

7-5 - PALEOTECTONIQUE, TECTONIQUE, TARDITECTONIQUE et NEOTECTONIQUE EN MEDITERRANEE MOYENNE :

à la recherche d'un guide pour la comparaison des données de la géophysique et de la géologie.

par Jean AUBOUIN -

La confrontation des données de la géophysique et de l'océanographie avec celles de la géologie implique de situer la tectonique actuelle dans le déroulement du processus tectonique dans le temps. A titre d'exemple, on prendra les chaînes de la Méditerranée moyenne (ensemble italo-dinarique) et plus précisément les Dinarides dont l'édifice se construit au cours du cycle alpin, à partir du Trias.

L'ordre des déformations tectoniques est reconstitué par la méthode rétrotectonique fondée sur le principe que toute structure qui en déforme une autre lui est postérieure. On part donc des structures actuelles en remontant le temps; cela fait on peut alors, renversant l'ordre de l'énoncé, décrire le développement orogénique de la chaîne dans l'ordre chronologique.

1. Les différentes étapes tectoniques dont résultent les Dinarides sont, après que le géosynclinal dinarique, partie du géosynclinal mésogéen, soit né au Trias aux dépens et en partie à la place de la chaîne hercynienne qui, au moins en Méditerranée occidentale, avait soudé l'Europe et l'Afrique:

1a. - au Jurassique supérieur, apparaît un premier archipel dans les zones internes, qui alimentera la sédimentation d'un flysch Crétacé inférieur; il s'agit de mouvements de compression accompagnés de métamorphisme de haute pression-basse température et d'un léger plutonisme granitique;

- au Crétacé moyen, après submersion partielle du précédent, naît un second archipel, plus vaste, qui alimentera la sédimentation des flyschs Crétacé moyen à supérieur; il s'agit de mouvements en compression accompagnés d'un métamorphisme de haute pression-basse température..

Des nappes de couverture ont été reconnues - nappes de Pester (J.P. RAMPNOUX) - sans qu'on puisse avec certitude les rattacher à la première ou la seconde de ces étapes; de toute manière, celles-ci jouent un rôle important dans la tectogenèse des Dinarides qui sera discuté plus loin (J. DERCOURT, H. LAUBSCHER);

- au Crétacé supérieur, après submersion partielle du précédent, naîtra un troisième archipel qui, dès lors, va s'aggrandir jusqu'à englober la totalité des Dinarides qui ainsi émergeront; les étapes de cette évolution caractérisée par un agrandissement de l'archipel de l'intérieur vers l'extérieur se placent :

- à l'Eocène supérieur, moment des charriages principaux des nappes internes accompagnées d'un métamorphisme de haute pression-basse température: c'est la phase la plus connue et la plus généralement décrite dans les Dinarides - et ailleurs en Méditerranée - ;

- à la fin de l'Oligocène ("Aquitaniens") et vers la fin du Miocène ("Tortonien"), deux étapes successives caractérisées par l'achèvement des chevauchements et charriages dans les zones externes.

Après quoi l'ensemble des Dinarides est complètement émergé et s'y développent des dépôts continentaux ("Pontien").

Au cours de cette évolution tertiaire, se produisent des plis de fond à grand rayon de courbure dont les parties anticlinales déterminent les massifs principaux et les parties synclinales des fosses molassiques où s'accumulent les produits d'érosion des ébauches successives de la chaîne. La fin de cette évolution s'accompagne d'un magmatisme intermédiaire, volcanisme rhyodacitique et plutonisme granodioritique, bien marqués dans les zones internes au Miocène;

- à la fin du Miocène ("Pontien") et au Plio-Quaternaire, une dernière étape caractérisée par la mise en place d'un réseau de failles qui découpent l'édifice issu de l'évolution précédente en un système de horsts et grabens : les horsts représentent les massifs en relief, les grabens les plaines intramontagneuses ou les côtes méditerranéennes elles-mêmes ; ces mouvements, encore actifs de nos jours - la sismicité méditerranéenne en témoigne -, s'accompagnent d'un important volcanisme de nuance andésito-basaltique.

