

SÉANCE MENSUELLE DU 16 MAI 1905.

Présidence de M. Ad. Kemna, président.

La séance est ouverte à 8 h. 30 ; (27 membres présents).

Correspondance :

M. *Cavallier*, directeur des Hauts Fourneaux et Fonderies de Pont-à-Mousson, envoie une note sur les recherches de houille dans la Lorraine française.

M. *Francis Laur* envoie la circulaire d'une Société de recherches houillères dans la même région et se met à notre disposition pour une conférence éventuelle sur ce sujet.

La *Société des sciences, des arts et des lettres du Hainaut* met au concours pour 1905, les deux questions de géologie suivantes :

1° On demande une étude, basée sur des analyses nouvelles, effectuées d'après une méthode uniforme, sur les relations existant entre la composition des houilles du bassin du Hainaut et leur mode de gisement. On recherchera, en particulier, les variations que subit cette composition dans le sens de la succession stratigraphique, dans le sens de la direction et dans celui de l'inclinaison, ainsi que suivant la profondeur et suivant la position des couches en plateaux ou en dressant ;

2° On demande une étude sur la faille du Centre et les failles connexes, dans le Couchant de Mons, et la partie occidentale du Bassin du Centre.

Le *Congrès de Chimie et de Pharmacie*, organisé du 27 au 30 juillet 1905, à Liège, adresse la liste des communications qui lui ont été annoncées. Quelques-unes concernent l'Hydrologie.

Le premier *Congrès préhistorique de France* se réunira cette année du 26 septembre au 1^{er} octobre, à Périgueux. Les adhésions doivent être adressées à M. le docteur Marcel Baudouin, 21, rue Linné, à Paris.

La *Société des Naturalistes et Médecins allemands* annonce sa 77^e réunion annuelle, qui se tiendra à Méran, du 24 au 30 septembre. La Société comporte une section de Minéralogie, de Géologie et de Paléontologie.

Nous recevons les projets de statuts d'une *Association générale des ingénieurs et hygiénistes municipaux de France, Belgique, Suisse et Grand-Duché de Luxembourg*, à fonder à Paris entre les ingénieurs, architectes, agents voyers, directeurs des bureaux d'hygiène et autres fonctionnaires techniques des villes.

M. *Michel Mourlon*. — En offrant à la Société le dernier tome paru de la *Bibliographia geologica*, je prierai mes collègues, comme je le faisais naguère, à l'occasion de la présentation d'autres tomes, de vouloir bien autoriser la reproduction de la courte préface qui l'accompagne et dont la publicité est forcément limitée à nos souscripteurs.

Voici cette préface :

Le présent tome VII de la série *B* sera suivi, à très bref délai, du tome IX de la série *A*, qui est à l'impression.

Notre *Bibliographia geologica*, dont la publication du premier volume remonte à 1897, aura donc ainsi à son actif, après huit années d'un travail persévérant et continu, seize volumes renseignant près de 48,000 titres d'ouvrages, représentant environ 87,000 renseignements bibliographiques.

On sait, en effet, qu'à part le tome I de la série *B*, un peu moins étendu, et le tome II de la même série, ainsi que le tome I de la série *A*, dont les titres ne portent qu'un seul « index », chacun des treize autres volumes comprend 3,000 fiches, constituant autant de titres de publications avec leurs analyses (idéologiques et géographiques) résumées et bien mises en évidence à l'aide des « index » de la classification décimale.

L'expérience que nous avons réalisée est de nature à intéresser toutes les institutions géologiques, tant de notre pays que de l'étranger. Elle fournit la preuve indéniable que l'emploi de la classification décimale donne les résultats les plus satisfaisants, non seulement en permettant de trouver immédiatement la littérature la plus complète sur un sujet déterminé, mais aussi en fournissant le mode le plus pratique du groupement sur les rayons de la bibliothèque, des publications qui la composent.

Dans l'Introduction au tome IV de la série *B*, j'ai eu l'occasion de rappeler notre manière de procéder, et de montrer que notre Répertoire des travaux concernant les sciences géologiques deviendrait forcément le *Catalogue universel de toutes les bibliothèques*.

En exigeant de chacune de celles-ci de publier un catalogue spécial, c'est répéter, à grands frais, les mêmes titres, non seulement des ouvrages relativement peu nombreux qui se publient séparément, mais aussi des innombrables notices et mémoires extraits des périodiques. Or, ces derniers, dont le nombre de ceux dépouillés par le Service s'élevait déjà à 1,300 dans la *Liste* que nous en avons publiée en 1898, a bien augmenté depuis cette époque.

C'est assez dire combien il semble plus pratique que, pour chaque groupe de sciences, un même établissement puisse centraliser le travail bibliographique, comme le préconise l'Office international de Bibliographie de Bruxelles, pour en assurer l'unité et la bonne exécution, sauf à lui signaler, le cas échéant, les lacunes inévitables, au fur et à mesure qu'elles se constatent.

Ce serait, en tout cas, moins compliqué, plus logique et plus scientifique que d'agir comme a tenté de le faire la « Royal Society » de Londres en réclamant à chaque pays sa bibliographie complète et en lui imposant une nouvelle classification chiffrée, qui a été l'objet de bien sérieuses critiques de la part des spécialistes les plus compétents.

Seulement, pour que l'avenir de notre œuvre bibliographique internationale soit définitivement assuré et que nous puissions continuer la *publication* de nos fiches en *volumes*, il ne suffit pas que nous puissions compter sur des souscriptions qui ont, du reste, atteint le chiffre respectable de trois cents, mais dont la plus grande partie, émanant de particuliers, disparaissent avec ces derniers.

Il faut aussi qu'il soit fait appel au concours des différents Gouvernements à l'effet d'obtenir des souscriptions présentant une garantie indispensable de durée et de continuité.

Nous avons ainsi la ferme conviction que notre Service géologique pourra continuer une publication qui, par son caractère international, est en droit de pouvoir compter sur l'intervention pécuniaire des différents pays intéressés.

S'il pouvait encore subsister quelques doutes quant à la confiance que notre publication doit inspirer à ceux qui ne se sont point trouvés dans le cas de l'étudier et de la pratiquer, il suffirait, pour dissiper ces doutes, de prendre connaissance d'un travail récent de notre collaborateur, M. le Dr G. Simoens.

Ce travail est intitulé : *Réponse aux critiques formulées par M. Emm. de Margerie au sujet de la BIBLIOGRAPHIA GEOLOGICA* (une brochure de 103 pages, éditée à Bruxelles chez M. Oscar Lamberty). M. M.

Depuis que ces lignes ont paru, M. Emm. de Margerie a publié dans le n° 6 du *Bibliographe moderne* une nouvelle note qui ne compte

pas moins de 46 pages et qui est intitulée : *A propos de la BIBLIOGRAPHIA GEOLOGICA. Réponse à MM. Mourlon et Simoens.*

Comme l'auteur de cette note a cru devoir lui donner une très grande publicité et que l'on se trouve maintenant surabondamment fourni de tous les éléments de la controverse, nos collègues nous sauront gré de ne point prolonger un débat qui n'a plus de raison d'être, si tant est qu'il en ait jamais eu.

Dons et envois reçus : 1° De la part des auteurs :

4702. Carez, L. *Mémoires pour servir à l'explication de la Carte géologique de la France. La géologie des Pyrénées françaises.* Fascicule I et fascicule II. Paris, 1903-1904. 2 volumes in-4° de 1230 pages et 11 planches.
4703. ... *Guide-Annuaire de Madagascar, 1905.* Tananarive, 1905. Volume in-8° de 800 pages et 33 cartes.
4704. Rojas Acosta, N. *Nociones sobre la Paleontologia Argentina.* Buenos Aires, 1904. Brochure in-16 de 8 pages.
4705. Guérassimow, A. *Carte géologique de la région aurifère de la Léna. Description de la feuille II-6.* Saint-Petersbourg, 1904. Volume in-8° de 242 pages, 4 planches et 1 carte.
4706. Issel, A. *Terminologia geografica relativa alla configurazione orizzontale della terra emersa, al mare e alle profondità marine.* Gênes, 1904. Extrait in-8° de 15 pages.
4707. Issel, A. *Osservazioni intorno alla Frana del Corso Firenze in Genova.* Pérouse, 1904. Extrait in-8° de 10 pages.
4708. Issel, A. *Osservazioni geologiche fatte nei dintorni di Torriglia. (Nota preliminare.)* Gênes, 1904. Extrait in-8° de 3 pages.
4709. Martel, E.-A. *Bibliographie spéléologique, 1895-1897.* Paris, 1897. Extrait in-8° de 70 pages et 19 gravures.
4710. Meister, A. *Carte géologique de la région aurifère d'Iénisséi. Description de la feuille K-8.* Saint-Petersbourg, 1903. Brochure in-8° de 89 pages et 1 carte.
4711. Meister, A. *Carte géologique de la région aurifère d'Iénisséi. Description de la feuille L-9.* Saint-Petersbourg, 1904. Brochure in-8° de 48 pages et 1 carte.
4712. Meister, A. *Carte géologique de la région aurifère d'Iénisséi. Description de la feuille L-8.* Saint-Petersbourg, 1904. Brochure in-8° de 69 pages et 1 carte.

4713. Meister, A. *Carte géologique de la région aurifère d'Iénisséi. Description de la feuille L-6.* Saint-Pétersbourg, 1904. Brochure in-8° de 36 pages et 1 carte.
4714. Meister, A. *Carte géologique de la région aurifère d'Iénisséi. Description de la feuille K-7.* Saint-Pétersbourg, 1903. Brochure in-8° de 61 pages et 1 carte.
4715. Mourlon, M. *A propos du gisement de mammoth de Meerdegat (Alken) près de Hasselt.* Bruxelles, 1905. Extrait in-8° de 4 pages.
4716. Mourlon, M. *Compte rendu de l'excursion géologique aux environs de Bruxelles, à Ketelberg, Etterbeek, Watermael, Boitsfort, Stockel et Tervueren, le dimanche 12 juin 1904.* Bruxelles, 1905. Extrait in-8° de 51 pages et 17 figures.
4717. Pervinquière, L. *Traduction française de l'ouvrage : « F. RINNE, Étude pratique des roches à l'usage des ingénieurs et des étudiants ès-sciences naturelles », avec une préface de A. Lacroix.* Paris, 1905. Volume in-8° de 674 pages et 257 figures. (Don du traducteur.)
4718. von Kalecsinszky, Al. *Uebersichtskarte der untersuchten Thone der Länder der ungarischen Krone, II (1/900 000).* Budapest, 1899. (En 2 feuilles.)
4719. Ribeiro, C., e Delgado, J.-F.-N. *Carta geologica de Portugal (1/500 000).* Lisbonne, 1876.
4720. del Castillo, A. *Carta geologica de la Republica Mexicana (1/3 000 000).* Paris, 1889.
4721. Salas, C.-P. *Demografia, Ano 1904.* La Plata, 1904. Brochure in-4° de 87 pages.

Présentation et élection d'un nouveau membre effectif.

Est présenté et élu par le vote unanime de l'Assemblée :

M. TH. DEWARICHET, imprimeur, 52, rue de la Montagne, à Bruxelles, présenté par MM. Ch. Fiévez et E. Van den Broeck.

Programme d'une excursion pour le 4 juin :

M. Michel Mourlon développe le programme d'une excursion à Forest, où trois grandes belles carrières, ouvertes dans l'avenue Huart, permettent la constatation de nombreuses failles dans la région, en même temps qu'on y voit le cycle complet du terrain bruxellien.

Communications des membres.**M. G. SIMOENS. — Sur l'allure des terrains primaires, secondaires et tertiaires des paléocreux et des paléovallées de Mons et des environs de Douai.**

— Ce travail, qui paraîtra aux *Mémoires*, est résumé comme suit par l'auteur :

M. *Simoens* a pensé nécessaire, vu l'autorité de M. Gosselet et, étant donné, d'autre part, que la structure des environs de Douai est assez semblable à ce que nous pouvons voir dans le bassin de Mons, de montrer que cette intéressante structure géologique s'explique mieux par la théorie des régressions et transgressions marines avec abrasion accompagnées de mouvements d'affaissement de certaines parties du géosynclinal houiller, que par la théorie proposée par le doyen de la Faculté des Sciences de Lille, qui invoque l'*érosion continentale* ayant déterminé des inégalités à la surface des terrains primaires, inégalités qui auraient été comblées, petit à petit, par les sédiments marins des époques secondaire et tertiaire.

