WILEY

Géographie Physique de l'Ouest du Maroc

Author(s): John Frödin

Source: *Geografiska Annaler*, Vol. 4 (1922), pp. 58-76

Published by: Wiley on behalf of Swedish Society for Anthropology and Geography

Stable URL: <http://www.jstor.org/stable/519735>

Accessed: 27-06-2016 08:44 UTC

Your use of the JSTOR archive indicates your acceptance of the Terms & Conditions of Use, available at

<http://about.jstor.org/terms>

JSTOR is a not-for-profit service that helps scholars, researchers, and students discover, use, and build upon a wide range of content in a trusted digital archive. We use information technology and tools to increase productivity and facilitate new forms of scholarship. For more information about JSTOR, please contact support@jstor.org.

Wiley, Swedish Society for Anthropology and Geography are collaborating with JSTOR to digitize, preserve and extend access to *Geografiska Annaler*

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE DE L'OUEST DU MAROC.

PAR *JOHN FRÖDIN.*

Pendant les mois d'avril—juillet 1921, j'ai entrepris dans l'ouest du Maroc un voyage d'exploration subventionné par la Société suédoise d'Anthropologie et de Géographie, qui m'avait attribué la bourse de la Véga. Je suis parti de Casablanca pour Marrakech, et de là, par les Hauts Plateaux, j'ai gagné Amismiz, au pied du Haut Atlas. De ce point, j'ai pénétré dans la chaîne de montagnes le long de la vallée de l'oued Amismiz jusqu'à Imin-Tala, Anerni et la région de Djebel Erdouz. Ensuite j'ai exploré la vallée de l'oued Nfis jusqu'à un certain point situé un peu en amont de Tagadirt n'Bourd, après quoi j'ai longé le bord méridional du plateau de Kik jusqu'à Asni dont j'ai parcouru les environs depuis la région de l'arête la plus élevée de l'Atlas jusqu'à Tahanaout. Revenu à Marrakech par la Plaine de Haouz, je l'ai retraversée environ 100 kilomètres plus à l'est jusqu'à Demnat au pied de l'Atlas. De là, j'ai exploré les vallées voisines de la chaîne de montagnes.

Durant mes recherches de géographie botanique, j'ai eu aussi l'occasion de faire certaines observations sur la morphologie des régions que j'ai visitées. Ces observations portent donc à la fois sur la Meseta marocaine avec la plaine de Marrakech, que j'ai traversée dans trois directions, et sur le Haut Atlas, dont j'ai visité le versant nord dans deux sections différentes: d'une part les environs de Demnat et d'autre part l'espace de 50 kilomètres qui sépare les sommets les plus élevés de la chaîne: le Djebel Likoumt et le Djebel Ogdimpt. N'ayant pas retrouvé certaines de ces observations dans les ouvrages que j'ai eus à ma disposition, j'ai jugé utile de les publier ici, et je saisis l'occasion de présenter en même temps à la Société suédoise d'Anthropologie et de Géographie, dont la libéralité m'a permis de faire ce voyage, l'hommage de ma profonde gratitude.

On sait que l'Atlas marocain diffère de la plupart des chaînes de la zone des plissements tertiaires en Europe en ce que ses plis sont rectilignes. Leur direction ne fournit donc pas d'indication pour décider d'où la force plissante est venue. Un coup d'œil sur l'inclinaison des couches donne par contre de meilleurs

résultats. Gentil constata en effet (10, p. 56; 9, p. 141) que les anticlinales de la partie occidentale de l'Atlas sont déversées et inclinent vers NW. Il pensa donc d'abord que le plissement s'était fait par un déplacement tangentiel de la table saharienne dans cette direction, et en même temps la partie intermédiaire aurait été pressée en haut vers le Plateau marocain situé au nord. Celui-ci aurait ainsi servi de terrain de résistance au plissement, c'est-à-dire qu'il aurait joué, dans la formation de l'Atlas, le même rôle qu'avait joué, selon Theobald Fischer, la Meseta ibérique au moment du plissement tertiaire de la Sierra Nevada.

Gentil a cependant fait remarquer plus tard que la pénélaine paléozoïque qui forme l'ossature de la Meseta marocaine est située notablement plus bas que la pénélaine correspondante au sud de l'Atlas. Le système des plis est en outre relativement simple dans ce massif montagneux. Les selles et les synclinales y sont plates, et les chevauchements y manquent pour ainsi dire tout à fait. Le distingué savant estime donc (10, p. 57; 9, p. 142) que la formation des plis de l'Atlas s'explique assez en admettant que la Meseta marocaine, en s'affaissant par rapport au plateau saharien, s'en est en même temps rapprochée un peu. Le mouvement plissant a donc eu son point de départ au nord, et le plateau saharien lui a servi de terrain de résistance.

La Meseta marocaine, c.-à-d. tout le plateau compris entre le Haut Atlas et l'Océan Atlantique, fut divisée déjà par Fischer en deux étages: la plaine littorale et le plateau intérieur ou supérieur (7, p. 365). La première s'étend le long de la côte sur une distance de 700 kil. et a une largeur maxima de 80 kil. Le géographe allemand en conçoit la limite du côté de l'Océan Atlantique comme étant une ligne de dislocation, tandis que Gentil, estimant que le bras de mer qui sépare le Maroc des îles Canaries a été formé par l'érosion de la mer (10, p. 228), le considère évidemment comme une côte d'abrasion. Aux endroits où j'ai eu l'occasion de l'observer, c'est bien ainsi qu'il en est certainement.

