

# Une récente synthèse des géophysiciens océanographes fondée sur l'expansion des fonds océaniques et la dérive des continents

par Léon MORET

Les explorations océanographiques effectuées depuis près de cinquante ans, mais surtout accélérées ces dernières années par des équipes de chercheurs remarquablement outillés, ont mis en lumière une moisson de découvertes sensationnelles sur la géographie sismique et la bathymétrie des océans, les anomalies magnétiques dans leurs rapports avec les fameuses dorsales océaniques et leurs fractures, enfin sur le flux de chaleur qui traverse les fonds océaniques et les théories convectives.

Ces découvertes ont permis aux spécialistes de proposer une nouvelle théorie qui constitue un apport de première importance quant à la structure de notre planète et spécialement sur la réalité de la dérive des continents, proposée peu avant la guerre de 1914 par le grand géophysicien allemand WEGENER, tout en envahissant les disciplines voisines, notamment la Géologie. C'est à ce titre qu'il est devenu utile d'en exposer les traits essentiels, pour permettre au lecteur de constater le chemin parcouru depuis la décennie écoulée, ce qui montrera que la solution des problèmes de la dynamique de notre planète semble avoir passé victorieusement de la surface des continents vers les profondeurs marines<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> V. LÉON MORET, Les idées nouvelles sur l'origine des chaînes de montagnes (*Trav. du Laboratoire de Géologie de l'Université de Grenoble*, t. 28, 1950), où l'on utilise surtout les travaux de WEGENER, VENING MEINESZ, BULLARD, HOLMES, KRAUS, J. ROTHÉ, DALY, etc., tous antérieurs aux idées récentes.

Tous les géologues ne peuvent que s'en réjouir puisque cette nouvelle façon pluridisciplinaire d'envisager l'évolution des connaissances sur la structure des océans et des continents vient enrichir un des chapitres les plus passionnants de leur science, celui de la tectonique. Il faut reconnaître que ces recherches, dues pour une grande part à des savants de langue anglaise, permettent même de faire des prédictions sur l'avenir de la terre, prédictions dont certaines seraient, paraît-il, déjà accomplies et vérifiées.

Précisons que le point de départ de ce bouleversement de nos connaissances en la matière fut la découverte de la grande dorsale atlantique, rencontrée lors de la pose des premiers câbles télégraphiques, cela il y a plus d'un siècle. Mais, l'allure réelle et le rôle de cette grande chaîne qui partage en deux cet océan sur toute sa longueur et en épousant les courbures continentales, ne fut établie que plus tardivement, et grâce à d'ingénieuses suggestions d'une jeune cartographe américaine, Mary THARP, qui remarqua que la ligne des séismes constatés dans ces zones semblait coïncider avec le fossé qui accidente la plus grande partie de l'axe de cette chaîne dont, par la suite, le professeur Jean ROTHÉ de Strasbourg montra

---

Pour ces dernières, nous avons utilisé l'ouvrage de J. COULOMB, *L'expansion des fonds océaniques et la dérive des continents* (Presses Universitaires de France, 1969), et surtout les travaux synthétiques de l'océanographe français X. LE PICHON.

la grande extension géographique car, contournant le Sud de l'Afrique, elle semblait se diriger vers l'Océan Indien et même la Mer Rouge.

Dès lors, la généralisation de ces observations par les océanographes américains Bruce HÆZEN et Maurice EWING devaient être confirmées par les croisières océanographiques qui se multiplièrent et furent accompagnées d'une suite ininterrompue de découvertes destinées à étayer la nouvelle synthèse dont il est ici question.

### Les dorsales océaniques, clef de cette synthèse.

La plus remarquable est celle de l'Atlantique, la première mise en évidence et qui, comme nous l'avons dit, partage en deux parties presque égales cet océan, tout en suivant les vastes sinuosités des bordures continentales, dont la disposition, en emboîtement possible par rapprochement, avait été à l'origine de la théorie de Wegener.