L'une des principales raisons qui empêchent d'adopter cette hypothèse est ce fait étrange qu'un paléocreux, atteignant à peine cent mètres, et recouvert, un nombre considérable de fois, par la mer, aurait eu tant de mal à se combler pendant l'incalculable durée des temps secondaires, au point que cette misérable dépression, de moins de cent mètres, se décèlerait encore dans les couches tertiaires.

Si, réellement, les sédiments qui remplissent les paléocreux ont la signification que leur prête M. Gosselet, c'est-à-dire si ces assises indiquent, par les lignes déprimées vers le centre que présente leur surface, un remplissage insuffisant et destiné à être continué par les assises suivantes, sans qu'il y ait eu de sérieuses abrasions marines ayant enlevé la majeure partie des roches précédemment déposées, alors il faut admettre que l'épaisseur actuelle des assises marines de la région de Douai représente la totalité de la sédimentation pendant tous les temps secondaires dans cette intéressante région.

Il y a plus : dans ces creux de la surface du sol primaire, les sédiments sont beaucoup plus épais que sur les plateaux primaires voisins ; pourquoi ? Il est impossible d'admettre que les vagues et les courants aient transporté jusqu'au-dessus des creux des sédiments spécialement destinés à combler ces fosses, et il est impossible d'admettre que ces

dépôts, relativement épais dans les creux et plutôt minces sur les plateaux, représentent l'état du fond de la mer à la fin d'une période de sédimentation marine.

Si, pour expliquer cette allure, on refuse d'invoquer l'abrasion marine ayant nivelé les parties élevées et conservé intacts les dépôts se trouvant sous le niveau de la surface d'abrasion, pourquoi changer d'avis lorsqu'on constate dans les paléocreux la présence de dépôts épais et qui ne sont pas représentés sur les paléoplateaux ?

Ainsi, par exemple, si, dans le bas-fond marin, on a des épaisseurs respectables de roches sédimentaires, et si ces épaisseurs varient de plusieurs mètres à 1 mètre, on conclut à un dépôt normal, sans abrasion ; mais si ce dernier mètre se réduit encore, et s'il tombe à zéro, comme c'est le cas pour les sédiments triasiques de la région de l'Escarpe, alors on invoque de suite l'autre théorie, celle de l'abrasion, et devant l'impossibilité de dire que la mer n'a abandonné ses sédiments que dans la grande fosse, on se résout, mais pour ce cas seulement, à admettre l'enlèvement des dépôts identiques qui ont dû se déposer de même sur les paléoplateaux.

N'est-il pas préférable de laisser à l'abrasion marine son véritable rôle, qui consiste à raboter le continent à chaque retour offensif de la mer ?

Cette érosion enlève alors forcément tout ce qui se trouve au-dessus du niveau moyen de la mer transgressive. Et si, après son passage, les sédiments sont plus épais en un point quelconque, c'est qu'à cet endroit existait un creux formé déjà avant la dernière transgression et la surface d'abrasion de cette dernière transgression n'en sera pas moins horizontale. Si, plus tard, cette surface devenait courbe au contact d'une assise nouvelle, ce serait la preuve que, postérieurement à cette dernière transgression, il se serait produit en ce point un affaissement.

Il est à remarquer qu'avec la théorie de l'abrasion, on explique aussi bien les sédiments peu épais des paléoplateaux que leur absence complète, sans qu'il soit nécessaire de changer d'hypothèse suivant les cas. Il en est de même pour le bassin de Mons ; il est impossible d'admettre que le terrain crétacé, que l'étage montien, que le Landenien et l'Ypresien se soient déposés dans une cuvette houillère.

Ainsi, en allant vers le Nord, ces assises débordent les unes sur les autres. Il ne faut certainement pas voir là un cas d'invasion continue d'une même mer, dont le niveau se serait élevé insensiblement.

Tout au contraire, cette région présente bien le cas de l'affaissement,

à peu près continu, d'un bassin marin pendant les différentes périodes sédimentaires. C'est ainsi que les terrains les plus inclinés sont les plus anciens, parce qu'ils ont subi l'affaissement pendant un temps plus long. Au contraire, les sédiments les plus récents sont aussi ceux qui s'étendent le plus dans une direction horizontale.

M. Simoens pense donc qu'après le dépôt de la craie, il y a eu affaissement, puis abrasion avec dépôt de Montien, puis, l'affaissement continuant toujours, il y a eu abrasion à l'époque landenienne avec dépôts; puis, après descente, nouvelle abrasion et dépôt d'Ypresien. Il est inutile de dire que les périodes continentales ont alterné avec les transgressions. Ces phénomènes se sont continués pendant l'Éocène moyen, comme M. Simoens a eu l'occasion de le montrer déjà pour la région du Brabant.

M. A. Rutot se rallie entièrement à ce que vient de dire M. Simoens.

Ayant, avec notre confrère J. Cornet, effectué le levé géologique de presque tout le Bassin de Mons et ayant ainsi rassemblé quantité de matériaux, M. Rutot les a utilisés pour le tracé des nombreuses coupes parallèles traversant le Bassin de Mons, et ces coupes lui ont permis de tirer plusieurs conclusions d'un haut intérêt, parmi lesquelles celle permettant d'affirmer que le Bassin de Mons n'existait pas à l'époque wealdienne, puis celles montrant que le creux s'est formé peu à peu par affaissement continu et s'effectuant irrégulièrement, tantôt en un point, tantôt en un autre, comme si des claveaux différents s'étaient séparément affaissés aux diverses périodes. M. Rutot compte présenter à la Société un travail spécial à ce sujet.

M. Van den Broeck. — M. Cornet m'a fait remarquer que les puits de mines et les galeries de l'Escarpelle montrent que les couches de houille, dont les allures sont bien connues par suite de leur exploitation intensive, ne présentent pas de dérangements sous le paléocreux étudié par M. Gosselet; ce qui semble bien indiquer que le terrain houiller de ces parages n'a pas été affecté de failles verticales ni de descentes en paquets depuis son dépôt. Ce fait serait donc, du moins pour la région précitée, en contradiction avec les vues de M. Simoens.

M. le baron Greindl se permet de faire observer que si l'on s'en réfère aux phénomènes actuels, on est bien obligé de constater que les sédiments marins terrigènes ne se déposent pas sur une surface idéalement horizontale, et que les transgressions marines n'aboutissent pas toujours à araser, suivant un plan, la partie continentale submergée. Le cas le plus frappant lui semble présenté par les côtes de Norvège, où

l'on trouve parfaitement des vallées submergées par suite de l'effondrement de la côte.

MM. *E. Van den Broeck* et *G. Simoens*, en opposition à cette manière de voir, objectent qu'il faut considérer *le cycle complet* du phénomène. Actuellement les effondrements ont fait jouer les divers vousoirs de la côte de Norwège, mais quand la mer reviendra à nouveau pour *immerger complètement* ces régions, ce sera aussi pour aplanir indifféremment les récifs anciens et la sédimentation nouvelle, par un vaste travail d'arasement, où l'on ne reconnaîtra plus les dentelures de la Norwège d'aujourd'hui.

M. Kersten. — Dans les exploitations du Borinage, on n'a jamais jusque maintenant constaté l'existence de failles verticales découpant des claveaux qui, en jouant les uns par rapport aux autres, auraient produit les affaissements dont parle *M. Simoens*.

Les plateures du comble Midi principalement, descendent très régulièrement sous les morts-terrains, et même dans les régions où ceux-ci atteignent de grandes épaisseurs, cette régularité n'est pas altérée.

Pour ce qui concerne le Mont Eribus, représenté sur la coupe que montre *M. Simoens*, nous connaissons les exploitations houillères qui en sont très rapprochées, et bien que sous cette colline la puissance des morts-terrains atteigne vraisemblablement le chiffre de 280 mètres, rien dans l'allure des couches de charbon ne fait prévoir la présence de failles verticales, venant confirmer la théorie qui vient d'être exposée.

Protestation de MM. *Rutot* et *Simoens*.

M. Simoens dit que *M. Kersten* n'a probablement pas très bien compris la portée de ce qu'il vient d'exposer, attendu que les affaissements, qui sont incontestables dans le bassin de Mons, ne doivent pas altérer nécessairement l'allure en plateure de certaines parties de ce bassin, et cela précisément parce que ce sont des descentes verticales.

Suite de la discussion sur les théories nouvelles de la formation des Alpes.

La parole est donnée à *M. Van de Wiele*, qui désire répondre à la note de *M. Simoens*.

M. Simoens a bien voulu émettre une série d'objections aux vues que j'ai exposées dans la dernière séance; je relèverai d'abord quelques-unes d'entre elles, et essaierai ensuite de résumer aussi clairement que

possible ma façon de voir, car je crains de ne pas avoir été suffisamment clair et précis dans mon exposé.

Ainsi, « je n'ai pas établi de différence au point de vue originaire entre les différents tronçons de la chaîne alpine, qui présenteraient chacun une évolution particulière ». Je considère que le mouvement tectonique qui a donné naissance aux Alpes s'est continué depuis Gènes jusqu'aux Carpathes d'un côté, aux Apennins de l'autre; mais ce mouvement n'a pas été simultané sur toute la ligne; il paraît avoir débuté avec l'Éocène, sinon avec le Crétacé supérieur, pour ne finir qu'avec le Pliocène aux deux extrémités de la chaîne, à en juger d'après la limite de l'âge des terrains impliqués dans le mouvement en Sicile et en Roumanie. On ne peut donc pas dire que j'admets une évolution spéciale pour chaque tronçon : le mouvement reconnaît la même cause tout le long de l'arc alpin; c'est l'affaissement de la zone centrale située à l'intérieur de celui-ci. Comme cet affaissement a débuté dans le Piémont et s'est successivement étendu dans les deux sens, la formation de la chaîne s'est prolongée vers les deux extrémités, et c'est ainsi que nous trouvons les Carpathes, et surtout la zone centrale qu'elles circonscrivent, dans un stade de plissement et de chevauchement moins avancé que celui de la chaîne alpine entre l'Italie et la France, pour ne citer que ce tronçon.

M. Simoens semble admettre que j'ai invoqué seulement les *effondrements* comme cause de la formation des Alpes. Cela n'est pas tout à fait exact. J'ai surtout parlé de zones d'affaissement. Le mouvement de celles-ci est toujours très lent, s'arrête parfois, pour recommencer ensuite. Si l'affaissement est étendu et s'il est plus ou moins rapide, il peut donner lieu à des effondrements, mais ceux-ci ne constituent qu'un épisode, qui n'a pas l'importance ni l'étendue de l'affaissement de toute la zone. L'affaissement peut, il est vrai, s'étendre sur sa périphérie, par des effondrements partiels et successifs des bords des masses cristallines ou des couches sédimentaires qui les recouvrent, mais c'est l'affaissement central, la descente du fond du bassin où la mer a pénétré, qui constitue le phénomène tectonique important, et il n'est lui-même que l'expression du retrait des masses profondes de la croûte terrestre. Je n'ai donc pas en vue « des bassins d'effondrement, qui paraissent très localisés et peu étendus suivant une direction linéaire ». Je dois à l'expression de « bassins d'effondrement » substituer celle de bassins d'affaissement s'effondrant sur leurs bords, et faire observer que le bassin ou la zone d'affaissement de la mer Méditerranée a existé depuis l'époque primaire jusqu'à nos jours, et qu'elle s'étend dans une

direction plus ou moins parallèle à l'équateur. Partant d'un bord du Pacifique, à la hauteur du Chili et du Pérou, elle fait le tour du globe par les Antilles et la mer Méditerranée actuelle, indique, par les dépôts qu'elle y a laissés, qu'elle a occupé autrefois la Perse et les plaines de l'Indus et du Gange, pour aller rejoindre l'autre bord du Pacifique par les mers équatoriales qui s'étendent entre l'Indo-Chine et l'Australie. L'affaissement central de l'arc alpin n'est qu'une section de cette zone principale, qui s'est rétrécie suivant une direction générale qui se rapproche de la ligne de l'équateur.

