

Zeitschrift: Eclogae Geologicae Helvetiae
Herausgeber: Schweizerische Geologische Gesellschaft
Band: 19 (1925-1926)
Heft: 3

Artikel: Paléographie et genèse penniques
Autor: Hermann, Frédéric
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-158428>

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: 24.02.2026

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

Paléogéographie et genèse penniques.

Par FRÉDÉRIC HERMANN (Pinerolo).

Les ébauches de la grande chaîne tertiaire qui achèvent de se construire sous nos yeux, n'affectent encore que les sillons de moindre résistance de la zone où se prépare l'immense plissement, qui paraira un jour, par la formation d'une chaîne non moins considérable que celles qui l'ont précédée, l'union et la soudure définitive des deux masses continentales sialiques, l'Eurasie et l'Indo-afrique, se rapprochant l'une de l'autre, dès le Permien pour le moins, avec une vitesse, qui a pu varier jusqu'à changer parfois de signe.

Il est prématuré de rechercher, pour le moment, si et quand et combien de fois ce rapprochement a pu être temporairement négatif au cours des périodes précédentes; l'on peut, par contre, aisément examiner si ce qui s'est produit vers la fin du Tertiaire et au début des périodes glaciaires peut être attribué à une cause de ce genre. L'on peut voir l'origine des affaissements, minimes en somme, qui ont eu lieu vers ces époques et que l'on a nommés insubriens, adriatiques et méditerranéens, dans une « fuite des pôles » de la part de l'Afrique, survenue après que, par une impulsion trop grande, ce continent avait poussé, et par conséquent *rivé*, sous le pôle, l'Europe septentrionale, qui, sollicitée en toutes les directions par les « forces de fuite », y était astreinte à l'immobilité et à une détension générale et jouait un rôle analogue à celui de l'Antarctide actuelle.

C'est à cette « fuite des pôles », plutôt qu'à d'autres causes, qu'il convient d'attribuer, non seulement ces affaissements, mais aussi la décompression des régions européennes, alpines et méditerranéennes, que témoignent d'une façon formidable les phénomènes volcaniques de l'Auvergne, les intrusions sialiques tertiaires dans la zone des pseudo-racines alpino-dinariques et le volcanisme méditerranéen. Loin d'indiquer une compression environnante, que rien ne saurait prouver, ces phénomènes éruptifs péri-méditerranéens soulignent, par la situation tectonique de leurs aires, des fractures et des zones de tension diminuée indiscutables.

Ce mouvement négatif n'a pas lieu, par contre, dans la région himalayenne, où, d'ailleurs, le plissement *total* peut sembler achevé. La « fuite des pôles » sollicitait cette partie

de la chaîne en direction à peu près normale à celle de la striction Indo-asiatique et ne pouvait donc l'influencer. Les fractures de l'Afrique Orientale, que M. R. STAUB vient de mettre si opportunément en corrélation avec les causes lointaines des plissements tertiaires, semblent correspondre à la fois à cette différenciation de mouvement des deux parties de la grande chaîne et à une reprise positive de la striction Euro-africaine, qui a certainement lieu dès longtemps et se poursuit de nos jours.

Ainsi qu'il a déjà été remarqué dans la deuxième des notes récentes présentées sur ces mêmes sujets (*S. G. F., séances des 4 mai et 22 juin*), rien n'oblige à croire, en l'état actuel de nos connaissances, aux paroxysmes de vitesse que l'on pensait devoir faire intervenir indispensablement aux débuts de la tectonique moderne. La nature, à mesure que nos connaissances augmentent, semble, d'une façon toujours plus générale, ennemie des cataclysmes. Quelque désastreux qu'en puissent être les effets sur les manifestations de la vie, phénomènes restreints, d'ailleurs, à la surface, bien peu formidables comparés aux actions séculaires, ils en sont la simple conclusion *instantanée*. Il semble certain que le mouvement de striction Euro-africain, tout en ayant varié, quant à sa vitesse, ainsi qu'il a été montré, ne s'est produit que de façon tout à fait lente et progressive et qu'il n'a jamais atteint une mesure et une intensité immédiatement accessible aux sens humains. Des détentes superficielles séismiques, tout à fait semblables à celles qui se produisent de nos jours, accompagnaient périodiquement cette striction, sans que rien n'autorise la supposition, entièrement gratuite, que ces manifestations aient pu avoir une vigueur ou une importance sensiblement supérieures à celle des faits que l'on observe aujourd'hui.