L'altitude du plateau littoral varie d'après Fischer de 30 à 250 mètres, et aux deux endroits où je l'ai traversé, entre Rabat et Casablanca et puis au sud de cette dernière ville, je l'ai trouvé plan et uni comme un parquet. C'est, d'après Gentil (10, pp. 177, 231), une surface d'abrasion formée par la mer tertiaire et recouverte de ses dépôts. Il est limité au SE par le bord du plateau supérieur, considéré par ce savant comme étant un abrupt d'abrasion et qui comporte des descentes raides de plus de 100 mètres de hauteur.

Le plateau supérieur est beaucoup moins uniforme que la plaine littorale. Ceci tient à ce qu'il a été exposé beaucoup plus longtemps à la dénudation. La variabilité de la force de résistance des différentes espèces de roche qui le composent a trouvé ici son expression dans les différentes formes du terrain. Ainsi le plateau dit de Settât, à 70 kil. au sud de Casablanca, a du côté de la plaine littorale une descente d'abrasion d'un modelé exceptionnellement mou. Cette particularité,

de même que la configuration doucement ondoyante de la surface du plateau, dépend évidemment des marnes dont il est formé. Plus loin au sud, de l'autre côté de la vallée de Rebia, j'ai traversé par contre des plaines uniformément horizontales. Aussi le soubassement rocheux consiste-t-il, selon Gentil, en des couches horizontales de calcaire crétacé. (10, p. 56.)

A 45 kil. environ au sud de Rebia, se dressent cependant au-dessus de la plaine uniforme une série de hauteurs nommées les Djebilet. Lorsqu'on y pénètre, on constate qu'elles forment tout un système de montagnes. D'après les cartes existantes, ce massif s'étend parallèlement au cours moyen du Tensift et jusqu' à une distance N de ce fleuve d'environ 10 à 15 kil., E ou ENE, au delà de Marrakech vers le prolongement le plus occidental du Moyen Atlas. La largeur de cette zone varie entre 5 et 17 kil. La hauteur des monts au-dessus du sol environnant est assez variable. Elle ne semble pas dépasser 150 mètres à l'ouest, mais à l'est du chemin de fer, les sommets s'élèvent jusqu'à 400 mètres au-dessus du fond des vallées. Le Djebel Tekzim est le point culminant ici avec une altitude absolue de 1057 mètres.

Les montagnes et les mamelons de cette zone, longue d'environ 100 kil., consistent en des schistes précambriens, des quartzites et des calcaires dont les couches fortement redressées et plissées sont quelquefois même verticales. Selon Brives et Braly, les plis suivent généralement la direction N 20° E (3, p. 58); Lemoine a fait la même remarque (14, p. 200). Dans la petite montagne de Koudial el Abid, à 4 kil. NNW de Marrakech (v. fig. 1), Brives a constaté une direction NE (2, p. 389). Dans le Djebel Guélit, à quelques kilomètres au sud de la précédente, je suis arrivé au même résultat.

Ces couches plissées sont les restes d'une chaîne de montagnes ancienne qui, d'après Gentil, s'étendait de la partie occidentale du plateau saharien vers NNE jusqu'aux Chaouia. Là elle se divisait en deux systèmes dont l'un prenait la direction NNW et l'autre, avec une direction NE, s'étendait jusqu'au Moyen Atlas actuel (9, p. 140). Comme direction, cette chaîne correspondait donc au système armoricain-varisque de l'Europe centrale, avec lequel elle concordait encore au point de vue de l'âge, car elle aussi se plissa immédiatement après la fin du carbonifère inférieur. Elle s'effondra ensuite sous l'influence de la dénudation continentale et se transforma en pénéplaine. Celle-ci forme l'ossature même de la Meseta marocaine et sur elle furent déposées les couches horizontales discordantes actuelles, qui datent des époques permienne, triasique et crétacée.

Les Djebilet doivent donc être considérés comme étant formés de restes provenant de l'ancienne montagne plissée; n'étant pas arrivés, grâce à leur force de résistance supérieure, à se dénuder complètement, ils ont pu émerger au-dessus de la pénéplaine, lorsque celle-ci fut recouverte plus tard de couches récentes. La question de savoir jusqu'où ces couches sont montées ne semble pas encore

avoir été résolue. Elle est cependant d'une haute importance géographique. Car, si la surface crétacée a dépassé une fois la ligne de crête de la zone des Djebilet, la direction première du drainage a dû être NW, et alors la préparation des Djebilet n'aura été effectuée que plus tard. La dépression du Tensift qui, coulant parallèlement à cette chaîne de montagnes, la sépare de l'Atlas, doit donc être considérée comme une vallée subséquente. Les cartes existantes ne fournissent guère d'indications utiles pour décider s'il existe dans les Djebilet des vallées d'érosion abandonnées marquant une autre direction de drainage plus ancienne.

La variabilité de la force de résistance des couches paléozoïques se reflète quelquefois dans la configuration des montagnes des Djebilet. Brives constata ainsi (2, p. 329) que le Koudiat el Abid est composé de calcaire carbonifère et de schistes précambriens, et que l'abrupt hardi, donnant sur NW, que présente la crête de la montagne, tient à ce que celle-ci est formée par un calcaire dur, tandis que la pente plus douce située en dessous consiste en un schiste peu résistant. Le flanc SE plus escarpé est formé par contre entièrement de calcaire, et son angle d'inclinaison correspond au degré de déclivité des couches calcaires. Le Djebel Guélitz déjà nommé est, en son entier,

Fig. 1. Koudiat el Abid, montagne de désert à Marrakech.

composé de calcaire, dont on se sert actuellement sur une grande échelle pour les travaux de construction de la grande ville voisine. Dans une carrière au pied de la montagne, j'ai constaté que les couches de calcaire, inclinant vers SE, se prolongent au-dessous de la plaine environnante, où elles ont été recouvertes, d'une manière discordante, par la roche conglomérée rouge qui forme la partie supérieure du soubassement rocheux de la plaine. Elle a été retrouvée en effet par Brives dans le lit de l'oued Nfis (3, p. 58) et par moi-même à Marrakech. Ces roches semblent être attribuées par Brives au crétacé.