Quant aux objections de M. Simoens, relativement à la direction des plis et des chevauchements dans le sens de l'affaissement, elles paraissent fondées à première vue. En effet, la zone calcaire interne, ou méridionale, présente ses plissements et ses chevauchements dirigés vers l'affaissement central, et la plus grande partie de ces masses chevauchées a disparu au fond de l'affaissement, sous les masses sédimentaires, comme l'indique la disposition en gradins des masses calcaires dans leur descente vers et sous la plaine du Pô. Par contre, la zone médiane cristalline, et surtout la zone calcaire externe, présentent des chevauchements très accentués vers la périphérie, et c'est ici que je me trouve en désaccord avec la plupart des auteurs, parce qu'il me paraît impossible d'admettre une force tangentielle qui, partant d'une zone centrale, s'exercerait vers l'extérieur dans toutes les directions de l'horizon. Aussi, en invoquant l'affaissement des masses profondes, j'indique que le processus tectonique s'exerce dans la profondeur, et que c'est là qu'il faut rechercher la cause des phénomènes superficiels. Il y a lieu, en outre, de se rappeler que les plissements et les chevauchements vers la périphérie se sont produits dans ce que M. Haug a appelé le géosynclinal périalpin, que je considère comme une zone d'affaissement périphérique à l'affaissement central, affaissement périphérique résultant de l'appel des masses superficielles de la périphérie, vers l'affaissement central, plus étendu et plus profond. Si maintenant nous supposons que les zones d'affaissement périphérique et centrale prennent une extension trop grande pour que la rigidité des masses cristallines qui les entourent puisse continuer à les maintenir en équilibre, il y a resserrement. Dans la profondeur, les masses se rapprochent, mais celles de la superficie, forcées de se loger dans un espace beaucoup plus réduit, se soulèvent en se plissant et en chevauchant vers la périphérie sur le bord externe, et elles comblent ainsi la zone d'affaissement périphérique. Enfin, entre les deux zones d'affaissement, les roches intrusives entraînant les masses cristallines et les dépôts sédimentaires, se

soulèvent pour former un bourrelet de montagnes qui délimitent le pourtour de la zone centrale affaissée.

Toutes nos explications reposent donc, en dernier lieu, sur l'hypothèse de l'affaissement continu des couches profondes de l'écorce terrestre, et nous sommes ainsi amené à reconnaître que nous nous trouvons à la limite du domaine de l'observation géologique. Cependant il convient de faire remarquer que les affaissements et les effondrements font partie de l'histoire géologique du globe; on peut les constater en de nombreux points. D'un autre côté, la théorie de la contraction continuelle des couches superficielles du globe ne rencontre guère de contradicteurs. Il semble donc qu'il y aurait intérêt à la soumettre à l'analyse, et c'est ce que nous nous proposons de faire ici.

Le globe se refroidit et se contracte. La croûte solide externe ne participe plus guère à cette diminution de volume; ce sont les couches profondes, encore à l'état de fusion ignée, qui continuent à se contracter. Le passage de celles-ci à la couche solide externe se fait par l'intermédiaire d'une couche malléable, susceptible de se plisser sous l'effort des couches profondes. Elle doit sa consistance visqueuse ou malléable à la présence de l'eau surchauffée sous pression, au voisinage des couches profondes et à la température élevée que celles-ci émettent constamment vers l'extérieur. La matière qui constitue la couche intermédiaire ne se présente pas sous l'aspect solide; c'est un magma plus ou moins visqueux, soumis d'un côté à la pression de la force centrifuge des couches profondes, et de l'autre à la pression centripète de sa propre pesanteur et de celle des masses cristallines et sédimentaires qui reposent sur sa surface. Les deux forces opposées tendent constamment à se faire équilibre; mais, au cours des âges géologiques, cet équilibre est incessamment rompu, par suite des modifications de l'évolution de la croûte terrestre. Chaque rupture d'équilibre doit s'accompagner d'un arrangement nouveau dans les plissements de la couche malléable et dans la disposition réciproque des masses cristallines et des sédiments de la superficie, et ce sont ces dernières modifications qui nous apparaissent sous la forme de l'évolution tectonique des couches superficielles. Nous sommes donc amené à considérer les couches solides externes comme constituées par une série de tables cristallines recouvertes presque complètement par des sédiments. Ces masses cristallines, serrées les unes contre les autres, présentent cependant un certain degré d'indépendance, elles peuvent jouer les unes contre les autres.

Le refroidissement des couches profondes, à l'état de fusion ignée, ne suppose pas de déformation de leur surface, la diminution de volume

est la même sur toute sa périphérie. Cependant nous savons que le globe a subi un aplatissement, et que celui-ci est attribué à l'action centrifuge de rotation; mais outre cette première cause de déformation, il est probable qu'il faut aussi reconnaître l'attraction de la lune, du soleil et des planètes, astres tous situés dans des plans voisins de l'écliptique. Voilà donc des forces perturbatrices qui tendent à donner aux couches profondes une autre forme que la forme sphérique, que nous lui avons attribuée tantôt. Ces forces, qui agissent d'une façon inégale sur les différents points du globe, mais qui continuent à s'exercer depuis que la terre tourne, doivent produire à la surface de la masse centrale en fusion des mouvements que je comparerais à des courants si la lenteur de leur déplacement, que l'on peut apprécier par ce que nous savons de la durée des temps géologiques, permettait cette comparaison. Ce déplacement inégal de la surface du noyau igné réagit sur la couche molle intermédiaire, et celle-ci à son tour provoque des mouvements dans les masses cristallines de la surface. C'est aux modifications qui se produisent dans la couche malléable intermédiaire qu'il faut attribuer les affaissements et les effondrements d'une part, et les soulèvements des chaînes de montagnes et des vastes plateaux continentaux d'autre part.

Mais sortons du domaine de l'hypothèse et rencontrons uniquement les faits constatés par l'observation géologique. Les affaissements se sont produits à toutes les périodes géologiques. Nous savons que les transgressions et les régressions de la mer se suivent constamment sur tous les points du globe, avec une fréquence inégale, il est vrai, d'après les zones. Certaines régions paraissent être restées plus stables; d'autres, au contraire, sont continuellement en mouvement. M. Suess, auquel il faut toujours s'adresser pour l'étude des faits tectoniques, a montré que l'hémisphère septentrional présente une zone où ces mouvements ont été réduits au minimum, au moins depuis le Cambrien; nous savons que le bouclier canadien, le bouclier scandinave et une partie de la Sibérie en font partie. Depuis ces temps lointains, ces masses cristallines n'ont pas été sans subir de nombreuses vicissitudes; elles ont été considérablement réduites sur leurs bords, car il est probable qu'elles formaient une zone continue et qu'elles n'étaient pas encore séparées par des océans étendus et profonds. Elles ont subi depuis des mouvements d'oscillation autour de leur centre de gravité, mais jamais, depuis le Cambrien, elles n'ont été complètement submergées; ce qui, soit dit en passant, leur a permis de jouer le rôle de l'Arche de la Bible dans l'évolution de la faune et de la flore terrestres.

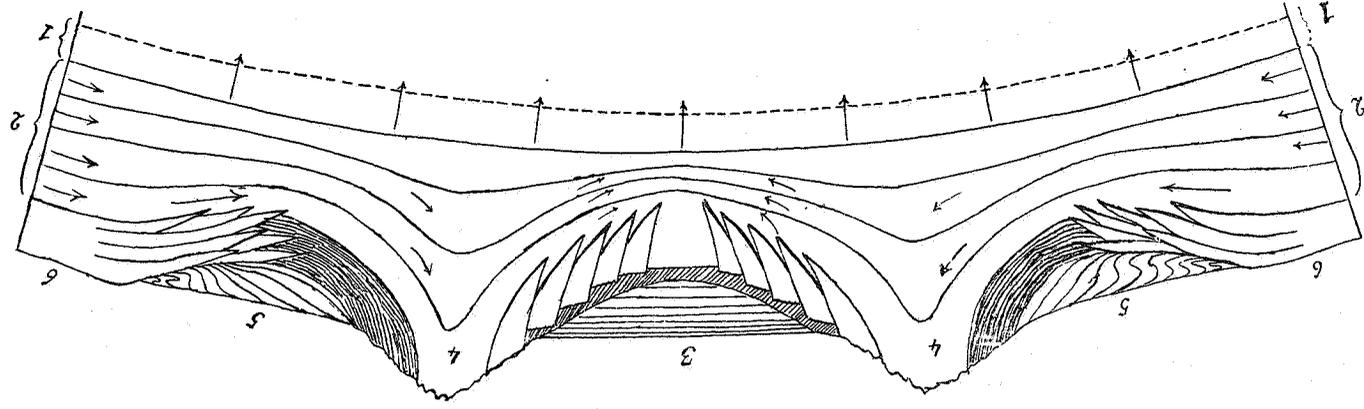


Fig. 1. — SCHEMA DE LA SURRECTION D'UNE CHAINE DE MONTAGNES.

1. Noyau fluide central, en voie de rétraction concentrique.
2. Couche malléable en voie de plissement. Affaissement consécutif sur certaines zones, d'un côté, et soulèvement de l'autre.
3. Affaissement central occupé par la mer.
4. Massifs soulevés et réduits ensuite par effondrements.
5. Affaissement périphérique se complant par chevauchement vers la périphérie.
6. Couches superficielles solides (tables cristallines).

En opposition avec ces masses stables, nous trouvons deux bassins océaniques où la mobilité, caractérisée par des affaissements répétés du fond, offre un contraste accentué avec l'immobilité des masses continentales : ce sont l'océan Pacifique et l'océan Méditerranéen. Nous avons à nous occuper surtout de ce dernier. Les mouvements d'affaissement y existaient probablement déjà à l'époque primaire; il est certain qu'ils ont continué pendant le Mésozoïque et le Tertiaire, et ils se continuent encore de nos jours. Les masses cristallines qui occupent la zone qui la borde au Nord ont un pendant au Sud, dans le Sahara, où les masses paléozoïques gardent un repos relatif, permettant de supposer, sous elles, une table cristalline jouant le même rôle que celles du Nord. Des deux côtés, ces masses sont entraînées vers l'affaissement central, plissant et soulevant les couches sédimentaires situées entre elles. Même on dit parfois que les masses cristallines poussent devant elles et sous elles des parties de la surface, provoquant ainsi les effondrements; mais cela n'est possible que si le substratum en fusion ignée cède en premier lieu, car les pressions produites par les masses profondes sont de beaucoup supérieures à celles de la surface. De même que les mouvements de la profondeur s'exécutent avec une lenteur que nos sens ne peuvent apprécier, le déplacement des masses superficielles au Nord et au Sud du bassin Méditerranéen ne se fait pas d'une seule poussée; celles-ci se fragmentent du côté de l'affaissement et les parties qui se détachent descendent au fond, en même temps qu'elles poussent devant elles le reste de la masse sédimentaire en la faisant chevaucher. C'est ici que commence la réaction de la surface dans la zone périphérique.

La dépression ou la zone d'affaissement qui tend à prendre une forme plus ou moins circulaire, ou bien encore délimitée par la confluence de plusieurs cercles de plus petit diamètre — exemples : la mer Noire, la mer Tyrrhénienne, etc. — se rétrécit inégalement, par la pression périphérique; aussi, comme celle-ci n'est pas la même dans tous les sens, la zone d'affaissement subit un rétrécissement plus marqué dans la direction d'un de ses diamètres qui, du reste, peut se recourber à son tour. Pour la Méditerranée, la pression Nord-Sud paraît prédominer, et, par conséquent, le diamètre parallèle à l'équateur est celui qui reste prédominant. C'est de cette manière que la zone d'affaissement passe à l'état de géosynclinal central. Je dis central, parce qu'on rencontre très souvent, sur le bord des dépressions ou des affaissements importants, une zone périphérique où des affaissements secondaires se sont produits. J'ai déjà appelé l'attention sur le géosynclinal

périphérique des Alpes, et j'ai fait observer alors que le fond du synclinal se portait vers l'affaissement central, occupé, dans le cas qui nous occupe, par l'affaissement plus central correspondant au bassin du Pô; mais celui-ci, à son tour, n'est qu'un affaissement périphérique relativement au bassin central de la Méditerranée, située au Sud. Et il en a été ainsi, non seulement pendant le Tertiaire, mais aussi pendant le Crétacé, le Jurassique, le Trias et probablement aussi pendant le Primaire. Nous savons que pendant le Trias les sédiments triasiques de la mer Alpine indiquent une mer profonde, tandis que les dépôts contemporains de l'Allemagne indiquent des bassins relativement plats, c'est-à-dire que l'emplacement des Alpes faisait alors partie de l'affaissement central profond, et qu'en Allemagne il y avait des bassins périphériques beaucoup moins profonds que la mer centrale. Une situation analogue s'est répétée jusqu'au milieu du Tertiaire, et alors, sur l'affaissement périphérique et autour de l'affaissement central, s'est élevée la chaîne de montagnes énormes, pendant que l'affaissement central se maintenait au Sud, malgré que son aire tendait à se combler par la poussée des grandes masses cristallines au fond de la dépression; de sorte que la Méditerranée survit toujours, car son rôle océanique fait partie du plan de l'évolution du globe.