Rien ne permet, par exemple, de prétendre que les nappes penniques aient pu, en une seule fois et brusquement, surgir des profondeurs de la mer. Il est bien plus conforme aux données que nous possédons, de penser qu'au cours des âges, les guirlandes en voie de devenir nappes, cheminaient, se traînant lentement vers l'avant, d'une façon à peu près constante et continue, émergées ou faiblement immergées alternativement, quant à leur front, recouvertes, il est à peine besoin de le rappeler, de sédiments disparus. Ces sédiments et les parties les plus hautes des nappes pouvaient seuls fournir, par leur érosion, les matériaux qui ont rempli les géosynclinaux partiels de dépôts, que l'on a nommés orogènes, dont la qualité et la présence même seraient autrement inexplicables. La masse

et la surface même de la zone subissant le mouvement se déformait constamment et lentement, soit par les causes tectoniques, soit par l'érosion des parties momentanément émergées.

Les Alpes sont l'un des tronçons les plus achevés de la chaîne tertiaire entière, et certainement le mieux connu. Les Alpes Occidentales, qui sont leur segment le moins exploré dans le détail, sur de larges zones, quoique l'on en pense et bien que leur connaissance se soit avantagée très tôt de la synthèse magistrale que nous devons à M. ARGAND, en sont, avec les Grisons, bien mieux étudiés, la partie la plus intéressante.

Entre les massifs-obstacles hercyniens et leur couverture helvétique, à laquelle il convient de rattacher le Jura, qui sont le bord approximatif de l'ancien continent européen, et les nappes austro-alpines, qui représentent l'ancien seuil du continent africain, l'observation atteint, dans les Alpes Occidentales, toutes les masses sialiques que supportait l'ancien fond de la Téthys, ainsi que de notables portions de son sima, visibles dans l'élément central représenté par les nappes penniques et par la zone du Canavèse.

Trois éléments différents ont formé cette zone: le complexe de la nappe du Grand Saint-Bernard et des nappes simploniques, dont ces dernières ne sont, en somme que les replis inférieurs, et par là plus métamorphiques, même si, vers l'E., ils parviennent à une importance presque prédominante; la nappe du Mont Rose (Tambo-Suretta à l'E., Grand Paradis, massif d'Ambin, massif Dora-Maira vers le SW.); la nappe de la Dent Blanche, avec les écailles haut-penniques, qui semblent lui être subordonnées.

Les différences entre le premier de ces éléments et les deux autres sont si considérables, que l'on peut essayer aujourd'hui, à la lumière des données les plus récemment acquises, d'en établir le rôle paléo-géographique, sur la base certaine de leur rôle tectonique actuel et de celui des intrusions ophiolitiques. Celles-ci, s'insinuant entre chacun des éléments, ont amené au jour des matériaux représentatifs des régions profondes de la Téthys, mélanges de matières simiques et de produits de fusion-par-compression de la surface de base des masses sialiques. Elles jouèrent ainsi un rôle de « lubrifiant tectonique », permettant, ou du moins facilitant, à la fois par leur intrusion et par leur lamination, contemporaine ou successive, le glissement, l'une sur l'autre, des guirlandes, se transformant peu à peu en nappes, et des écailles listriques, qui se sont formées au cours de leur avancée ultérieure, dans le remplissage orogène qui les sépare.

Remarques sur la paléo-géographie et l'embryogenèse de la zone pennique. L'achèvement de la surrection de la chaîne hercynienne, dut, probablement, de même que celui des Alpes actuelles, être marqué par une décompression affectant surtout l'arrière-pays. Entre la chaîne principale et les massifs hercyniens alpins, qui ne devaient être alors que des plissements peu importants (sorte de Monferrat actuel, peut-être), nous voyons les traces d'une décompression dans la dépression rhodanienne et suisse, qui, par la suite et jusqu'à nos jours, devenue « seuil », soit zone de moindre épaisseur et rigidité, a été l'emplacement de mainte mer épicontinentale. Cependant, après un bref repos, une reprise orogénique hercynienne posthume dont l'existence a été établie par M. LUGEON, y faisait surgir une chaîne, peut-être côtière, peu éloignée en tous cas des bords d'une jeune mer, plus bleue encore que notre Méditerranée, semblable plutôt, parée de chapelets de blanches îles, et, d'ailleurs, par son climat, aux chaudes mers de la Sonde.

G. S. BERNARD. — Au large, cette mer épicontinentale recouvrait les soubassements de la masse sialique, qui s'aminçissaient d'une façon irrégulière, mais cependant graduelle, jusqu'à atteindre, à une distance déjà assez notable des côtes, un renflement, proche à se détacher du continent sous forme de guirlande. En effet, au sein des schistes lustrés accumulés devant les fronts des nappes simploniques, entre Viège et le Gothard, de même qu'à la base du front de la nappe du G. S. Bernard, dans les mêmes régions et aux Grisons, l'on trouve par endroits quelques masses ophiolitiques, ordinairement de faible importance. (Par contre, à l'W., ces intrusions n'apparaissent plus à cause des premiers effets lointains du « rebroussement Cottien » (*C.-R. somm. S. G. F. 4 mai*) qui sera étudié dans un travail proche à paraître.) Ces intrusions sporadiques semblent indiquer une ligne de décrochement inachevé ancien, qui céda, lors de la reprise positive du mouvement, dans les parages simploniques, qui étaient la partie la plus développée, et en même temps la plus éprouvée par les poussées orogéniques, de cette guirlande avortée.

