

Zeitschrift: Archives des sciences physiques et naturelles
Herausgeber: Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève
Band: 28 (1946)

Artikel: Sur le relais des chaînes du rif et des cordillères bétiques : par le Haut-Atlas et l'Anti-Atlas
Autor: Rosier, Georges
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-742870>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 05.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

SUR LE RELAIS DES CHAINES DU RIF ET DES CORDILLÈRES BÉTIQUES

par le Haut-Atlas et l'Anti-Atlas

PAR

Georges ROSIER

(Avec 1 fig.)

PRÉFACE.

En 1942, l'occasion nous a été donnée d'effectuer une mission géologique dans le Haut-Atlas central, ce qui nous a permis de nous familiariser quelque peu avec la géologie du Maroc. L'étude de quelques questions générales, relatives à la structure géologique de ce pays, nous a suggéré l'idée directrice de la présente note.

En terminant ce travail, essentiellement théorique et dont nous ne nous dissimulons nullement les faiblesses, nous tenons à remercier M. le professeur E. Paréjas, directeur du laboratoire de géologie de l'Université de Genève, qui nous a prodigué ses conseils et ses encouragements. Toute notre gratitude va également à M. Georges Choubert, géologue au Service géologique du Maroc, avec qui nous avons eu de nombreuses et fructueuses discussions et qui nous a fait profiter de sa très grande expérience de la géologie marocaine. M. R. Extermann, professeur suppléant de physique à l'Université de Genève, nous a donné d'utiles conseils; nous l'en remercions vivement.

I

Il sera souvent fait mention, dans les pages qui suivent, de *transversales* telles que E. Paréjas (26, 27) ¹ les a récemment définies. Il convient par conséquent de donner quelques indications préliminaires sur la *tectonique transversale* du Maroc, sans faire intervenir des détails qui trouveront leur place ailleurs.

Il n'est pas inutile de préciser au préalable le sens particulier que nous attribuons, avec E. Paréjas, à l'expression de *transversale*. « Si plusieurs plis parallèles, dit ce dernier auteur (27, p. 79), présentent un alignement entre elles de leurs culminations et de leurs dépressions axiales, il s'agit là d'un plissement transversal qui interfère avec les plis en long. » Par suite, dans l'acception que Paréjas lui a donnée — à savoir un alignement transversal de culminations ou de dépressions axiales — le terme « transversale » implique une notion d'ordre *tectonique*, sur laquelle il est nécessaire d'insister. Savornin (cité dans (18)), avait déjà introduit le mot de *dorsale* dans la littérature géologique relative à l'Afrique du Nord. M. Gignoux (18, p. 410) écrit, en effet: « Du continent saharien se détachaient vers le N un certain nombre de promontoires (ou « dorsales », Savornin)... » Une idée d'ordre purement *géographique* — paléogéographique, si l'on préfère — intervient donc dans la dorsale de Savornin, puisqu'il ne s'agit là que d'une avancée du bord septentrional du continent saharien, à une époque donnée. De ce chef, les notions de *transversale* (selon Paréjas) et de *dorsale* (suivant Savornin) ne se recouvrent qu'en partie.

II

En ne considérant que les structures engendrées au Maroc par le plissement *alpin* — le terme « alpin » étant pris ici *sensu*

¹ Les numéros entre parenthèses renvoient à la liste bibliographique, à la fin de l'article.

lato, et non limité à une « phase » déterminée du plissement envisagé — on peut mettre en évidence trois transversales de premier ordre en pays marocain, ainsi que nous l'avons déjà fait remarquer dans une publication antérieure (31). Ce sont:

I. *La transversale soulevée du Toubkal* (le Jebel Toubkal est le sommet le plus élevé du Maroc et le point culminant de l'Afrique du Nord), sur laquelle sont alignées du SSE au NNW, et par ordre d'intensités tectoniques décroissantes — ce dernier fait revêt une importance majeure, comme on le verra par la suite — les particularités structurales suivantes:

1. La culmination axiale du système de plis de fond alpins du Haut-Atlas central et de l'Anti-Atlas, dans la région Jebel Toubkal-Jebel Siroua. Rappelons que G. Choubert (4) considère actuellement la région du Toubkal — appelée *bloc oriental du Haut-Atlas central* par L. Neltner (25) — comme un promontoire du bord septentrional de la vieille plate-forme africaine précambrienne, incorporé par la suite dans le pli de fond du Haut-Atlas central, lors du plissement alpin. Choubert a nommé cette avancée *promontoire de l'Ouzellarh*. L'hypothèse du promontoire de l'Ouzellarh est une idée féconde, dont l'importance, pour l'interprétation structurale du SW marocain, doit être particulièrement soulignée.

2. La culmination axiale du pli de fond alpin des Djebilet, au N de Marrakech.

3. Le bombement alpin des Rehamna.

La transversale du Toubkal se confond, à son extrémité septentrionale, avec la partie occidentale de la *dorsale de la Meseta marocaine* (ou *dorsale marocaine* (18, p. 410)).

II. *La transversale déprimée de la Hammada du Guir-Meknès*. On y trouve, du SE au NW:

1. L'ennoyage axial de l'Anti-Atlas sous la Hammada du Guir, mis en évidence par G. Choubert (6).

2. Le début, lorsqu'on chemine de l'E vers l'W, de la grande exaltation axiale qui caractérise le Haut-Atlas à l'W du méridien.

dien de Midelt, et dont la culmination est représentée par le Haut-Atlas central. Cet endroit est d'ailleurs marqué par une dépression d'axe située entre la grande culmination dont il vient d'être question et une petite culmination axiale qui fait affleurer le Paléozoïque au N de Gourrama (et que nous appellerons par la suite « culmination de Gourrama »).