J'ai traversé la zone des Djebilet, d'abord le long de la route de Casablanca—Marrakech et puis en suivant le chemin qui, au nord, réunit cette dernière ville avec Demnat; celui-ci passe en effet par un prolongement sud plus étroit de cette chaîne. Les monts présentent des formes assez variées: tantôt ils s'élèvent

p. ex. comme des cônes unis et réguliers, tantôt ils forment des arêtes courtes et droites. Un trait qu'ils ont toutes en commun, c'est que leurs flancs sont recouverts d'un manteau de matériaux de désagrégation, qui monte souvent même jusqu'aux sommets, conférant ainsi à toutes les formes des monts un modelé plus adouci qu'autrement ils ne présenteraient pas. (V. fig. 1.) Cette particularité tient à ce que la région en question est parmi les parties les plus sèches de la Meseta marocaine. Durant les six mois de l'été, du moins, c'est le climat du désert. Cela entraîne un réchauffement et un refroidissement considérables de même qu'une désagrégation mécanique intensive. La quantité insignifiante des eaux tombées ne suffit pas pour charrier les matériaux désagregés, qui s'accu-

Fig. 2. Amismiz au pied du Haut Atlas.

mulent par conséquent sur les versants des montagnes. Au point de vue morphologique, ces montagnes sont donc de véritables monts désertiques.

Toutefois, aussi bien au sud qu'au nord de la zone des Djebilet, la Meseta est une région tabulaire d'origine mésozoïque et reposant sur la pénéplaine sub-mésozoïque. La partie sud (comprise entre les Djebilet et l'Atlas) est un plateau à inclinaison unilatérale, puisque son fleuve principal le Tensift coule le long du bord nord du plateau au pied des Djebilet. De cette ligne, dont le niveau varie entre 300 et 450 mètres, sa surface monte doucement vers l'Atlas, de sorte que, 60 kil. plus loin au sud, au pied de ce massif, elle atteint une altitude d'environ 1,000 mètres. Cette inclinaison unilatérale est de la plus haute importance. Car,

grâce à elle, tous les cours d'eau de l'Atlas traversent le plateau dans toute sa largeur pour déboucher enfin dans le Tensift. Ainsi, la région, dont le climat est steppique ou désertique, peut, par un arrosage artificiel, être, en son entier, rendue propre à la culture. On est donc fondé à appeler, avec Fischer (7, p. 371), cette partie supérieure de la meseta: *la zone des oasis subatlantiques*.

Ceci a cependant entraîné des conséquences d'une importance en quelque sorte morphologique. Car, s'il est vrai que les cours d'eau de l'Atlas sont assez riches en eau lorsqu'ils débouchent dans la plaine, ils se divisent là en plusieurs bras, à la manière d'un delta, et, lorsque, de plus, une grande partie est conduite, par des rigoles d'arrosage, dans la plaine, la quantité d'eau de chaque bras se réduit tellement que, pendant la saison des grandes chaleurs, seuls les plus grands d'entre eux

Fig. 3. Massif dans le Haut Atlas entre Djebel Ogdimt et Anerni.

parviennent jusqu'au lit principal du Tensift. La force de l'eau devient de la sorte si insignifiante que les cours d'eau n'ont pas encore pu entamer le plateau d'une manière appréciable. Ce n'est qu'aux endroits où ils en franchissent un des bords qu'ils y ont pu creuser quelques courts ravins. La seule exception notable à cette règle est formée par l'oued Nfis, qui partant du pied de l'Atlas parcourt un ravin long d'environ 30 kil. et presque ininterrompu, qu'il quitte dans les environs de Tameslouth.

Tandis que les formes de dénudation arides dominant ainsi dans le plateau supérieur de la meseta, et que les formes fluviales y sont assez effacées, il en est tout autrement, lorsqu'on franchit la limite de l'Atlas. Ses puissantes chaînes tertiaires se dressent avec leurs flancs escarpés sans transition au-dessus de la plaine, et déjà les versants qui regardent celle-ci sont sillonnés par de nombreuses rigoles d'érosion. (V. fig. 2.) A l'intérieur de ce système montagneux, le cas est le même à presque tous les niveaux. (V. fig. 3.) Non seulement les puissants cônes formés de matériaux de désagrégation qui couvrent les parois des vallées sont ainsi sillonnés par l'eau ruisselante. Mais on trouve de véritables colonnes et cônes d'érosion — comme celui, p. ex., que j'ai rencontré en bas du plateau

Kik, à 3 kil. W d'Asni — qui attestent que des séries de couches d'une tout autre nature et de dimensions toutes différentes y ont disparu grâce à l'eau ruis-selante. (V. fig. 4.) Sous ce rapport, l'Atlas contraste donc décidément avec les Djebilet qui manquent de ces formes d'érosion et ne présentent que des formes de terrains arides, ce qui s'explique évidemment par le fait que le premier de ces massifs, par son altitude plusieurs fois supérieure, intercepte une quantité d'autant plus considérable de l'humidité envoyée par l'Atlantique sur l'Afrique. Ce fait

Fig. 4. Cône d'érosion, d'une hauteur d'environ 70 m, à Asni dans le Haut Atlas.

se constate même pendant la saison des grandes chaleurs. Encore au mois de juillet, j'ai souvent vu de Marrakech l'Atlas couvert de nuages pendant des journées consécutives entières, tandis que le Haouz (Plaine de Marrakech) durant des semaines était accablé des brûlants rayons du soleil. Dans l'Atlas, les matinées étaient habituellement claires, mais aussitôt que le vent de mer commençait à souffler, des nuages s'amoncelaient autour des cimes les plus élevées. (V. fig. 5.)

