

Mouvements actuels en Méditerranée occidentale

par

L. GRINDA

Centre scientifique, Monaco (Principauté)

Les mouvements actuels de la croûte terrestre ne se manifestent que par les séismes et les éruptions volcaniques, si l'on néglige les phénomènes mineurs(1). La signification de ces séismes et volcans ne peut être établie qu'avec le concours des données géologiques les plus récentes. Ce que je vais essayer de faire pour le bassin de la Méditerranée occidentale. En ce faisant, je ne cacherai pas que je passerai par toutes les phases intermédiaires allant du sûr et certain à l'hypothétique reposant sur le vraisemblable.

Données géologiques fondamentales

Cette partie de la Méditerranée est entourée d'une longue chaîne alpine qui partant des Baléares aboutit aux Alpes occidentales en passant par le sud. Cette chaîne s'est constituée progressivement depuis le Jurassique et n'a pris sa forme actuelle qu'au Pliocène. Cette chaîne est de nature géosynclinale et dans la période post-géosynclinale dans sa quasi-totalité. Ce qui veut dire que les forces de compression au niveau du socle ont cessé de s'exercer et que la *surrection de la chaîne* est le phénomène principal dont la première conséquence est une *tectonique d'écoulement de la couverture* (2).

Ce qui est de la même importance que la surrection, c'est le phénomène inverse d'effondrement qui découpe le bassin occidental, comme à l'emporte pièce, au milieu des chaînes qui l'encadrent. Il faut noter avec AUBOUIN que cet effondrement a pu s'effectuer en des points quelconques du domaine géosynclinal et qu'il n'est aucunement la suite ni l'aboutissement des tectoniques antérieures.

Cette longue chaîne alpine périphérique est composée de chaînes élémentaires, organisées selon le couple Mio-Géosynclinal et Eugéo-Synclinal et bordant les avant-pays africain et européen. Ce sont la Cordillère bétique qui inclut probablement les Baléares, le Rif, l'Atlas tellien se prolongeant en Sicile et peut-être en Calabre, les Apennins et les Alpes occidentales.

Ces chaînes élémentaires sont elles-mêmes coupées par des failles transversales, plus ou moins obliques, à rejeu horizontal, qui décalent les divers tronçons. La figure 1 représente ces failles de décrochement que GOGUEL a identifiées, en avouant que l'on possède peu de données pour définir leur trace exacte. Il les assimile à des failles transformantes parce que le décalage des tronçons qu'elles découpent, s'il était reporté en sens inverse, assurerait la continuité de la chaîne. Si ce point de vue est justifié dans un petit nombre de cas, il ne l'est pas en général, si l'on s'en tient aux apparences. De plus, les grandes failles de décrochement intéressant le domaine méditerranéen occidental de la fig. 1 présentent une si grande diversité de directions qu'il est difficile de leur attribuer la même nature et la même destination tectonique. Enfin, il est admis unanimement que la Corse et la Sardaigne se sont détachées du continent provençal au cours de l'aire tertiaire.

(1) La télémétrie LASER ne permet pas encore de mesurer ces mouvements.

(2) Aucun séisme n'a été observé à l'intérieur du socle cristallin des Alpes Occidentales, ce qui confirme l'absence de compression.

Données de la sismologie et de la volcanologie

Les séismes ne sont intéressants pour le géophysicien que si l'on connaît la profondeur de son foyer et par conséquent sa position dans la couverture ou dans la croûte ou dans le Manteau; si l'on connaît aussi sa magnitude et le mécanisme de son foyer. Toutes ces données supposent un réseau très dense de stations, ce qui n'est pas pourtant le cas en Europe.

Le mécanisme au foyer serait précieux si sa détermination était sûre. HODGSON, grand spécialiste de cette question affirmait naguère qu'il n'avait retenu que 39 % des solutions réputées satisfaisantes.

La réception dans une station des ondes Lg qui ne passent que dans les croûtes continentales sont un moyen de distinguer les croûtes continentales et les croûtes océaniques. Une explosion au cœur du Sahara, le 1/5/1962, a permis de délimiter le domaine continental et le domaine océanique du bassin occidental tel qu'il apparaît sur la fig. 1.

Enfin, tout le monde sait ce qu'ont fourni ces techniques sismiques de réflexion, de réfraction et de réflexion continue, mais seuls les professionnels savent les difficultés de l'interprétation des enregistrements et la fiabilité des conclusions.