3. La cuvette de la Haute-Moulouya, dans la région de Midelt, avec son remplissage de dépôts qualifiés « d'Oligo-Miocène » jusqu'à maintenant. Il importe de noter que G. Choubert (8) vient d'établir l'âge pontien de la plus grande partie des terrains appelés « oligo-miocènes » au Maroc.

4. La zone de volcans récents d'Assaka-Timhadit-Outigoui, remarquablement allongée suivant la transversale, et dans laquelle P. Russo (32) voit la trace d'une fracture profonde.

5. La bordure SW de l'arc rifain, avec les gisements de pétrole de la région de Petitjean. Les gisements de pétrole sont, pour E. Paréjas (27), un caractère des transversales déprimées. D'ailleurs, la région envisagée peut être considérée comme une zone déprimée entre le bombement constitué par la Meseta marocaine et celui formé par le Paléozoïque bético-kabylo-rifain, ou « bourrelet liminaire du continent africain », défini par P. Fallot (13).

Il convient d'indiquer, sans y insister pour l'instant, que la transversale de la Hammada du Guir-Meknès se trouve dans le prolongement du *sillon de la Saoura* (2), reconnu pour la première fois par N. Menchikoff (22), bien que E. Haug (19, fig. 250) en donne déjà une représentation schématique. D'autre part, cette transversale est prolongée, dans la péninsule ibérique, par la zone déprimée qui forme la bordure occidentale de la partie SW du Portugal.

Le caractère déprimé de la transversale de la Hammada du Guir-Meknès est plus ou moins masqué, dans la région de Midelt, par des complications locales (massif paléozoïque et éruptif d'Aouli). Par contre, ce caractère déprimé est bien marqué aux deux extrémités de la transversale.

On verra ci-dessous un autre caractère, très important, de la transversale de la Hammada du Guir-Meknès.

III. *La transversale soulevée de Colomb Béchar-Oujda*, jalonnée par les phénomènes suivants, du S au N :

1. La région carbonifère de Colomb Béchar, avec les gisements de charbon de Kenadsa. Rappelons que les gisements de charbon peuvent être un caractère des transversales soulevées, selon E. Paréjas (27).

2. La dernière réapparition de l'Anti-Atlas en direction E, localisée par G. Choubert (6) dans *la zone de Talzaza*, entre la Hammada du Guir et Figuig. L'Anti-Atlas cesse définitivement d'exister plus à l'E.

3. La culmination axiale du Haut-Atlas dans la plaine de Tamlelt, où affleure une grande boutonnière de Paléozoïque. N. Menchikoff (23) y a reconnu récemment l'existence du Cambrien inférieur, alors que G. Choubert (7) y voit du Précambrien supérieur. Quoi qu'il en soit, cette culmination de Tamlelt présente donc une certaine importance, mais qui n'est pas comparable, de loin, à celle du Haut-Atlas central. Cette dernière reste unique, par son importance, dans tout l'Atlas saharien *sensu lato*, dont le Haut-Atlas ne constitue qu'un segment particulièrement exalté.

4. Les pointements paléozoïques du Mekam, de Djerada (avec ses gisements de charbon bien connus) et des Beni Snassene.

La transversale de Colomb Béchar-Oujda se superpose à *la dorsale de la Zousfana* (18, p. 411).

III

On ne fera que mentionner ici les transversales secondaires du Maroc, ce sujet devant être exposé ailleurs. Ces transversales sont :

a) *La transversale déprimée d'El Borouj*, passant par : le cours transversal de l'Oued Draa, entre le coude de Ktaoua et

les gorges situées au N d'Agdz; la dépression axiale du Jebel Sarho, entre la culmination du Siroua et celle du Bou Gafer; la cuvette de Skoura, avec ses dépôts dits « oligo-miocènes », en réalité pontiens selon G. Choubert (voir ci-dessus); le « plateau des phosphates » avec ses terrains du Crétacé supérieur et de l'Eocène, dans lesquels se trouvent les gisements de phosphate bien connus de Khouribga.

b) *La transversale soulevée du Bou Gafer-Oulmès*, sur laquelle se trouvent: la culmination axiale du Jebel Sarho dans la région du Bou Gafer; le pli de fond du Maroc central, dans la région d'Oulmès.

c) *La transversale soulevée du Bou Iblane-Tazzeka*, qui passe par: la petite culmination axiale de Gourrama, dans le Haut-Atlas; une série d'affleurements mésozoïques formant une traînée orientée selon la direction NS dans les sédiments « oligo-miocènes » (voir ci-dessus) de la cuvette de la Moyenne-Moulouya; la culmination axiale du Moyen-Atlas dans la région du Bou Iblane, région dans laquelle se trouvent les points culminants du Moyen-Atlas; la boutonnière paléozoïque de Tazzeka, au SW de Taza; la région des Bokkoya (Rif), considérée comme une partie du « bourrelet liminaire africain » (14).

La culmination axiale de la Sierra Nevada, dans les Cordillères bétiques, paraît être située dans le prolongement de cette transversale.

d) *La transversale déprimée de la Moulouya*, sur laquelle sont alignés: la petite dépression axiale du Haut-Atlas, située entre la culmination de Gourrama et celle de Tamlelt; le cours moyen de la Moulouya, à direction subméridienne, entre un point situé à l'aval de Missour et un point situé à l'aval de Guercif; le cours inférieur du Kert. Les affleurements de roches volcaniques récentes, affleurant entre Guercif et le cap des Trois-Fourches, forment une zone très allongée suivant la transversale. Celle-ci vient en quelque sorte se greffer sur celle de la Hammada du Guir-Meknès, et dans la fourche constituée par ces deux transversales vient curieusement s'insinuer la transversale du Bou Iblane-Tazzeka.