1b. En fonction de ce calendrier orogénique, on voit se succéder ainsi dans le temps trois types de zones paléogéographiques, trois types de mer, successivement :

- géosynclinale, née au Trias et dont la tectonisation du Jurassique supérieur au Tertiaire donnera naissance à des ébauches successives de plus en plus précises de la chaîne;

- tardygéosynclinales, bras de mer relativement étroits, liés aux épisodes tardifs de l'évolution orogénique et où s'accumulent de

de puissantes séries détritiques (fosses molassiques);

- postgéosynclinale, née de la tectonique de faille plio-quadernaire sous forme d'une mer qui, à peu de chose près, correspond aux limites de la Méditerranée actuelle.

1c. La nouveauté de la tectonique plio-quadernaire lui a valu le double qualificatif de postgéosynclinale pour marquer qu'elle n'est ni la suite ni l'aboutissement des tectoniques antérieures et de néotectonique pour marquer sa nouveauté. On a donc pris la coutume de distinguer la Néotectonique de la Tectonique.

Tectonique s'entend généralement pour décrire les résultats des phases tertiaires, chevauchements et charriages notamment; on peut séparer cependant les déformations tardives à grand rayon de courbure sous le nom de tarditectonique laquelle accompagne l'évolution tardigéosynclinale.

Enfin, l'analyse des phases précoces, jurassiques et crétacées, a jusqu'à maintenant été négligée, en grande partie parce qu'elles sont masquées par toutes les autres et aussi parce qu'elles n'ont pas abouti à la surrection totale des édifices orogéniques, laissant persister tout ou partie du cadre géosynclinal. Cette paléotectonique n'en est pas moins importante et pose des problèmes essentiels.

Bref, en remontant le temps, allant du plus apparent au moins apparent, les aspects structuraux des chaînes alpines de la Méditerranée sont néotectoniques, tarditectoniques, tectoniques, paléotectoniques.

2. La comparaison directe des données de la géophysiques et de l'océanographie est avec le cadre néotectonique.

Le passage Miocène-Pliocène est un moment clef, celui de la "révolution pliocène" (J. BOURCART) par laquelle naît la Méditerranée : avec le Miocène s'achève l'évolution de la Mésogée qui semble s'être close complètement par la surrection d'ensemble des chaînes alpines, comme l'on fait admettre des arguments tectoniques et comme semble le confirmer l'épisode salifère messinien; avec le Pliocène commence la Méditerranée. Mésogée et Méditerranée doivent être clairement distinguées, la seconde ne dérivant pas directement de la première : de la sorte, les bassins sédimentaires pré-messinien reconnus en Méditerranée ne caractérisent pas plus celle-ci que les différents bassins molassiques connus à terre où ils achèvent l'évolution de la Mésogée : le sillon molassique péri-alpin, l'avant-fosse italo-dinarique, le sillon molassique albano-thessalien etc... en sont autant d'exemples.

Nombre de structures sont liées à la néotectonique. Ainsi, la plaque égéenne (D. MACKENSIE) est à l'évidence une "néoplaque": son bord

nord-ouest coupe perpendiculairement toutes les directions structurales des Dinarides y compris celles achevées au Miocène: il passe par le "couloir de Karpenission", sorte de golfe de Corinthe avorté dont les deux extrémités furent envahies par la mer pliocène; la fosse de Macédoine qui le jalonne est elle-même perpendiculaire ou presque aux directions structurales helléniques. Si, au niveau de certaines fosses méditerranéennes, n'existe pas la suite des zones paléogéographiques qu'elles interrompent - par exemple, la zone d'Apulie se prolonge-t-elle dans la mer Ionienne orientale ?- mais, comme cela a été proposé, des zones de croûte océanique, celles-ci correspondent à des néo-océans nés en liaison avec la néotectonique. La comparaison du bassin pannonique et de la mer Tyrrhénienne éclaire ce propos : l'un et l'autre occupent la même position structurale à l'arrière des Dinarides pour l'un, de l'Apennin pour l'autre; leurs caractéristiques géophysiques sont assez voisines; il est donc probable qu'ils relèvent de la même explication.

Dans l'ensemble, la néotectonique paraît correspondre à un système de failles en extension, même dans l'arc égéen, notamment en Crète; il n'est pas exclu qu'ici ou là existent des structures compressives, mais la règle, en surface, est l'extension. C'est dans cette optique qu'il faut placer l'hypothèse faite d'un actuel plan de Benioff plongeant sous l'arc égéen.

