

EXTRAIT DU « C. R. SOMMAIRE
DES SÉANCES DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE »

1972, Fascicule 2, Séance du 20 mars 1972, page 96

**Propositions d'orientation de recherche
résultant du Colloque « Géodynamique de la Méditerranée occidentale »**

(Brest, 3-4 février 1972)

INTRODUCTION

Le colloque s'est réuni au Centre Océanologique de Bretagne les 3 et 4 février 1972 à l'invitation du Comité de l'Action Thématique Programmée « Géodynamique de la Méditerranée Occidentale et de ses bordures » de l'Institut National d'Astronomie et Géophysique. Cette A.T.P., organisée par l'INAG pour la période 1971-1975 dans le cadre du VI^e Plan, a pour but principal l'étude des mécanismes qui ont dominé l'évolution post-mésozoïque de la région correspondant à la Méditerranée occidentale actuelle et aux continents qui l'entourent, l'accent étant mis sur les mécanismes de déformations actuelles. Le thème de recherche devrait permettre de réunir les chercheurs des diverses disciplines des sciences de la terre sur un sujet commun, amorçant ou accentuant la collaboration entre géologues, géophysiciens et géochimistes et accélérant la mise en place d'une infrastructure de recherche convenable dans le domaine longtemps négligé de la géophysique.

On reconnaît l'importance des découvertes récentes dans le domaine de l'expansion des fonds océaniques et l'hypothèse qui en est née « la tectonique des plaques ». On constate que les problèmes principaux posés par cette hypothèse concernent la nature des processus de déformation par cisaillement et compression qui accompagnent deux plaques en cours de rapprochement, c'est-à-dire les phénomènes d'orogénèse et de tectogénèse. Mais pour étudier ces phénomènes géodynamiques, il faut d'abord comprendre la nature des déformations actuelles, pour laquelle la géophysique (sismologie et géodésie en particulier) fournit des informations essentielles. Celles-ci en effet permettent de relier les processus tectoniques actifs aux structures profondes. Il faut ensuite savoir relier cette déformation actuelle aux déformations passées, et c'est là avant tout le rôle de la géologie, principalement structurale, et de la géochimie.

La première question est donc : « Où les déformations actuelles se produisent-elles? Comment? Quand le système actuel a-t-il commencé? ». Les études de sismicité et paléosismicité, mécanismes au foyer, géodésie, intégrées dans un cadre « néotectonique » sont fondamentales. L'étude de la propagation des ondes sismiques en général, la magnétotellurique, les grands profils de sismologie expérimentale, la gravimétrie, l'étude du flux de chaleur fournissent des indications sur les structures profondes et leurs liaisons possibles avec les structures superficielles. Ces études doivent donc être combinées dans des régions où l'on espère a priori qu'une telle liaison apparaîtra.

En ce qui concerne la liaison entre les processus de déformation actuels et les processus qui ont été actifs dans le passé, le point important est d'identifier et d'étudier plus spécialement les clés du problème. Dans toutes ces régions, en effet, depuis des années, des chercheurs très compétents ont accumulé des études nombreuses. Le but de l'A.T.P. n'est pas d'aider à compléter de manière exhaustive ces études analytiques très fouillées, mais d'ouvrir de nouvelles voies en explorant des thèmes de recherche nouveaux. Quelle est la nature des « géosutures » (contacts fossiles entre plaques) et des cortèges magmatiques, plutoniques, métamorphiques et sédimentaires qui leur sont associés? Comment peut-on les délimiter? Comment reconstituer la paléogéométrie des diverses « plaques » aux divers stades de l'évolution tectonique, et spécialement à l'Hercynien avant la distension triasico-liasique? L'accent devrait être mis sur des régions comme l'arc bético-rifain, l'arc thyrrénien, la jonction Corse-Alpes-Apennins, etc.

Enfin, il est clair que cette étude se place dans un contexte international, qui est celui du programme de géodynamique, et suppose donc une collaboration internationale active avec les pays entourant le bassin occidental. Comme il s'agit d'explorations d'idées nouvelles, le programme de cette A.T.P. ne doit pas être figé dès la première année mais doit se prêter à des réajustements annuels, chacun devant être à l'affût d'idées et d'hypothèses nouvelles, aucune idée ou aucune hypothèse n'étant considérée comme définitive.

C'est dans cet esprit qu'une quarantaine de spécialistes, en majorité géologues, se sont réunis à Brest pour réfléchir aux orientations de recherche qui devraient se révéler particulièrement fructueuses dans ce domaine dans les années à venir.

Xavier LE PICHON

Cinq thèmes de réflexions furent abordés, chacun sous la direction d'un animateur qui s'est également chargé de la rédaction des conclusions.