Sa longueur est de 16 000 km et sa largeur moyenne de 1 000 km. Sa crête, qui se dresse en profondeur entre 2 ou 3 km au-dessous de la surface liquide, présente sur presque toute sa longueur un fossé (le *rift* des Américains), d'une trentaine de kilomètres de large, profond de 2 kilomètres et dû à une grande faille d'effondrement. On sait maintenant que ce fossé est le lieu d'une intense activité volcanique et de tremblements de terre.

Si l'on a pu suivre cette dorsale médio-atlantique vers l'Est où elle atteint même l'Océan Indien et le Pacifique après avoir contourné l'Afrique, en revanche, vers le Nord, elle peut être suivie jusqu'en Islande, cette île célèbre par son activité volcanique récente, et même bien au-delà, vers les rivages nord de la Sibérie. Plus bas, le long de son trajet, elle pousse un embranchement qui, parti des Açores, se dirige vers Gibraltar et les zones volcaniques de la Méditerranée et de l'Est.

Quant à la dorsale du Pacifique, si son trajet a été bien établi, sa morphologie, surtout dans la partie médiane de l'Océan (Pacifique sud), est encore mal connue, et surtout la vallée axiale n'y est pas toujours présente, bien qu'il existe cependant quelques volcans isolés.

Une autre particularité intéressante de ces dorsales, c'est que toutes sont hachées de fractures

transversales qui ont pu être décelées grâce à leurs anomalies magnétiques par le magnétomètre à protons, ainsi que leurs directions. Elles sont plus ou moins importantes et abondantes suivant les tronçons envisagés et déterminent des déviations par coulissages. L'interprétation de certaines de ces failles, lorsqu'elles recoupent les dorsales dans leurs parties arquées, ont pu conduire J. T. WILSON à sa notion de « failles déformantes » (d'un arc en dorsale) qui s'est montrée des plus fécondes dans ses applications.

### L'expansion océanique et la dérive des continents.

C'est surtout dans ce problème que le rôle des dorsales va se montrer de première importance. Nous nous attacherons spécialement ici à la grande dorsale médio-Atlantique, la plus caractéristique et maintenant la mieux connue. Il faut se garder de la comparer à une chaîne montagneuse, du type des Alpes par exemple, laquelle résulte de mouvements de compression générateurs des plissements, car notre dorsale est due à un véritable soulèvement causé plutôt par une extension (il est curieux de constater que l'on rejoint ici la vieille thèse destinée à expliquer la formation des montagnes d'ailleurs abandonnée depuis longtemps).

Or, ce soulèvement se manifeste dans la dorsale atlantique par l'énorme afflux de laves basaltiques issu du manteau (sima de Suess) qui jaillit de la fracture, origine de la vallée axiale qui accidente toute sa longueur et s'élève progressivement à la cadence annuelle mesurée de deux centimètres<sup>2</sup>. Le phénomène s'accompagne d'un écartement progressif des lèvres de cette profonde vallée<sup>3</sup> ainsi que de l'étalement de part et d'autre, tant vers l'Est que vers l'Ouest, d'un manteau lavique de plus en plus récent qui repousse les accumulations de matériaux plus anciens. Ce qui implique tout d'abord que les fonds océaniques ne sont plus

<sup>2</sup> La vitesse de formation de cette croûte basaltique peut être, en effet, mesurée par les géophysiciens car, au moment où se consolide la lave, elle conserve l'empreinte du champ magnétique terrestre.

<sup>3</sup> Dont d'impressionnantes photographies ont pu être prises au cours des expéditions sous marines du commandant COUSTEAU.

ce que l'on pensait naguère et deviennent relativement jeunes. Mais il faut aussi remarquer que l'âge de cette croûte s'accroît au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'axe de la dorsale, et que la sédimentation normale s'accumule dans la même direction, devenant ainsi de plus en plus épaisse en atteignant les bordures continentales

sur lesquelles elles sont refoulées, constituant ainsi ce que l'on a pu comparer à un véritable tapis roulant susceptible d'entraîner avec lui les socles continentaux (fig. 1).