Même considéré à un point de vue général, le climat humide exerce une grande influence sur les formes du terrain. Les vallées des fleuves sont, d'après Gentil (10, pp. 206—207), bien souvent conditionnées tectoniquement, mais leur largeur et leur profondeur montrent la force de l'érosion fluviale. Ceci s'applique surtout

au flanc NW du système montagneux. Le distingué savant a démontré que dans l'Atlas la ligne de partage des eaux entre le Plateau saharien et la Meseta marocaine s'est reportée vers SE et que les parties supérieures des vallées drainées auparavant dans la direction du Sahara envoient maintenant leurs eaux vers NW. Gentil attribue ce phénomène au fait que le Haouz est situé plusieurs centaines de mètres plus bas que le Plateau saharien et que les cours d'eau allant vers NW ont par conséquent une inclinaison et en même temps une force hydraulique plus grandes que ceux qui vont vers le Sahara. Mais dans la même direction il faut tenir compte aussi de ce que le versant NW reçoit certainement une quantité d'eau tombée beaucoup plus considérable que l'autre versant (10, pp. 209—210).

Fig. 5. Nuages au-dessus de la chaîne principale du Haut Atlas.

Si donc les formes de terrain du climat humide jouent le plus grand rôle sur le versant NW de l'Atlas, on constate là encore que les vallées fluviales sont d'une nature assez variable. Gentil fait ressortir (10, p. 307) que, dans le massif, les fleuves parcourent des vallées longitudinales longues et larges, et qu'ils débouchent dans la plaine par des vallées transversales étroites. En ce qui concerne les parties du massif que j'ai visitées, je puis confirmer cette assertion. Ainsi j'ai constaté que l'oued Amismiz parcourt une vallée comparativement ouverte et étalée (l'Anougal) entre Imin Tala et Ait Ahmed, mais qu'il se jette, en ce dernier endroit, dans un ravin très étroit et probablement d'une profondeur dépassant 100 mètres, au sortir duquel, 3 ou 4 kilomètres plus loin au nord, il débouche dans la plaine. Mais j'ai observé aussi que ce ravin était creusé dans le fond d'une autre vallée plus large, prolongeant la section sud de la vallée. D'une manière analogue, la gorge par laquelle l'oued Nfis atteint la plaine semble être située dans le fond d'une autre vallée plus large. Et le beau ravin parcouru par l'Assifn Tissilt entre Demnat et le pont naturel semble également avoir été creusé dans le fond d'une vallée plus large et plus ancienne.

Il semblerait donc que les gorges ou ravins ("kheneg"), par lesquels les fleuves de l'Atlas se fraient un chemin vers la meseta, aient été formés par un affaissement récent du niveau de base général. Maintenant, comme je viens de le dire, la surface de la plaine du Haouz forme, provisoirement, le niveau de base de tous

les cours d'eau de l'Atlas prenant cette direction. D'un autre côté, Gentil, Brives et d'autres ont fait ressortir que le Haouz est séparé de l'Atlas par une ligne de dislocation, le long de laquelle, d'après le premier de ces savants (10, p. 46), un affaissement de la plaine du Haouz a eu lieu après la formation tertiaire de la chaîne de l'Atlas. Il se peut qu'une partie de cet affaissement se soit produite si tard que cela ait entraîné un renouvellement de l'érosion verticale des fleuves des montagnes dans le fond des anciennes vallées d'érosion.

En dehors de la morphologie fluviale fournie de la sorte par l'Atlas, on pourrait soupçonner que, vu la grande altitude de ce massif au-dessus de la mer, on pourrait y constater certains traits de nature glaciaire. Il est vrai qu'actuellement il ne doit plus y avoir de glaciers dans l'Atlas. Gentil prétend même, à l'encontre de Foucauld et de Thomson (10, pp. 265, 266), qu'il n'y a guère de champs de neige permanents d'une étendue importante, ce qui est probablement exact. Cependant vue de Marrakech, la chaîne de l'Atlas se présentait en avril 1921 comme une crête neigeuse continue et en mai j'ai observé des massifs isolés portant de grands champs de neige même à un niveau assez peu élevé (v. figg. 3, 5); mais au moment de quitter Marrakech, vers la fin du mois de juillet, je ne pouvais plus découvrir que des champs de neige insignifiants sur les sommets les plus élevés, et après un autre mois de chaleur estivale il ne devait guère en subsister grand' chose.

Il reste donc la possibilité fort plausible que des glaciers aient existé auparavant dans l'Atlas. Gentil le croit probable, mais il affirme aussi que la nature glaciaire des traces mentionnées antérieurement n'a point été prouvée (19, p. 268.). Il dit avoir rencontré lui-même des formes d'érosion pouvant être glaciaires, bien qu'il ne puisse se prononcer là-dessus avec certitude. Aux formations de ce genre semble cependant appartenir une belle niche que je vis dans une vallée sur le versant NW de la chaîne principale de l'Atlas, dans le voisinage du Djebel Likoumt à 15 kil. environ au SE d'Asni (v. fig. 5.). Brives mentionne aussi un "cirque grandiose" en parlant de cette montagne (2, p. 391).

Mais, pour ce qui est du reste, il faut avouer que les formes purement glaciaires semblent rares dans l'Atlas, du moins dans les parties du massif que j'ai vues. Je ne crois cependant pas, d'un autre côté, qu'on soit fondé à tirer de l'absence de ces formes des conclusions sur l'étendue d'une glaciation antérieure. Une glaciation de longue durée pourrait seule avoir eu une importance morphologique sérieuse et profonde pour la contrée. Il semble d'ailleurs que les formes glaciaires, surtout lorsque, comme c'est le cas ici, il s'agit de niveaux plutôt élevés, soient d'une nature assez périssable. M. Högbom a démontré ainsi (13, p. 102) que la topographie des Alpes scandinaves a subi un changement total pendant le court laps de temps écoulé depuis la fin de l'époque glaciaire. Sur les niveaux autrement plus élevés de l'Atlas, les variations de la température ont dû être

beaucoup plus considérables et la formation de matériaux meubles semble avoir été bien plus intensive. Il est donc bien possible que toute une partie des formes glaciaires aient été déjà détruites ici, ou bien qu'elles soient enfouies sous les puissants cônes de matériaux de désagréation des versants montagneux.