Un volcan actif ou non signifie toujours une fissure qui part du Manteau, ce qui est capital. Quand il correspond à un séisme intermédiaire et qu'il existe au voisinage un foyer profond et des séismes superficiels, on peut affirmer qu'il y a une surface de Bénéioff et donc plongée d'une plaque lourde sous une plaque relativement légère, ce qu'on appelle aujourd'hui la subduction. Quand un volcan éteint est de date récente, il n'est pas nécessairement lié à une subduction. Il peut être l'effet d'un volcanisme accompagnant un effondrement. C'est le cas des volcans miocène de Monaco, de Cap-d'Ail et d'Antibes et de la bordure orientale de l'Estérel.

En déduction de ces principes et de ces données, nous allons décrire les mouvements actuels, présumés ou réels, du bassin occidental, en considérant les particularités de chacune des régions qui l'entourent.

Gibraltar et Mer d'Alboran

Cette région a fait l'objet de nombreux travaux dont les conclusions sont divergentes. Les données significatives actuelles sont :

1. La forte sismicité de part et d'autre de Gibraltar, très violente à l'ouest, plus superficielle à l'est.
2. L'effondrement de la mer d'Alboran qui s'est accompagné d'un volcanisme andésitique datant du mi-Miocène et qui est peut-être une amorce de fossé océanique.
3. Les anomalies gravimétriques de Bouguer, positives dans la mer d'Alboran et négatives dans l'axe du détroit.
4. La série de failles de décrochement très profondes que GLANGEAUD & DUBOURDIEU ont découvertes du Maroc à la Tunisie et qui, dans cette région, ont la direction WSW-ENE.

De toutes ces données, il en est deux qui commandent toutes les autres.

Le foyer profond de la Sierra Nevada du 29/3/1954, $h = 640$ km, $M = 7,1$ et les forts séismes du 28/2/1969, à l'ouest de Gibraltar, de magnitude 8,3 et 6,7. Le mécanisme au foyer de ces deux derniers séismes a été étudié par LOPEZ ARROYO & UDIAS. Ils confirment les conclusions de SYKES en indiquant une pression moyenne de direction voisine du SSE-WNW, du bloc africain contre le bloc ibérique. Il faut d'autre part, signaler que ces foyers dont la profondeur est de 30 km se placent au voisinage de l'hypocentre présumé du séisme de Lisbonne du 1/11/1755, le plus violent de l'histoire (3).

A l'est de Gibraltar, des foyers sont à une profondeur inférieure à 30 km. Leur densité est grande, surtout dans la cordillère bétique et dans le Rif. Il n'est pas impossible que des foyers intermédiaires existent. Des stations espagnoles ont signalé des profondeurs de 100 km, mais les informations n'ont pas été confirmées.

Pour moi, l'hypothèse la plus plausible, qui tient compte de toutes les données rassemblées, diffère de la plupart de celles qui ont été émises. Je pense qu'il y a dans cette région une plongée du bloc africain sous le bloc ibérique, le long d'une ligne orientée WSW-ENE qui pourrait se situer, soit en bordure nord

(3) Le foyer du séisme de Lisbonne aurait une profondeur de 60 km.

du moyen atlas, soit le long de la flexure atlasique aboutissant à Agadir et qui est l'accident majeur de l'Afrique du nord, qu'il traverse d'ouest en est. Le sens des failles connues confirmerait une poussée NNW du bouclier africain.

Les foyers intermédiaires qui devraient être liés au volcanisme d'Alboran manquent présentement, mais la séismologie est une science très jeune dont les données recouvrent une durée très courte.

La bordure algéro-tunisienne

Cette région littorale est caractérisée par des chaînes géosynclinales longitudinales parallèles à la côte résultant d'un plissement ayant affecté surtout les dépôts secondaires, les terrains tertiaires ayant presque disparu par érosion. Ce plissement a produit 2 grandes rides : l'atlas tellien et l'atlas saharien, bordées au nord par l'effondrement méditerranéen ponto-pliocène et, au sud, par la flexure atlasique, accident majeur de l'A.F.N. marquant la limite du bouclier africain.

Cette zone plissée correspondrait du nord au sud à la ride mio-géosynclinale, au sillon et à la ride eugéosynclinaux.

Au nord, l'effondrement s'est accompagné, au quaternaire, d'une faible surrection, caractéristique de la flexure continentale décrite par BOURCART, tandis que certaines zones centrales manifestent une subsidence active entre ces 2 atlas (4).