3. Pour ce qui concerne les étapes tarditectoniques et tectoniques, on notera :

- que les étapes tarditectoniques récentes (Miocène) sont seules accompagnées d'un magmatisme granodioritique (et rhyodacitique); quelques plutons granitiques d'âge Jurassique supérieur (J. MERCIER) ou Crétacé, ont été signalés ici ou là; mais ils sont très rares et de petite dimension;

- que les étapes tectoniques Jurassique supérieur, Crétacé moyen, Eocène supérieur sont accompagnées d'un métamorphisme de haute pression-basse température (J. MERCIER, J.P. RAMPNOUX, J.Ç. VICENTE).

Ces données fixent un cadre aux hypothèses de paléo-plans de Benioff au cours de l'évolution mésogéenne secondaire et tertiaire. L'absence - ou presque - de magmatisme intermédiaire avant le Miocène, incline à en douter : l'apparition d'un plan de Benioff - compris au sens de la tectonique globale - serait-elle seulement tardive ?

4. La comparaison indirecte, différée dans le temps, des données géophysiques et océanographiques, est avec le cadre pré-tectonique et les étapes paléotectoniques, comme suit :

4a. Le cadre pré-tectonique correspond à la période géosynclinale pour sa partie antérieure au flysch (période dite "de vacuité").

La Mésogée naît de distensions triasiques (L. GLANGEAUD) aux dépens de l'ensemble eurafricain soudé par l'orogénèse hercynienne, au moins dans sa partie occidentale. Etant donné que les caractères des zones miogéosynclinales sont très semblables à ceux des bordures atlantiques, comme cela a été souvent supposé et que des sondages récents sur le plateau continental nord-américain l'ont confirmé (D. BERNOULLI), tout indique donc que la Mésogée dut être un paléo-océan de type atlantique né au Trias et développé pendant le Jurassique. Le sillon miogéosynclinal correspond à la zone sédimentaire subsidente du plateau continental, la ride miogéanticlinale au bord du talus continental, le sillon eugéosynclinal au glacis continental et au fond océanique; le classement des faciès est alors organisé en fonction du continent, qui sert d'avant-pays.

4b. Les étapes paléotectoniques qui, correspondant à la période géosynclinale, pour sa partie contemporaine du flysch (période dite "de comblement") permettent de préciser et de nuancer ce propos.

Leur première caractéristique est de renverser la polarité du système précédent : à partir de là, les flyschs, qui résultent de l'érosion de zones internes, vont se développer de l'intérieur vers l'extérieur :

- à partir de la limite Jurassique-Crétacé en étapes successives, vont donc se développer et croître des archipels de position interne, comportant de la croûte continentale fournissant le quartz des grès et les galets de certains conglomérats; le paléo-océan téthysien ne fut jamais simple et il faut admettre que des fragments continentaux ont persisté entre ses marges; c'est la raison pour laquelle les modèles de tectonique globale doivent faire appel à des micro-ou subplaques qui correspondent à la notion de microcontinents ou microcratons;

- ce changement de polarité correspond probablement à un changement fondamental de contrainte: d'extensif jusque là - fin du Jurassique -, le paléo-océan téthysien commence son évolution compressive dont résultera la mise en place des chaînes alpines au travers des différentes étapes Crétacé et Tertiaire; on peut, dans l'optique de la tectonique globale, mettre ce renversement de l'évolution téthysienne en relation avec le début de l'ouverture de l'Atlantique sud qui, dès lors, va repousser le craton -ou plaque - africain vers le Nord, vers l'Europe (J. DERCOURT).

C'est ici que se pose le problème des ophiolites. Après avoir admis qu'il s'agissait d'épanchements sous-marins en massifs pluto-volcaniques, on tend actuellement à considérer, selon les voies de la tectonique globale, qu'il s'agit de lambeaux de la croûte océanique entraînés dans les charriages alpins. De toute façon, le matériel ophiolitique est de nature océanique, qu'il s'agisse d'un épanchement au fond des océans ou de la croûte océanique elle-même; bref, que les ophiolites aient été au fond ou le fond des océans. La question est cependant importante car c'est dans le seul deuxième cas que la comparaison avec la croûte océanique actuelle peut être faite valablement.

Or, si les massifs ophiolitiques doivent représenter des lambeaux de croûte océanique, ceux-ci ont été mis en place lors des phases paléotectoniques; telle est du moins la position du problème dans les Dinarides.