Les affaissements périphériques à l'affaissement central doivent se produire dès que ce dernier atteint une profondeur et une étendue suffisantes. Nous avons admis que le déplacement de parties plus ou moins considérables de la couche malléable intermédiaire était la cause immédiate de l'affaissement de portions des tables cristallines. Le bord de celles-ci, tout autour de l'affaissement, se trouve en porte à faux, et, entraîné par la pesanteur, il descend peu à peu vers le fond de la zone d'affaissement, en même temps que la table tout entière est poussée vers le centre de l'aire, affaissée par la force tangentielle, centripète, des masses cristallines situées derrière elle. Des masses considérables, dont les dimensions atteignent parfois des milliers de kilomètres carrés, sont ainsi détachées de la masse principale, laissant entre elles et les masses restées en place des vides où la mer pénètre, et cette mer périphérique reste souvent séparée, au début tout au moins, de la mer centrale plus profonde par la masse détachée, qui ne descend que graduellement, formant d'abord une île continentale comme l'Angleterre ou le Japon, et passant peu à peu à l'état de dos sous-marin. C'est ainsi que nous nous représentons le processus des transgressions marines, de même que la descente graduelle de la masse détachée représente, en grand, le chevauchement des couches sédimen-

taires, avec accompagnement, à la superficie, des mouvements en avant des plis correspondants et des nappes couchées. C'est dans un affaissement périphérique que se sont dessinés le massif de la Brèche, les Préalpes et les formations du flysch; et, par suite de la continuation du mouvement de resserrement, les trois formations tectoniques ont été soulevées, en même temps qu'elles se superposaient l'une au-dessus de l'autre. Il paraîtrait même que, pour les Alpes, il y a eu plus d'une zone d'affaissement périphérique, car la zone des schistes lustrés s'est formée dans un synclinal inscrit à l'intérieur du géosynclinal périalpin. Nous savons, en effet, surtout grâce aux travaux du tunnel du Simplon, que les masses triasiques et autres plus récentes, métamorphosées en gneiss et schistes cristallins, se présentent sous forme de nappes couchées, qui ont chevauché vers la périphérie des Alpes, et qu'elles sont venues buter contre le massif du Finsteraarhorn et du Saint-Gothard, qui les sépare du géosynclinal périphérique, situé plus à l'extérieur.

C'est précisément ce chevauchement des masses vers l'extérieur que M. Simoens semble ne pas pouvoir admettre, et j'avoue qu'il m'a été difficile, tout d'abord, de trouver la solution de cette contradiction apparente entre la direction de la force centripète, qui s'imposait comme force tectonique des Alpes, et le chevauchement apparent des masses vers l'extérieur. C'est grâce à l'étude des travaux de M. Haug sur la persistance du géosynclinal périphérique alpin que j'ai cru pouvoir admettre le mécanisme que je viens d'exposer.

Je ne suis du reste pas le premier à invoquer l'action tectonique des zones d'affaissement. En étudiant les arguments que MM. Greindl et Simoens ont bien voulu m'opposer, j'ai été amené à revoir le chapitre de l'ouvrage de M. Suess (1) où il est question des chaînes en guirlande, à concavité au Nord, dont j'ai déjà parlé à propos de l'arc de la Crète et de ceux de l'Iran. Ce plissement a débuté beaucoup avant l'époque tertiaire, et en dehors du système méditerranéen il semble caractériser surtout la zone immobile dont il a été question tantôt. L'ouvrage de M. Suess, qui est une mine inépuisable pour le géologue, m'a montré ce que je ne cherchais pas.

Cette trouvaille, que je reproduis plus bas, est le schéma en 4 figures que M. Holmquist a publié dans le *Bulletin de la Société de Géologie de Stockholm*, 1901. On y retrouve, tout entière, la conception géologique

(1) ÉD SUESS, *La Face de la Terre*, t. III, 1^{re} partie, p. 524.

Le chevauchement scandinave, d'après P.-J. HOLMQUIST.

Bidrag till diskussion om de skandinaviske fjellkedjans tektonik (GEOL. FÖREN. I STOCKHOLM FORHANDL., 1901, pp. 55-71).

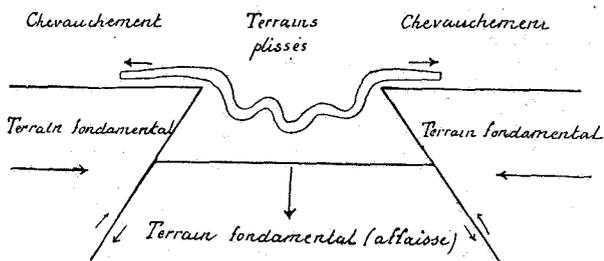


FIG. 2.

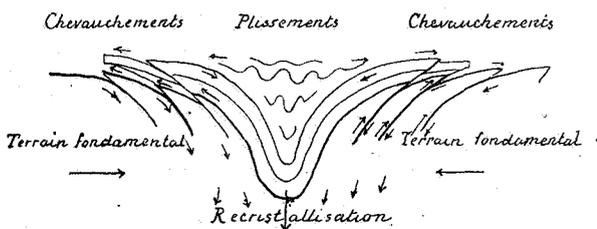


FIG. 3.

Fig. 2. et 3. — EXPLICATION HYPOTHÉTIQUE DU CHEVAUCHEMENT SCANDINAVE (POUSSÉES SYMÉTRIQUES).

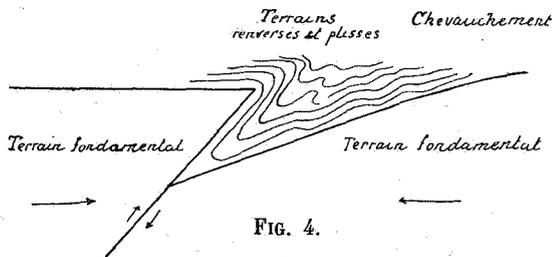


FIG. 4.

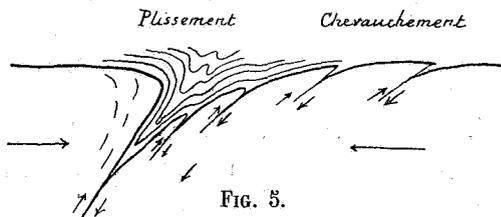


FIG. 5.

Fig. 4 et 5. — EXPLICATION HYPOTHÉTIQUE DU CHEVAUCHEMENT SCANDINAVE (POUSSÉES DISSYMMÉTRIQUES).

Nota. — Les quatre figures du schéma sont reproduites d'après ÉD. SUESS, dans *La Face de la Terre*, t. III, 1^{re} partie, p. 524.

que je viens d'exposer; la seule particularité qui n'y est pas mentionnée, c'est l'affaissement périphérique; mais elle y apparaît néanmoins. Des deux côtés de l'affaissement, nous voyons le « terrain fondamental » s'abaisser et les terrains sédimentaires et superficiels se plisser en chevauchant vers l'extérieur, pendant que les masses cristallines périphériques tendent à se rapprocher. J'ai étudié le livre de M. Suess lorsqu'il a paru; le schéma de M. Holmquist aura dormi dans ma mémoire, et la lecture des travaux de M. Lugeon, réveillant mes souvenirs, m'aura fait appliquer à la formation des Alpes la théorie du savant géologue suédois.

Avant de terminer, je voudrais dire encore quelques mots sur les rapports qui me paraissent exister, d'une part, entre les zones d'affaissement et, d'autre part, entre la forme et la longueur des arcs de chaînes de montagnes qui les accompagnent. Je crois trouver un argument important en faveur de cette théorie dans le travail si remarquable que M. Cayeux a communiqué au Congrès géologique international de Vienne (1). Il s'agit de l'arc dinaro-taurique qui, d'après la conception de M. Ed. Suess, se détache des Alpes dans la Vénétie. Nous avons montré que ses plissements constituaient d'abord la zone calcaire méridionale, et nous avons rappelé leur parallélisme à l'axe de l'Adriatique. Ces plissements se continuent par la partie occidentale de la péninsule balkanique, l'Albanie, le Péloponèse, les îles Cerigo et Cerigotto, jusqu'à l'extrémité occidentale de la Crète. M. Suess, se basant sur des travaux anciens, avait admis que l'arc se continuant à travers l'île, le long de son grand axe, formait l'arc dinarique qui allait rejoindre d'un autre côté les plissements du Taurus, s'avancant à travers l'île de Chypre pour former l'arc taurique, pendant de l'arc dinarique, et constituant avec celui-ci une unité tectonique, dont la partie médiane aurait disparu par suite d'un effondrement.

Mais les observations recueillies par M. Cayeux en Crète n'ont pas confirmé cette conception tectonique. Au lieu d'une chaîne longitudinale parallèle au grand axe de l'île, il a constaté l'existence d'une série de plissements, disposés d'après des courbes opposées par leur convexité, et se resserrant les unes contre les autres dans l'extrémité Sud-Ouest de l'île. Au Nord et à l'Est, les couches vont s'étaler en éventail. Nous reproduisons ici en regard le schéma tectonique que M. Cayeux a ajouté à sa communication.

(1) L. CAYEUX, *Les lignes directrices de plissements de la Crète*. (C. R. DU CONGRÈS GÉOL. INTERNAT., IX^e session, Vienne, 1903, fasc. I, p. 383.)

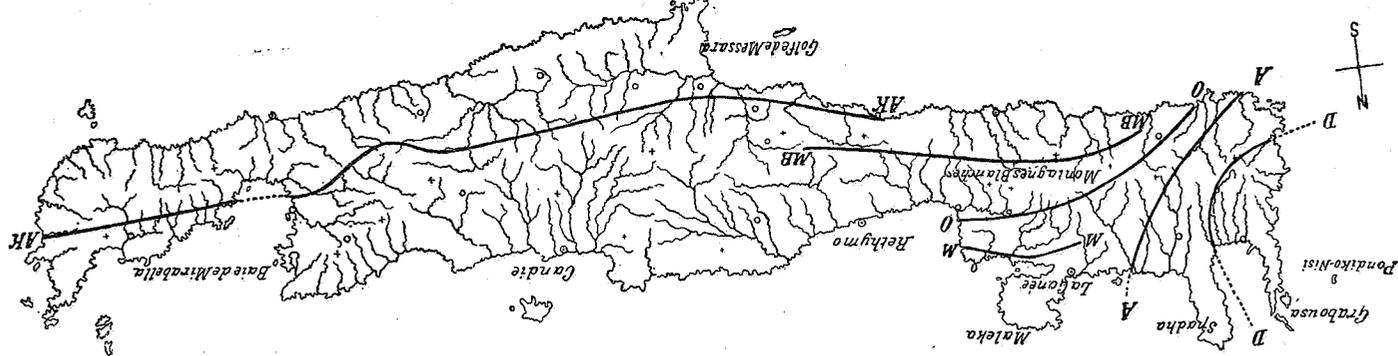


Fig. 6. — ILE DE CRETE (d'après Cayeux).

Tracé de quelques arcs antichinaux.

- | | | |
|-----|---|----------------------------|
| DD. | — | Pli antichinal du Dietyos. |
| AA. | — | de l'Apopighari. |
| MM. | — | de Malaxa. |
| MB. | — | des Montagnes Blanches. |
| AK. | — | de l'aphendi Khristio. |
| OO. | — | Pli antichinal de l'Omalo. |

Echelle : 1/500 000e.

On voit que le système occidental, celui du Dictyos, continue le prolongement de l'arc dinarique du Péloponèse, mais au lieu de se recourber vers l'Est, comme l'avait admis M. Suess, il se dirige au Sud-Ouest. Maintenant, si nous consultons une carte des profondeurs de la Méditerranée, nous voyons que le prolongement du Dictyos se dirige vers la Cyrénaïque, qui se rapproche de la Crète par un plateau sous-marin, et n'en reste séparée que par un canal profond relativement étroit. Nous voyons de cette façon se constituer le mur qui sépare le bassin ionien de la Méditerranée, de son bassin oriental que nous pourrions appeler le bassin libyen. Pour nous, le plissement du Dictyos serait périphérique au bassin ionien et se prolongerait vers le plateau de la Cyrénaïque.

M. Cayeux décrit ensuite le système de l'Apopighari, constitué par un pli unique, qui semble périphérique à ceux du Dictyos, et participerait, par conséquent, au rôle tectonique de ceux-ci.