IV

Il convient maintenant de nous attarder sur *l'énorme culmination axiale du Haut-Atlas central*, qui fait affleurer les granites précambriens du *promontoire de l'Ouzellarh* jusqu'à l'altitude de 4.000 mètres. Comme on l'a vu ci-dessus, cette culmination est unique, par son importance, dans tout l'Atlas saharien *sensu lato*.

Les recherches géologiques de J. Dresch (10), L. Moret (24), L. Neltner (25) et E. Roch (28, 30) ont mis en lumière le style tectonique du Haut-Atlas central: celui-ci forme un vaste pli de fond, accidenté par de grandes flexures ou fractures en long. Les profils géologiques, établis par les auteurs en question, mettent en évidence, sans contestation possible, l'intensité des phénomènes tectoniques engendrés dans cette région par le plissement *alpin*.

Ce dernier est appelé plissement *atlasique* par la plupart des auteurs de publications géologiques sur le Haut-Atlas; ce néologisme ne paraît guère s'imposer.

Dans le Haut-Atlas central, et particulièrement dans la région du Toubkal, les phénomènes orogéniques alpins ont brisé le vieux matériel hercynien en grandes lames, légèrement chevauchantes localement, qui rappellent, *mutatis mutandis*, la structure des massifs du Mont-Blanc et de l'Aar, dans les Alpes. Il est nécessaire d'insister sur cette comparaison. En effet, de même que les massifs du Mont-Blanc et de l'Aar ont été cassés en long suivant toute une série de lames et de coins, et par suite ont été notablement surélevés — compte tenu de l'élévation qui résulterait d'une compensation isostatique et du *paramorphisme*, selon les vues d'A.-L. Du Toit (12) — de même, toutes choses égales d'ailleurs, le matériel hercynien du Haut-Atlas central a été brisé longitudinalement en lames énormes et ainsi surélevé lors du plissement alpin. Il est bien entendu que les surélévations en question ont été engendrées par l'action conjuguée, du plissement de fond proprement dit d'une part (qui a produit de véritables plis plus ou moins hémicylindriques,

à grand rayon de courbure), et d'autre part des cassures suivant lesquelles se sont élevés les coins et les lames. En ce qui concerne le Haut-Atlas, la représentation très schématique, donnée par P. Despujols (9, fig. 24), offre une idée approchée du phénomène.

Mais, peut-on objecter, la configuration topographique du Maroc au début du plissement alpin — à savoir l'existence de la *dorsale marocaine* dès le Jurassique — ne suffit-elle pas à expliquer la culmination axiale du Haut-Atlas central, sans qu'il soit nécessaire de faire intervenir des actions tectoniques particulièrement intenses dans cette région ? En effet, comme l'écrivait L. Moret (24, p. 236), il y a une quinzaine d'années, « nous voyons donc que, ici encore, s'avère l'existence, au Jurassique et même au Crétacé, d'un massif central haut-atlasique déjà individualisé et émergé, mais alors rattaché au continent africain dont il constituait une avancée septentrionale bordée de golfes et de lagunes ».

Rapprochons de ce texte une citation de R. Laffitte (20, p. 354): « Ainsi l'Atlas saharien, après les plissements hercy-niens, avant les grands paroxysmes tertiaires, constituait un fossé présentant au S de Marrakech une surélévation d'axe et s'abaissant rapidement vers l'W, plus lentement vers l'E. »

Le Haut-Atlas formait donc, à l'aurore des temps alpins, un relief important dans la zone déprimée, située au bord septentrional du continent africain, et de laquelle devait surgir l'Atlas saharien. Autrement dit, le fossé, qui devait donner naissance à l'Atlas saharien, était en quelque sorte interrompu dans la région du Haut-Atlas central par un relief que constituait une avancée du bord nord du continent africain. Nous revenons ainsi à la question posée ci-dessus: ce relief suffit-il, par le simple fait de son existence, à expliquer la culmination axiale du Haut-Atlas central sans l'intervention de phénomènes de déformation plus intenses que dans le reste de l'Atlas saharien ?

Il semble bien que l'on doive répondre par la négative. Revenons sur l'intensité des déformations causées par le plissement alpin dans le Haut-Atlas central. *Le grand accident sud-atlasique*, connu sous des noms divers (4, 21, 33, 34, 35), cette ligne de dislocations continue à travers toute l'Afrique du Nord, qui limite au S l'Atlas saharien et indique, selon l'expression de

P. Russo (cité dans (4)), la séparation directement perceptible entre la masse rigide saharienne et la zone plissée de l'Atlas, témoigne manifestement dans le Haut-Atlas central d'une intensité de déformation inégalée ailleurs le long de l'Atlas saharien. D'autre part, ainsi que J. Dresch (10), L. Moret (24), L. Neltner (25) et E. Roch (28, 30) l'ont montré, la « zone axiale » du Haut-Atlas central est bordée au N par un *accident nord-atlasique*, qui s'amortit fortement à l'W dès la vallée de l'Asif Aït Moussi, et ne se poursuit pas à l'E au delà du méridien de Tinerhir¹. Par ailleurs, nous avons déjà suffisamment insisté sur les grandes fractures longitudinales, qui brisent le Haut-Atlas central en puissantes lames, et qui ne se continuent ni à l'E ni à l'W du massif en question.