Les ophiolites y appartiennent en effet à des unités tectoniques mises en place tectoniquement à l'Eocène supérieur, nappe serbe en Yougoslavie, nappe de la Mirdita en Albanie, nappe subpélagienne en Grèce. Ces nappes comportent non seulement des massifs ophiolitiques mais leur semelle sédimentaire jurassique et triasique, voire paléozoïque et leur couverture sédimentaire crétacée. Il arrive que, par suite de troncutures basales, les ophiolites reposent directement sur le Tertiaire au front des nappes; mais ce contact ne caractérise pas les ophiolites en elles-mêmes: c'est un détail du charriage de la zone ophiolitique en tant que telle.

Car, par ailleurs, les massifs ophiolitiques reposent partout sur une série sédimentaire jurassique datée: c'est en Yougoslavie que le fait est le plus caractéristique car le contact de base de la nappe serbe se place au niveau du Paléozoïque ou du Trias et rarement des ophiolites elles-mêmes; mais il est très net ailleurs (Albanie, Grèce): à la base, les massifs ophiolitiques reposent sur une série sédimentaire datée en de très nombreux endroits qui évolue depuis des calcaires triasiques et jurassiques jusqu'à une série diabases-radiolarites d'âge Jurassique supérieur - on y a reconnu des Calpionelles tithoniques (J.P. RAMPNOUX)-; cette série diabases-radiolarites est ainsi la suite sédimentaire normale de la série triasique et jurassique serbe - ailleurs subpélagienne -.

Mais le cortège ophiolitique proprement dit commence par des roches ultrabasiqes (péridotites, pyroxénites généralement serpentinisées) dont la partie inférieure est tectonisée, métamorphisée. Ce contact, dans l'hypothèse de massifs pluto-volcaniques, a été considéré comme un simple glissement différentiel; cependant, ce niveau tectonisé, métamorphisé prend des aspects variés :

- jusqu'à maintenant, en Yougoslavie, on n'y a décrit que des amphibolites, qu'il est toutefois difficile de faire dériver directement de péridotites;

- ailleurs, en Grèce par exemple, on y a décrit des niveaux de roches métamorphiques - schistes verts - parfois à glaucophane (R.C. MOORE);

- en Crète enfin, existe à la base des ophiolites une véritable semelle de roches métamorphiques (schistes, quartzites, gneiss albitiques; M. BONNEAU, J.C. VICENTE).

Il est donc possible que le contact de base des roches ultrabasiques sur la série diabases-radiolarites soit un contact tectonique majeur, seules les roches ultrabasiques et leur couverture de gabbros et pillow-lavas représentant éventuellement la croûte océanique charriée sur les formations sédimentaires du glacis continental (diabases-radiolarites).

S'il en est ainsi, l'âge de ce phénomène est essentiel, or:

-si l'on fait abstraction de la tectonique d'âge Eocène supérieur, partout les roches ultrabasiques reposent sur le Jurassique supérieur (cf. supra);

- la couverture du cortège ophiolitique est : soit du Crétacé moyen-supérieur transgressif (cas général en Yougoslavie méridionale, Albanie, Grèce); soit du Crétacé inférieur en continuité avec le sommet du cortège ophiolitique (Yougoslavie du Nord-Ouest) : dans ce dernier cas, les premières Calpionelles au-dessus des ophiolites caractérisent l'extrême base du Crétacé (Berriasien) tandis que celles rencontrées dans la formation diabases-radiolarites sous les roches ultrabasiques caractérisent le Tithonique (R. BLANCHET).

On en arrive donc à la conclusion que si les massifs ophiolitiques, avec leurs roches ultrabasiques, représentent des fragments de croûte océanique, ceux-ci ont été mis en place par un charriage dont l'âge est Jurassique supérieur; ce qui correspond précisément à la phase qui, après une extension mésogéenne triasique et jurassique, commence la compression Crétacé-Tertiaire renversant ainsi l'évolution de la Mésogée (J. DERCOURT). Ce charriage paléotectonique, bien qu'important, se limiterait cependant au recouvrement de la croûte océanique sur les formations sédimentaires du glacis précontinental (diabases-radiolarites). Par la suite, l'ensemble a été repris dans les tectoniques ultérieures, notamment dans les charriages tertiaires qui sont les plus directement apparents.

S'il n'en est pas ainsi - et les preuves décisives manquent encore - il faudra sans doute considérer que la conception pluto-volcanique des ophiolites reste valable.

Conclusion -

On voit donc que, pour la confrontation des données géophysiques actuelles et des données géologiques passées, il est nécessaire de replacer la tectonique présente de la Méditerranée dans l'enchaînement tectonique général de la Mésogée au cours du cycle alpin, secondaire et tertiaire.