- I. — Structure du socle, mouvements anté-triasiques et « premières » distensions; animateur : M. Cogné.
- II. — Structures alpines en général; animateur : M. Lemoine.
- III. — Problème des ophiolites; animateur : M. Fabriès.
- IV. — Structure du bassin méditerranéen; animateur : M. Debyser.
- V. — Néotectonique; animateur : M. Durand Delga.

Ces réflexions sont destinées à amorcer la formation d'équipes de recherches polydisciplinaires, fondées sur un programme commun, l'espoir des participants étant que l'échange commencé s'élargisse au cours des années à venir. Les participants à ce colloque espèrent que la publication de ces réflexions portera le débat hors de leur cercle qu'on avait dû restreindre pour des raisons logistiques.

I. — STRUCTURE DU SOCLE, MOUVEMENTS ANTÉ-TRIASIQUES ET « PREMIÈRES » DISTENSIONS

Le mobilisme particulier des régions ouest-européennes et nord-africaines depuis la fin des temps protérozoïques se traduit par de remarquables superpositions ou reprises orogéniques dont les chaînes alpines (*s.l.*) semblent n'être, sous certains aspects, que la dernière expression.

Parmi les problèmes qui, du point de vue du socle, sont susceptibles d'éclaircir certains aspects des structures méditerranéennes, les thèmes suivants sont proposés :

1) L'analyse des chaînes et structures anté-triasiques de part et d'autre de l'Atlantique, en vue de reconstituer avec le maximum de précision le schéma initial des masses continentales antérieurement à l'ouverture de l'Atlantique (dont l'évolution conditionne celle de la Méditerranée). Il convient de dépasser en effet le stade des essais de raccords au seul vu des contours continentaux, pour atteindre celui, plus précis, des raccords entre segments orogéniques identiques, particulièrement ceux relevant des orogènes hercyniens, les derniers précédant cette ouverture.

2) L'analyse structurale des zones de socle dans les régions internes de la Méditerranée occidentale, pour comparaison et corrélations avec les socles adjacents (ou externes) : dans ce cadre l'analyse stratigraphique et paléogéographique, pétrographique et géochimique, la recherche des « marqueurs » permettant d'identifier des segments homologues (types de métamorphisme, gîtes minéraux...) et de les réorienter relativement les uns aux autres (paléomagnétisme) sont autant de méthodes d'approche essentielles.

Plus précisément l'attention sera portée :

- sur l'analyse des socles incorporés dans les zones internes des cordillères bético-rifaines, vis-à-vis des socles externes qui encadrent ces cordillères (Meseta ibérique, régions atlasiques et sud-atlasiques);

- sur l'analyse des « microcratons » non ou peu réactivés de Corse et de Sardaigne vis-à-vis des régions sud-provençales et est-hispaniques.

3) Étude géochronologique des périodes ou phases successives de métamorphisme et d'activation magmatique vis-à-vis des phases orogéniques :

- d'une part dans un but analogue au précédent et dans les mêmes domaines (analogie ou non des éléments de socle « externes » et « internes »);

- d'autre part en vue de définir l'échelonnement des mobilismes successifs dans les zones sialiques profondes avant et depuis les temps triasiques (problème de la continuité ou de l'indépendance de ces évolutions successives dans l'environnement de la Méditerranée occidentale).

Ces deux groupes d'étude (2 et 3) auront pour but de réaliser, à l'échelle de la Méditerranée occidentale, les « raccords » analogues à ceux qui sont tentés de part et d'autre de l'Atlantique.

4) Les champs filoniens doléritiques permo-triasiques dans les socles : leur âge précis, analyse tectonique des fracturations, paléomagnétisme, déplacements des plaques continentales (en corrélation avec le groupe d'étude des ophiolites).

II. — STRUCTURES ALPINES EN GÉNÉRAL

Il est apparu souhaitable de mettre tout particulièrement l'accent sur les points suivants, dont l'étude demande à être soit entreprise, soit poursuivie et encouragée :

1) Étude des *socles anciens* autour et à l'intérieur de la Méditerranée Occidentale, en cherchant notamment des marqueurs qui permettent de reconstituer leurs positions relatives originelles avant la distension triasico-liasique (voir I).

2) Dans le même ordre d'idées, recherche des *grandes failles de décrochement* (ex. Guadalquivir, Accident Sud-Atlasique, ligne insubrienne) connues ou supposées, étude de leurs caractères structuraux, mise en évidence de l'ampleur des déplacements relatifs correspondants et de l'âge de ces déplacements.

