans mon ouvrage et suivant sa direction conjuguée. On reconnaît, sur le rivage de Leucade, contre les nouvelles carrières de conglomérat éocène, au Sud des môles, la direction N.-S. avec inclinaison vers le détroit. Sur le petit îlot, au contraire, attenant au môle de l'Est, les couches sont dirigées E.-O. et inclinent au Sud.

En Messénie, nous avons reconnu plus haut une cassure E.-O. au col San-Nicolo, le long de laquelle s'est affaissée la presqu'île : une cassure N.-S. accompagne cette dernière, passant aussi par le col et rejetant les couches tertiaires, de manière que les calcaires Poros (Πῶρος) à l'Ouest font face aux marnes bleues plus profondes à l'Est (Expédition scientifique de Morée, pp. 34, 222 et 224). L'escarpement abrupte à l'Ouest de Gargaliano, plus au Nord, a aussi cette direction N.-S. et correspond à un rejet important. Il n'y a donc rien d'étonnant que les grandes profondeurs de la mer, contre la côte Ouest de la Messénie, ne soient dues en partie aux dernières dislocations N.-S. que nous venons de constater, et cela expliquerait l'importance des séismes actuels, le long de cette côte, où l'écorce terrestre n'aurait pas encore atteint sa position d'équilibre. M. Philippson d'ailleurs (*Peloponnèse* 353) donne, au Nord de H. Nikolaos, la direction presque méridienne pour les couches, avec inclinaison de 50° à l'Est.

L'effondrement qui a séparé Égine de l'Argolide aurait

eu lieu aussi suivant la direction N.-S. M. Philippson (*Peloponnèse*, pp. 45 et 46) signale en effet, sur le promontoire Ouest de la presqu'île de Methana, la direction des couches N.-S. avec inclinaison à l'Est et signale la même direction sur la côte de l'Argolide qui fait face.

Je ne crois pas inutile de rappeler ici ce que j'ai dit dans mon ouvrage, concernant la direction des sources sulfurées et carbonatées (p. 149). Elles sont aussi généralement situées sur des lignes de fracture E.-O. et N.-S. Rien d'étonnant, en effet, que les fractures récentes qui ont atteint toute la Grèce suivant ces directions, d'après ce que nous venons de voir, à une époque si rapprochée de nous, continuent à émettre encore aujourd'hui des sources thermales, dernier écho de ces phénomènes tectoniques considérables.

VII. — Rapidité de la régression post-glaciaire.

Nous sommes conduit cependant à admettre que les grandes dislocations terrestres ont dit leur dernier mot, à notre époque, puisque la régression de la mer a cessé.

Nous avons constaté avec quelle rapidité ce mouvement de régression a lieu. Nous avons rappelé, en effet, dans notre ouvrage (pp. 11 et 124), que le recul des glaciers date au maximum de 10,000 ans, d'après les calculs des géologues américains, et c'est depuis cette époque que la mer est descendue de 200 mètres environ. Comme d'ailleurs depuis 4000 ans environ, nous avons un mouvement de transgression, le mouvement de régression sur 200 mètres a duré au plus 6000 ans.

La durée de la formation de la tourbe dans la plaine maritime en Belgique, au-dessus des dépôts de la mer Flandrienne, semble venir confirmer les calculs des géologues américains. On sait que la mer Flandrienne a charrié des blocs erratiques, ce qui permet de la considérer comme contemporaine de la débâcle des glaciers. Or, les

géologues belges attribuent 6000 ans à la durée de la formation de la tourbe qui a occupé le lit de la mer Flandrienne, et depuis que cette couche de tourbe s'est formée il s'est encore écoulé 2300 ans (de Lapparent, *Géologie* 572). Le retrait de la mer Flandrienne date donc de 8300 ans. Il faut, à ce chiffre, ajouter le temps que la mer Flandrienne a séjourné en Belgique, temps qui nous est inconnu, il est vrai, mais qui, à en juger par l'épaisseur peu considérable des dépôts, ne saurait être bien grand, si l'on tient compte de ce qu'il s'agit ici d'une mer littorale où les apports devaient être considérables.