A cette intensité de déformation, dont témoigne si manifestement la structure du Haut-Atlas central, s'oppose nettement la faiblesse des plissements, tant dans l'Atlas saharien *sensu stricto* que dans l'Atlas occidental, en bordure de l'Atlantique. Les profils géologiques établis par E. Roch (29, 30) et P. Fallot et E. Roch (17) montrent d'une manière frappante la diminution progressive de l'intensité des phénomènes tectoniques, à mesure que l'on s'éloigne du Haut-Atlas central, vers l'E et vers l'W. Rappelons encore le style tectonique de l'Atlas saharien *sensu stricto*, dont les plis hésitants forment de courts tronçons qui se relayent, en se succédant comme des « chenilles processionnaires », selon l'expression de G.-B.-M. Flamand.

On est donc fondé à tirer la conclusion suivante des faits mentionnés ci-dessus : *le Haut-Atlas représente bien un segment particulièrement déformé, exalté, de l'Atlas saharien.*

V

La position de la grande culmination axiale du Haut-Atlas est fort singulière, si on la considère dans ses relations avec la chaîne alpine du Rif et des Cordillères bétiques. Et quand nous

¹ Bien que situé au S du Haut-Atlas, cette localité est donnée comme un point de repère pratique.

disons « culmination axiale », c'est le Haut-Atlas tout entier — ce segment particulièrement exalté de l'Atlas saharien — ainsi que le pli de fond alpin de l'Anti-Atlas (doublant en quelque sorte le Haut-Atlas), qui sont en cause. Depuis longtemps, en effet, notre attention a été attirée par la singulière disposition structurale suivante :

La transversale de la Hammada du Guir-Meknès est tangente, d'une part à la bordure occidentale de « l'arc de Gibraltar », c'est-à-dire à l'endroit où la chaîne alpine du Rif et des Cordillères bétiques disparaît définitivement lorsqu'on la suit de l'E à l'W, et d'autre part à l'extrémité orientale des segments particulièrement exaltés que constituent les plis de fond alpins du Haut-Atlas et de l'Anti-Atlas.

Autrement dit, sur la même ligne, transversale par rapport à la direction générale des plis alpins, la chaîne du Rif et des Cordillères bétiques disparaît vers l'W, alors qu'apparaît dans la même direction, mais plus au S, une exaltation de l'Atlas saharien (représentée par le Haut-Atlas doublé par l'Anti-Atlas), telle que l'on n'en voit pas d'autre sur toute la longueur de l'Atlas saharien. Cette disposition étrange ne semble guère avoir attiré l'attention jusqu'à maintenant. En 1941, il est vrai, P. Fallot (15) faisait remarquer que le Haut-Atlas et l'Anti-Atlas dépassent à l'W les chaînes du Rif de plusieurs centaines de kilomètres. Mais cet auteur visait alors à démontrer que « les Atlas ne sont donc pas nés d'efforts transmis par la région rifaine ».

L'examen de cette particularité structurale nous a conduit à envisager l'hypothèse suivante :

Tout se passe comme si le système des chaînes alpines du Rif et des Cordillères bétiques cessait d'exister à l'W de la transversale de la Hammada du Guir-Meknès, pour être en quelque sorte relayé plus au S, et à l'W de la transversale en question, par le segment très exalté de l'Atlas saharien que constitue le pli de fond alpin du Haut-Atlas, doublé par le pli de fond alpin de l'Anti-Atlas.

Les considérations exposées ci-dessous nous paraissent donner une base théorique acceptable à cette hypothèse du relais du Rif et des Cordillères bétiques par le Haut-Atlas et l'Anti-Atlas.

Supposons le schéma du grand bloc continental au Carbonifère, tel que l'a imaginé A. Wegener (38) dans son hypothèse des dérives continentales. Il existait à cette époque, selon cet auteur, une mer intérieure — le « Poséidon » de C. Schuchert — entre l'Amérique d'une part, et l'Afrique et l'Europe d'autre part (38, fig. 4). Cette mer intérieure, admise aussi par A.-L. Du Toit (12), constituait la première amorce de l'Atlantique futur, et recoupait — en l'interrompant — le « géosynclinal alpin », à l'W de la région définie actuellement par le détroit de Gibraltar. A partir de cette dernière région, le « bloc africain » dépassait largement l'Eurasie vers l'W, de sorte qu'une des *serres*, bordant le géosynclinal alpin, manquait à l'W du détroit de Gibraltar.

Le rapprochement des serres, mécanisme imaginé pour expliquer la genèse de la chaîne alpine à partir du géosynclinal, ne pouvait donc plus agir sur la bordure septentrionale du continent africain à l'W du détroit de Gibraltar, puisqu'il n'existait là qu'une seule serre, et partant plus de géosynclinal. Par conséquent, et pour autant que l'on admette l'existence du « Poséidon », la chaîne alpine proprement dite (Rif et Cordillères bétiques) ne doit pas se continuer, vers l'W, au-delà du détroit de Gibraltar.

Cependant, sur une certaine distance vers l'W, à partir de la région de Gibraltar, le bord septentrional du continent africain était encore presque normal à la direction de la dérive vers le N du continent en question. Cette incidence favorable aurait théoriquement dû permettre la formation d'une *chaîne liminaire* (1) sur la bordure nord du continent africain, à l'W du détroit de Gibraltar. Cette chaîne liminaire aurait dû s'atténuer progressivement vers l'occident, puis disparaître complètement, par suite de l'inflexion toujours plus marquée du bord continental vers la direction méridienne.

Dans la mesure où l'on admet l'existence du Poséidon, la chaîne alpine devrait donc être relayée par un plissement liminaire du continent africain à l'W de la région de Gibraltar. Or qu'observe-t-on en fait ? La chaîne alpine du Rif et des Cordillères bétiques paraît être effectivement relayée, à l'W de la transversale de la Hammada du Guir-Meknès, par le pli de

fond alpin du Haut-Atlas (représentant une exaltation locale de l'Atlas saharien), doublé par le pli de fond alpin de l'Anti-Atlas. Mais ces plis de fond ne sont pas liminaires; ils sont relativement éloignés de la bordure continentale, sauf à partir de la région de Tiznit (lorsqu'on chemine du NE vers le SW), où l'Anti-Atlas prend réellement le caractère d'une chaîne liminaire.