3) Étude pétrologique, structurale et géochronologique du *métamorphisme alpin* polyphasé, en mettant l'accent sur l'âge des différentes phases, la nature des paragenèses minérales correspondantes, et leur liaison spatiale et temporelle avec les phases de déformation tectonique, ceci dans un double but :

- localiser dans le temps et dans l'espace les différents faciès métamorphiques, et tout particulièrement le métamorphisme de haute pression, dans la mesure où ils peuvent être caractéristiques d'un certain type ou d'une certaine étape de l'évolution de l'orogène;

- perfectionner, notamment dans les zones internes, notre connaissance de la succession dans le temps et de l'âge absolu des différentes étapes de déformation qui se sont produites pendant ou en alternance avec les épisodes successifs du métamorphisme.

4) « Déroulement » des unités tectoniques actuellement charriées ou plissées dans les chaînes alpines, en particulier dans le but de reconstituer les paléogéographies triasique et jurassique.

III. — PROBLÈME DES OPHIOLITES

Le problème est de comparer les ophiolites des zones orogéniques alpines de la Méditerranée Occidentale avec les roches volcaniques basiques et les ultrabasites des dorsales océaniques. Les aspects suivants du problème ont été retenus :

1) Comparaison pétrographique, minéralogique et géochimique (éléments majeurs et traces) des séries ophiolitiques alpines et des séries tholéitiques océaniques. L'étude de deux coupes verticales respectivement pour chacun des deux environnements géologiques a été recommandée.

2) Étude des relations structurales et stratigraphiques des ophiolites alpines avec leur environnement sédimentaire. Il faudra déterminer si la nature des contacts est tectonique, magmatique ou sédimentaire, afin d'essayer de préciser l'encadrement stratigraphique et paléogéographique des ophiolites au moment de leur mise en place. L'âge de leur mise en place devra être distingué de celui de leur emplacement tectonique. Une comparaison sera établie avec les environnements des volcanites des dorsales océaniques, dans le but de préciser notamment si les ophiolites ont appartenu ou non à un domaine à fond « océanique ».

3) Étude des transformations tardimagmatiques et post-magmatiques des roches océaniques (serpentinisation, spilitisation, etc.). Age relatif de ces réactions métamorphiques par rapport à l'évolution magmatique de ces roches.

4) Il a été constaté que les manifestations ophiolitiques deviennent de moins en moins abondantes vers l'Ouest de la Méditerranée; le problème de savoir pourquoi, et aussi de savoir par quoi elles sont remplacées éventuellement a été soulevé.

IV. — STRUCTURE DU BASSIN MÉDITERRANÉEN

Les recommandations suivantes concernent essentiellement les actions de recherches à développer dans le domaine de l'histoire néogène post-orogénique au sens large dans le domaine maritime de la Méditerranée Occidentale.

Les acquisitions scientifiques récentes sont de deux natures :

● *Des faits* d'ordre sédimentologique tels que la présence de divers types d'évaporites (halite, anhydrite, dolomie) ainsi que la présence de séries euxiniques infrasalifères; *les implications bathymétriques, climatologiques et structurales de ces faits relèvent encore de l'hypothèse et motivent les travaux particuliers qui doivent permettre de les interpréter.*

● *Des synthèses* ayant pour base commune les données de sismique réflexion (isopaques de formation, isobathes de réflecteur) qui permettent d'individualiser sur le plan géométrique et structural les sous-ensembles particuliers (mer d'Alboran, bassin Nord-Baléares, sillon Nord-Africain, mer Ligure, etc.).

La géodynamique tertiaire de ces bassins régionaux doit maintenant pouvoir être reconstituée en s'appuyant sur l'histoire géologique particulière des régions émergées qui leurs sont immédiatement contiguës.

Les recommandations qui suivent correspondent à ces deux objectifs généraux.

Sédimentologie des séries tertiaires.

— *Caractérisation des séries infrasalifères.* Une grande incertitude subsiste quant à l'âge des séries comprises entre le substratum sismique (socle mésozoïque ou tertiaire) et le Messinien. Les forages JOIDES ont montré en outre l'existence de faciès euxiniques. La connaissance de leur répartition paléogéographique permettrait de reconstituer le compartimentage des bassins à cette époque.

— *Signification des niveaux évaporitiques* (anhydrite, halite, dolomie). Une meilleure connaissance des caractéristiques sédimentologiques (cycles éventuels d'évaporites, caractère syngénétique ou diagénétique des dolomies, etc.) ainsi que des caractéristiques minéralogiques et chimiques de ces dépôts devront permettre par référence avec ce qui est connu sur les équilibres physicochimiques de ces minéraux de sélectionner parmi les différentes hypothèses formulées (bathymétrie, climatologie) celle qui doit être retenue.