La régression eut lieu par saccades. Il n'en faut d'autre preuve que l'enfouissement de nombreux mam-mouths et autres pachydermes dans les glaces de la Sibérie et de la presqu'île d'Alaska. Lorsque ces animaux vivaient dans ces régions, la mer occupait toute la partie basse des fleuves, comme la présence de *Mya truncata* à 200 pieds au-dessus du fleuve Taïmyr le prouve (Suess, *La face de la terre*, Traduction française, t. II, p. 772). Les courants équatoriaux arrivaient librement le long des côtes de la Sibérie et de la presqu'île d'Alaska; ils entretenaient dans ces régions une température douce et humide favorable à l'existence de ces animaux. Le niveau de la mer baisse subitement à 24 mètres; les courants chauds ne peuvent plus atteindre les côtes ci-dessus, les frimas surprennent brusquement les animaux et les enterrent dans la neige et la glace, où nous les retrouvons aujourd'hui avec leur chair et leurs poils. Que cela soit une preuve, non seulement du changement brusque de température, mais aussi du fait déjà démontré que l'époque où la mer se trouvait à ces niveaux élevés n'est pas loin de nous!

J'ai dit que la mer s'était de nouveau arrêtée à 24 mètres: on trouve, en effet, les terrasses d'abrasion de cette mer sur les glaces qui recouvrent la presqu'île

d'Alaska à cette hauteur (Suess, ouvrage déjà cité, t. II, p. 775). Il a donc suffi que la mer fût descendue à cette hauteur pour que le climat changeât brusquement et qu'une calotte de glace recouvrit ces régions.

VIII. — Lenteur du mouvement de transgression. — Conclusions.

Mais si le mouvement de régression a été rapide et capricieux, le mouvement de transgression qui l'a suivi est lent et paraît assez régulier. La mer, depuis 4000 ans, est montée de 3^m80 approximativement. Jusques à quand continuera ce mouvement ?

Nous l'ignorons, mais nous pouvons chercher la durée de la dernière transgression marine, avant la transgression actuelle, qui répond au deuxième étage Méditerranéen de Suess. Les données des géologues de l'Expédition scientifique de Morée (*Géologie*, pp. 346 et 347), et ceux de M. Philippson (*Péloponnèse*, p. 367) nous apprennent que sur la côte occidentale du Péloponnèse, dans la région de Philiatra, au Nord de Modon, se trouvent des terrasses d'abrasion sur le flysch éocène et le calcaire également éocène, dit de Pylos. Ces terrasses commencent contre la chaîne abrupte de Kyparissia. Elles s'étendent sur 6 kilomètres sur le flysch, en s'inclinant de 500 à 300 mètres vers l'Ouest, à la suite de dislocations considérables qui eurent lieu à la fin de l'époque miocène, comme il en sera question plus loin ; elles furent alors recouvertes de pliocène inférieur, dont elles portent encore des lambeaux. Elles continuent sur le calcaire de Pylos, sur 2 à 3 kilomètres d'après M. Philippson, puis vient un rejet. Au-delà du rejet, la surface est recouverte par le pliocène inférieur, et l'on ne peut plus suivre la terrasse sur le calcaire de Pylos : il est cependant très probable que la terrasse aussi a été rejetée et s'étendrait ainsi sur cinq kilomètres sur le calcaire de Pylos.

Ces terrasses ont précédé le pliocène inférieur qui les a recouvertes : elles doivent donc être l'œuvre de la transgression du deuxième étage méditerranéen.

Dans une Conférence que j'ai faite cette année à Athènes, dans les salles de la Société du Parnasse, je m'étais cru autorisé à comparer les surfaces d'abrasion de cette époque ancienne sur les 6 kilomètres de flysch, aux surfaces d'abrasion de l'époque actuelle, sur le flysch également éocène de Modon ; car la carte de l'amirauté sur les plages de Modon n'était pas parvenue à ma connaissance.

De cette comparaison, j'avais conclu que les terrasses de Philiatra avaient exigé au moins 160,000 ans pour se former.