Cette guirlande, dont la culmination habituelle, au cours de la formation des Alpes, était sans doute le futur *éventail franco-italien* (éventail de Bagnes *auct.*), présentait, vers le continent, quelques renflements ou embrions de guirlandes secondaires (les futures nappes simploniques), dont l'un ou l'autre a fort bien pu, ainsi que l'affirme M. Jenny, être notablement émergé au cours des derniers temps primaires, et subir des érosions très considérables, pour être ensuite profondé-

ment immergé, sous la poussée croissante des masses plus éloignées. Les parties aujourd'hui frontales de la zone de l'éventail franco-italien ont peut-être subi aussi des érosions formidables dès la fin de la période houillère¹⁾ jusqu'à être peut-être pénéplainées et à recevoir ensuite, mais d'une façon plutôt locale, de nouveaux dépôts orogènes considérables, houillers et permo-triasiques, qui ne pouvaient provenir que des parties encore émergées de sa propre masse ou des émergences simploniques. Les bords, septentrional et méridional, de cette zone ont été, par la suite, le lieu favorisé des dépôts néritiques du Trias et du début du Lias; ceux-ci devaient être attaqués, presque aussitôt, partiellement, localement et irrégulièrement, par une nouvelle érosion énergique, qui sera considérée plus amplement à propos des conditions de dépôt des schistes lustrés.

Au large de cette zone, une région habituellement immergée s'étendait jusqu'à une proéminence plus faible, lieu futur, *déjà ébauché*, de la charnière du pli en retour des Mischabel et des plis inférieurs du « faisceau de Valsavarenche »²⁾. Plus rarement, mais cependant parfois émergée, cette proéminence était suivie du talus raide de la guirlande, masse sialique toujours plus mince, qui devait, plus tard, offrir fort peu de résistance et se replier sous cette région antérieure, lors de l'avancée du front de la nappe du M. Rose.

Plus au large encore, le sima des mers profondes, sur une largeur inappréciable, mais en somme modérée, qui devait se réduire progressivement par la suite, au cours du mouvement orogénique.

M. ROSE. — Guirlande tout à fait libre, deux embrions de guirlandes secondaires, dont le plus éloigné du continent possédait un renflement postérieur croissant en importance vers le SW. (Arceza, plis Lauson-Léviona, du Nivolet, de Villar-focchiardo etc.), en partageaient la masse.

Celle-ci avait subi peut-être aussi dès après l'achèvement de la chaîne hercynienne, une émergence considérable, au cours de laquelle elle avait été pénéplainée rapidement, avec dépôt subséquent de matériaux orogènes, houillers et quelque peu postérieurs, pour devenir ensuite un lieu de dépôts néritiques restreints vers la fin du Trias, dans ses parties maintenant frontales, émergées et érodées partiellement une fois encore par la suite. La future nappe du M. Rose s'élevait du sein

¹⁾ E. WEGMANN et mes observations inédites dans les Alpes Pennines et Graies.

²⁾ C. R. Ac. Sc. T. 180, 1925, p. 1515.

des mers profondes, indépendante, à ce moment, du continent auquel elle avait vraisemblablement appartenu, un talus raide vers l'avant, une pente un peu plus douce vers le large, où sa masse sialique s'amincissait, suivie à nouveau de la mer profonde recouvrant le sima, dont la surface était parsemée, ça et là de débris sialiques, déchets de ruptures antérieures, quelques uns de dimensions considérables. L'extension de cette nouvelle mer profonde dépassait, sans doute, celle de la première.

DENT BLANCHE. — Fort éloignée du continent et de la guirlande précédente, la guirlande de la Dent Blanche provenait peut-être d'une partie différente des côtes européennes; il est même permis de se demander si de nouvelles recherches ne pourraient arriver à lui attribuer une autre origine. Sa masse, dans la future partie pennine surtout, était incomparablement plus grande que celle des guirlandes plus proches; sa série de Valpelline ou de Fedoz, paléozoïque ultramétamorphique, n'a pas d'équivalent dans d'autres nappes penniques, tandis que l'on est tenté d'établir une corrélation, aussi lâche qu'on la voudra, entre ces produits et le paléozoïque non métamorphique austro-alpin et dinarique, soit, à l'époque dont il est question, africain.