Pour ce qui nous occupe actuellement, le trait marquant de cette région est que la sismicité qui a été étudiée pendant 35 ans, par M¹¹^e GRANDJEAN et qui est essentiellement superficielle traduit à la fois :

— Des glissements le long des zones anticlinales, glissements qui relèvent de la tectonique d'écoulement.

— L'activité des failles de décrochements décelées par GLANGEAUD et que l'on appelle les « Transversales de Glangeaud » qui ont été étudiées d'une façon exhaustive par DUBOURDIEU dont les notes à l'Académie des Sciences font autorité, aujourd'hui comme il y a 12 ans (5).

Ces décrochements de direction NE-SW qui couvrent toute l'A.F.N. depuis le moyen atlas jusqu'à la Tunisie, traduisent le véritable mouvement de l'Afrique du nord vers l'Europe. Ce mouvement continue. Il correspond à un gauchissement du nord de l'Afrique qui s'appuie à l'ouest sur le bloc ibérique et qui aurait tendance à pivoter (6).

Ces décrochements qui découpent en les décalant les structures superficielles (ce que la photo aérienne a permis de certifier) intéressent le bâti sous-jacent aux dépôts de l'ère secondaire. Des séismes nombreux jalonnent ces décrochements et témoignent donc de leur activité (7).

Les séismes en mer sont très nombreux, et en général, faibles. Il en est un cependant au large de Bône qui s'est produit en 1856 et qui a entraîné de gros dégâts dans la région.

Tous ces séismes sont dus soit à des glissements de la couverture, soit au jeu des transversales précitées.

Il est très probable que celui qui s'est produit près du Cap Bon, dans le détroit Sicilo-Tunisien, le 6 mai 1961, relève de la dernière de ces causes du fait du jeu d'une des transversales qui sillonnent le nord de la Tunisie. Il y a de fortes présomptions pour qu'il en soit de même des séismes inhabituels de l'ouest de la Sicile des 14, 15 et 25 janvier 1968. Les foyers de ces séismes s'alignent sur une droite de direction NNE-SSW qui sépare un massif d'une plaine subsidente à l'ouest.

Mer Tyrrhénienne

Les géologues sont en général d'accord pour admettre que la péninsule italienne a subi une rotation en sens inverse des aiguilles d'une montre, au moment de l'ouverture du bassin occidental, probablement après la dérive du bloc Corse-Sarde.

(4) Les traces de volcanisme tertiaire observées sur le littoral sont la conséquence de l'effondrement plio-quaternaire.

(5) Selon DUBOURDIEU, Tunis se serait déplacé de 350 km vers le NE depuis le Ponto-pliocène.

(6) Ce pivotement semble confirmé par les séismes d'EXTENSION que SYKES a observés, près des Açores, sur la faille de décrochement qui sépare les plaques africaine et européenne.

(7) La plupart de ces séismes ont leur foyer là, où les tronçons de plis sont décalés par le décrochement.

A l'Eocène, le massif de la Tyrrhénide s'est enfoncé complètement sous la mer et à l'Oligocène-miocène, il se produisit une surrection générale qui conduisit l'érosion à combler progressivement le géosynclinal tyrrhénien (8).

A sa phase post-géosynclinale, la chaîne de l'Apennin était constituée. Au ponto-pliocène, l'effondrement méditerranéen donna naissance à la mer Tyrrhénienne dont la partie nord peu affaissée, assure le lien entre l'Apennin et l'est de la Corse. Au centre de la mer profonde, une anomalie positive gravimétrique très forte confirme la nature océanique de la croûte, du moins dans ses environs, sinon au nord. La rotations de la péninsule italienne conduit à considérer le pivot de la rotation qui se situerait à la jonction des Alpes occidentales et l'Apennin nord, ainsi qu'un coulissement le long d'une faille de décrochement qui se placerait dans l'axe du détroit de Sicile.

Certains auteurs pensent que la Sicile aurait subi une rotation relative par rapport à la Calabre autour de Messine où les séismes ont toujours été fréquents et très violents (9).

La partie sud de la Péninsule italienne est le siège de mouvements actuels de la plus grande importance, comparables à ceux de la région de Gibraltar.

En effet, sur un arc partant de Naples et aboutissant à Palerme, les foyers superficiels sont très nombreux et spécialement sur l'arc calabrais.

Sous la mer, plusieurs foyers se placent à des profondeurs allant de 100 à 458 km. Il existe donc là une séismicité comparable à celle de l'arc des Tonga avec des foyers superficiels, intermédiaires et profonds et où les foyers intermédiaires sont en relation avec les volcans actifs du Vésuve, du Stromboli, de Vulcano et de Lipari.