L'inspection de la carte (fig. 2) montre clairement que les surfaces d'abrasion du flysch, au S.-E. de Modon, ne sont pas dues au flot, mais bien au courant qui existe entre l'île Sapienza et le continent ; car elles se retrouvent aussi sur l'île. Je dois donc renoncer à la comparaison des surfaces d'abrasion sur le flysch.

Mais nous avons au contraire observé plus haut, qu'à l'Ouest de Modon, le courant n'a plus aucune prise, si l'on en juge par la direction marquée sur la carte, et qu'à cet endroit nous avons une surface d'abrasion, sur le calcaire de Pylos, limitée à la profondeur de 3 brasses à un escarpement vertical. Cet escarpement est éloigné du rivage de 60 mètres. C'est l'étendue sur laquelle le flot seul a pu agir pendant 4000 ans, qui se sont écoulés depuis la plus grande régression et l'affaissement de la presqu'île de Messénie. Proportionnellement les 2 kilomètres de terrasse d'abrasion, sur le calcaire de Pylos de Philiatra, ont dû exiger 130,000 à 140,000 ans, et nous ne tenons compte ici que de la terrasse d'abrasion visible ; il faut de plus y ajouter le temps employé à former la terrasse de 6 kilomètres de flysch. Il paraît donc juste d'admettre que la transgression du deuxième étage médi-

terranéen a duré plusieurs centaines de mille ans et il n'y a aucune raison de supposer que la nouvelle transgression durera moins, bien au contraire. En effet, elle continuera jusqu'à ce que de nouveaux effondrements l'interrompent. Or plus l'écorce de la terre s'accroît en épaisseur par la solidification de nouveaux produits ignés, plus elle devient compacte. C'est même là qu'il faut chercher la raison pour laquelle le dernier plissement pliocène du Ténare n'offre pas le spectacle de plis renversés et empilés les uns sur les autres, comme cela est arrivé pour les plissements antérieurs, mais qu'il se présente comme une série de bombements à grand rayon de courbure. C'est ce qui arrivera sans doute encore à l'avenir. Tandis que la mer s'élève, l'écorce terrestre présentera de nouveau des bombements. Peut-être même ces bombements ont-ils déjà commencé à se former, si nous admettons, avec quelques géologues, qu'il y a des preuves certaines de mouvements de l'écorce terrestre; si surtout nous admettons comme exacts les chiffres que l'on donne sur la valeur de la sédimentation marine, à laquelle on est assez disposé à attribuer la cause de la transgression. Ces nombres sont si petits qu'ils ne suffiraient pas pour amener un mouvement positif des rivages de 4 centimètres par mille ans. Si donc ces chiffres répondent même approximativement à la réalité, ils sont bien loin d'expliquer la transgression de 3 mètres en 2500 ans, et il nous faudra alors admettre que la transgression est due spécialement au bombement du fond de la mer.

Il est vraiment curieux que cette explication de l'élévation de la mer, n'avait pas non plus échappé aux anciens : car Strabon (Livre I, 51) reproche à Straton d'attribuer l'élévation de la mer, non à la surrection du fond de celle-ci en un point quelconque, ce qui serait juste d'après lui, mais à la surrection du fond dans la région même où est constatée l'élévation du niveau marin. Or, je

crois que les deux géographes avaient raison, mais ne s'entendaient pas. Strabon parle de mers ouvertes, communiquant librement entre elles, et Straton semble vouloir parler de mers isolées, avec cuvettes complètement indépendantes.

Ainsi donc, peut-être l'écorce terrestre se bombe-t-elle déjà : si ce mouvement n'est pas encore sensible, il le sera dans un avenir plus ou moins éloigné. C'est à lui qu'il faut attribuer probablement les dislocations et les tremblements de terre auxquels nous assistons de nos jours, grâce à la pression qu'il exerce sur les voussoirs encore mal assis de l'écorce terrestre à la suite des derniers effondrements.

C'est probablement encore le nouveau bombement qui, agissant sur les laves englobées dans les vides de l'écorce solide qui se sont produits dans les dernières grandes convulsions du globe, les exprime à la suite de la contraction produite par le refoulement latéral ; ces laves sont d'ailleurs acides, si elles n'ont pas eu le temps d'emprunter des éléments basiques aux parois solides qui les englobent ; elles sont basiques, dans le cas contraire.