Il en résulte fondamentalement que :

- les structures actuelles de la Méditerranée ne sont pas antérieures au Plio-Quaternaire et, par conséquent, non extrapolable au-delà de la limite Miocène-Pliocène.

- la recherche d'une comparaison avec les océans doit être faite au Trias et au Jurassique: alors, la Mésogée avait l'allure d'un Atlantique cependant plus complexe dans la mesure où un certain nombre de microcontinents-microplaques - y restaient dispersés entre les masses eurasiatique et africaine.

Si l'on veut reconstituer dans une perspective tectonique globale la genèse des chaînes alpines de la Mésogée, c'est à partir de la Mésogée et de sa paléogéographie qu'il faut raisonner et non de la Méditerranée et de sa géographie plio-quaternaire : les microcontinents, microcratons, microplaques qui doivent être utilisés sont ceux que l'on reconnaît dans la paléogéographie, Apulie, Rhodope etc..; et non les ensembles actuellement réalisés : l'éventuelle plaque égéenne est un trait méditerranéen que rien n'indiquait dans la Mésogée secondaire. On ne peut ainsi reconstituer l'histoire de la Mésogée en traitant l'Apennin comme l'Apennin, les Dinarides comme les Dinarides (A.G. SMITH) etc.. : un édifice déjà réalisé ne peut être l'explication de sa propre réalisation.

Il convient donc, dans l'état actuel du domaine mésogéen - comme d'ailleurs de l'ensemble du globe - , de faire la part de ce qui est nouveauté et héritage; de ce qui est proprement méditerranéen et de ce qui est héritage de la Mésogée; et dans l'héritage quelle est l'importance de celui-ci.

Interventions à 7-5 -

GLANGEAUD L. - Le problème des ophiolites se pose sous les angles tectonique et volcanologique. A la période d'extension les ophiolites sont apparues dans une mer assez profonde; c'est un phénomène très

différent de ce qui se passe à terre; on a décomposition en boules et contact très important avec les terrains sous-jacents; cela a été mis en évidence avec les volcans sous-marins profonds en relation avec la pression de l'eau et la difficulté que rencontre la vapeur d'eau à s'échapper; on aura des roches semi-cristallines emballant toutes sortes d'éléments. En Algérie, en présence de sédiments oligocènes bien datés on a des phénomènes voisins dans la région de Djidjelli. Une fois la tectonique passée dessus, on aura un mélange complexe.

Réponse : Je n'ai pas développé l'hypothèse pluto-volcanique de l'origine des ophiolites à partir d'un épanchement sur le fond des océans - sans constituer la croûte océanique elle-même - parce que c'est une hypothèse bien connue, à laquelle j'ai souscrit moi-même. La question qui nous est posée dans la perspective de la tectonique globale est la possibilité que les ophiolites représentent des fragments de la croûte océanique, voire du manteau supérieur; je crois qu'il appartient à W.T. DE ROEVER d'avoir le premier proposé cette hypothèse qui a connu un grand succès depuis. J'en conclus que si l'on doit accepter ce point de vue, la mise en place des ophiolites dans les Dinarides doit être de l'ordre paléotectonique et d'âge Jurassique supérieur, au plus tard Crétacé moyen; je rejoins ici une opinion qui a été exprimée par J. DERCOURT et H. LAUBSCHER.

Dans le cortège ophiolitique, je crois qu'il faut distinguer; d'une part la formation diabases-radiolarites qui, sans aucun doute, représente la sédimentation normale sur le fond de l'océan car toutes les transitions sédimentaires s'y observent; d'autre part, les massifs ophiolitiques proprement dits, comportant à leur base une lame de roches ultrabasiqes. Ces roches ultrabasiqes sont le critère fondamental qui différencie les ophiolites d'autres associations pétrographiques qu'en première approximation on a pu parfois - et à tort - appeler roches vertes. Au moins le temps d'un raisonnement, il convient de séparer formations diabases-radiolarites et massifs ophiolitiques.