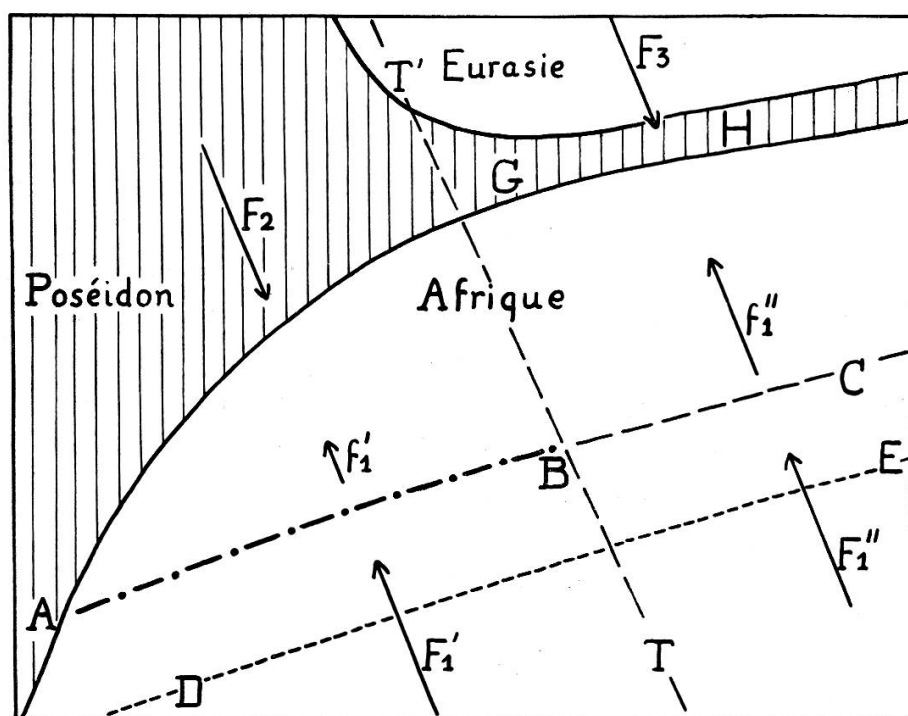
La question se pose donc: Pourquoi la dérive du continent africain vers le N n'a-t-elle pas engendré de plissement véritablement liminaire à l'W du détroit de Gibraltar (c'est-à-dire à l'W de la transversale de la Hammada du Guir-Meknès)? Pourquoi la chaîne alpine du Rif et des Cordillères bétiques est-elle relayée par une exaltation locale de l'Atlas saharien (constituant le pli de fond du Haut-Atlas) et par une reviviscence du pli de fond hercynien de l'Anti-Atlas, lequel avait été arasé avant le début du plissement alpin (5, 6)?

Il est possible de donner une réponse satisfaisante à ces questions, en faisant intervenir l'hypothèse de l'existence d'une *très ancienne disposition structurale*, localisée dans la région où se trouvent actuellement le Haut-Atlas et l'Anti-Atlas. Cette vieille structure aurait rejoué lors du plissement alpin, en provoquant des déformations importantes dont le résultat serait précisément l'érection des plis de fond du Haut-Atlas et de l'Anti-Atlas. Par suite, l'effort alpin, absorbé en majeure partie dans les déformations en question, ne pouvait être transmis que faiblement au N de la zone déformée considérée, c'est-à-dire au N du Haut-Atlas. La chose peut être représentée très schématiquement de la manière suivante:

Les positions relatives du continent africain, de l'extrémité occidentale du continent eurasiatique, du Poséidon et du géosynclinal alpin (GH) sont données. La ligne TT' représente l'emplacement de la future transversale de la Hammada du Guir-Meknès; la ligne ABC représente la situation du futur Atlas saharien, *sensu lato*, le segment AB étant le Haut-Atlas (doublé au S par l'Anti-Atlas).

L'effort provoquant la dérive du continent africain vers le N exerce des forces représentées par les vecteurs F'_1 et F''_1 . Les résistances opposées par le sima sur le bord septentrional du

continent africain, et par l'extrémité occidentale de l'Eurasie (par l'intermédiaire du géosynclinal alpin GH), sont représentées par les vecteurs F_2 et F_3 . La tension interne, résultant dans le continent africain, est à peu près constante le long de lignes DE, normales à F'_1 et F''_1 , tant que l'on se trouve au S de la ligne ABC. Sur le segment AB existe une ancienne structure, qui rejoue au plissement alpin, en absorbant la plus grande



partie de F'_1 , de sorte qu'au N du segment AB un effort minime f'_1 est transmis. Il en résulte des déformations très atténuées au N du segment AB. Par contre, à l'E de la ligne TT', une faible partie de F''_1 est absorbée sur BC (c'est-à-dire dans les faibles plissements de l'Atlas saharien *sensu stricto*), de sorte que l'effort f''_1 , transmis au N de BC, est encore suffisant pour produire les grandes déformations existant dans la zone d'affrontement des blocs africain et eurasiatique, déformations dont le résultat est la genèse de la chaîne alpine du Rif et des Cordillères bétiques.