L'appartenance de la nappe de la Sella au complexe grison de la Dent Blanche, solidement établie dans la synthèse des Alpes entières que nous devons à M. R. STAUB, contribue à suggérer, par les apparences austro-alpines de cette nappe partielle, qui contient cependant toutes les séries de la Dent Blanche et est recouverte d'ophiolites et de radiolarites indiscutablement penniques, l'hypothèse que la guirlande Dent Blanche aurait pu, très anciennement, se séparer plutôt du continent africain.

La nappe complexe actuelle nous fournit des lumières abondantes aux fins de la recherche de l'aspect probable de la guirlande primitive.

M. Rafray. — Quelques-unes des écailles inférieures (celles du M. Rafray et quelques autres masses existant dans les environs, immédiats et non absolument immédiats, plusieurs des traînées gneissiques des vallées de Lanzo, etc.) semblent provenir des débris sialiques parsemés à la surface du sima, au large de la guirlande du M. Rose; elles sont, en effet, à ce qu'il semble, dépourvues de liaison avec la nappe maintenant incombante et leur situation actuelle nous les montre, en tous cas, entraînées et violentées par les masses simiques, au sein desquelles elles sont maintenant ennoyées et repliées trans-

versalement, comme si leur dimensions trop faibles et leur position première oblique, par rapport aux grands éléments tectoniques, les avait contraintes à ce rôle totalement passif.

M. Emilius-Pillonet. — La masse sialique de la guirlande de la Dent Blanche proprement dite se composait de plusieurs embrions de guirlandes secondaires réunis. Le plus rapproché de l'Europe, celui du M. Emilius, possédait encore quelques uns des caractères des écaïlles qui viennent d'être examinées: quant au lambeau du M. Emilius même, son bord est en effet enroulé dans les ophiolites transversalement aux lignes tectoniques, tandis que cela n'a pas, ou presque pas, lieu pour le lambeau du Col du Pillonet, où, grâce à une plus grande élévation et à une importance déjà plus grande de la masse, quelques dépôts de Trias calcaire ont pu se former. Ce changement se poursuit dans le même sens vers les Grisons, et nous pouvons ainsi concevoir l'élément M. Emilius-Pillonet comme coupé subtransversalement dans la masse totale, présentant une extrémité SW (actuelle) déjà faiblement détachée et ne formant qu'un renflement sous-marin constamment immergé, subordonné, et à la fin „sous-entraîné“ obliquement par la masse entière.

M. Mary. — Venait ensuite, plus importante et plus méridionale, la masse qui constitue actuellement le lambeau du M. Mary. Elle atteignait plus généralement une élévation plus grande, favorable au dépôt de sédiments néritiques du Trias sur quelques parties de sa surface.

Dent Blanche s. s. — Plus loin, la masse principale de la guirlande, déjà pourvue, sans doute, d'une façon embryonnaire, de quelques-uns des grands accidents longitudinaux que nous lui voyons, déformés, aujourd'hui, destinée à devenir le lambeau principal actuel. Sa partie émergée correspondait à la masse frontale actuelle et aux parties subfrontales, étirées maintenant, du flanc renversé; le plissement semble s'être produit, au début, par la courbure de cette masse en dôme toujours plus accentué, jusqu'à dégénérer en renversement et étirement de sa moitié antérieure. Ce dôme devait présenter vers l'arrière un brusque gradin (et quelque ressemblance avec l'éventail franco-italien de la nappe du G. S. Bernard), marqué aujourd'hui par la zone synclinale Otemma — M. Collon — arête S. du Weisshorn, où devaient se loger, par la suite, les masses simiques haut-penniques qui la remplissent maintenant et dont les extrémités frontales ont été pincées en avant du front de la nappe actuelle, entre celle-ci et celle du G. S. Bernard, aux Aiguilles Rouges d'Evolène et en quelques autres lieux.

Des sédiments orogènes, dont une partie semble devoir être attribuée au Houiller, paragneiss, micaschistes et quartzites actuels, paraissent avoir subi une ablation énergique, quoique en partie locale, avant le Trias supérieur. Au M. Dolin, seul témoin conservé d'une zone synclinale partageant ce dôme embrionnaire, des dépôts restreints de quartzites, que M. Argand attribue au Trias inférieur, indiquent à cette époque une immersion initiale, ou, du moins, l'existence d'une large plaine alluviale à type padan dans ces régions. En même temps ces dépôts indiquent, bien entendu, que des parties de la guirlande très voisines étaient encore exondées, car il faut bien admettre une provenance suffisamment proche des matériaux ayant servi à les former.