Ainsi, le repos du cortège ophiolitique sur des sédiments du Jurassique supérieur daté peut être considéré : soit d'ordre pluto-volcanique et l'on date l'épanchement des ophiolites : c'est l'hypothèse pluto-volcanique qui restitue l'unité du cortège ophiolitique ; soit d'ordre (paléo) tectonique et l'on date la mise en place tectonique des massifs ophiolitiques : c'est l'hypothèse que j'ai discutée, qui sépare dans le cortège ophiolitique les massifs ophiolitiques, dont l'âge peut être quelconque, de la formation diabases-radiolarites. J'ai donné des arguments dans l'un et l'autre sens, la question ne me semblant pas encore définitivement tranchée.

BYRAMJEE R. - 1 - Peut-on considérer que toutes les ophiolites sont des vestiges de croûte océanique ou bien y a-t-il différents types d'ophiolites ?

2 - Les ophiolites d'après WEGMANN ("l'infra-structure des orogènes") représentaient une phase de distension au début des orogénèses. Il existe des ceintures ophiolitiques de tous âges, par exemple celle qui borde le fossé pharusien au Hoggar : celle-ci marque-t-elle la trace d'un océan précambrien?

Réponse : Certes, il y a ophiolites et ophiolites : toute roche de composition basique n'est pas nécessairement partie d'un cortège ophiolitique. La pierre de touche est l'existence d'une lame plus ou moins épaisse de roches ultrabasiques; au contraire, les roches volcaniques sous-marines (pillow-lavas) peuvent se rencontrer beaucoup plus généralement, soit en association avec les roches ultrabasiques, au-dessus de celles-ci (massifs ophiolitiques), soit indépendamment (formation diabases-radiolarites qui peut être en-dessous des massifs ophiolitiques). Comme je l'ai dit en réponse à M. GLANGEAUD, au moins le temps d'un raisonnement, il faut séparer les deux cas.

Le problème est général à la ceinture mésogéenne, de Gibraltar à l'Indonésie, voire aux Nouvelles-Hébrides; il est le même dans les Antilles tropicales, autour de la mer des Caraïbes, et dans les Antilles australes, autour de la mer de la Scotia. Chaque fois, il s'agit de systèmes orogéniques géosynclinaux, développés en position intercontinentale, que l'on peut faire dériver de paléo-océans nés par disjonction des continents qui les encadrent puis par rapprochement de ceux-ci; l'ensemble pouvant être traité selon la terminologie et les mécanismes de la théorie des plaques.

Par contre, les cordillères du type des Andes sont tout à fait différentes : leur sédimentation souvent continentale, leur magmatisme caractérisé par d'impressionnantes masses andésitiques traversées d'immenses batholites granodioritiques, l'absence de métamorphisme de haute pression-basse température, la modicité des structures tectoniques, tout indique une position liminaire, péricontinentale mais dans les limites du continent. Là encore, une interprétation peut être donnée selon la terminologie et les mécanismes de la théorie des plaques, de telles chaînes représentant la déformation bordière de la plaque sud-américaine, là où la plaque pacifique plonge sous elle selon un plan de Benioff.

Quoi qu'il en soit, ces chaînes de type andin, que l'on peut dire liminaires en reprenant une terminologie d'Argand, s'opposent, dans leur nature comme leur interprétation, aux chaînes de type alpin, que l'on peut dire géosynclinales, qui sont celles où se rencontre le problème des ophiolites.

On peut passer axialement d'un type à l'autre comme par exemple dans la Cordillère de Colombie vers les Antilles tropicales, ou dans la Cordillère patagonienne vers les Antilles australes; on y trouve alors des éléments du cortège ophiolitique en situations intermédiaires, annonciateurs des ceintures ophiolitiques géosynclinales correspondantes.

GLANGEAUD - Le problème est très correctement posé mais presque insoluble. Entre Djidjelli et Alger elles reposent sur de l'Oligocène; il y a une différence entre très basique et moins basique au centre. La mer était-elle en distension ? Imaginez que l'on ait un schéma comme à Hawaï; comment pouvez-vous savoir ce que donnerait le mélange au pied du volcan, surtout après tectonique ?

Réponse : On pourrait avoir une lame de péridotite plus ou moins serpentinisée à la base.

GLANGEAUD - Dans les grandes coulées continentales on connaît des amas d'olivine à la base.

BRINKMANN - The "ophiolite series" were first defined by STEINMANN. But now, to make further progress, we have to subdivide this series into its components :

- 1- alpine-type ultramafics, which are metamorphic rocks (den Tex)
- 2- non-metamorphic basic volcanics and tuffs, as well as deep-water sediments (radiolarites, flysch, slump deposits).