Le troisième système, dont la direction prépondérante va de l'Est à l'Ouest, occupe plus des neuf dixièmes de la superficie de l'île, depuis le pli de l'Apopighari jusqu'à son extrémité orientale. Il convient de faire remarquer que la direction de ces plissements, légèrement concaves au Sud dans leur ensemble, se relève un peu au Nord-Est vers l'extrémité orientale de l'île. Si nous consultons la carte de cette partie de la Méditerranée, nous trouvons que cette direction des plissements du troisième système concorde avec celle d'un mur sous-marin sur lequel émergent la Crète et les îles de Kasos, Carpathos et Rhodes. Il est limité au Nord et au Sud par des bassins marins relativement profonds. Le bassin du Nord, moins étendu et moins profond que le bassin libyen, sépare la Crète et son prolongement du plateau Égéen submergé, sur lequel se dressent les Cyclades et les Sporades.

Quant au bassin libyen, on peut voir, par le schéma de M. Cayeux, qu'il est circonscrit au Nord par le troisième système de plis à direction Est-Ouest, et nous pouvons ainsi nous rendre compte de la disposition tectonique des plissements du sol de la Crète, et constater que les bassins orientaux de la Méditerranée, tout comme ceux de l'Occident, sont circonscrits par des arcs de chaînes de montagnes qui suivent les bords des zones d'affaissement.

Du reste, cette relation entre les chaînes plissées et surélevées et les zones affaissées n'a pas échappé à M. Cayeux. Parlant des Apennins et de l'arc dinarique, il dit : « Les deux branches qui se détachent de la chaîne alpine et circonscrivent la fosse adriatique restent parallèles jusqu'au point où il est possible d'observer le faisceau dinaro-taurique. »

M. le baron Greindl. — L'idée que nous suggère M. le docteur Van de Wiele est que le rapprochement des zones externes à la partie plissée de l'écorce pourrait être dû à l'appel au vide résultant des affaissements importants que l'on constate dans la zone des Alpes; les affaissements seraient donc antérieurs aux derniers grands plissements.

Il nous semble que la structure de l'avant-pays alpin est difficilement conciliable avec cette thèse. Dans quel état voyons-nous, en effet, les fragments de la chaîne carbonifère qui vient border le plissement tertiaire? D'une façon générale, ils sont relevés vers la chaîne alpine et vont s'abaissant lentement vers l'extérieur.

Ainsi le plateau central présente sa crête hypsométrique (abstraction faite des accidents volcaniques) immédiatement contre le sillon rhodanien et se dessine en voussoirs à faible courbure, séparés par de longues failles longitudinales, qui vont s'abaissant vers l'Ouest. De même, la terre rhénane (Vosges et Forêt-Noire), dont la partie Sud porte des traces de sédiments permien, puis qui fut entièrement recouverte des sédiments secondaires, qui avait donc un pendage vers le Sud à la fin des temps carbonifères, nous montre actuellement, malgré le décapage de ses couches, qui a atténué fortement l'apparence hypsométrique du mouvement de bascule, une pente manifeste du bloc vers le Nord, avec, encore une fois, courbure générale du massif, obtenue par un jeu de failles transverses produisant comme une sorte de synclinal entre deux anticlinaux (Hautes Vosges-Forêt-Noire et Hardt-Forêt d'Odin).

Je ne reviendrai pas sur ce que j'ai dit du massif de Bohême, dans la dernière séance. La pression alpine nous semble manifeste dans tous ces cas, et je ne crois pas qu'il puisse y avoir de désaccord entre nous à ce sujet. Mais n'y a-t-il pas aussi une autre conséquence à déduire de ces faits?

Si l'appel au vide était la cause du rapprochement de l'avant-pays, ce voussoir terrestre ne devrait-il pas incliner vers la fosse d'affaissement, alors que c'est précisément l'inverse qu'on constate?

Dans un autre ordre d'idées, si, avec M. Haug, nous admettions qu'un plissement montagneux est le résultat du resserrement d'une partie de l'écorce terrestre entre deux mâchoires, nous serions obligés de rejeter la définition géologique des montagnes, qu'on se plaît, pour le moment, à nous représenter comme une grande ondulation de l'écorce, se propageant lentement vers les bords.

Les bords devraient être les premiers plissés. En est-il ainsi? C'est difficile à dire, puisque en somme on ne connaît pas la structure interne des bords des plis montagneux.

Les plis couchés et les lames de charriage que l'on constate dans les chaînes de montagnes s'expliquent pour nous par la tendance de la zone externe de l'écorce à ne pas suivre les plis de la partie interne; le travail est beaucoup moindre si une partie de l'écorce chevauche sur une autre, et cela pendant que la portion interne se replie lentement sur elle-même.

G. SIMOENS, Deuxième note sur les effondrements et les plissements.

Je me félicite d'avoir discuté, dans une de nos dernières séances, le travail présenté par M. Van de Wiele, puisque cela nous vaut, de la part de notre sympathique confrère, un second mémoire qui, au point de vue de l'intérêt qu'il présente, ne le cède en rien au travail précédent. Dans cette deuxième note, notre confrère, tout en relevant quelques-unes de mes objections et craignant « de ne pas avoir été suffisamment clair et précis » dans son exposé, essaie de résumer aussi clairement que possible sa façon de voir.

Je pense que le but que poursuivait M. Van de Wiele a été atteint tout au moins dans ses grandes lignes, et si, sur des questions de détail, je ne suis pas tout à fait d'accord avec lui, je puis dire cependant que l'idée maîtresse qu'il défend est aussi la mienne et qu'elle présente des analogies frappantes avec celle que j'ai défendue ici même depuis plusieurs années. Aussi, ces quelques lignes ont-elles moins pour but de rencontrer les points sur lesquels nous pourrions différer, que d'indiquer, d'une manière plus précise, les grands principes qui constituent pour nous des points de contact. Les données du problème seront ainsi précisées et il nous sera dès lors facile d'en rechercher les dernières inconnues :

1° Tout d'abord, je suis heureux d'apprendre que M. Van de Wiele n'a pas voulu voir dans la chaîne alpine des tronçons montagneux dus aux effondrements locaux qui limitent fréquemment vers le Sud ces rides de l'écorce terrestre. Cette idée, que je croyais défendue par notre collègue, je l'avais rencontrée dans mon précédent travail et je lui avais fait une série d'objections. M. Van de Wiele repoussant nettement cette idée dans sa dernière note, nous nous trouvons d'accord, je pense, pour affirmer que les effondrements localisés dans l'arrière-pays — cette expression étant employée dans le sens adopté par M. Suess — sont fonction de la surrection des masses montagneuses, c'est-à-dire qu'ils sont des phénomènes consécutifs à la chaîne plissée; parmi ceux-ci,

nous pouvons citer, par exemple, la Hongrie pour la chaîne alpine, le bassin de Paris pour la chaîne hercynienne, le centre de l'Angleterre pour la chaîne calédonienne;

2° M. Van de Wiele donne une signification différente aux mots effondrement et affaissement. J'ai toujours, quant à moi, considéré ces deux termes comme synonymes et j'ai, pour exprimer ma pensée, employé indifféremment l'un et l'autre.

Si M. Van de Wiele veut les employer dans des sens différents, il y a lieu alors de préciser la valeur relative de ces deux termes.

Notre confrère admet que « si l'*affaissement* est étendu et s'il est plus ou moins rapide, il peut donner lieu à des *effondrements*, mais ceux-ci ne constituent qu'un épisode qui n'a pas l'importance ni l'étendue de l'*affaissement* de toute la zone ».

Il croit, en outre, que « l'*affaissement* peut s'étendre sur sa périphérie par des *effondrements* partiels et successifs des bords des masses cristallines ou des couches sédimentaires qui les recouvrent ».

« Je dois, dit encore M. Van de Wiele, à l'expression de « bassins d'effondrement » substituer celle de *bassins d'affaissement*, s'effondrant sur leurs bords ».

a) M. Van de Wiele réserve le nom d'effondrement aux descentes locales et limitées, comme les exemples que j'ai cités plus haut et qui se localisent généralement dans l'arrière-pays. Je suis tout disposé à réserver à ces phénomènes le nom d'effondrement, mais j'ajoute comme corollaire — et M. Van de Wiele sera, je pense, de mon avis — ce qui suit : Les effondrements locaux de l'arrière-pays sont consécutifs à la chaîne plissée comme nous l'avons admis au primo, c'est-à-dire que les effondrements (sensu stricto) sont les effets et non la cause du plissement. C'est là un fait qui ne saurait être contesté, car on peut fréquemment, des deux côtés de la région effondrée, raccorder les plis sectionnés et qui constituent aujourd'hui les tronçons d'une même chaîne.

b) M. Van de Wiele réserve le nom d'affaissement au phénomène général qui, pour la chaîne alpine, s'étend autour du globe. C'est donc, dans la pensée de notre confrère, le phénomène originaire de la chaîne plissée. Ce que dit M. Van de Wiele est absolument vrai, non seulement pour la chaîne des Alpes, mais aussi pour les autres cordillères plus anciennes, et je me suis proposé depuis longtemps de démontrer pour la chaîne hercynienne, qui traverse notre pays, ce que M. Van de Wiele veut faire admettre pour les Alpes récentes localisées plus au Sud. Je disais ici même, il y a environ six ans : « Il faut aussi conclure que les plissements et les autres modifications que présentent les régions super-

ficielles du globe ne sont, en dernière analyse, que des manifestations de la pesanteur », et j'admettais le processus suivant :

1° *Une force centripète, provoquant des chutes verticales ;*

2° *Des phénomènes de plissements dus à l'affaissement précédent.*

Malgré tout ce que mon opinion avait d'étrange à cette époque, je me proposais d'étudier successivement les nombreuses manifestations tectoniques qui caractérisent nos régions. « Cette étude, disais-je, me permettra, je pense, d'établir : 1° que le *ridement du Hainaut n'est pas dû à une poussée générale venant du Sud* ; 2° que la *constitution des chaînes calédonienne et hercynienne qui traversent notre pays est le résultat d'une série d'effondrements successifs et superposés.* »

Cette explication me paraissait la seule rationnelle, la seule permettant, à mon avis, de rendre compte de la structure de notre territoire. J'eus la satisfaction de trouver deux ans plus tard, dans le tome III de l'édition française de M. Suess, l'interprétation de M. P. J. Holmquist, qui venait précisément de paraître, à Stockholm, quelques mois auparavant. Le savant suédois admettait donc pour la Scandinavie une explication semblable à celle que j'avais conçue moi-même, antérieurement, pour nos régions et qui lui faisait dire : « le recouvrement devient en somme un renforcement ».

Je rappellerai, en passant, l'intéressant travail qui parut sur le sujet en 1902, dans le tome XI des *Annales de Géographie*. Aujourd'hui M. Van de Wiele nous apporte à son tour, avec une documentation soignée, une opinion identique pour la chaîne des Alpes.

Nous devons donc admettre :

a) Les effondrements (sensu stricto) dont il a été question précédemment et qui sont postérieurs à la chaîne plissée ;

b) Ces effondrements (sensu largo) successifs et superposés en descentes verticales, c'est-à-dire les renforcements de M. P. J. Holmquist, ou affaissements de M. Van de Wiele, comme étant la cause primordiale du plissement.

c) M. Van de Wiele dit cependant que « si l'*affaissement* est étendu et rapide, il peut donner lieu à des *effondrements* », ou encore que « l'*affaissement* peut s'étendre par des *effondrements* ; il admet aussi des bassins d'*affaissement s'effondrant* sur leurs bords ».

A mon avis, M. Van de Wiele ne différencie pas suffisamment les deux phénomènes qu'il s'efforce de distinguer. Je crois cependant qu'il est possible de nous mettre d'accord en admettant :

1^{re} *phase ou phénomène initial* : « Une force centripète provoquant des chutes verticales en vertu de la pesanteur » ou « renforcements »

de M. P. J. Holmquist ou affaissements (interprétation de M. Van de Wiele) provoquant la

2^e phase, ou phénomènes de deuxième ordre, c'est-à-dire les plissements ou phénomènes tangentiels de Suess, poussée latérale, etc., donnant naissance à la

3^e phase, ou phénomènes accidentels de troisième ordre, c'est-à-dire les effondrements (sensu stricto) localisés dans l'arrière-pays, qui ne sont que des fragments de chaînes effondrées.

Je veux bien donner aux mots affaissement et effondrement des interprétations différentes, à la condition que cette différence soit surtout fonction du temps. Pour M. Van de Wiele, qui pense que « les bassins d'affaissement s'effondrent sur les bords », c'est principalement une notion d'espace qui semble présider à la différenciation des mots affaissement et effondrement, le premier désignant le phénomène central de la chaîne, le second les phénomènes périphériques.

A mon avis, ce n'est pas une localisation dans l'espace qui doit faire éventuellement interpréter différemment ces deux termes, mais bien une localisation dans le temps, attendu que les phénomènes qu'ils représentent sont séparés par une phase intermédiaire de plissement qui est le résultat du premier phénomène et la condition du second, ce dernier n'étant que la disparition dans la profondeur, de fragments de chaînes.