Au Trias supérieur, les deux bords du dôme de la guirlande, que l'on ne peut pas croire entièrement immergée, afin de ne pas se priver de lieux exondés proches, permettant des formations néritiques dans le voisinage de leurs côtes, reçurent des dépôts calcaires, que rien ne semble avoir troublé par la suite dans ce qui pouvait bien être l'archipel du Dolin. Ils paraissent, par contre, avoir été érodés en partie sur le versant européen de ce dôme, où, par la poussée méridionale ultérieurement croissante, combinée avec une résistance, croissante aussi, des zones antérieures, l'immersion augmentait et se propageait dans le sens Europe-Afrique. Tandisque dans cette partie les dépôts triasiques étaient suivis des dépôts grossièrement orogènes des schistes lustrés, dans la zone du Dolin, appartenant déjà au versant postérieur de la guirlande en mouvement, les dépôts triasiques étaient suivis de dépôts jurassiques peu profonds, mais non orogènes, provenant, évidemment, de la destruction des bords, recouverts de sédiments calcaires, de la partie émergée de la guirlande, et, par moments (quartzites), de parties mises à nu de sédiments plus anciens, parfois encore (brèches), d'exondations modérées temporaires. Au large du gradin du M. Collon, les dépôts bathyaux (radiolarites) semblent indiquer un affaissement jurassique, rapidement croissant, des parties dernières de la guirlande.

Au cas d'une origine africaine de la guirlande Dent Blanche, cet affaissement rapide permettrait de penser à la permanence prolongée d'un lien ténu (soubassement continental) entre cette masse et le continent, et même à une résistance plus prolongée de ce lien et à une séparation moindre, dans le temps et dans l'espace, entre la nappe pennique de la Sella et celle austro-alpine de l'Err, dans les parages grisons.

La rupture de ce seuil, en raison même de sa faible épaisseur, diminuée encore par la distension provoquée par l'effort de décrochement de la guirlande, aurait produit un affaissement très rapide et jusqu'à des profondeurs très notables (marquées par les dépôts bathyaux subséquents), de cette mince masse sialique, ainsi que la formation de nombreux débris continentaux, parsemés à la surface du sima, entraînés dans le sillage de la guirlande, origine et noyau des écailles haut-penniques.

Intrusions acides paléo- et mésozoïques. — Les dimensions imposantes sous lesquelles les masses intrusives sialiques, soit acides, se présentent à l'observateur dans les Alpes, leur ont fait attribuer de tout temps une influence tectonique active considérable. Les massifs centraux, les massifs amigdaloides, les ellipsoïdes, de nos prédécesseurs, qui d'ailleurs n'ont pas disparu de la mentalité de quelques uns de nos contemporains, étaient pour eux les noyaux des Alpes et leur surrection, quelque peu inexplicable, la cause même de la surrection de la chaîne; la découverte de la structure en nappes ne pouvait que laisser à ces massifs une grande place parmi les causes orogéniques, et l'on a vu leur attribuer un rôle actif et formateur essentiel dans la formation de chaque nappe ou dans la surrection des massifs hercyniens.

La notion des deux croûtes, sialique et simique, et l'œuvre entière de M. WEGENER nous en éclaircissent maintenant la portée et le rôle, absolument passif, pour ne pas dire nul, tandis que la proportion énorme de paragneiss parmi les roches cristallines, maintenant reconnue, a notablement diminué l'importance quantitative des roches d'origine profonde.

Nous savons maintenant que ce que nous voyons du phénomène alpin, ou de tout autre phénomène orogénique, malgré la grandiosité des effets qui nous sont accessibles, n'est que la manifestation, presque de surface, de remous, de heurts, des plissements de profondeur incomparablement plus formidables. Le sial continental, dont l'épaisseur normale est évaluable à une centaine de kilomètres, ne nous montre nulle part, même dans ses parties les plus amincies, son substratum simique: cela ne pourrait avoir lieu, d'ailleurs, surtout pour ces parties, entraînées isostatiquement dans les profondeurs, les parties à épaisseur augmentée par une raison quelconque, pouvant, devant même, s'élever seules plus haut que les autres.

Les notions sur les parties profondes des masses sialiques que nous pouvons dès maintenant acquérir, grâce à la théorie de M. WEGENER, nous expliquent la mise en place des intrusions acides d'une façon particulièrement simple. Lors

d'un mouvement orogénique positif (le cas d'un mouvement négatif a déjà été considéré plus haut), la compression se fait sentir plus tôt, et d'ailleurs avec une intensité bien supérieure, dans les parties profondes des masses sialiques, soumises déjà, on peut le penser, à des pressions verticales énormes et à toutes les conséquences thermiques et physiques qui en découlent.