Cette séismicité a fait l'objet de recherches détaillées de E. PETERSCHMITT, en 1956, de PETRESCU *et al.* en 1967. Par la suite, RITSEMA d'une part, CAPUTO, PANZA & POSTICAL d'autre part, ont interprété cette séismicité selon les principes de la tectonique de plaques.

Pour PETERSCHMITT les séismes se placent sur une surface conique dont le sommet serait au point 40° N - 12° E, à la profondeur de 700 km. Il y aurait donc là une surface de Bénioff avec une plongée semblable à celle de la fosse des Tonga dont le fossé est vaguement circulaire.

RITSEMA propose une plongée de la plaque africaine sous la plaque eurostatique sur un profil de direction WNW-ESE et selon un plan passant par le foyer profond. Cette solution serait symétrique de celle de l'ouest de l'Afrique et de l'Europe, par rapport à un axe nord-sud.

CAPUTO et ses collègues conçoivent une plongée vers le nord de l'Afrique, sous le Vésuve. En l'état actuel des données, il est difficile de choisir, encore qu'à mon point de vue la solution proposée par l'arc des Tonga me paraît acceptable pour l'arc calabrais, qui d'autre part subit actuellement un soulèvement. Cependant, à la différence des Tonga, on ne voit nullement, en Calabre, de fossé océanique.

Au nord de Naples, la séismicité des Apennins reste forte et non seulement sur les failles de décrochement figurant sur la Fig. 1. En mer elle est médiocre et diminue vers le large. Comme celle du continent, elle semble due au glissement de la couverture favorisée par l'effondrement de la mer Tyrrhénienne. Ce phénomène est très général sur le pourtour de la Méditerranée.

Golfe de Gênes - Mer Ligure - Provence et Golfe du Lion - Corse Sardaigne

Les événements géologiques qui ont marqué cette partie nord du bassin occidental sont :

1. La dérive du bloc Corse-Sardaigne qui s'est détaché du continent provençal au cours du tertiaire. Elle a peut-être commencé avant l'effondrement Ponto-Pliocène, mais ce dernier l'a sans doute accélérée. Elle n'est d'ailleurs pas terminée.

2. Le canal Liguro-Corse a été ouvert par cette dérive. Sa structure, bien connue par les travaux de FALQUIST, comporte une croûte amincée recouvrant un bombement du manteau culminant à la profondeur de 12 km (dont 2.300 m de mer).

(8) Cette surrection a été la conséquence d'une compression et donc du raccourcissement qui en est résulté. De part et d'autre de l'axe de la partie comprimée les plis formés se sont déversés en sens inverse.

(9) Ceci n'est pas prouvé par les études récentes.

3. La bordure nord, à l'ouest de Gênes, là où le cristallin de Sestri-Voltaggio fait surface, ainsi que les terrains permians du Savonese occidental, constitue très probablement la charnière de l'articulation des Alpes occidentales et de l'Apennin septentrional, et en même temps, le pivot de rotation de la péninsule italienne.

4. Entre le massif du Mercantour, le Savonese occidental et la mer, la couverture a glissé sur le socle. Constituée par une nappe pennique à l'est, par la nappe de flysch à helmintoïdes au centre et par la chaîne de l'arc de Nice à l'ouest, elle se continue jusqu'aux plis pyrénéo-provençaux au nord du massif des Maures et de l'Estérel qui semblent avoir été stabilisés dès l'ère primaire. Le socle cristallin dans la région nord de Nice continue à subir une surrection qui a été mesurée par des spécialistes du quaternaire.

En ce qui concerne les mouvements actuels dans cette partie du bassin, le fait capital est le séisme du 19/7/1963 et de ses très nombreuses répliques, dont la dernière remonte au 14/9/1974. Son foyer se situe dans le manteau, près de son bombement, à la profondeur de 30 km. De magnitude 6 1/4, il est d'une espèce rare : les séismes d'effondrement. Tous les observatoires, au nombre de 28, qui l'entourent dans tous les quadrants, à moins de 2000 kilomètres, ont enregistré une onde P de dilatation. Un tel séisme ne peut s'expliquer que par une extension; ce qui prouverait que l'effondrement plio-quaternaire continue, ainsi que la dérive du bloc Corse-Sardaigne.