Le mouvement se faisant de part et d'autre de l'axe de la dorsale, il en résulte une véritable expansion des océans, faible, bien sûr, mais réelle et

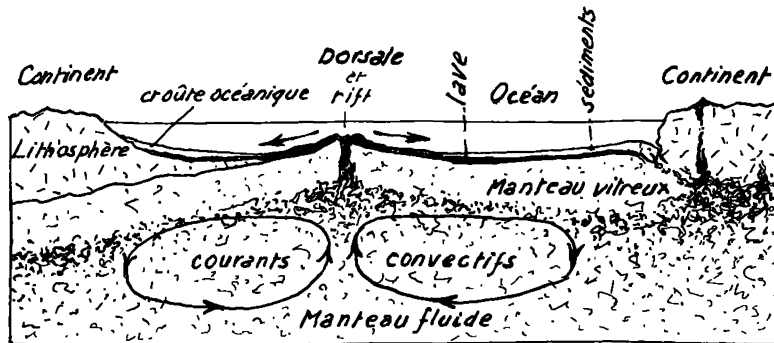


Fig. 1. — Schéma destiné à expliquer l'expansion des fonds océaniques à partir d'une dorsale active, ainsi que leur refoulement par l'afflux des laves issues du rift de part et d'autre de cette dorsale, refoulement qui se traduit sur les continents grâce aux courants de convection (hypothétiques) du manteau profond.

continue, de sorte que l'on peut dire que l'Europe et l'Amérique s'éloignent progressivement l'une de l'autre. S'il existe des zones de refoulement des marges continentales, par contre, dans d'autres, et notamment dans la région des fosses du Japon et sur la lisière ouest de l'Amérique et de l'Alaska, la croûte océanique vient s'engloutir en profondeur et à la vitesse calculée de dix centimètres par an, sous la lithosphère, et où elle est en quelque sorte digérée par le manteau, compensant ainsi la surface jeune créée le long de la dorsale, mais s'accompagnant souvent de terribles tremblements de terre, surtout sur la côte sud-ouest de l'Alaska et de la Californie.

Rappelons que, dans la théorie de Wegener, les continents (lithosphère, sial de Suess) étaient considérés comme d'énormes radeaux souples flottant et se mouvant sur un fond océanique visqueux mais immobile (manteau, sima de Suess), grâce à la rotation de la terre. Seule l'étude appro-

fondie de la croûte océanique par carottage et mesure des anomalies magnétiques et sismiques a permis d'apporter des arguments nouveaux et décisifs en faveur de la dérive des continents, mais différents de ceux fournis par WEGENER.

Une conséquence de ces recherches a amené MORGAN à considérer les continents comme des plaques sphériques, rigides et indéformables, formées de lithosphère surtout, mais également de la partie superficielle, plus rigide, du manteau et dont l'épaisseur moyenne pourrait atteindre cinquante kilomètres. On a pu constater que certaines de ces plaques peuvent même renfermer des surfaces océaniques.

La surface entière de la terre a donc été ramenée à un ensemble de plaques, et le modèle le plus commode adopté pour le calcul par LE PICHON en comprend six : Eurasie, Indienne, Pacifique, Amérique, Afrique, Antarctique, limitées par des lignes sismiques pouvant être celles des

dorsales (fig. 2). On comprend que celles-ci puissent être expliquées par leurs mouvements respectifs, puisqu'elles se trouvent dans les zones où ces grandes plaques s'affrontent et dont les grands mouvements d'ensemble n'ont pu être expliqués qu'en faisant appel aux courants de convection du manteau fluide. On peut admettre en effet que l'expansion océanique superficielle souligne l'exis-

tence profonde d'un couple de rouleaux convectifs, plus ou moins symétriques par rapport à l'axe des dorsales, plus larges que hauts et ascendants le long de cet axe. De plus, les poussées provenant en surface de cet axe peuvent aussi aider à déplacer, sans trop les déformer, ces masses, lors des émissions de laves qui peuvent ainsi contribuer à augmenter leurs surfaces (fig. 1).