La compression orogénique, dès qu'elle atteint une intensité capable de provoquer la rupture d'équilibre entre la pression verticale normale et celle contraire qu'elle a suscité dans les profondeurs, donne lieu à une montée de substances sialiques profondes suivant des directions de moindre résistance, qui sont, il est facile de le reconnaître, justement les lieux où les parties superficielles cèdent à cette même pression par la courbure anticlinale et le plissement ensuite. Par la continuation du mouvement, le phénomène s'accroît, soit en profondeur, soit en surface, et atteint ainsi les proportions considérables que nous lui voyons, sans cesser d'être complètement passif et simple effet secondaire des causes premières orogéniques.

Maintenant la classification magmatique récente semble ne pouvoir que s'avantager de cette conception atteignant des causes plus profondes, et il paraît plus facile de s'expliquer dès maintenant les variations de caractère magmatique survenant au cours de la construction d'une chaîne, soit en tenant compte des deux causes différentes (excès de compression et excès de décompression) provoquant les montées magmatiques, soit en considérant la possibilité qu'à des forces, positives ou négatives, différemment appliquées, correspondent des montées magmatiques de nature ou d'origine différente, sans attendre les effets clarificateurs qu'aura sur les sciences minéralogiques aussi leur mise en concordance avec les vues grandioses de M. WEGENER.

Discordance de poussée, de direction et de culmination entre les nappes. — Les excellentes études, qui ont été faites dernièrement sur les arcs et les culminations que présentent les nappes, semblent ne pas avoir tenu un compte suffisant de l'existence d'une indépendance et d'une discordance, complète dans le détail, entre les maxima, d'une part, les minima, de l'autre, soit d'avancée, soit de culmination et entre les directions mêmes du plissement de chaque nappe. Ces faits, dont l'examen des cartes, ou de plusieurs coupes voisines, suffit à montrer la réalité et l'importance, ne seront que mentionnés ici, une étude, encore sommaire, en étant faite dans un autre travail de publication prochaine, à un point

de vue quelque peu différent, celui de l'influence, sur l'obliquité relative des nappes entr'elles et avec les masses les enserrant, de la striction non perpendiculaire des deux mâchoires de l'« étau ».

Il est évident qu'en plus de ces causes prochaines, l'adaptation dernière d'une série de guirlandes, ayant possédé, au cours de leur vie séparée d'avec les masses continentales d'origine, des mouvements propres et partiellement indépendants, devait présenter de telles discordances et obliquités; il est clair aussi que, ainsi que cela a lieu, l'application finale de la masse principale de chacune d'elles (dans le sens latéral) devait se faire à un point, chaque fois différent, des anciens rivages.

Sédimentation orogène. — Il ne peut entrer dans le cadre de cette première esquisse rapide de s'attarder à une étude, un peu plus approfondie que les quelques mots qui ont été dits plus haut à propos de chacune des guirlandes, sur les sédiments orogènes du *cycle du paléozoïque et du début du Trias* (*schistes de Casanna et quartzites permo-triasiques*). Il sera seulement remarqué en passant que l'importance accrue qu'ils prennent vers le SW. (actuel), le long de l'éventail franco-italien de la nappe du G. S. Bernard, et leur métamorphisme diminuant semblent indiquer un rapprochement notable et croissant entre cette embryo-guirlande et le continent et, peut-être même, l'absence totale d'un commencement de séparation dans les zones situées au S. du Mercantour.

Le resserrement de la mer épicontinentale, séparant les deux masses, en aurait fait un lieu privilégié de comblement rapide, dont la phase finale pouvait offrir quelque analogie avec ce qui s'est passé plus tard dans le golfe insubrien de l'Adriatique.

Cycle des schistes lustrés. — Vers le début du Jurassique, le rapprochement Euro-africain entraînait dans une phase plus décidée et active et son influence, après la lente préparation lointaine des temps précédents, devenait plus directe et plus immédiate sur les éléments sialiques contenus dans la Téthys et surtout sur la sédimentation, devenant plus active et générale dans toutes les régions situées devant la guirlande Dent Blanche. Les fonds simiques eux-mêmes recevaient, en partie, des dépôts, ce qui paraît indiquer qu'ils subissaient déjà un certain soulèvement lent, dû au serrage progressif, plus rapide que la compensation isostatique.

A l'arrière de la Dent Blanche, ainsi que cela a été constaté, les extrémités sialiques elles-mêmes étaient par contre entraînées aux profondeurs bathyales, dans un approfondisse-

ment géosynclinal temporaire, faisant pendant au grand géanticlinal austro-alpin en marche.