A mesure que la croûte solide se bombe sous l'effort des refoulements latéraux, il se forme un vide au-dessous de la partie bombée. Les pressions latérales augmentant, il se pourra que le nouveau bombement se rompe à la clef, comme cela est arrivé pour le bombement du Ténare. Les flancs s'écrouleront dans le vide qui se trouve au-dessous ; la lave jaillira par les lignes de fracture sous le poids des massifs effondrés ou plutôt sous l'influence des gaz confinés dans les vides et les phénomènes de régression se reproduiront.

Mais ces phénomènes ne pourront employer moins de temps pour se produire que dans le passé.

A la suite des plissements alpins et des effondrements qui les ont suivis, entre le premier et le deuxième étage

méditerranéen, nous avons eu la transgression du deuxième étage, dont nous avons pu apprécier plus haut la longue durée par les terrasses du Philiatra.

Cette transgression, à Philiatra, prend fin avec le début du pliocène inférieur qui se dépose sur les terrasses, à la suite d'affaissements considérables qui les inclinent au point que, sur six kilomètres, le niveau descend de 500 à 300 mètres. Du moins c'est la conclusion à laquelle nous devons arriver, si nous admettons, avec Philippson, que le néogène du Péloponnèse ne remonte pas plus haut que le pliocène inférieur. Ainsi donc la transgression, à Philiatra, aurait continué, non seulement pendant le deuxième étage méditerranéen de Suess, mais aussi pendant l'étage sarmatique. Ceci nous oblige à revenir sur ce que nous avons dit dans notre ouvrage (p. 66), concernant les effondrements et dépôts miocènes et à reconnaître deux périodes d'effondrements : l'une qui a précédé le deuxième étage méditerranéen et qui correspond aux effondrements où l'on trouve les dépôts les plus anciens, tels que ceux de Trachones-Chasani, Charvati, Marcopoulos, Phalère, Pirée dans l'Attique, Mégare, Atalanti, Kymi et Corinthe en dehors de l'Attique, dépôts que Lepsius (*Géologie de l'Attique*, p. 36) considère comme miocènes, et une deuxième période entre l'époque sarmatique et l'époque pontique. Les effondrements en Grèce qui correspondent à cette dernière époque, sont les effondrements du golfe de Corinthe, de la vallée de l'Alphée, des côtes occidentales du Péloponnèse, du golfe et de la vallée de la Laconie, avec la vallée de Mégalopolis, du golfe Argolique, enfin les effondrements d'Étolie et d'Akarnanie. Ces effondrements forment des fosses longitudinales, dans lesquelles se sont déposées les couches du pliocène inférieur, marines, lacustres ou saumâtres.

Ces derniers effondrements ne se sont sans doute pas localisés en Grèce. Suess (ouvrage déjà cité, I, pp. 410 et

430) parle d'effondrements à la même époque au nord du golfe de Gênes et à la pointe sud de l'Italie; il y aurait à examiner si ce que l'on considère comme vallées d'érosion pontiques à Vienne et dans la vallée du Rhône, ne seraient pas des effondrements dans lesquels se sont déposées les couches pontiques. Cela expliquerait pourquoi, dans la vallée de la Durance, à Forcalquier (de Lapparent, *Géologie*, p. 1540), les cailloutis qui succèdent aux limons rouges du Pontien, sont en grande partie anguleux, calcaires et peu riches en roches alpines. Ils se sont formés sans doute sur place, aux dépens des roches les plus voisines dont les débris s'entassaient dans une fosse produite par effondrement. Mais dans ces régions, à la suite des mouvements tectoniques dont les effondrements mêmes durent être les conséquences, les surfaces restèrent émergées et les fosses furent comblées par les alluvions qui entraînent avec elles les débris de la riche faune de cette époque. A Philiatra au contraire, la mer continua à occuper les terrasses affaissées, sur lesquelles se déposèrent les couches du pliocène inférieur, dont la partie la plus ancienne doit répondre ainsi à l'époque pontique, et il y aurait grand intérêt à ce que des paléontologues habiles étudiassent tout spécialement cette faune; car jusqu'à présent on ignore la faune marine qui correspond exactement à la faune pontique saumâtre, si cette faune spéciale a jamais existé.