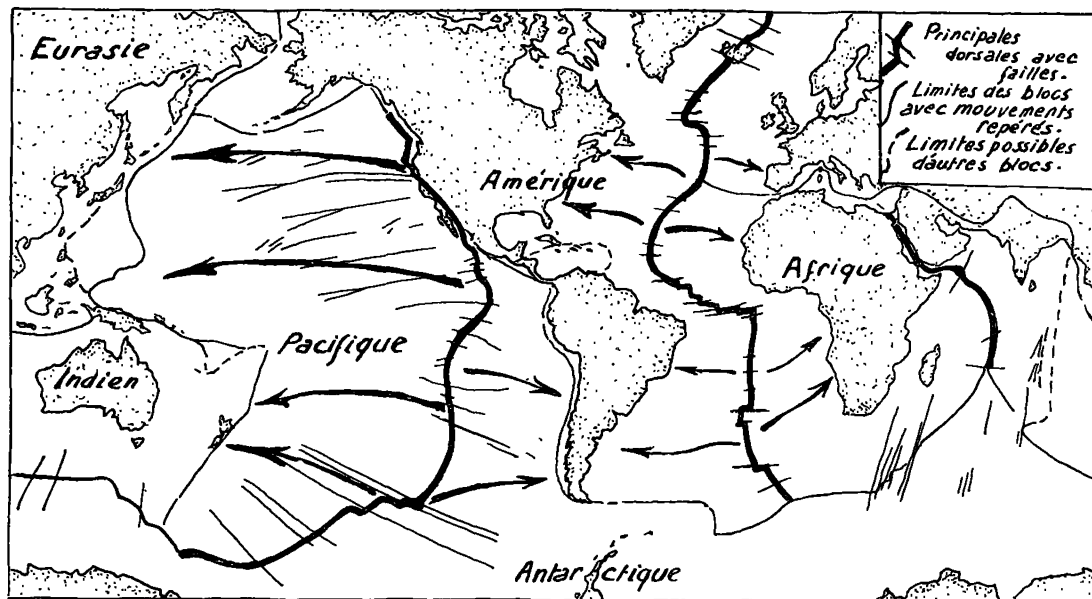


Fig. 2. — L'organisation en grands blocs (les plaques de Morgan) de la surface de la terre.  
Les flèches figurées à partir de l'axe des grandes dorsales indiquent le sens de l'expansion des fonds océaniques (d'après LE PICHON, légèrement modifié).

L'hypothèse de ces plaques indéformables a permis de remonter loin dans le passé géologique pour expliquer la répartition des océans et des continents au cours des âges, au moins depuis le Crétacé inférieur, puisque c'est le terrain le plus ancien daté qui ait pu être recueilli par carottage ou dragage.

#### **Autres conséquences, les plissements montagneux.**

L'étude approfondie de ce système de plaques, de leur situation et de leurs mouvements res-

pectifs, amène à penser au rôle qu'elles ont pu jouer dans la tectonique terrestre, et cela tout en éliminant l'intervention éventuelle des dorsales océaniques puisque les grandes zones de plissements connues leurs sont toujours antérieures et qu'elles-mêmes résultent sûrement de la position respective de ces zones.

Les mouvements de ces immenses plaques et leurs affrontements seraient, dans cette nouvelle théorie, à l'origine des grandes périodes de plissements qui ont affecté notre planète et dont la chronologie a été depuis longtemps établie par les géologues. Dès maintenant, nous assistons encore à la mise en marche de tels phénomènes vieux de

plusieurs millions d'années. C'est ainsi que la ceinture de feu du Pacifique avec ses volcans, ses séismes, ses naissances d'îlots et ses grandes fosses (arcs insulaires) correspondraient, d'après VENING-MEINESZ, à une zone de plissements en gestation<sup>4</sup>. Il devient alors vraisemblable que la chaîne alpine soit due à la rencontre de deux plaques qui ne seraient autre que l'Eurasie et l'Afrique s'affrontant pour rétrécir la Thétys, solution qui avait été proposée naguère par le tectonicien Emile ARGAND.