L'accumulation des dépôts sur leurs parties hautes, combinée avec la résistance de leurs parties antérieures profondes, causait en même temps un *lent* chavirement vers l'avant, sous la poussée africaine, des masses de chaque guirlande, accompagné d'un lent étirement initial des parties antérieures, se renversant, se repliant peu à peu sous elles mêmes, étirement fort éloigné de celui, extrême, qu'ont acquis par la suite les flancs renversés des nappes.

Dans cette mer en lent tumulte, produits de l'érosion d'une ébauche de chaîne côtière africaine (austro-alpine), qu'il faut bien, sans lui attribuer une grande élévation et sans heurter d'aucune façon contre des faits connus ou des objections soutenables, nommer, d'après M. JENNY et d'après toute vraisemblance et nécessité, andine, ou mieux, de *type andin*, produits aussi de l'érosion des parties émergées des guirlandes et même des côtes européennes, devenues cependant plus lointaines par l'immersion presque totale des régions hercyniennes alpines, les schistes lustrés commençaient leur formidable dépôt. Il devenait bientôt général dans toute la Téthys, en avant du géosynclinal haut-pennique, sauf, quant au début du Lias pour le moins, dans quelques parties côtières, où des sédiments néritiques se déposaient encore, remplacés bientôt par le dépôt orogène envahissant.

Cette puissante formation nécessitait l'érosion mixte de matériaux calcaires abondants ainsi que de matériaux silicatés plus anciens, aptes à fournir, par leur mélange, tous ses éléments constituants; elle exigeait aussi des profondeurs relativement modérées, des courants puissants et abondants et une certaine instabilité agitée des fonds marins. Le dépôt devait s'effectuer sans doute avec une intensité notable et variable à la fois et, sans qu'à cause du mouvement lent et continu, aucune régression ou discordance put devenir sensible, par régression différentielle, sur des espaces toujours plus restreints par le plissement qui lui était contemporain.

A un moment assez rapproché, que l'on peut fort bien croire, avec M. JENNY, avoir été le Dogger, ces dépôts dûrent cesser, entre et autour des guirlandes, par enfouissement graduel et enfin total, sous les guirlandes-nappes avançantes, des fonds marins où ils s'étaient déposés; au-devant de la zone en voie de devenir le *bloc* pennique, par un changement de régime de la mer, déjà étroite, qui la séparait du continent européen.

A l'arrière, les fonds bathyaux hauts-penniques se pressaient déjà contre le dos de la Dent Blanche, sous la poussée formidable de la masse africaine, dont l'ancien seuil (les masses austro-alpines) allait bientôt se jeter sur le bloc pennique, vraisemblablement peu émergé, et l'écraser contre l'Europe.

Cycle du flysch. — L'unification du bloc pennique était contemporaine de sa cause, l'avancée proche, devenant surincombante, de la masse austroalpine-africaine, dont le front, de par sa fonction anticlinale et son avancée plus rapide que les forces de compensation isostatiques, était porté sur une sorte d'onde anticlinale simique, originant devant elle une avant-fosse (Vortiefe), temporaire et mobile vers l'avant, à la surface de cette deuxième écorce terrestre. Cela avait entraîné l'affaissement géosynclinal de toute la masse pennique. Seul, peut-être, dans l'histoire des guirlandes, ce moment, pouvant s'étendre du Jurassique supérieur à la plus grande part du Crétacé et au Nummulitique, vit, par instants, la submersion complète des guirlandes penniques et même de leurs fronts.

Le bloc pennique, poussé vers l'avant, puis surmonté par le front austro-alpin de la masse africaine, se creusait un chemin, poussant et amoncelant bientôt devant soi, en nappes embrionnaires, la couverture helvétique des massifs hercyniens alpins. Il les poussait aussi devant soi, les redressant, les soulevant listriquement, par un sous-charriage tendantiel inachevé, se hissant ensuite péniblement sur leur dos, par un effort insuffisant à les dépasser (C. R. Ac. Sc. T. 180, 1925, p. 1118), à mesure qu'avait lieu la *migration vers l'avant* du géosynclinal principal (avant-fosse), suivi du géoanticlinal, maintenant à la fois austro-alpin et pennique, bientôt destiné à avoir sa culmination dans les écailles hercyniennes.

C'est la période de dépôt du flysch, dont les matériaux provenaient de l'érosion des nappes austro-alpines avançantes, et qui eut à subir lui aussi une régression différentielle, sous le plissement et le charriage englobant peu à peu les fonds qui l'avaient accueilli.

Cycle de la molasse. — Ce dernier dépôt orogène, par sa régression différentielle à peine commencée, témoigne de *l'avortement de la poussée alpine*. Une phase nouvelle, qui n'a plus droit au nom d'alpine, est maintenant à ses débuts et clôt les temps insubriens, période de poussée négative et de détension Euro-africaine, contemporaine et cause de cet avortement.