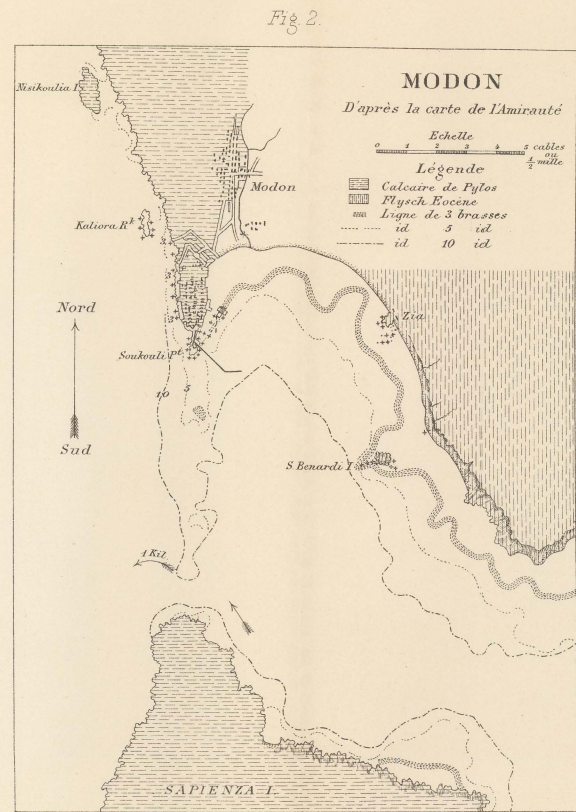
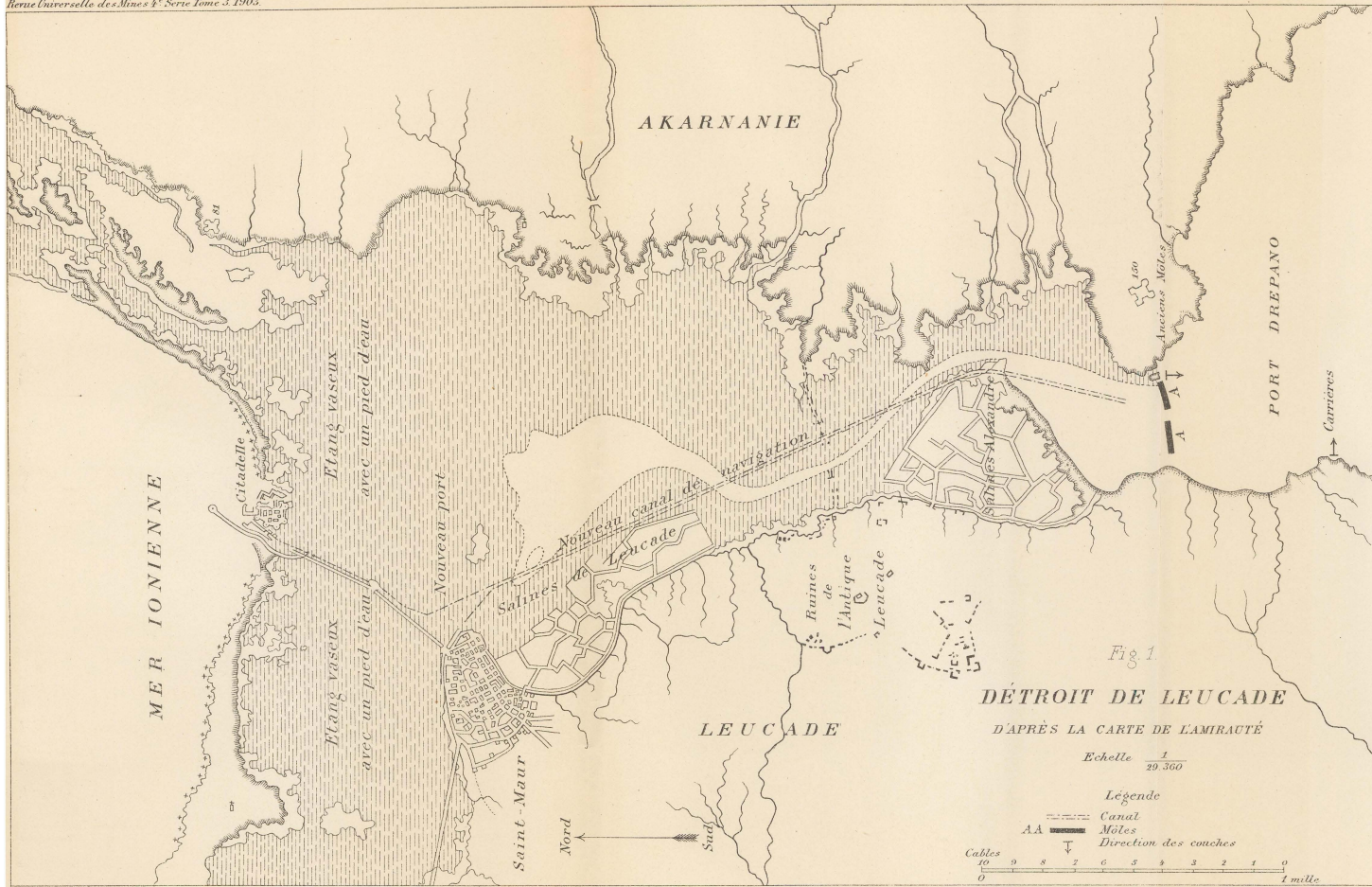
A la suite de ces effondrements et de ces mouvements tectoniques qui ont mis fin à la transgression du deuxième étage méditerranéen, nous assistons, pendant le pliocène et une grande partie du pleistocène, au bombement du Ténare, sur lequel nous nous sommes étendu longuement dans notre ouvrage et qui a amené l'époque glaciaire, par la surrection de l'écorce terrestre qu'il a produite, en Europe, en Afrique et dans les deux Amériques. La mer pendant cette époque est confinée dans des cuvettes