A son tour, la chaîne himalayenne aurait, dans des conditions analogues, surgi de la rencontre du bloc indien avec le bloc eurasiatique. D'autre part, il serait, paraît-il, possible d'après les mêmes spécialistes d'interpréter la naissance de la chaîne de l'Oural comme le résultat de la rencontre de deux anciens continents alors séparés (Sibérie et Russie), mais actuellement réunis.

Nous avons vu que les nombreuses recherches effectuées ces dernières années au cours d'expéditions océanographiques ont permis de démontrer et de chiffrer l'expansion océanique sur laquelle se fonde maintenant la dynamique terrestre, ainsi que le rôle fondamental tenu par les dorsales. La grande dorsale médio atlantique, avons-nous dit, est très sinueuse et la direction du mouvement, souligné par les nombreuses failles transversales qui l'accidentent, y est, à cause de cela, très variable. Ces failles ne sont donc pas parallèles, mais leur direction et leur convergence peuvent donner aux géophysiciens des renseignements très précis et importants sur les zones de fortes compressions.

C'est ainsi que la dernière campagne du bâtiment océanographique français « Jean-Charcot », dirigée par X. LE PICHON, a permis de vérifier par la méthode des sondages « sismique continue », pratiquée au travers de l'Atlantique, les phénomènes de mouvements de la grande dorsale ainsi que son tronçonnement par la multitude des fractures dont deux surtout, très remarquables par leur direction et leur extension, ont dû, par leur glissement, jouer un rôle capital dans la dynamique de la Méditerranée<sup>5</sup>, puisque leur compa-

raison permettra d'évaluer et de fixer l'importance des phénomènes de compression qui affectent ce bassin et, partant, son évolution future. Par ailleurs, une croisière de quelques jours au large de la côte atlantique espagnole a conduit le même savant, en collaboration avec les spécialistes d'un navire soviétique, de remarquer un certain nombre d'indices permettant de penser que le golfe de Gascogne est en passe de s'élargir.

Mais une découverte encore plus extraordinaire vient d'être faite dans l'Atlantique nord par les chercheurs du Centre océanographique de Bretagne lors d'une croisière du *Jean-Charcot*. Il s'agit de la mise en évidence au long des côtes, et à grande profondeur, d'une couche de sel continue pouvant être interprétée comme une preuve tangible de la grande fracture ayant affecté le continent euraméricain et déterminé la naissance d'un Atlantique embryonnaire étroit et peu profond pouvant être assimilé à une mer du type mer Rouge.

Cette immense fracture de la croûte ne serait que la conséquence de ce qui s'est passé en dessous, au niveau de la faille atlantique origine de la fameuse dorsale volcanique. Ainsi pourrait-on tenter d'expliquer la genèse de l'océan Atlantique et le début de la séparation Amérique-Eurafrrique qui s'est développée au cours des âges. On sait d'ailleurs que, de leur côté, les savants américains avaient déjà mis en évidence par forages dans le golfe du Mexique de nombreux dômes de sel, découverte qui corrobore l'hypothèse proposée.

### Conclusions.

Que conclure maintenant de ce branle-bas océanographique qui vient de conduire à une nouvelle synthèse géodynamique de la Terre ?

Tout d'abord, je n'irai pas jusqu'à croire, avec certains géophysiciens ou publicistes un peu trop pressés, que c'est toute la Géologie qui est remise en question ou même que le nom de Géologie pourrait être remplacé par celui de Géonomie, plus adéquat paraît-il puisqu'il soulignerait ainsi l'abandon définitif devant être fait du concept fondamental d'une planète statique, soi-disant adopté comme article de foi jusqu'ici dans les ouvrages de géologie classique. Or, comme je l'ai déjà indiqué au début de cet article, il ne peut être ici question que de tectonique, mais la Géologie n'est pas que cela, et il est un peu singulier d'être obligé d'en arriver à de telles précisions.