Sous ce rapport on doit considérer l'étude *des sédiments glaciaires* comme devant donner de meilleurs résultats. C'est qu'ils proviennent, d'abord, de glaciers même de courte durée, et puis qu'ils se forment même à des niveaux plus bas que celui

Fig. 6. Blocs sur le plateau situé au-dessus d'Asni dans le Haut Atlas.

de la topographie rocheuse glaciaire. Ils sont par conséquent moins sujets à être détruits, et ils offrent, en outre, un témoignage plus sûr pour décider jusqu'à quel niveau les glaciers en question sont descendus. Il suffit enfin pour leur identification qu'une petite partie seulement en soit examinée.

Dans les ouvrages que j'ai eus à ma disposition, je n'ai pas trouvé mention de formations de cet ordre appartenant à l'Atlas. Il se peut cependant qu'on doive ranger dans cette catégorie les blocs de conglomérat permien le long de la route de Bibaoun, mentionnés par Gentil (10, p. 185). Au même genre appartiennent également les blocs nombreux, mesurant jusqu'à 5 mètres de diamètre, que j'ai

trouvés semés sur le plateau situé au-dessus et au SE d'Asni, de même que sur le versant qui le surmonte (v. fig. 6.). On pourrait supposer que ceux qui se trouvent sur le versant y ont été apportés par un éboulement venu d'en haut. Malheureusement le temps trop mesuré dont je disposais ici ne m'a pas permis de rechercher si tous les blocs étaient composés de la même roche que celle qui forme le flanc de la vallée située au-dessus. Mais l'angle d'inclinaison du versant est trop petit pour rendre cette explication vraisemblable. A la possibilité d'un

Fig. 7. Coupe à Asni dans le Haut Atlas.

éboulement d'une partie supérieure s'oppose aussi le fait que les blocs sont répandus uniformément sur le versant, et de plus, contrairement à ce qui se passe habituellement en cas d'éboulement, il n'y avait pas d'amasement des plus grands blocs au pied du versant.

Des blocs de cette nature ont été observés également sur la surface absolument unie du plateau situé en dessous, même dans le champ cultivé qui s'y trouve, et quelquefois à une distance de quelques centaines de mètres du bord inférieur du versant, ce qui prouve qu'ils n'ont pu atteindre leur emplacement actuel par un roulement du haut du flanc de la vallée. On a pu constater en outre qu'ils reposaient sur de la terre meuble et ne faisaient point partie de la surface rocheuse

sous-jacente. Celle-ci n'ayant été observée nulle part à nu, je n'ai pu déterminer si les blocs étaient formés de la même espèce de roche. Cette question n'a d'ailleurs qu'une importance secondaire pour décider comment les blocs ont été transportés à leur emplacement actuel. Ce transport n'a guère pu être effectué que par un glacier, et les blocs doivent par conséquent être considérés comme des blocs erratiques.

L'endroit en question est situé à 60 mètres environ au-dessus d'Asni, c.-à-d. à une hauteur d'environ 1200 mètres au-dessus de la mer. Dans le versant de vallée situé en dessous du bord du plateau, un ruisseau s'était creusé un parcours à travers la couverture de terre meuble jusqu'au soubassement solide sous-jacent. Celui-ci consistait en une espèce de roche noire, désagrégée et volcanique. La masse de terre qui le recouvrait avait une épaisseur de 2 mètres environ et manquait de toute stratification. Aucune disposition par couches ne pouvait être observée nulle part. Les matériaux variaient de grosseur depuis la poudre la plus fine jusqu'aux blocs mesurant jusqu'à un mètre de diamètre (v. fig. 7.). Les blocs étaient presque sans exception anguleux et rudes et appartenaient à différentes espèces de roche; la masse semblait tassée. A cause de ces caractéristiques, elle ne pouvait être classée que parmi les moraines et plus spécialement comme une moraine de fond.

La seule objection possible se baserait sur le fait que la formation est située sur une pente, ce qui (au cas où elle aurait été déposée par le ruisseau) pré-suppose qu'une stratification antérieure aurait pu être détruite par un déplacement ou un glissement. Mais toute trace de stratification n'aurait guère pu être ainsi détruite. De plus, l'absence de matériaux roulés ne s'explique pas de cette manière; une partie des blocs enchâssés sont trop volumineux pour avoir été transportés à leur emplacement actuel par de l'eau ruisselante.

Une autre découverte analogue mérite d'être citée. Sept kilomètres au-dessous d'Asni, près d'Agadir Tissert, à un niveau de 1000 mètres environ au-dessus de la mer, j'ai découvert à une hauteur de plusieurs dizaines de mètres au-dessus du fleuve (l'oued Ait Ali) et à une distance d'environ un demi-kilomètre, un escarpement d'érosion du même type que celui du cône d'Asni déjà mentionné. La partie inférieure en était composée d'argile ou de marne argileuse, dans laquelle on pouvait observer une stratification horizontale évidente (v. fig. 8.). Au-dessus reposait une couche d'une épaisseur s'élevant jusqu'à 3 mètres et composée des matériaux les plus variés. Il y avait là, enchâssés dans la masse, avec du gravier, du sable et de la poudre de roche, des blocs dont le diamètre allait jusqu'à 2 mètres, mais sans aucune trace d'ordre ou de stratification. Pour la plus grande partie, ces blocs étaient fort rudes et anguleux. Par l'action érosive exercée par la pluie sur la paroi d'argile, la masse au-dessus lentement se mine et s'effondre au bas de l'escarpement. En examinant les matériaux effondrés,

j'ai constaté que les blocs étaient formés par au moins quatre espèces de roches sensiblement différentes: du grès, une éruptive verte, du gneiss et du porphyre.