Certes, comme on le voit, je ne suis pas entièrement d'accord avec M. Van de Wiele; néanmoins, je me félicite de rencontrer enfin dans mon savant confrère un partisan de la théorie exprimée par M. P. J. Holmquist en 1901 et par moi-même en 1900, considérant les chaînes plissées, non comme des phénomènes originaires d'une pression latérale, mais bien comme étant le résultat d'un appel des roches sédimentaires vers la profondeur des régions affaissées ou effondrées (sensu largo).

La séance est levée à 10 h. 40.

ANNEXE A LA SÉANCE DU 16 MAI 1905.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

A. LACROIX. — **La montagne Pelée et ses éruptions.** Paris, 1904.
Volume grand in-4° de 662 pages, 30 planches et 238 figures (1).

Ce volume, superbement illustré, fort de près de 700 pages, clôt, peut-on dire, les annales relatives à la retentissante et sinistre éruption du 8 mai 1902. Le travail de M. Lacroix était impatientement attendu, non seulement par ceux qui s'occupent spécialement des phénomènes volcaniques, mais encore par tous les géologues, et même par bien des personnes s'intéressant simplement aux sciences naturelles. On peut dire que le savant auteur a réussi à contenter l'ensemble un peu hétérogène de ses lecteurs, car son style limpide et simple s'adresse à tous, la terminologie technique ayant été réservée pour les passages spéciaux. Il faut encore féliciter M. Lacroix de la rapidité avec laquelle il a coordonné sa riche moisson d'observations et classé un grand nombre de documents réunis par les collaborateurs installés par lui, sans compter les extraits des publications antérieures. En effet, sa discussion porte sur les événements qui se sont écoulés entre le désastre de mai 1902 et la fin de 1903; le volume fut déjà publié fin 1904.

Dans une première partie, l'auteur traite de tout ce qui est relatif à la physique du globe et à la géologie de la Martinique et, incidemment, de quelques autres « soufrières » voisines (Saint-Vincent, Guadeloupe, Dominique). Au cours de ces descriptions, on apprend à connaître plus exactement la topographie du sommet de la montagne Pelée. Rappelons ici les désignations adoptées par M. Lacroix, afin de mieux suivre

(1) Volume offert à la Bibliothèque de la Société belge de Géologie par l'Académie des Sciences de Paris (N° 4635 de la Bibliothèque).

l'enchaînement des faits. La figure 27, dont un croquis simplifié est donné ci-dessous, reproduit l'ensemble du sommet; on y a inscrit les termes utilisés par l'auteur. Cette carte montre que la montagne était terminée par un ancien cratère, ou caldéra elliptique, l'Étang sec, d'environ 700 mètres sur 1 000 mètres; son fond avait une altitude d'un millier de mètres. C'était donc une cuvette n'ayant guère que 200 mètres de profondeur, dominée par divers « mornes » dont le plus hardi, formant dent, le morne La Croix, constituait le point culminant

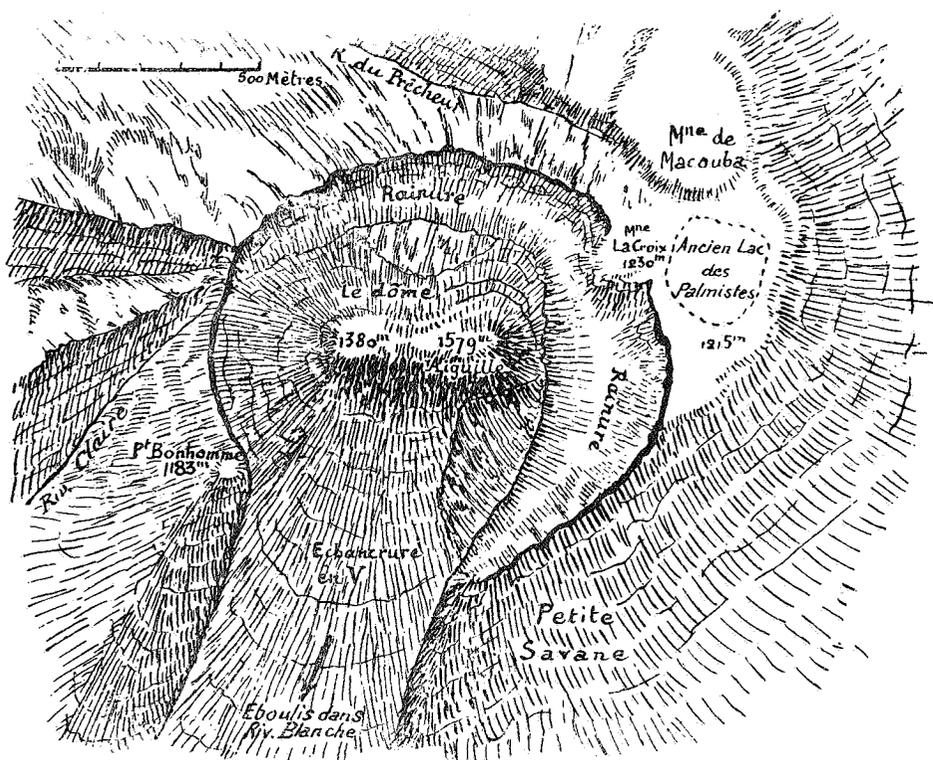


FIG. 1. — La caldéra, ou cratère, de la montagne Pelée, autrefois Étang sec; en mars 1903. Le morne La Croix, qui formait, avant l'éruption, le point culminant de la montagne, avec 1,350 mètres d'altitude, s'est écroulé successivement et n'a plus que 1,230 mètres. Le Petit Bonhomme (1,183 mètres) doit s'être partiellement écroulé depuis. L'Aiguille, cotée 1,579 mètres, a atteint, en mars, 1,617 mètres.

de l'île avec 1 350 mètres d'altitude. Le rempart circulaire de la caldéra n'était pas complet; vers le Sud-Ouest, une échancrure profonde « en forme de V », visible sur bien des photographies, l'entaillait, conduisant dans un barranco, source de la rivière Blanche. Mais la pente de

cette gorge n'était pas continue; elle débutait, à la sortie de l'échancrure en V, par un à-pic inaccessible, tombant, par gradins, à quelques centaines de mètres plus bas. Alors seulement commençait la vallée proprement dite.

La caldéra fut le lieu de la célèbre éruption. Celle-ci a été précédée de phénomènes prémonitoires peu importants : dégagements d'hydrogène sulfuré; faibles mouvements du sol; ruptures de câbles sous-marins. Peu à peu des bouffées de cendres et de vapeur se montrèrent; l'Étang sec se remplit d'eau chaude. Pourtant des visiteurs s'y rendirent encore à la fin d'avril 1902.

Le 5 mai, après des débordements torrentueux de la rivière Blanche et des projections de cendres, le faible barrage qui retenait les eaux accumulées dans l'Étang sec se rompit tout à coup, laissant échapper une énorme masse de boue brûlante et de rochers, qui dévala dans la rivière Blanche. L'importante usine Guérin, située à l'embouchure de la rivière, fut complètement enlisée. Ces crues boueuses se produisirent aussi dans les autres rivières qui rayonnent sur le manteau du volcan.

Le 8 mai, à 8 heures du matin, par temps clair, alors que le sommet de la montagne était surmonté d'une colonne de vapeur parfaitement verticale, de violentes détonations se firent entendre et une avalanche colossale de pierres, de cendres incandescentes et de vapeur se précipita par l'échancrure en V, suivit un temps la rivière Blanche, puis s'étendit sur Saint-Pierre, qui fut anéantie avec tous ses habitants. Même les navires en rade furent brûlés. Ce fut la première des « nuées ardentes » comme M. Lacroix les appelle, en reprenant le terme déjà employé pour le même phénomène dans d'anciennes descriptions des éruptions des Açores.

Ensuite, on s'aperçut qu'une modification importante se produisait dans la caldéra. Par l'échancrure, on voyait surgir un amas de lave, partiellement incandescent, refoulé lentement de bas en haut, modifiant sans cesse sa forme, car il était couvert de blocs scoriacés qui s'écroutaient de tous côtés. C'était là « le dôme », masse de lave andésitique très visqueuse, qui tendait à remplir l'Étang sec, laissant entre elle et le rempart de la caldéra un fossé demi-circulaire ou « rainure ». Sous l'influence de ce changement dans la topographie du sommet, des nuées ardentes se déversèrent par la suite de divers côtés, ce qui a augmenté la surface de dévastation.

Ces transformations se continuaient encore en octobre 1902, date à laquelle l'amas terminal livra passage, sur le côté, à un gigantesque

bouchon de lave, qui se solidifiait au fur et à mesure qu'il était poussé au travers de la carapace du dôme. Ce monolithe, « l'aiguille » comme l'appelle M. Lacroix, s'effritait, s'écroulait même, pour se reconstituer sous des aspects divers. La succession de ces faits est très bien résumée par les quatre coupes de la figure 28 de l'auteur, qui est reproduite ci-dessous (fig. 2).

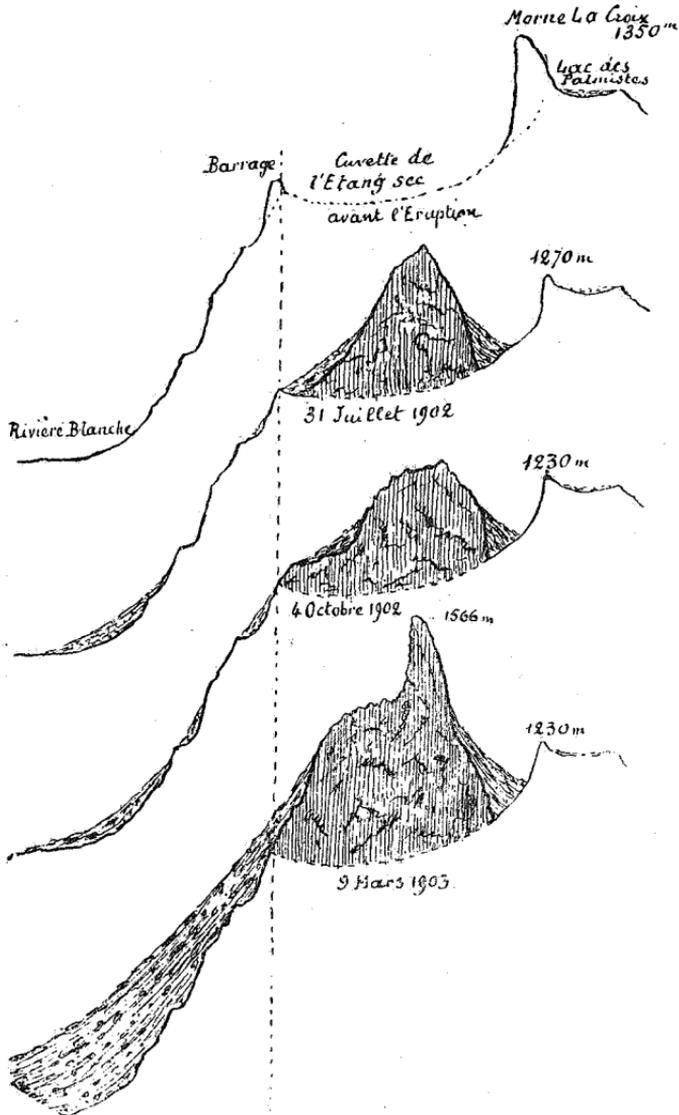


FIG. 2. — Coupes Nord-Est—Sud-Ouest de la caldéra, avant et au cours de l'éruption, montrant les diverses phases de développement du dôme, de l'aiguille et du talus d'éboulis, qui descend dans la haute-vallée de la rivière Blanche.

Enfin ces phénomènes, aussi intéressants que terrifiants, se compliquèrent de manifestations accessoires, qui donnèrent d'abord lieu à des interprétations erronées. Les nuées ardentes déversaient d'énormes masses de cendres, à très haute température, dans les vallées, puisqu'on leur trouvait encore plus de 200° à 10 centimètres de profondeur, à 6 ou 7 kilomètres du cratère; dans ces conditions, les eaux de pluie et d'infiltration entraient en ébullition et formaient de petits geysers, avec cônes de plusieurs mètres de hauteur, bientôt ensevelis sous de nouveaux apports, ou ravinés par les averses tropicales. Ces éruptions boueuses, également observées sur une grande échelle à Saint-Vincent, ont fait croire à des fissures volcaniques, des cratères adventifs, etc.