séparées, ce qui ne lui permet pas de suivre un mouvement de transgression unique. C'est ainsi que dans l'Océan Glacial Arctique, océan complètement fermé, avant l'effondrement du continent qui reliait l'Europe à l'Amérique du Nord, on trouve la mer à 550 ou 600 mètres de hauteur, tandis que dans la Méditerranée, avant sa communication avec l'Océan Atlantique, pendant le pliocène, le niveau ne paraît pas avoir dépassé 350 mètres et est descendu au-dessous de ce chiffre après la communication, comme je l'ai exposé dans mon ouvrage (p. 109).

A la fin du pléistocène, les grands effondrements établirent de nouveau une communication libre des mers entre elles, qui se trouvent alors au niveau de 200 mètres ou à peu près, et la régression post-glaciaire se manifeste dans toute son ampleur et toute sa netteté, jusqu'à ce que les effondrements cessent.

Le temps exigé par ce bombement du Ténare, jusqu'aux effondrements qui en sont la limite extrême, comprend sans doute plusieurs centaines de mille ans encore, si nous considérons comme exactes les évaluations qui accordent plus de 200.000 ans aux seuls temps quaternaires : car à cette dernière période, il faut ajouter tous les temps pliocènes.

C'est donc par centaines de mille ans qu'il faut encore compter le temps que durera la transgression actuelle et le nouveau bombement qui en est probablement la cause et qui échappe encore à nos investigations, avant que de nouveaux effondrements interviennent, à la suite de la rupture de ce bombement.



RÉGRESSION ET TRANSGRESSION DE LA MER

depuis l'Époque glaciaire jusqu'à nos jours

Note complémentaire (1)

PAR

Ph. NEGRIS,

Ingénieur, ancien ministre des finances, à Athènes.