Le mauvais temps (du brouillard) m'a empêché d'avoir une vue générale sur le terrain situé au-dessus de l'abrupt, et mon temps strictement mesuré ne m'a

pas permis de le parcourir. Mais, pour autant que j'ai pu le constater, un glissement de la grosse masse du terrain situé derrière n'était pas possible. L'hypothèse d'un glissement n'expliquerait d'ailleurs pas suffisamment le fait que des blocs de roches tellement différentes se trouvent dans la masse meuble, puisque toutes ces espèces de roche n'existent certainement pas dans le sol rocheux de l'arrière-pays.

Par sa situation sur une masse argileuse stratifiée aussi bien que par sa composition, cette grosse masse, genre brecci, mérite donc d'être remarquée. J'ignore si pour des *raisons de stratigraphie* elle peut être datée. L'argile sous-jacente semble être la même que celle de la vallée au-dessus d'Asni mentionnée par Brives

Fig. 8. Escarpement d'érosion dans de l'argile ou de la marne argileuse et de la terre morainique à Agadir Tissert dans le Haut Atlas.

et qu'il croit appartenir au trias (2, p. 392). Mais celle d'Agadir Tissert rappelle par sa structure plutôt une moraine et ne saurait guère être dynamiquement expliquée autrement, d'autant moins qu'elle contient d'assez gros blocs de porphyre, de gneiss et d'une sorte d'éruptive verte. Ces roches ne se retrouvent, selon

Brives, dans les parois rocheuses que 15 à 20 kil. plus au sud, et le porphyre seulement dans les parties les plus élevées de l'Atlas. Quoi qu'il en soit des rapports d'âge, il semble donc bien peu vraisemblable que ces blocs aient pu, sans s'arrondir, être transportés des lieux où se trouvent les mêmes espèces de roche autrement que par un glacier.

En traitant ces questions, je saisis l'occasion d'attirer l'attention sur certaines circonstances concernant la couverture de terre meuble dans l'ouest du Maroc. Au Haouz (Plaine de Marrakech), la surface rocheuse n'affleure que rarement et par petites taches. Elle est couverte d'une masse meuble considérée par Brives et par Gentil (10, p. 224) comme étant composée d'alluvions quaternaires. Theobald Fischer croit (7, p. 371) que le sol est formé surtout de sédiments déposés par les cours d'eau de l'Atlas à l'époque pluviale. D'après ces auteurs, la couverture de terre meuble aurait donc *été transportée* à son emplacement actuel. Aux endroits où j'ai réussi à découvrir des coupes jusqu'au soubassement rocheux, p. ex. à Marrakech, au Djebel Guéltiz et au pied du Koudiat el Abid (v. fig. 9), j'ai constaté également une limite bien marquée entre le roc solide et la couverture de terre meuble. Nulle part, je n'ai rencontré de transition lente entre les deux, comme cela aurait été le cas si la terre avait été formée in situ par la désagrégation du soubassement rocheux.

Des formations purement fluviales, j'en ai aussi vu dans la plaine. Étaient surtout typiques celles qui, au pied de l'Atlas, entouraient les débouchés des grandes vallées, comme p. ex. celui des environs de Tahanout, où, sur de vastes étendues, le sol était formé de matériaux bien stratifiés et en partie gros et joliment arrondis. J'ai remarqué une autre formation de ce genre à l'endroit où la grande route de Casablanca à Marrakech traverse Rebia. Du côté Est, et à 15 ou 20 mètres au-dessus du fleuve, j'ai vu une coupe dans une couche de gravier roulé, épaisse d'environ 2 mètres $\frac{1}{2}$. Les sédiments formés en partie de gros matériaux — des cailloux bien arrondis, parfois de la grosseur du poing — étaient bien stratifiés. Pour cette raison, et vu la grande altitude au-dessus du fleuve, celui-ci n'a pas pu, avec sa quantité d'eau actuelle, déposer cette formation, que seule l'hypothèse de masses d'eau d'une tout autre ampleur pourrait expliquer.

En réalité, d'autres circonstances encore semblent confirmer l'opinion de Fischer qui pense qu'une période avec une plus grande abondance d'eau a précédé l'époque actuelle. De nombreux lits fluviaux sont de dimensions telles qu'on a peine à imaginer qu'ils aient été formés par les courants d'eau insignifiants qui les parcourent maintenant. C'est le cas p. ex. de la grande vallée que traverse la route qui rallie Rabat à Casablanca, et dans la même catégorie doivent vraisemblablement être rangées les vallées profondes et étalées que j'ai vues dans les environs de Tahanout.

Mais malgré ces traces d'une intensité plus grande que celle de nos jours dans les processus de formations fluviales, on peut bien douter que la couverture de terre meuble de la Plaine de Marrakech en provienne en son entier. Pendant mes excursions dans la plaine, j'ai été frappé de voir le grand nombre de blocs qui, en maints endroits, y gisaient dégagés à la surface.

Fig. 9. Coupe dans la terre morainique et le soubassement rocheux sous-jacent au-dessous de Koudiat el Abid près de Marrakech.

Le diamètre de ces blocs était en général de $2\frac{1}{2}$ à 3 décimètres et ils appartenait à beaucoup d'espèces de roches extrêmement différentes, qui certainement ne se trouvent point enchâssées dans la surface rocheuse de la plaine, mais seulement dans l'Atlas. Ils étaient généralement rudes et anguleux, fait étrange s'ils avaient été transportés par la voie fluviale sur toute la di-

stance de plusieurs dizaines de kilomètres qui les sépare de la région où on les trouve dans le sol rocheux.