Une des conséquences du début de l'éruption qui a suscité bien des suppositions, fut la rupture des câbles sous-marins, dont l'un fut même ramené enroulé autour d'un débris d'arbuste n'ayant que peu séjourné dans l'eau. Par une patiente discussion des faits, M. Lacroix en arrive à supposer qu'il s'agit d'un enfouissement du câble sous des avalanches boueuses, coulant dans la mer sur la pente très rapide devant Saint-Pierre. Stübel était porté à voir dans les arrachements des câbles l'action de coulées sous-marines, ce que M. Lacroix réfute, sans doute victorieusement, lorsqu'il rappelle l'analogie évidente entre l'éruption de la Martinique et celle de Santorin. Mais il ne faudrait pas, me semble-t-il, paralléliser complètement les deux éruptions, car il ressort des observations faites à Santorin et des cartes et reliefs levés sur place par Stübel, ainsi que des explications détaillées qu'il a bien voulu me donner, que l'édification du Georgios a été accompagnée d'une coulée. Cela ne change d'ailleurs rien à la conclusion générale de M. Lacroix, avec laquelle les derniers écrits de Stübel sont d'accord, à savoir que dans les deux cas, il s'est surtout agi du gonflement d'une masse de lave excessivement visqueuse. Ces exemples de cette forme éruptive ne sont, au surplus, pas les seuls, car l'émersion de l'île Bogosloff s'est faite de la même façon, ainsi que je le rappelais récemment (1); enfin, un amas ayant au moins partiellement cette origine s'est formé au Vésuve lors des dernières éruptions.

Mais revenons au dôme de la montagne Pelée. M. Lacroix établit que l'amas de pâte andésitique a commencé à envahir la caldéra de l'Étang sec peu après la ruine de Saint-Pierre. Pendant tout un temps, les vapeurs et le brouillard rendaient son étude impossible; plus tard, des

(1) *Bull. Soc. belge de Géol., de Paléontol. et d'Hydrol.*, séance du 18 novembre 1902.

mesures et des observations précises permirent de constater le gonflement continu du dôme, ainsi que le remplissage de la rainure par l'éboulement des débris de sa carapace et par l'émiettement des bords de la caldéra.

Ensuite se produisit le phénomène imprévu, excitant au plus haut degré l'attention de ceux qui en furent témoins, de l'extrusion de l'aiguille incandescente. Elle avait environ 50 mètres de diamètre et atteignit par la suite jusque 350 mètres de hauteur au-dessus de sa base, c'est-à-dire d'un point situé excentriquement sur le dôme. Par des mesures au théodolite et des croquis, on suivit les progrès de sa croissance; elle se faisait avec une rapidité variable, allant jusqu'à 10 mètres en vingt-quatre heures. Une fois même l'augmentation fut de 60 mètres en trois jours. Par deux cents croquis et photographies, — ces dernières remarquablement réussies, — chacun peut aujourd'hui se rendre compte des incessantes modifications subies par l'aiguille en une année. Un diagramme récapitulatif établit que les écroulements du monolithe, et ses montées, étaient particulièrement liés aux expulsions de nuées ardentes.

La colonne d'andésite, ainsi passée en quelque sorte à la filière, était non seulement striée longitudinalement à cause des irrégularités de l'ouverture qui lui livrait passage, mais on y voyait aussi des cannelures transversales amenées par les à-coups dans son extrusion. Si elle était restée d'une pièce, elle eût atteint une longueur de 850 mètres environ. Le volume, basé sur cette mesure et sur un diamètre moyen de 150 mètres, est d'à peu près 15 millions de mètres cubes; tandis que le volume du dôme est évalué, approximativement, à plus de 100 millions de mètres cubes.

En décembre 1903, l'aiguille était définitivement écroulée; la montagne n'était plus dominée que par la masse déchiquetée du dôme. Les matériaux qui constituent l'ensemble de l'amas terminal s'étant consolidés dans des conditions variables de température et de durée, doivent constituer des produits de cristallinité différente, M. Lacroix distingue quatre types d'andésite :

- I. à facies obsidiennique;
- II. à facies ponceux;
- III. andésite poreuse;
- IV. andésite quartzifère.

Tous contiennent des cristaux de feldspath plagioclase avec disposition zonaire habituelle, de l'hypersthène, de la titano-magnétite; acces-

soirement : l'ilménite, l'olivine, l'augite, la hornblende, l'apatite. Ces roches sont étudiées dans un chapitre spécial, comme on le verra plus loin.

Passons sur les détails relatifs aux fumerolles et aux projections boueuses, pour arriver aux nuées ardentes, qui sont la caractéristique de cette mémorable éruption. Après l'étude suivie qu'il a faite sur place, M. Lacroix les assimile à des émulsions de vapeur d'eau et de cendres, portées à une température de 1 100°, et qui avaient souvent encore plus de 200° près du bord de la mer, à 6 kilomètres du cratère. Ces nuées partaient du dôme, près de l'échancrure en V. Elles dévalaient avec une vitesse allant jusque 50 mètres à la seconde, dans la rivière Blanche, roulant devant elles d'énormes blocs incandescents et couvrant tout d'une fine poussière brûlante, blanche comme neige. Ces observations sont confirmées par d'impressionnantes photographies, montrant qu'en même temps que les avalanches glissaient dans le lit de la rivière, faisant souvent croire à une coulée de lave, les matériaux les plus fins et la vapeur s'en dégageaient, dilatant la nuée jusqu'à 4 000 mètres de hauteur, répandant la pluie et les cendres sur des espaces étendus. Les remblais produits par ces apports furent si considérables, que le ravin de 100 mètres de profondeur qui formait la haute vallée de la rivière Blanche, se combla.

A la lumière de ces faits, corroborés d'ailleurs par la discussion des récits des témoins, on se rend compte de ce qu'a dû être la catastrophe du 8 mai 1902 : une nuée ardente, plus colossale, plus rapide, donc plus chaude encore que celles dont on vient de parler, s'est abattue sur Saint-Pierre, rasant la ville et brûlant ceux de ses habitants qui n'étaient pas écrasés sous les décombres. Il est évident qu'une seule inhalation du mélange brûlant de vapeur et de cendres devait entraîner la mort. D'autres gaz vénéneux, l'hydrogène sulfureux notamment, quoique présents dans les nuées, s'y trouvent en trop minime quantité pour qu'on leur assigne un rôle dans le cataclysme. Deux personnes seulement survécurent à la ruine de la malheureuse ville : un nègre enfermé dans un cachot, et un cordonnier.

Un refoulement d'air, analogue à ceux qui précèdent les glissements de montagnes, a devancé la nuée. Une rafale de retour, attribuée à la détente de l'air comprimé par l'avalanche, ainsi qu'à la dépression amenée par le refroidissement des cendres et la condensation de la vapeur, a été constatée après son passage.

Les actions mécaniques dépassent l'imagination. Les faubourgs et usines du Nord de la ville, qui subirent les premiers le choc de la nuée,

disparurent *sans laisser de traces*; ensuite les effets dévastateurs décruent en intensité sur les 4 kilomètres que la trombe brûlante parcourut encore. Les rues principales étant parallèles à l'alignement de la plage et aussi à la direction de la nuée, les murs orientés perpendiculairement furent surtout emportés. En conséquence, les vues prises du large, face à la ville, montrent les façades conservées et donnent l'illusion d'une démolition incomplète; les photographies levées dans une direction normale établissent, au contraire, combien la ruine fut entière. Elle a, du reste, été parachevée par les paroxysmes ultérieurs, notamment celui du 30 août suivant.

Les détails dans lesquels entre M. Lacroix montrent que les effets mécaniques sont à comparer à ceux d'un cyclone. En voici quelques exemples : A peu de mètres de la zone dévastée, d'humbles cabanes restèrent debout, et des personnes furent roulées sur le sol sans trop de mal; les effets destructifs étaient plus ou moins violents suivant les accidents du sol; les arbres furent décortiqués et entaillés par les objets tranchants (tôles, ferrailles); les grands réservoirs métalliques des rhummeries ont été criblés de trous, non par les matériaux projetés par le volcan ainsi qu'on l'avait cru, mais par le bombardement des pierres arrachées aux constructions.

Le savant auteur a tenté d'évaluer la vitesse de cette poussée formidable, en partant de la formule $F = 0.113 SV^2$ et en se basant sur le poids de certains édifices de forme connue, tels que le phare et une grande statue en bronze de la Vierge. Les résultats sont :

Phare : 4 920 kilogr. par m²; vitesse 134 mètres à la seconde.

Statue : 4 930 — — vitesse 127 — —

Enfin, si l'on prend pour base d'évaluation le temps que la nuée a mis pour aller du cratère à la ville, non pas égal à quelques secondes comme on l'a parfois dit, mais égal à une minute, ou une minute et dix secondes, ainsi qu'il se déduit des récits les plus dignes de foi, on arrive encore à des valeurs du même ordre, qui sont aussi celles que l'on admet pour les cyclones les plus violents.

Les actions calorifiques constatées sur les ruines dépendent, d'une part, de l'accumulation de cendres brûlantes, conservant leur chaleur pendant un temps variable, d'autre part, des incendies allumés par des causes diverses. Les circonstances locales ont joué ici un grand rôle, clairement mis en évidence par l'auteur. Tous faits discutés, on peut admettre une température maxima de 450° pour les matériaux volcaniques déversés sur la ville. Les blessés qui ont survécu furent brûlés

par un mélange de cendres et de vapeur voisin de 100° et même moins, mais d'autant plus dangereux qu'il poissait sur le corps et les vêtements; souvent ces derniers n'étaient pas consumés. Comme on n'a guère retrouvé que 4,500 cadavres sur environ 30,000, la majeure partie de la population a été enfouie sous les décombres, ou projetée dans la mer.

Les éclairs qui sillonnaient souvent les nuées ardentes n'ont eu aucune part reconnaissable dans ces sinistres.

Les chapitres suivants décrivent et figurent les dévastations exercées par les éruptions qui succédèrent à celle du 8 mai. Ils contiennent un paragraphe consacré aux projections éruptives comparables, avec plus ou moins de certitude, aux nuées ardentes des volcans des Antilles. Quelques-unes de ces citations concordent avec celles que j'avais également mentionnées dans de courtes notes sur la montagne Pelée : la destruction de Pompéi; les nuées ardentes de San Jorge (Açores); l'explosion du Bandai, l'éruption du Semerou et du Papandaian (Java). Je crois devoir y ajouter l'anéantissement d'une armée hawaïenne lors d'un paroxysme de Kilauea, dont le récit a été conservé par Brigham (1). Enfin, à Santorin, Schmidt a noté et dessiné des déversements obliques de cendres (*Aschensäcke*) qui paraissent être une réduction des nuées ardentes (2).

Il faut lire dans l'œuvre même de M. Lacroix les nombreux détails qui viennent ensuite sur la répartition des matériaux rejetés par le volcan et sur les phénomènes secondaires, tels que fumerolles superficielles; sources thermales éphémères; réactions de toute nature se produisant dans les cendres brûlantes; érosions intenses; enfin, les mélanges des dépôts anciens et modernes, si bien étudiés par l'auteur. En passant, on apprend comment se forment, par enrobage et charriage, les amas pisolithiques fréquents dans les dépôts éruptifs.

Les phénomènes électriques, magnétiques, météorologiques, les mouvements de la mer, la plupart de faible intensité, terminent la première partie du livre.

La deuxième est consacrée aux recherches pétrographiques. On sait que M. Lacroix est un maître en cette matière, en sorte que cette partie de son travail est des plus instructives, surtout que l'auteur ne se borne pas à une aride description des échantillons recueillis. Sans

(1) Extrait de SHELDON DIBBE, *History of the Sandwich Islands*, 1843.

(2) *Studien über Vulkane und Erdbeben*, 1881.

cesse l'intérêt du lecteur est mis en éveil par des déductions touchant à des questions de minéralogie et de géologie. La montagne Pelée apparaît comme un vaste champ d'expériences, où se réalisèrent une foule de ces réactions à haute température dont l'étude est depuis longtemps un objet de prédilection pour les chimistes et les minéralogistes français.

Après avoir montré les transformations subies par l'andésite suivant les conditions dans lesquelles elle se consolidait et qui fournirent les trois premiers types énumérés plus haut, M. Lacroix examine la genèse du type quartzifère (iv), dont l'importance théorique est considérable. C'est, en effet, la première fois que l'on surprend le mécanisme de formation d'une semblable roche.