<sup>4</sup> Mais cette idée qui voudrait faire des arcs insulaires la clef de l'orogénèse est actuellement discutée.

<sup>5</sup> La plus intéressante de ce point de vue étant celle qui, des Açores et Gibraltar, pénètre assez loin dans cette mer puisqu'elle atteint la Turquie, et qui est d'ailleurs une ligne de séismes très caractérisée.

D'autre part, il est remarquable que toutes ces découvertes l'ont été grâce à la collaboration de différentes disciplines, surtout physiques, et que, seule, la Géologie ne pouvait conduire à la solution des problèmes posés par l'étude des fonds océaniques devenue tardivement le domaine des géophysiciens. Il faut convenir que les géologues avaient suffisamment à faire à la surface des continents. Si l'on peut dire que le mystère des océans commence à sortir enfin de l'ombre, il est juste de reconnaître que les progrès récents des sciences physiques et des diverses techniques qui en découlent en sont surtout responsables et aussi les crédits que, seules, les grandes nations pouvaient se permettre d'engager pour participer au financement de ces coûteuses expéditions océanographiques. Ce qui explique que les succès remportés tout d'abord l'aient été par des savants en général américains.

Ces succès ont été rapidement utilisés pour la nouvelle synthèse de la planète, ce qui est tout naturel, mais, heureusement pour les savants de langue française, celle-ci vient d'être remarquablement explicitée par Xavier LE PICHON (1968) et, comme jadis pour celle de WEGENER, a été accueillie avec enthousiasme par tous les géophysiciens, sinon tous les géologues, car elle aussi explique tout.

En effet, si l'on accepte l'hypothèse de MORGAN qui ramène la surface terrestre à un certain nombre de plaques mobiles et indéformables, on constate que c'est elle qui s'accorde le mieux avec les données de la séismologie, les zones tensorielles des dorsales et les zones compressives des fosses et plissements, et que c'est dans un tel domaine que l'on pense pouvoir utiliser l'histoire géologique du renouvellement des fonds océaniques et de la dérive des continents, sans doute, prévoir la naissance des futures chaînes de montagnes et finalement toute la dynamique de la Terre.

Bien des points, cependant, restent encore en suspens, en particulier celui de l'assemblage des plaques et de la date de leur séparation, mais surtout de la nature du grandiose phénomène qui est intervenu pour les séparer. Et d'ailleurs, comment étaient-elles réparties au départ par rapport aux deux hémisphères? On sait que pour WEGENER les choses étaient relativement réglées, puisque pour lui les continents actuels étaient déjà réunis dès le Carbonifère, c'est-à-dire il y a plus de deux cents millions d'années, et que c'est à partir de cette époque qu'ils auraient commencé à se séparer.

En somme, la théorie des plaques utilise les idées de WEGENER, mais en les présentant d'une manière différente, susceptible de se mieux prêter au calcul.

Il est donc indispensable, en terminant ce bref exposé, de rendre justice d'une part à ce génial géophysicien, si tôt enlevé à la science, ainsi qu'aux travaux de deux autres grands savants, VENING-MEINESZ et BULLARD, auxquels nous devons l'étude des grandes zones d'anomalies isostatiques des Indes néerlandaises et des Antilles, et dont on peut dire qu'ils ont été à l'origine des si fécondes études océanographiques modernes.

Mais la parole doit rester aux géologues pour insérer correctement dans le cadre construit expérimentalement et à grand renfort d'imagination, par géophysiciens et océanographes, les données précises d'observations concernant les importantes phases de plissements qui marquent si profondément l'histoire de notre planète et dont le déroulement, relativement rapide, semble, en quelque sorte, mobiliser les forces potentielles accumulées entre les phases d'exaspération tectonique et durant lesquelles s'organisent les paléogéographies successives de la Géologie classique.

Laboratoire de Géologie  
de la Faculté des Sciences de Grenoble  
(Institut Dolomieu)  
(Laboratoire de Géologie alpine associé au C.N.R.S.).

*Manuscrit déposé le 8 avril 1970.*