La caractérisation écologique des niveaux interstratifiés et des formations immédiatement sus et sous jacentes devrait apporter des renseignements convergents.

Une attention particulière doit être apportée à la biostratigraphie de ces niveaux. Une éventuelle obliquité des faciès évaporitiques par rapport aux isochrones renseignerait sur l'évolution bathymétrique de ces bassins.

Sur un plan plus général de tels travaux doivent porter parallèlement sur les affleurements terrestres de bordure (Sud de l'Italie, Espagne, bassin de Murcie) et sur le centre des bassins.

Ces recherches n'ont de sens que si elles s'appuient sur une biostratigraphie qui reste à affiner et à généraliser (pollen, foraminifères benthiques, planctoniques, etc.). Ces dernières recherches doivent néanmoins être considérées comme un outil et non un objectif en soi.

— *Les séries à turbidites et les Flysch.* L'étude comparée des séries à turbidites et des différents flyschs devrait permettre de mieux préciser les conditions paléotopographiques de ces derniers. Il ne faut pas oublier que l'interprétation sédimentologique des grès d'Annot n'a pu être faite, que par l'étude conjointe de ces formations par Kuenen et Fallot. Il est probable qu'un examen assez systématique des flyschs à la lumière des progrès récents faits dans l'interprétation des turbidites marines apportera de même des voies nouvelles d'interprétation de ces formations. Des équipes mixtes et des tournées conjointes sur le terrain devraient être organisées entre spécialistes des flyschs et géologues marins.

— *Synthèses régionales des bassins tertiaires.* Les différents travaux de géophysique en cours dont certains sont en voie d'achèvement (cartes isopaques, cartes isobathes des réflecteurs) commencent à constituer un ensemble cohérent.

Un effort intensif dans ce domaine ne se justifie plus parce que les résultats qu'on peut en attendre ne sont pas susceptibles d'apporter des modifications extrêmement importantes pour l'interprétation de l'ensemble de la Méditerranée Occidentale.

On se bornera donc à combler les lacunes de la couverture sismique et à raccorder les études régionales entre elles par un certain nombre de transversales.

Par contre, il est maintenant nécessaire de procéder à un échantillonnage systématique par dragages ou carottages de tous les endroits où des réflecteurs bien identifiés affleurent. Des campagnes de prélèvements sur des points bien sélectionnés sont essentielles. Seules de telles études pourront permettre d'extrapoler la stratigraphie des bordures au centre des bassins car le nombre de forages en mer profonde restera toujours limité.

Enfin, cette extrapolation du domaine terrestre au domaine maritime ne se fera convenablement que si à l'échelon régional un libre échange d'information existe entre les géologues travaillant à terre et en mer. Il est maintenant souhaitable qu'à cet échelon se constituent des petits groupes de travail, (confrontation de travaux en Méditerranée et sur l'Arcético-rifain, dans le sillon Nord-Africain et en Algérie, etc.). Malgré un progrès réel dans la concertation, il existe encore sur le plan géologique des hiatus importants dans la compréhension des objectifs scientifiques poursuivis et la signification des résultats.

V. — NÉOTECTONIQUE

Il s'agit donc de répondre aux questions : « Où les déformations actuelles se produisent-elles? Comment? Quand le système actuel a-t-il commencé? Quelle liaison existe-t-il maintenant entre structures profondes et structures superficielles? ». Il est clair que c'est dans ce domaine que la collaboration entre géophysiciens et géologues doit être la plus fructueuse. Malheureusement, celle-ci est encore difficile car la néotectonique est peu développée en France. D'autre part, peu d'études ont été effectuées, dans lesquelles on essaie de relier les déformations en cours aux mouvements mesurés par les études sismiques et aux anomalies de structure profonde détectées par les diverses méthodes géophysiques. Et pourtant, celles-ci sont essentielles.

D'une manière générale, on peut considérer que les études de néotectonique dans cette région s'appliquent à la période de temps qui s'est écoulée depuis la fin des serrages majeurs dans les orogènes alpins ceinturant la Méditerranée occidentale, c'est-à-dire pour ce qui est au Sud de la ligne Baléares à Sardaigne après le Miocène inférieur. Les thèmes envisageables peuvent être regroupés, en remontant dans le temps, de la manière ci-après :