Si simpliste qu'elle paraisse, cette manière de voir s'accorde remarquablement bien avec un fait très important, déjà signalé

ci-dessus: il s'agit de l'intensité des phénomènes tectoniques alignés sur la transversale du Toubkal. Cette intensité décroît rapidement du SSE (culmination axiale du Haut-Atlas et de l'Anti-Atlas dans la région Toubkal-Siroua) au NNW (bombement des Rehamna). Un phénomène identique peut être observé sur la transversale du Bou Gafer-Oulmès, et, d'une manière générale, dans toute la région située à l'W de la transversale de la Hammada du Guir-Meknès. Par contre, à l'E de cette dernière, les choses se sont passées tout autrement. Les déformations principales se sont produites dans la zone d'affrontement des continents africain et eurasiatique (par l'intermédiaire du géosynclinal alpin), en engendrant la chaîne alpine du Rif et des Cordillères bétiques. Et en effet, à l'E de la transversale de la Hammada du Guir-Meknès, l'intensité des déformations croît du S (plissements très atténués du Haut-Atlas oriental et de l'Atlas saharien) vers le N (plissements majeurs du Rif et des Cordillères bétiques). De cette manière, la chaîne alpine du Rif et des Cordillères bétiques est relayée par les plis de fond alpins du Haut-Atlas et de l'Anti-Atlas, suivant la transversale de la Hammada du Guir-Meknès. Le caractère déprimé de cette transversale est ainsi accentué, par le fait que deux systèmes montagneux se relayent suivant sa direction.

VI

Peut-on se faire une idée de cette prédisposition structurale, qui aurait « bloqué » l'effort alpin dans les plis de fond du Haut-Atlas et de l'Anti-Atlas, à l'W de la transversale de la Hammada du Guir-Meknès ?

G. Choubert (5, 6) a montré récemment qu'il existait un *Anti-Atlas hercynien*, sous la forme d'un pli de fond ayant une envergure et une situation à peu près semblables à celles du pli de fond alpin de l'Anti-Atlas. Comme l'écrit cet auteur (6, p. 70), « la différenciation de l'Anti-Atlas... date de l'une des dernières phases tectoniques hercyniennes, celle de l'érection des plis de fond, déterminée par la prédisposition structurale de leur substratum ancien. C'est elle qui a révélé... le bord du continent

africain, en soulevant son bourrelet frontal en un vaste pli de fond et a fait naître ainsi le véritable Anti-Atlas hercynien ». Cette citation ne laisse aucun doute sur l'existence d'une ancienne disposition structurale, antérieure même au plissement hercynien.

On peut imaginer d'autre part l'existence de très anciennes cassures, localisées dans la région du Haut-Atlas et de l'Anti-Atlas, dirigées selon l'orientation générale des plis de fond en question, et dont l'une d'elles aurait joué lors du plissement alpin, en donnant ce qui constitue le *grand accident sud-atlasique* dans la région considérée. Les immenses épanchements rhyolitiques, qui caractérisent la base du Cambrien dans l'Anti-Atlas, permettent de supposer que l'hypothèse de très vieilles fractures, jalonnant dans cette région le bord septentrional de l'Afrique précambrienne, n'est pas dénuée de tout fondement. Citons G. Choubert (6, p. 65) à ce sujet: « Enfin, il apparaît de plus en plus que les puissants épanchements rhyolitiques de la base du Cambrien, à part quelques rares exceptions telles que le cap Mazagan, ne sont connus que dans les limites du continent africain et font pratiquement défaut dans le domaine atlasique. » Et pour conclure, donnons encore cette définition de J. Dresch (11), relative au grand accident sud-atlasique: « accident... esquissé très anciennement, et qui aurait joué à une époque très récente ». Il importe toutefois de noter que la prédisposition structurale, dont il vient d'être question, ne devait exister — ou, du moins, être bien marquée — que le long du Haut-Atlas et de l'Anti-Atlas actuels, et non le long de l'Atlas saharien tout entier.

VII

Dans l'hypothèse du relais du Rif et des Cordillères bétiques par le Haut-Atlas et l'Anti-Atlas, il faut nécessairement admettre une avance du continent africain vers le N, plus grande à l'E de la transversale de la Hammada du Guir-Meknès (où l'on trouve les nappes du Rif et des Cordillères bétiques) qu'à l'W de la transversale en question (où n'existent plus que les plis de fond des Atlas). Quelques particularités structurales, situées

dans le voisinage de la transversale de la Hammada du Guir-Meknès, permettent d'appuyer cette manière de voir, dans une mesure faible mais non négligeable.

Comme le montre la carte géologique du Maroc (3), le grand accident sud-atlasique subit, au N de Goulmina, une déviation de sa direction, locale mais très nette, vers le NE (alors que cette direction était WSW-ENE plus à l'W). On observe une pareille torsion en plan, vers le NE, dans la direction de certains plis du Haut-Atlas dans la région du Haut-Rhérès. Le Moyen-Atlas montre un phénomène semblable dans la région Timhadit-Tazouta. Ces inflexions, vers le NE, de structures orientées ailleurs selon la direction WSW-ENE, pourraient être considérées comme une sorte d'ajustement de la couverture mésozoïque et tertiaire, à une avance du tréfond paléozoïque vers le N plus grande dans la région de la transversale de la Hammada du Guir-Meknès.