En y regardant de plus près, j'ai constaté que ces blocs entraient pour une grande partie dans la couverture de terre meuble. Le fait de les rencontrer gisant à la surface en si grand nombre, tient évidemment à ce que la surface de la couverture avait été exposée à l'érosion par les vents et que les matériaux plus fins entre lesquels s'étaient trouvés les blocs avaient été enlevés.

Une étude plus approfondie des coupes que j'ai rencontrées dans la plaine a démontré que la couverture de terre présentait toutes les caractéristiques qui ressortent de la fig. 9, à savoir qu'il y a une limite marquée entre la terre meuble et le soubassement rocheux sous-jacent, que la masse n'est pas stratifiée, que de gros blocs voisinent avec les matériaux les plus fins et que les blocs sont rudes et anguleux. De ceci je me crois fondé à tirer les conclusions suivantes. La couverture de terre ne peut pas être composée de terre de désagrégation en position primaire. Elle ne peut pas non plus être formée de sédiments fluviaux. Il est contraire à la mécanique de l'eau de déposer ainsi sans disposition par couches.

Un ruisseau dans une montagne amasse peut-être quelquefois de cette façon, mais là où l'eau ruisselante dépose sur une surface si plane et si étalée que celle dont il s'agit ici, il doit nécessairement se produire une stratification et une disposition par couches variées des matériaux, correspondant à la direction et à la vitesse des courants. Il reste donc la possibilité qu'une métamorphose de la masse ait pu avoir lieu par la désagrégation intérieure. Mais même si les particules isolées de la masse peuvent, par cette voie, changer de forme, on a peine à comprendre comment toute trace de stratification et de disposition par couches alternées ait pu se perdre.

Il faut ajouter que, dans bien des endroits de la plaine qui sépare Marrakech de l'Atlas, l'espèce de terre déjà décrite ici manque et est remplacée par des formations fluviatiles typiques composées de couches de gravier et de sable bien stratifiées alternant avec des couches de bloc arrondis.

Dans ces formations qui ne sont pas rares dans le voisinage des lits fluviaux actuels, bien que situées quelquefois trop haut pour qu'on puisse admettre qu'elles aient été déposées par des courants d'eau aussi pauvres en eau que les fleuves actuels, je n'ai constaté ni décomposition intérieure ni changement de structure subséquent. Il est cependant évident que ces formations fluviatiles sont à peu près contemporaines des masses non stratifiées dont je viens de parler.

Il n'est pas possible non plus que les couches non stratifiées qui se trouvent étendues sur la plaine du Haouz aient pris leur caractère actuel par une solifluction subalpine. On s'imagine difficilement qu'une solifluction ait pu prévaloir sur la plaine horizontale et large de 60 kil. Il faut ajouter que la formation en question manque *de la structure caractéristique* de la terre de solifluction. Ce dernier point de vue important échappe habituellement aux auteurs qui s'occupent de l'explication de ces phénomènes.

D'après ce qui précède, il semble donc clair que l'espèce de terre décrite ci-dessus ne saurait être considérée autrement que comme une moraine et spécialement une moraine de fond. Cependant, la découverte d'une moraine à un niveau aussi bas que celui de Marrakech, c.-à-d. à 500 mètres au-dessus de la mer, peut évidemment paraître assez peu vraisemblable. Je me permettrai donc d'exprimer mon opinion sur cette question de la même manière que la fait M. Granö au sujet de phénomènes analogues rencontrés dans les montagnes de Changai en Mongolie (11, pp. 171—216). Là aussi, on a trouvé à un niveau remarquablement bas (environ 1,000 mètres au minimum) le sol généralement couvert d'un "Grus-schotter" non stratifié contenant des blocs crevassés de différente grosseur. Klemenz et Obrutscheff avaient déjà expliqué ces formations comme étant ou un conglomérat marin ou des sédiments fluviatiles (11, p. 197). Après avoir démontré, en se basant en partie sur les mêmes raisons que celles énoncées par moi au sujet de la couverture de terre de la Plaine de Marrakech, le peu de fondement de

leur opinion, M. Granö signale (11, pp. 198, 215) l'explication simple et naturelle de ces formations qu'on obtiendrait en supposant que toute la région en question ait été couverte d'un glacier, p. ex. dans les premiers temps de l'époque glaciaire.

Afin d'éclaircir un peu la question de savoir si les dattiers de Marrakech peuvent réellement être enracinés dans une ancienne moraine, il serait peut-être utile de donner en quelques mots un aperçu de nos connaissances concernant une glaciation antérieure des autres parties de l'Afrique au Nord de l'Équateur.

Déjà en 1886, Chaper (4) prétendit avoir trouvé une moraine au niveau de la mer sur la Côte d'or. J. W. Grégory estime cependant (12, p. 149) que l'assertion de Chaper n'est pas scientifiquement fondée. En l'examinant, on constate que Grégory a raison en ce sens que Chaper n'a pas démontré que la terre meuble présentée comme une moraine n'ait pas été formée in situ par la décomposition du soubassement rocheux sous-jacent.

Des données plus sûres ont été obtenues dans l'est de l'Afrique. Meyer y constata (12, p. 151) que les glaciers du Kilima Ndjaro étaient descendus antérieurement jusqu'au niveau de 3,900 mètres. A Kenia, Grégory observa une moraine à une hauteur de 3,200 mètres au-dessus de la mer, et Mackinder vit des blocs erratiques à un niveau de 3,000 mètres (12, pp. 149—150), c.-à-d. à 2,000 mètres au-dessous de la limite inférieure des glaciers actuels. Les observations les plus remarquables sous ce rapport ont cependant été faites au Ruvenzori. Scott Elliot y découvrit en 1894 d'anciennes moraines dans la vallée de Mubuku à un niveau de 1,600 mètres (6, p. 310), et dix ans plus tard, Roccati put, durant l'expédition du duc des Abruzzes (16, p. 152), confirmer l'exactitude de l'observation du savant en question et même abaisser le niveau de la moraine la plus basse à 1,500 mètres (4,600 pieds), c.-à-d. jusqu'à 3,000 mètres environ au-dessous de la limite inférieure des glaciers actuels.