1) Situation actuelle

a. *Étude dynamique.* Quels sont les mouvements actuels, tels qu'ils se révèlent dans la sismicité? Comment se comparent-ils aux mouvements révélés par la géodésie? *Par quel genre de déformation se traduisent-ils sur le terrain?* Est-il possible de définir des zones étroites (des frontières de plaques) dans lesquelles la déformation est concentrée. Si ces zones existent, peut-on différencier la déformation le long des frontières (chevauchement?) de la déformation intraplaques (extension ou cisaillement?). Il faudrait pour cela développer le réseau sismique pour améliorer la localisation des épicentres des séismes, déterminer les mécanismes au foyer, mesurer l'énergie élastique libérée. Des études de microsismicité doivent permettre éventuellement d'étudier la nature de failles actives, *en liaison avec les néotectoniciens.*

En ce qui concerne le problème du rapprochement possible de l'Europe et de l'Afrique dans la zone Ibéro-Marocaine, des mesures géodésiques précises peuvent permettre de résoudre ce problème, à l'aide de réseaux bien localisés.

— Première éventualité : rapprochement entre Espagne (globalement) et Maroc (globalement). Mesures proches, de part et d'autre du détroit de Gibraltar. Mesures lointaines entre Sierra Nevada (Espagne) et crête de Ketama (Maroc).
— Seconde éventualité : rapprochement entre blocs mésétains et orogènes bético-rifains. Mesures entre Sierra Nevada et S de la Meseta ibérique. Mesures entre Ketama et Moyen-Atlas.

b) *Étude statique.* Quelles sont les liaisons existant entre les régions de mouvements relatifs et déformations superficielles et les structures profondes? En particulier, les contacts parfois abrupts entre unités tectoniques différentes se prolongent-ils en profondeur? Les études de propagation et d'atténuation d'ondes élastiques, à partir des séismes naturels ou des explosions artificielles (grands profils de réfraction) peuvent apporter là des indications essentielles. Les mesures électromagnétiques apportent des indications très utiles sur la distribution de la conductivité électrique qui est liée à la distribution de la température. On sait que le bassin méditerranéen de l'Ouest est une région au flux de chaleur particulièrement élevé et des mesures semblent nécessaires en profondeur et le long de ses bordures. Dans la mesure du possible, ces diverses informations doivent être combinées avec celles provenant de la gravimétrie pour obtenir dans une région donnée la distribution en profondeur du maximum de paramètres physiques. Enfin, les levés aéromagnétiques apportent des indications essentielles sur la nature de la croûte (océanique et continentale) et la distribution des grands accidents structuraux et, dans le cas de bassins océaniques, leur âge et leur mode de formation.

2) Évolution de la surface depuis le début du Quaternaire

a. En liaison avec les géomorphologues, étude des terrasses marines dans le N du Rif et le S de l'Espagne, afin de déceler s'il existe des ploiements de chacune d'elles, suivant quels axes et dans quels secteurs.

b. Datations absolues des terrasses quaternaires reconnues.

c. Fracturations quaternaires : indices connus (cf. bord de la Sierra Nevada) et programme de recherche.

d. Un relevé précis des surfaces d'aplanissement post-miocène (déjà largement entrepris en Andalousie occidentale et dans le Levant) s'imposerait, afin d'établir l'ampleur des remontées verticales depuis le début du Quaternaire, parfois de l'ordre du km.

3) Situation avant et pendant le Pliocène

a. Il serait intéressant de préciser, à l'aide des connaissances acquises, les rivages pliocènes, de reconstituer les rias (visibles dans tous les blocs « stables »), et de localiser à terre les zones soumises à des mouvements importants (plissements ou fracturations) après le Pliocène.

b. Obligation de reprendre, du point de vue micropaléontologique, l'analyse des secteurs où le Pliocène marin apparaît. Campagne de prélèvements à envisager; et cela tout le long des côtes d'Espagne méditerranéenne et d'Algérie (voir IV)

4) Situation avant le Pliocène et après les serrages majeurs

a. Poursuite des études sur la répartition des Vertébrés terrestres aux abords de Gibraltar, de part et d'autre de la Sicile, et dans les Iles méditerranéennes (Baléares, Corse et Sardaigne). Étude des liaisons possibles, sur cette argumentation, du Miocène inférieur à l'Actuel.

b. Relevé précis et critique du réseau de grands accidents (décrochements, failles) accidentant les Cordillères bétiques et la moitié de la Berbérie, à l'aide des documents actuels.

c. Comparaison et *datation précise* des divers épisodes tectoniques à partir du début du Miocène supérieur. Évaluation des périodes de compression ou de relaxation. Évaluation de l'ampleur des ploiements en plis de fond, du type Sierra Nevada (noter que la différence d'altitude entre le sommet de cet anticlinal et la base des synclinaux complémentaires, est de l'ordre de 4-5 km). Séparation des diverses phases cassantes.