D'autre part, la zone de volcans récents d'Assaka-Timhadit-Outigoui, très allongée suivant la transversale de la Hammada du Guir-Meknès, pourrait fort bien être l'expression superficielle d'une sorte de *décrochement de fond*, en rapport avec ce qui vient d'être dit, et dans lequel des venues éruptives se seraient insinuées par la suite. Nous rejoignons ainsi l'idée de P. Russo (32), qui considère cet alignement de volcans comme l'indice d'une fracture profonde. Il est vrai que, comme le dit Henri Termier (37, p. 1504), « ... il importe de remarquer que les fractures invoquées restent hypothétiques et n'ont jamais été directement observées ». Citons encore H. Termier (37, p. 970: « L'auteur ¹ pense que les venues éruptives jalonnent de grandes cassures produites par l'avancée générale de l'Afrique vers le N. Je me rallie à cette conception si naturelle tout en faisant remarquer que les fractures invoquées restent entièrement hypothétiques: ni G. Dubar ni moi n'avons pu les rendre manifestes sur la « carte géologique du Moyen-Atlas ». Peut-être ne sont-elles pas arrivées à jour ? Il faut, pour être fixé sur leur existence en profondeur, attendre l'étude géophysique de la région. »

¹ Il s'agit de P. Russo.

Revenons maintenant à un fait déjà mentionné ci-dessus : la transversale de la Hammada du Guir-Meknès se trouve dans le prolongement du *sillon de la Saoura*, qui formait, au Paléozoïque, une zone affaiblie dans le continent africain. Ce sillon séparait deux blocs : le Sahara occidental, dont le tréfond précambrien apparaît largement dans l'anticlinal de fond de Yetti-Karet-Eglab, et dont la fine pointe vers le N était sans doute représentée par le *promontoire de l'Ouzellarh*; le Sahara oriental, dont l'ossature ancienne affleure dans la région du Hoggar, entre autres (2). Déjà, lors des plissements hercyniens, une chaîne de direction « armoricaine » (NW-SE) était née sur l'emplacement du sillon de la Saoura : c'est la *chaîne d'Ougarta*, étudiée par N. Menchikoff (22). Henri Termier fait remarquer fort justement à ce sujet (37, p. 675) : « On peut imaginer qu'un rapprochement s'est produit entre le socle précambrien du Sahara occidental-Maroc méridional et la masse précambrienne du Sahara oriental. L'effet de ce rapprochement aurait plissé la partie occidentale du sillon de la Saoura et ainsi donné naissance aux chaînes d'Ougarta. Mais il est bien entendu qu'il ne s'agit là que d'une simple vue de l'esprit. » On nous permettra d'ajouter que toutes les théories orogéniques ne sont que « des vues de l'esprit ». Quoi qu'il en soit, il est vraisemblable que cette zone affaiblie, qu'était le sillon de la Saoura au Paléozoïque, ait pu jouer encore un certain rôle lors du plissement alpin, en permettant l'amorçage du décrochement de fond hypothétique, dont la trace serait jalonnée par les volcans de la zone Assaka-Timhadit-Outigoui.

VIII

Notre hypothèse du relais de la chaîne alpine du Rif et des Cordillères bétiques par le Haut-Atlas et l'Anti-Atlas est en relation intime avec le fameux « problème de Gibraltar », ainsi qu'il ressort de l'exposé fait ci-dessus. On connaît les diverses manières de voir qui s'affrontent au sujet de l'interprétation tectonique de « l'arc de Gibraltar ». Notre hypothèse est en accord avec les vues de P. Fallot (14, 16) et M. Blumenthal, dont les recherches approfondies font autorité en la matière.

Pour ces auteurs, en effet, les chaînes du Rif ne sont pas la continuation des Cordillères bétiques par une torsion en plan formant un demi-cercle (« l'arc de Gibraltar »); mais le Rif et les Cordillères bétiques ne se poursuivent pas non plus sous l'Atlantique, jusqu'en Amérique, ainsi que le voudrait R. Staub (36). Il convient de rappeler ici la notion si féconde, introduite par P. Fallot (13), du *bourrelet liminaire du continent africain*, cette sorte de pli de fond constitué par le Bétique de Malaga et le Paléozoïque rifain, et qui est en somme *un massif intermédiaire* situé entre les Cordillères bétiques (analogues aux « Alpides ») et le Rif (semblable aux « Dinarides »). L'arc de Gibraltar ne serait que l'expression, fort complexe assurément, de la terminaison périclinale, vers l'W, du bourrelet liminaire africain et des deux chaînes (Cordillères bétiques et Rif) qui le bordent au N et au S. Citons P. Fallot à ce propos (14, p. 499): « Je crois que la raison des dislocations... comme le mécanisme de la répartition des faciès en Espagne méridionale ou en Afrique du Nord, peuvent trouver temporairement une explication dans cette notion du bourrelet liminaire et de sa terminaison occidentale à hauteur de Gibraltar. »

IX

Revenons maintenant à la terminaison occidentale du Haut-Atlas et de l'Anti-Atlas.

Dans la région Agadir-Mogador, le Haut-Atlas, plongeant axialement à partir de la culmination du Toubkal, s'atténue considérablement avant de disparaître sous l'Atlantique. Les profils géologiques d'E. Roch (29) montrent clairement le peu d'intensité des plissements dans cette région.

Or, sur une ligne passant par Agadir et la région élevée du Lkst (Anti-Atlas), où l'on voit les quartzites du Précambrien culminer encore à une altitude de près de 2400 mètres, c'est-à-dire sur un « diamètre de poussée » alpin, l'Anti-Atlas forme toujours un puissant pli de fond, qui ne s'affaiblit vraiment, vers le SW, qu'à partir de la région de Goulimine. Ce pli de fond finit par disparaître complètement dans le Rio de Oro.

Le Haut-Atlas paraît être ainsi relayé, sur une certaine dis-

tance, par l'Anti-Atlas, qui longe alors l'Atlantique et présente de ce fait le caractère d'une chaîne liminaire. Il faut noter qu'à partir du méridien de Taroudant, la direction générale de l'Anti-Atlas s'infléchit vers le SW, c'est-à-dire parallèlement à l'orientation de la bordure continentale.

Ainsi se terminerait en échelons, vers l'occident, sur le sol marocain, le plissement alpin à l'extrémité W des blocs eurasien et africain.