A l'ouest de ce bloc, trois séismes dont le mécanisme au foyer n'a pu être déterminé, faute de stations, confirment cette interprétation. Le séisme isolé du 2/3/1965, dont le foyer se situe au centre du bassin occidental à l'est des Baléares, centre réputé séismique, pourrait être une manifestation de la relaxation de ce bassin.

Les séismes qui se sont produits au nord de la plaine abyssale de la mer Ligure et qui résultent du glissement de la couverture, hétérogène et molle quand il s'agit des nappes penniques et des nappes de flysch, ont eu des conséquences tragiques hors de proportion avec leur magnitude. Ils ont détruit des villages perchés et ont laissé intactes des régions voisines. Ces effets, apparemment anarchiques, s'expliquent par la topographie du bâti sous-jacent des terrains qui ont glissé. Il est certain que l'effondrement plio-quaternaire a favorisé ces glissements. Le dernier des séismes ressentis à Nice, le 8 septembre dernier, avait son foyer à 12 km, dans le sud de Nice, au pied d'une faille d'effondrement découverte en 1965 par MURAOUR.

Quelques-uns des foyers bordant la côte italienne de Vintimille à Gênes sont proches des failles repérées par la sismique réflexion ou par la sismique continue. Ces failles sont, soit parallèles, soit normales à la côte, ce qui est caractéristique même d'une Tectonique d'écoulement. Mais il est possible que quelques-uns de ces séismes soient dus à la faille de décrochement judicarienne dont la trace reste cependant hypothétique sous la mer.

Il faut finir ce tour de la Méditerranée en signalant deux foyers au sud des Maures, du 10/8/1918 et du 1/5/1932 (épices douteux) qui se placent sur la faille qui prolonge la faille nord-pyrénéenne et que de nombreuses équipes françaises ont bien identifiée. Cette faille serait donc active, ce qui laisserait supposer que les mouvements pyrénéens continuent. Ce peut être lourd de conséquences pour la stabilité de la Provence et, du point de vue scientifique, c'est une autre vision de l'histoire de la Méditerranée qui peut être envisagée.

Un petit foyer dans le voisinage d'Agde pourrait signifier que la ligne N-S de volcans aboutissant en ce point est active.

Le Golfe du Lion paraît stable si l'on fait abstraction du foyer d'Agde. Cependant GOGUEL pense que la faille de décrochement qui suit le sillon Rhodanien continue jusqu'à la bordure est des Baléares. Cette région est considérée cependant comme aséismique — du moins jusqu'à maintenant.

Pour conclure, je dirai qu'au cours de cette étude, j'ai constaté :

1. Le faible secours de la stratigraphie dans la recherche des failles traversant la croûte terrestre. Les phénomènes ne sont pas à la même échelle.

2. Combien les données sismiques qui ne peuvent indiquer la profondeur du foyer et le sens rigoureusement exact de l'onde P perdent de leur intérêt.

3. L'insuffisance du rôle attribué aux plis de fond, à grand rayon de courbure, ainsi qu'aux failles de décrochement qui ne sont pas des failles transformantes, par la théorie de la Tectonique des Plaques.

4. L'absence totale de traces d'une océanisation quelconque dans le passé, dans cette région de la Méditerranée.

5. Le caractère anarchique dans l'espace et le temps, des forces qui ont fait surgir les chaînes méditerranéennes ou qui ont entraîné, par compensation, les extensions que l'histoire géologique a révélées.

*
* *

Discussion

M. Caire : La mention d'un eugéosynclinal en Afrique du Nord me réjouit, car divers auteurs nient encore l'existence d'un tel organe paléogéographique dans les chaînes atlasiques. De toute façon, la paléogéographie géosynclinale est éteinte en Méditerranée, et les séismes ont une autre origine. Sont-ils liés aux décrochements, d'ailleurs nombreux et organisés en systèmes variés, qu'on repère autour de la Méditerranée Occidentale? Si oui, il faudrait avoir la preuve que ces décrochements sont encore actifs. La ligne judicarienne, par exemple, dans son éventuel prolongement dans la région de Gênes, ne joue plus depuis l'Oligocène. Et si ces décrochements sont encore actifs en profondeur, est-il besoin d'envisager des plaques et des subductions?

M. Grinda répond « La caractéristique quasi constante des séismes d'Algérie est qu'ils ont été observés ou bien sur les flancs de Plis anticlinaux ou aux points de rencontre de ces Plis et des décrochements profonds appelés « Transversales de Glangeaud ».

En règle générale, ces séismes sont en relation avec la morphologie actuelle, quelle que soit son histoire.

*
* *