Ces échantillons proviennent de l'aiguille terminale. L'analyse microscopique établit que la silice a cristallisé après le feldspath, par conséquent en dessous du point de consolidation de l'andésite (1150°) et à 700°, au moins, en dessous du point de fusion du quartz. Il a donc fallu l'intervention de l'eau, agissant simplement en vase clos (la carapace du dôme), comme dans les expériences de laboratoire, pour amener l'excès de silice à cristalliser. C'est là une précieuse indication, qu'on mettra à profit dans les discussions relatives à l'origine des roches quartzifères anciennes.

Quant à la tridymite, M. Lacroix montre qu'elle ne se produit pas dans les vacuoles de la roche au moment de sa solidification; ce minéral résulte de la circulation prolongée de vapeurs à haute température dans la roche consolidée.

Les bombes, les brèches, les enclaves (andésites cordiéritisées) sont aussi l'objet de bien des paragraphes où abondent les aperçus ingénieux.

Les derniers chapitres traitent des roches volcaniques anciennes de la Martinique; elles se classent comme suit :

Hypersthène abondant; l'augite manque.	Série dacito-andésitique	} avec quartz = <i>dacites</i> . } sans quartz = <i>andésilabradorites</i> .
Hypersthène manque; l'augite abonde.	Série basal- tique.	

Mentionnons parmi ces roches le basalte quartzifère (pointe Burgos au Sud de l'île), montrant la curieuse association de labrador (englobant parfois de la cordiérite), d'augite, d'olivine et de grains de quartz ayant jusque 4 millimètres de diamètre.

Pour l'auteur, ces divers matériaux ne sont que les produits d'évolu-

tion d'un même magma. Le coup d'œil rapide qu'il jette sur les roches des îles voisines confirme l'opinion qu'elles font toutes partie d'une même province pétrographique. C'est une conclusion qui me semble concorder aussi avec l'hypothèse de Stübel, que le groupe des Antilles appartient à un même foyer, ou groupe de foyers périphériques.

La troisième et dernière partie du livre est réservée à l'examen des produits de l'incendie de Saint-Pierre. Il me sera permis de dire que j'en ai trouvé la lecture particulièrement instructive, à cause des nombreuses questions touchant à la fois à la synthèse minérale et à l'archéologie qui y sont soulevées. L'étude des ruines de la ville présentait un intérêt particulier, parce qu'elle était bâtie avec les mêmes roches que celles du volcan, de sorte que leur fusion, dans les conditions les plus diverses, en présence de matériaux de toute nature, a fourni des magmas variés, importants au point de vue théorique.

Après quelques pages consacrées aux transformations des substances organiques, M. Lacroix examine les métaux. Curieuses sont les formations de cuprite et de chalcotrichite au détriment du cuivre, ainsi que les modifications de clous en zinc devenus holocristallins, et certaines transformations du fer. Ensuite vient le verre, avec sa dévitrification en wollastonite monoclinique (comme celle des roches) et en un nouveau minéral voisin. Enfin, les matériaux céramiques sont passés en revue.

Les produits de fusion des roches andésitique sont une portée spéciale, comme on vient de le dire. A certaines places, la chaleur avait été assez violente pour que les murailles se soient fondues et aient donné naissance à de petites coulées. Ces « laves secondaires » entrant en contact avec du mortier, du fer, du zinc, etc., furent le siège de réactions métamorphiques applicables aux magmas naturels. Remarquable est le fait que parfois la pâte seule de la roche subissait une transformation, tandis que les cristaux y contenus restaient indemnes; aussi de nouveaux minéraux s'ajoutèrent aux anciens, alors que la température restait souvent au-dessous de 1600 et même de 1200°.

Ce rapide sommaire n'a pas la prétention de résumer l'œuvre de M. Lacroix. En lui donnant une extension dépassant les limites habituelles d'un compte rendu, j'ai voulu montrer la richesse et la diversité de ce livre de haute portée, afin d'inviter à le lire ceux qui, à des titres divers, se sont intéressés à l'éruption de la Martinique. Je ne saurais mieux caractériser, en peu de mots, son importance, qu'en disant qu'il vient se placer, dans la littérature spéciale, à côté de l'étude magistrale de Fouqué sur l'île de Santorin.

W. PRINZ.

NOTES ET INFORMATIONS DIVERSES

Tremblement de terre dans l'Inde anglaise.

Le 4 avril, un peu après 6 heures du matin, un violent tremblement de terre a secoué l'Inde anglaise, et principalement la partie Nord-Ouest de ce vaste empire. On a ressenti onze secousses distinctes, dont une a duré trois minutes. Aucun grondement souterrain n'avait annoncé le phénomène. La direction était de l'Ouest à l'Est.

Des dommages énormes ont été la conséquence de cette commotion sismique exceptionnelle. On a eu à déplorer non seulement l'éroulement de beaucoup d'édifices et d'un nombre considérable de maisons, mais aussi la mort de plusieurs milliers de personnes.

D'après les premiers renseignements obtenus, ce tremblement de terre, comme tous les grands ébranlements terrestres qui se produisent dans cette région de l'Asie méridionale, a eu son origine dans l'Himalaya, le centre du mouvement étant dans le voisinage de Dharmasala.

L'intensité du choc alla en décroissant à travers le Punjab et les Provinces-Unies, et très rapidement du Rajputana au Nord. Il ne semble pas que la commotion se soit fort étendue vers l'Assam et l'Afghanistan, mais les informations reçues de l'Ouest sont très incomplètes jusqu'ici.

L'aire dans laquelle les plus grands dégâts ont eu lieu est comprise à l'intérieur d'une courbe passant de Shalspur à Jawalamukhi, puis à l'Est à Suganpur, et ensuite à Baignath, mais on n'est pas renseigné sur ce qui s'est passé à l'Est de cette zone.

La ville de Lahore a été particulièrement éprouvée.

On n'a pas de nouvelles des régions au Nord de Kashmir, mais deux jours avant le tremblement, les stations météorologiques du Punjab signalèrent l'arrivée de bourrasques transportant de grandes quantités de poussières et de cendres. Les indigènes venus à Simla de l'intérieur du pays annoncèrent qu'une éruption volcanique s'était produite dans les montagnes de l'État de Bashahr.

Tous les sismomètres d'Europe ont enregistré d'une façon très nette ce grand tremblement de l'Inde. A l'Observatoire d'Uccle, les premiers symptômes ont été remarqués dans la nuit du 3 au 4, à 0^h59^m38^s. Le pendule dirigé du Sud-Ouest au Nord-Est était le plus agité; sur le diagramme fourni par ce pendule, ces premiers mouvements ont eu une durée de sept minutes trente secondes. La période des grandes ondes n'a pas été enregistrée, à cause de la forte amplitude des oscillations; la période finale s'est prolongée jusque vers 4 heures du matin.

Trois autres secousses, de moindre importance et provenant d'épicentres plus rapprochés, ont été enregistrées: l'une dans la soirée du 3, à 16^h40^m40^s; les deux autres à 10^h33^m et 11^h8^m24^s, le 4 au matin.

Les barreaux aimantés, quoique agités pendant les journées du 1^{er} au 6, n'ont rien

donné de particulier à l'heure précise où les secousses ont été ressenties par le sismographe.

À l'Observatoire d'Édimbourg, les premiers frémissements se produisirent, comme à Uccle, vers 1 heure du matin; les grandes oscillations commencèrent huit minutes plus tard. Le *maximum* de perturbation eut lieu à 4^h30^m, et fut suivi, une minute et demie après, d'un maximum presque aussi important que le précédent. À partir de ce moment, les secousses allèrent en diminuant jusqu'à 4^h43^m. La différence de temps entre Édimbourg et Dharmasala est de cinq heures environ.

À la station centrale sismologique de Strasbourg, les vibrations préliminaires ont été enregistrées à 0^h58^m26^s (heure de l'Europe occidentale).

Une grossière approximation, en attendant des détails plus circonstanciés sur l'heure exacte des secousses à leur point d'origine, permet de dire que celles-ci se sont transmises jusqu'à nous avec une vitesse moyenne de 3 à 4 kilomètres à la seconde.

Le 9 avril, une forte secousse, d'une durée de six secondes, a été observée à Benevento, en Italie.

Le même jour, ainsi que le 10, on a vu s'échapper du cratère de la montagne Pelée (Martinique) une épaisse fumée. Les jours suivants, l'activité du volcan augmenta et le 12 se produit une éruption importante, accompagnée de légères secousses de tremblement de terre.

Il résulte de ces faits que nous semblons traverser de nouveau une période de forte agitation sismique. Et ce qui tendrait encore à le prouver, c'est la nouvelle que l'on vient de recevoir au sujet du fameux volcan Kilauea, des îles Hawaï, qui depuis treize ans était en complet repos. Il s'est réveillé à la fin de février, et il en est sorti d'épais nuages de fumée et de la lave. On s'attendait, un mois plus tard, à une éruption assez violente, rappelant celles qui ont rendu le Kilauea si célèbre dans l'histoire des convulsions du globe.

(Extr. de *Ciel et Terre*, 26^e année, n^o 4, 16 avril 1905, pp. 97-99.)

La tempête du 31 décembre 1904 dans la Baltique occidentale.

Edward Suess, dans la *Face de la Terre*, a attiré nettement l'attention sur le rôle des tempêtes dans la formation des lignes de rivage, des cordons littoraux et dans la submersion des forêts et des tourbières, lorsque ces tempêtes ont pour théâtre des mers fermées où elles peuvent déterminer des embâcles. Il en a donné comme exemple saisissant la tempête d'Est et de Nord-Est qui, du 12 au 14 novembre 1872, dévasta les rivages de la Baltique occidentale et y laissa des traces qu'on pourrait prendre, à un examen superficiel, pour les indices d'un mouvement négatif de la ligne du littoral (1). La grande tempête de Nord-Est qui s'est produite tout récemment, le 31 décembre 1904, et qu'étudie M. Charles Rabot (2), semble avoir eu des effets géologiques presque aussi remarquables que celle de 1872, et confirmer singulièrement la justesse des vues de Suess. Tout le littoral baltique de l'Allemagne, les côtes Sud et Est des îles danoises, la pointe Sud-Est de la Suède ont été submergées, des villes inondées, des ports dévastés, des terres fertiles ravagées, des lignes de chemin de fer

(1) ED. SUESS, *La Face de la Terre* (trad. de Margerie), II, pp. 683-685.

(2) CHARLES RABOT, *La tempête du 31 décembre 1904 dans la Baltique occidentale* (LA GÉOGRAPHIE, XI, 15 janvier 1905.)

coupées. C'est surtout à l'entrée du Sund que la montée de la mer a été extraordinaire; elle a atteint 3^m10 à Trelleborg (Suède méridionale) et à Køge (île Seeland); la première de ces villes fut inondée, la mer recouvrit les voies ferrées partant de la seconde et pénétra loin à l'intérieur des terres. Sur la côte Est de Falster, le niveau a atteint 2^m20; à Kiel, 2^m65; à Lubeck, 2^m33; à Wismar, 2^m60 au-dessus de la normale. Les côtes Ouest des îles, abritées contre l'ouragan, ont beaucoup moins souffert. Partout, en somme, dans ces parages, la Baltique a couvert de ses dépôts les terres basses émergées en temps ordinaire, et exercé des érosions à un niveau notablement supérieur au plan normal de ses eaux. On voit donc combien Suess avait raison de recommander la prudence dans l'examen des anciennes lignes de rivages, lorsqu'elles se présentent dans des passes resserrées où les ouragans peuvent amonceler les eaux, et combien il faut se garder, dans ce cas, de conclure trop vite à un mouvement négatif.

(Extr. des *Annales de Géologie*, 15^e année, n^o 74, 15 mars 1905, pp. 180-181.)

La disparition du grand lac Salé.

Tout le monde connaît de réputation cette sorte de mer Morte américaine au nom de laquelle s'associe si intimement la fameuse secte des Mormons; or, cette nappe d'eau salée est en train de disparaître, comme le prouvent les multiples observations dont M. Byers se fait l'écho dans *Scientific American*. Les plus savants observateurs affirment qu'avant un demi-siècle ce sera une chose du passé. De la fin de 1886 à la fin de 1902, l'abaissement du niveau du lac a été de 3^m50, et actuellement la décroissance annuelle dépasse 30 centimètres, alors que la partie la plus profonde de la nappe ne descend pas plus bas que 12 mètres. Rappelons, d'autre part, que des observations géologiques permettent d'inférer que le lac Salé avait jadis un niveau plus élevé de 180 mètres au moins que sa surface actuelle. Cette mer intérieure étrange est à une altitude de près de 1 300 mètres au-dessus du niveau de l'océan.

(Extr. de *Ciel et Terre*, 26^e année, n^o 4, 16 avril 1905, p. 100.)