*Université de Genève.
Laboratoire de Géologie.*

PRINCIPAUX OUVRAGES CONSULTÉS

1. ARGAND, E., La tectonique de l'Asie. *Compte rendu XIII^e congrès géol. international*, 1922, p. 171.
2. *Carte géologique internationale de l'Afrique*, feuille n° 1, 1936.
3. *Carte géologique du Maroc au 1/1 500 000^e*. Serv. Mines et Carte géol. Maroc, 1936.
4. CHOUBERT, G., Signification tectonique du seuil du Siroua et du bloc oriental du massif central du Haut-Atlas. *Bull. Soc. Sc. nat. Maroc*, 1942, p. 126.
5. ——— Note au sujet du terme « Anti-Atlas » (Essai de synthèse géologique). *Revue géogr. marocaine*, 1943.
6. ——— Quelques réflexions sur la terminaison orientale de l'Anti-Atlas. *Bull. Soc. Sc. nat. Maroc*, 1943.
7. ——— Sur la découverte de *Collenia* dans le Précambrien de l'Atlas oriental. *C. R. S. Soc. géol. France*, 1945.
8. ——— et E. ENNOUCHI, Premières preuves paléontologiques de la présence du Pontien au Maroc. *C. R. S. Soc. géol. France*, 1946, p. 207.
9. DESPUJOLS, P., Note de géologie dynamique. *Mém. Serv. géol. Maroc*, n° 60, 1942.
10. DRESCH, J., *Recherches sur l'évolution du relief dans le massif central du Grand-Atlas, le Haouz et le Sous*. Arrault & C^{ie}, Tours, 1941.
11. ——— Stratigraphie et paléogéographie de l'Afrique du Nord. *Annales géogr.*, 1942. (Cité dans *Chronique des Mines coloniales*, juillet 1943.)
12. DU TOIT, A.-L., *Our wandering continents*. Oliver and Boyd, Edinburgh and London, 1937.
13. FALLOT, P., Essai de définition des traits permanents de la paléographie secondaire dans la Méditerranée occidentale. *Bull. Soc. géol. France*, 1932, p. 533.
14. ——— Essai sur la géologie du Rif septentrional. *Mém. Serv. géol. Maroc*, n° 40, 1937.
15. ——— Relations entre les Atlas et le Rif. *C. R. Acad. Sc. Paris*, 1941, t. 212, p. 995.

16. FALLOT, P., Le problème de Gibraltar. *C. R. Acad. Sc. Paris*, 1945, t. 220, p. 611.
 17. — et E. ROCH, Observations géologiques entre Midelt et Ksar-es-Souk (Maroc oriental). *Bull. Soc. géol. France*, 1932, p. 337.
 18. GIGNOUX, M., *Géologie stratigraphique*, 2^e édition. Masson & C^{ie}, Paris, 1936.
 19. HAUG, E., *Traité de géologie*, vol. II. Armand Colin, Paris, 1908-1911.
 20. LAFFITTE, R., Etude géologique de l'Aurès. *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, 1939.
 21. — Les plissements post-nummulitiques dans l'Atlas saharien. *Bull. Soc. géol. France*, 1939, p. 135.
 22. MENCHIKOFF, N., Recherches géologiques et morphologiques dans le Nord du Sahara occidental. *Rev. géogr. phys. et géol. dynam.*, 1930, p. 103.
 23. — A propos des Stromatolites du Sud marocain. *C. R. S. Soc. géol. France*, 1945.
 24. MORET, L., Recherches géologiques dans l'Atlas de Marrakech. *Mém. Serv. géol. Maroc*, n° 18, 1931.
 25. NELTNER, L., Etudes géologiques dans le Sud marocain. *Mém. Serv. géol. Maroc*, n° 42, 1938.
 26. PARÉJAS, E., La tectonique transversale de la Turquie. *Rev. Fac. Sc. Univ. Istanbul*, 1940, p. 133.
 27. — La tectonique transversale et les gisements de pétrole. *Arch. Sc. phys. nat. Genève*, 1945, p. 79.
 28. ROCH, E., Etudes géologiques dans la région méridionale du Maroc occidental. *Mém. Serv. géol. Maroc*, n° 9, 1930.
 29. — Notice explicative des cartes géologiques des Abda et des Djebilet occidentales, de la zone synclinale de Mogador et de l'Atlas occidental. *Mém. Serv. géol. Maroc*, n° 13, 1931.
 30. — Description géologique des montagnes à l'Est de Marrakech. *Mém. Serv. géol. Maroc*, n° 51, 1939.
 31. ROSIER, G., Sur quelques particularités de la structure géologique du Maroc. *C. R. Soc. phys. hist. nat. Genève*, 1946, p. 21.
 32. RUSSO, P., Observations sur la signification tectonique des volcans marocains. *Bull. Soc. géol. France*, 1930, p. 133.
 33. — P. et L., Le grand accident sud-atlasien. *Bull. Soc. géol. France*, 1934, p. 375.
 34. — P. et L., Nouvelles observations sur le grand accident sud-atlasien. *Bull. Soc. géol. France*, 1939, p. 691.
 35. — P., Recherches sur le contact entre la Berbérie et le Sahara. *Bull. Soc. géol. France*, 1940, p. 153.
 36. STAUB, R., *Der Bewegungsmechanismus der Erde*. Borntraeger, Berlin, 1928.
 37. TERMIER, H., Etudes géologiques sur le Maroc central et le Moyen-Atlas septentrional. *Mém. Serv. géol. Maroc*, n° 33, 1936.
 38. WEGENER, A., *La genèse des continents et des océans*. Nizet & Bastard, Paris, 1937.
-