In part of Anatolia, not seriously but slightly affected by alpidic mountain building, the non-metamorphic sequence is covering the ultramafic rocks with a sharp sedimentary contact. So, in Anatolia the bottom of the Mesozoic Tethys was composed partly of sialic crustal material, partly of ultramafic massives emplaced into the crust (see BRINKMANN, Bull. geol. soc. Am. v.83, p. 819-826, 1972).

Réponse : Il existe en effet assez souvent un socle continental en-dessous des séries comportant des ophiolites.

Mais les ophiolites en question sont-elles en position normale ou charriées . En ce qui me concerne, je ne connais pas d'ophiolites qui ne soient pas charriées; je pense qu'il en est de même en Turquie, si l'on en croit divers travaux notamment ceux de J.H. BRUNN et son équipe. Dans ces conditions, ce socle continental ne représenterait que le socle de l'autochtone sur lequel sont charriées les séries ophiolitiques et non le socle de celles-ci.

C'est d'ailleurs un problème général : les formations d'origine eugéosynclinale sont toujours charriées. Lorsqu'en-dessous on observe, en fenêtre, d'autres formations, il s'agit très généralement de zones plus externes qui, elles, ont un socle continental; celui-ci n'est évidemment pas le substratum de ces séries allochtones. Ce substratum demeure inconnu; on suppose qu'il est océanique par défaut d'argument en faveur d'un socle continental. Mais il n'y a pas d'argument direct, sauf celui des massifs ophiolitiques que je viens de discuter.

MERCIER - Le problème des ophiolites est bien posé par M. AUBOUIN : il s'agit certes d'un problème pétrologique mais également tectonique. Les séries diabases-radiolarites (pillow-lavas, radiolarites et grès) ne posent pas de difficultés majeures : les laves participent à la tectonique avec les formations sédimentaires encaissantes dont on peut étudier les phases de déformation successives, le sens de déversement des structures ... Il en va autrement pour les puissants cortèges ophiolitiques qui comportent des termes grenus basiques ou ultrabasiques et au sein desquels la déformation tectonique est difficile à étudier. Par exemple, la base (ultra-basique) du massif ophiolitique du Vourinos (Macédoine, Grèce) est tectonisée; dans son substratum de tuffites et de marbres, il existe au moins 3 phases de déformation superposées ($\varphi 1$ = plus synmétamorphiques; $\varphi 2$ = plis coniques concentriques post-métamorphiques; $\varphi 3$ = cisaillement). Ces déformations sont suivies de failles et la déformation la plus évidente est généralement tardive (Pliocène à post-Pliocène, voir J.H. BRUNN et L. FAUGÈRES). Dans l'hypothèse où le Vourinos est charrié (même en s'assurant que l'on ne s'intéresse pas à une phase tardive !) la difficulté est d'apprécier l'importance du déplacement; or, il faudrait démontrer que celui-ci est grand s'il s'agit d'un chevauchement d'une croûte océanique sur un continent. Dans d'autres cas, la base du cortège est peu déformée. Par exemple la base du Massif ophiolitique de Guevgueli (Macédoine, Grèce) est certes tectonisée, mais les gabbros ne montrent qu'une déformation cassante, à caractère superficiel, peu compatible avec les conditions P.T. dans lesquelles une croûte océanique a pu chevaucher des formations épicontinentales. Bref, l'étude tectonique des ophiolites est fondamentale pour aborder ces problèmes. Enfin, si chevauchement de la croûte océanique il y a eu, celui-ci n'a pu effectivement se faire qu'avant le Crétacé Supérieur transgressif, soit au Jurassique Supérieur-Eocrétacé.

Réponse : Je suis tout à fait d'accord avec les observations de M. MERCIER dont je me plais à rappeler qu'il fut le premier à signaler l'existence d'une phase tectonique importante d'âge Jurassique supérieur dans la zone du Vardar. C'est cependant dans les Dinarides yougoslaves qu'ont été précisées ces notions en liaison d'une part avec la découverte d'un flysch bosniaque d'âge Crétacé inférieur-moyen-supérieur (R. BLANCHET) et d'autre part avec l'encadrement des séries ophiolitiques entre des formations sous-jacentes inférieures (J.P. CADET, J.P. RAMPNOUX) et berrasiennes sus-jacentes (R. BLANCHET). L'ensemble de ces observations est d'ailleurs susceptible d'une synthèse complète à l'échelle des Dinarides.