Le dépôt de la molasse aurait dû, en effet, pour achever le cycle complet, constaté pour les dépôts orogènes précédents, continuer longtemps encore de pair avec une continuation du plissement, qui n'a pas eu lieu non plus. La destinée de la période molassique eût été le plissement complet, accompagné de la régression différentielle des dépôts, du fond de la mer de la molasse et l'avancée impitoyable du bloc hercynien-pennique-austro-dinarique jusqu'au dessus du Jura, poussé à son tour, en nappes, vers l'avant.

Nappes simiques (Intrusions ophiolitiques). — Les éléments penniques, préparés, puis rapprochés et rassemblés au cours des périodes précédentes, étaient maintenant, vers la fin du Jurassique, à une grande proximité l'un de l'autre, séparés à peine par des zones simiques fort restreintes, soit entr'eux, soit de la chaîne austro-alpine, qui, poussée par le continent dinaro-africain, s'avavançait sur eux. Ces zones simiques, la preuve en est clairement figée dans les roches de notre chaîne actuelle, étaient, par un retard notable de la compensation isostatique insuffisante, courbées anticlinalement d'une façon assez accentuée, pour passer, ou être proches à passer, à un ensemble de plusieurs plis, couchés dans le sens du mouvement. Chacun des hauts-fonds simiques des temps précédents, sous le mouvement qui le courbait, surélevait maintenant ses parties centro-postérieures au-dessus d'une avant-fosse secondaire, contenant les extrémités et les traînées de débris sialiques de la guirlande précédente.

Par cette surélévation, trop intense pour pouvoir être compensée, l'anticlinal simique élevait sur sa carapace le front de la guirlande, qui, située autrefois à l'arrière, devenait maintenant en un certain sens une partie de sa couverture, entraînée d'une façon relativement passive, tout en se plissant elle aussi et en avançant sur sa propre masse, sous l'impulsion des éléments postérieurs.

Le mouvement de striction continuant à agir, ce plissement simique s'accroissait toujours plus: les plis couchés simiques, qui méritent vraiment le nom de „nappes simiques“, montaient au-dessus des masses sialiques antérieures, y transportant la guirlande-nappe dont ils s'étaient chargés, s'amincissant, se laminant sous son poids et sous son avancée, continuée ensuite longtemps encore par la poussée de tout l'arrière.

L'on est ainsi conduit à concevoir comme cause première de la formation de la chaîne alpine la striction Euro-africaine; comme cause première du plissement pennique, qui l'a permise et rendue possible par la disparition de la Téthys, un événement

sortant absolument du cadre des phénomènes sialiques, le *plissement*, superficiel autant qu'on le voudra, de l'écorce *simique*.

C'est le plissement simique, bien plus que le plissement de surface et, somme toute de détail, des guirlandes sialiques, qui a entassé les nappes penniques, qui a permis par conséquent la surrection des Alpes.

Nous avons ainsi décrit sommairement tout le mécanisme général, fort simple et tranquille, du „paroxysme“ alpin, que l'on a cru avoir dû survenir au Tertiaire, époque à laquelle il n'a que trouvé son achèvement, sans que cela ait nécessité l'intervention d'aucun cataclisme, d'aucune surrection brusque, d'aucune rupture des lois d'un lent progrès.

Il a été par contre aisé de constater une succession de *quatre cycles alpins*, caractérisés chacun par un dépôt orogène différent. Cette *transition cyclique* a été causée par la *migration vers l'avant d'une avant-fosse principale*, intéressant à la fois le *sial* et le *sima*, et du *géanticlinal* qui se dressait à l'arrière. Après un *cycle initial des schistes de Casanna-quartzites triasiques* (à caractère général dans toute la Téthys), un *cycle des schistes lustrés* et un *cycle du flysch* (à caractère toujours plus restreint), le *cycle de la molasse* n'a pu s'achever par suite de la *syncope insubrienne*, effet de l'arrachement méditerranéen de l'Afrique.

Arrêtant l'avancée réunie des masses austro-alpines, penniques et hercyno-helvétiques sur le Jura, où le plissement commençait à peine à passer partiellement à de timides ébauches de nappes, la syncope insubrienne a clos les temps orogéniques que l'on peut nommer alpins.

Réception du manuscrit le 24 août 1925.

Zur Stratigraphie und Tektonik der Molasse des östlichen Aargaus.

Von E. BRANDENBERGER (Zürich).

Mit 2 Textfiguren.

Anlässlich der Revision der Lägerkarte wurde von mir die Molasse des Surbtales erneut untersucht, nachdem ich während der letzten Jahre bereits das Siggenthal und den Abschnitt zwischen Aare und Reuss, soweit er im Bereich der