Il ne paraît peut-être pas absolument impossible que l'Atlas ait été couvert de glace jusqu'au niveau de 500 mètres, alors que la glaciation à 30 degrés plus près de l'Équateur s'est abaissée jusqu'à 1,500 mètres. Ceci est tout spécialement vrai si l'on admet l'explication de Grégory sur la grande étendue de la glaciation dans l'est de l'Afrique. Il en voit, en effet, la cause dans la grande époque glaciaire en Europe qui déplaça la zone des cyclones de l'ouest en la localisant au sud de la Mer Méditerranée. L'Afrique Équatoriale eut par suite un climat plus froid et plus humide (12, p. 151). Mais, dans ces conditions, le versant NW de l'Atlas a dû ressentir encore plus ce déplacement.

Il y a peut-être même des faits positifs confirmant que tout s'est en réalité passé de la sorte. M. G. de Geer (5, p. 41) n'a-t-il pas signalé qu'on a trouvé dans les Açores des blocs appartenant à des espèces de roches primitives étrangères, amenés nécessairement de régions plus septentrionales. Ces découvertes sont localisées par Gagel aux îles de Sainte-Marie et de Terceira (8, p. 12). Et la

Tiefsee-expedition allemande trouva en faisant des sondages au banc de Seine, au sud des Açores à 30° 43' latitude nord, un bloc de gneiss grenat pesant un kilogramme (15, p. 167); ce bloc était usé et strié par un glacier. Mais pour que la glace flottante ait pu descendre si loin au sud, il fallait certainement un abaissement considérable de la température dans les parties de l'Océan Atlantique avoisinantes, à tel point qu'une glaciation fort étendue de l'Atlas a pu devenir possible.

Je ne saurais omettre de faire remarquer en terminant que si la théorie bien connue de Wegener sur les déplacements continentaux et les migrations polaires est exacte, et si l'explication de la grande époque glaciaire diluviale qu'il en tire est prouvée juste (17, pp. 101 ss.), un pareil refroidissement de l'Océan Atlantique vers la côte nord-ouest de l'Afrique devient assez concevable, de même que l'hypothèse d'une glaciation étendue du Haut Atlas gagne en vraisemblance.

BIBLIOGRAPHIE.

1. BRIVES, M. A. Les terrains crétacés dans le Maroc occidental. — Bull. Soc. Géol. de France. Tome V. 1905. Paris 1905.
2. — —. Contributions à l'étude géologique de l'Atlas marocain. — Bull. Soc. Géol. de France. Tome V. 1905. Paris 1905.
3. BRIVES, A. et BRALY, AD. Sur la constitution géologique de la plaine de Marrakech et du plateau des Rehamna. — Bull. Soc. Géol. de France. Tome VI. 1906. Paris 1906.
4. CHAPER. Constataion de l'existence du terrain glaciaire dans l'Afrique équatoriale. — Compte Rendu Acad. Sci. Tome CII. 1886. Paris 1886.
5. DE GEER, GERARD. Om Skandnaviens geografiska utveckling efter istiden. — Stockholm 1896.
6. ELLIOT, G. F. SCOTT. Expedition to Ruwenzori and Tanganyika. — Geogr. Journ., VI. 1895.
7. FISCHER, THEOBALD. Marokko. Eine länderkundliche Skizze. — Mittelmeerbilder. 2^{te} Aufl. von Alfr. Rühl. Leipzig und Berlin 1913.
8. GAGEL, C. Die mittelatlantischen Vulkaninseln. — Handbuch der regionalen Geologie. Bd. VII. Abt. 10. Heidelberg 1910.
9. GENTIL, LOUIS. — La géologie du Maroc et la genèse de ses grandes chaînes. — Annales de géographie. Tome XXI. 1912. Paris 1912.
10. — —. Le Maroc Physic. — 3 édition. Libr. Félix Alcan. Paris 1912.
11. GRANÖ, J. G. Beiträge zur Kenntnis der Eiszeit in der nordwestlichen Mongolei. — Helsingfors 1910.

12. GREGORY, J. W. The rift valleys and geology of East Africa. London 1921.
 13. HÖGBOM, A. G. Norrland. Naturbeskrivning. — Norrländskt Handbibliotek I. Upsala 1906.
 14. LEMOINE, PAUL. Quelques résultats d'une mission dans le Maroc occidental. — Bull. Soc. Géol. de France. Tome V. 1905. Paris 1905.
 15. MURRAY, Sir JOHN, und PHILIPPI, E. Die Grundproben der „Deutschen Tiefsee-Expedition“ auf dem Dampfer Valdivia 1898—1899. — Ergebnisse der „Deutschen Tiefsee-Expedition“ auf dem Dampfer Valdivia 1898—1899. B. X. Lief. 4. Jena 1908.
 16. ROCCATI, ALESSANDRO. Nell' Uganda e nella Catena del Ruwenzori. Relazione preliminare nelle osservazioni geologiche fatte durante la Spedizione de S. A. R. il Duca Degli Abruzzi nell'anno 1906. — Boll. Soc. geol. Ital., XXVI. 1907.
 17. WEGENER, A., Die Entstehung der Kontinente und Ozeane. Zweite Aufl. — Die Wissenschaft Bd. 66. Braunschweig 1920.
-