Dans mon étude sur la régression et la transgression de la mer depuis l'époque glaciaire jusqu'à nos jours, j'ai rappelé que les grottes littorales du cap Grosso, sur la presqu'île du Ténare à l'Ouest (les Θυρίδες des Anciens, Strabon 335, 360, 362), ont servi d'argument principal aux défenseurs de la stabilité du niveau de la mer depuis les temps historiques. J'ai fait voir, en même temps, que les renseignements que nous possédions à l'égard de ces grottes étaient insuffisants. Il était important de combler cette lacune de nos connaissances et je tentai tout récemment l'exploration des rivages du cap Grosso. Il était surtout important de vérifier s'il existe une surface d'abrasion au devant de la falaise, et dans ce cas à quelle profondeur commence cette surface.

Malheureusement le flot qui venait se briser contre la paroi verticale de marbre, formant la falaise de 200 mètres de hauteur (*Expédition Scientifique de Morée, Géologie*, p. 339), ne me permit pas d'approcher et je dus renoncer à sonder les abords des grottes.

(1) *Revue universelle des mines*, 4^e série, t. III.

Heureusement les observations que j'ai faites, à distance, du haut du pont du bateau à vapeur, sont de nature à rendre inutile l'exploration de la surface d'abrasion. En effet le marbre, dont est formée la falaise abrupte, est traversé par des fentes verticales N.-N.-O., observées aussi par M. Philippson (*Le Péloponnèse*, p. 227). Le long de ces fentes, il se produit des effondrements considérables. J'ai pu voir les débris d'un pareil effondrement, non encore balayés par la mer et gisant au pied de la falaise. D'autres parties de la falaise paraissaient destinées à s'écrouler aussi dans un avenir plus ou moins rapproché.

D'autre part l'inspection de la carte de l'Amirauté (*Venetico to Cape Malea* n° 1685) présente, à quelque distance de la falaise (avant les profondeurs considérables qui se trouvent un peu plus loin), des fonds de 9, 13 et 14 toises seulement. Ce fait est complètement en désaccord avec la verticalité de la falaise. On ne peut l'expliquer qu'en admettant un écroulement en bloc jusqu'à ces profondeurs : peut-être même en ces points un système de fentes transversales aurait permis à la roche de se détacher ; nous avons vu plus haut que latéralement l'adhérence doit être très faible à cause des fentes N.-N.-O.

Dans ces circonstances, il ne peut être question de grottes littorales, existant depuis des milliers d'années : les grottes plus anciennes s'écroulent sans cesse et de nouvelles ne tardent pas à se former. Les grottes actuelles ne répondent déjà plus à la description de l'Expédition scientifique de Morée, et probablement il eut été malaisé aujourd'hui de pénétrer en barque dans l'une d'elles, comme l'ont fait, il y a soixante-dix ans, les géologues de l'Expédition scientifique.

Les grottes du cap Grosso ne peuvent donc servir de preuve à la stabilité du niveau de la mer.

Les considérations ci-dessus me permettront aussi de lever les doutes qui pourraient, peut-être, être suggérés par la description de phénomènes du même genre, dans le travail remarquable de M. de Bukowski sur l'île de Rhodes (*Geologische Uebersichtskarte der Insel Rhodus. Jahrbuch des K. K. Geolog. Reichsanstalt*, 1899, p. 661). Ici nous voyons, entre autres phénomènes d'érosion, un sillon creusé par la mer dans les roches calcaires crétacées-éocènes, entre deux lèvres parallèles, sur une profondeur horizontale de 1 mètre et sur une largeur de $\frac{1}{3}$ mètre. Il est certain que si cette rainure datait de plusieurs milliers d'années, on aurait là un argument puissant en faveur de la stabilité du niveau de la mer. Mais il est bien plus facile d'admettre que la roche, de temps à autre, et à des intervalles probablement pas très considérables, se détache par blocs puissants, emportant le sillon avec eux, plutôt que de supposer que la même roche a affronté les attaques du flot pendant des milliers d'années, sans que la mer ait produit d'autre phénomène qu'une rainure de 1 et même 2 mètres. Ce résultat ne serait pas en rapport avec les surfaces d'abrasion des côtes de la Messénie.

Il est probable que ces surfaces d'abrasion sont formées par la lèvre inférieure de la rainure, qui a résisté à l'ébranlement en masse de la roche, tandis qu'à Rhodes des circonstances différentes amèneraient l'écroulement des deux lèvres et la destruction des surfaces d'abrasion en préparation.