

## SÉANCE MENSUELLE DU 18 AVRIL 1905.

Présidence de M. Ad. Kemna, président.

La séance est ouverte à 8 h. 35 ; 26 membres sont présents.

### Correspondance.

Le Commissariat général de Belgique près l'Exposition universelle de Saint-Louis, 1904, fait savoir que les jurys ont accordé à la Société le diplôme de médaille d'or en collectivité.

M. Francis Laur se met à la disposition de la Société pour donner une conférence relative à la découverte de la houille en Lorraine.

M. Watteyne espère pouvoir communiquer les observations et constatations faites dans les charbonnages lors des récents tremblements de terre survenus en divers points de l'Europe.

M. le Prof. Kilian fait connaître que le sismographe Kilian-Paulin, installé à la Faculté de Grenoble, a enregistré une secousse sismique le 10 avril à 10<sup>h</sup> 14' 27".

M. le Secrétaire général E. Van den Broeck fait excuser son absence.

### Dons et envois reçus : 1<sup>o</sup> Périodiques nouveaux :

- 4669. ROUEN. *Société des Amis des Sciences naturelles* (Bulletin), XVI (1880) à XXXVIII (1892).
- 4670. MADRID. *Real Sociedad española de Historia natural* (Memorias), II, 1903-1904.
- 4671. MADRID. *Real Sociedad española de Historia natural* (Bolletín), IV, 1904.
- 4672. UDINE. *Circolo speleologico ed idrologico Friulano* (Mondo Sotterraneo), I, 1904, 1, 2 et 3.
- 4673. BRISBANE. *Geological Survey of Queensland* (Publications). 177, 178 à 195 (1902-1904).
- 4674. BRUXELLES. *Académie royale des Sciences de Belgique. Classe des Sciences*. (Mémoires in-4<sup>o</sup>.) I, 1904, 1, 2.
- 4675. BRUXELLES. *Académie royale des Sciences de Belgique. Classe des Sciences*. (Mémoires in-8<sup>o</sup>.) I, 1904, 1, 2, 3.

## 2° Extraits des publications de la Société :

4676. **Dollo, L.** *Un nouvel opercule tympanique de Plioplatecarpus, Mosa-saurien plongeur.* Mémoires de 1905. 7 pages et 1 planche.
4677. **Lagrange, E.** *Les stations sismiques de Quenast et de Frameries.* Procès-verbaux de 1904. 3 pages (2 exemplaires).
4678. **Stainier, X.** *Stratigraphie du bassin houiller de Liège. Première partie : Rive gauche de la Meuse.* Mémoires de 1905. 120 pages et 1 planche.

## 3° De la part des auteurs :

4679. ... *Relevé des explosions de grisou survenues dans les mines russes pendant la période 1904-1905.* Saint-Petersbourg, 1904. Extrait in-4° de 7 pages.
4680. **Babor, J.-F.** *Die Weichthiere des Böhmischen Plistocaen und Holocaen.* Prague, 1904. Extrait in-8° de 78 pages et 30 figures.
4681. **Skotchinsky, A., et Podkopaëff, N.** *Rapport préliminaire pour la recherche, dans le bassin du Donetz, de l'action produite par les gaz détonants dans les mines.*
4682. **d'Andrimont, R.** *Note préliminaire sur une nouvelle méthode pour étudier expérimentalement l'allure des nappes aquifères dans les terrains perméables en petit. Application aux nappes aquifères qui se trouvent en relation directe avec les eaux de la mer.* Liège, 1905. Extrait in-8° de 8 pages.
4683. **d'Andrimont, R.** *L'allure des nappes aquifères contenues dans des terrains perméables en petit, au voisinage de la mer. Résultat des recherches faites en Hollande, démontrant l'exactitude de la thèse soutenue par l'auteur, en ce qui concerne le littoral belge.* Liège, 1905. Extrait in-8° de 15 pages.
4684. **d'Andrimont, R.** *Note sur les conditions hydrologiques de la Campine.* Liège, 1905. Extrait in-8° de 13 pages (2 exemplaires).
4685. **Demangeon, A.** *La Picardie et les régions voisines : Artois, Cambrésis, Beauvaisis.* Paris, 1905. Volume in-8° de 496 pages, 19 planches et 42 figures.
4686. **Knapp, G.-Fr.** *Justus von Liebig nach dem Leben gezeichnet.* Munich, 1903. Extrait in-4° de 23 pages.
4687. **Knett, J.** *Mitteilungen der Erdbeben-Kommission der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien. Neue Folge. N° XVI : Vorläufiger Bericht über das Erzgebirgische Schwarmbeben 1905 vom 15. Februar bis 25. März, mit einem Anhang über die Nacherschütterungen bis Anfang Mai.* Vienne, 1903. Extrait in-8° de 27 pages et 1 planche.
4688. **von Koenen, A.** *Ueber Wirkungen des Gebirgsdruckes im Untergrunde in tiefen Salzbergwerken.* Göttingen, 1905. Extrait in-8° de 18 pages et 2 planches.

4689. **Læwinson-Lessing, F.** *Petrographische Untersuchungen im Centralen Kaukasus (Digorien und Balkarien)*. Saint-Pétersbourg, 1905. Extrait in-8° de 44 pages et 5 planches.
4690. **Montessus de Ballore (F. de).** *Les relations sismico-géologiques de la Méditerranée antillienne*. Mexico, 1903. Extrait in-8° de 23 pages et 1 carte.
4691. **Montessus de Ballore (F. de).** *La Roumanie et la Bessarabie sismiques*. Bucarest, 1905. Extrait in-4° de 19 pages et 3 planches.
4692. **Smeysters, J.** *Note sur les troncs d'arbres fossiles découverts dans les travaux souterrains du charbonnage de Monceau-Bayemont, à Marchienne-au-Pont*. Bruxelles, 1905. Extrait in-8° de 12 pages et 10 figures.
4693. **Twelvetrees, W.-H.** *Report on Coal near George Town, and Slate Badger Head*. Hobart, 1904. Extrait in-8° de 10 pages et 2 cartes.
4694. **Twelvetrees, W.-H.** *The Progress of the Mineral Industry of Tasmania, for the quarter ending 30th September 1904*. Hobart, 1904. Extrait in-8° de 16 pages.
4695. **Wohnig, K.** *Trachytische und andesitische Ergussgesteine vom Tepler Hochland*. Prague, 1904. Extrait in-8° de 24 pages et 1 planche.
4696. **Woldrich, J.-N., und Woldrich, Jos.** *Geologische Studien aus Südböhmen. II. Das Wolynkathal im Böhmerval*. Prague, 1904. Extrait in-8° de 134 pages, 31 figures et 1 carte.
4697. **von Zittel, K.-A.** *Ueber wissenschaftliche Wahrheit*. Munich, 1902. Extrait in-4° de 14 pages.
4698. **Leriche, M.** *Sur les horizons paléontologiques du Landenien marin du Nord de la France*. Lille, 1903. Extrait in-8° de 14 pages.
4699. **Leriche, M.** *Le Lutétien de l'Avesnois : Sur un fossile nouveau (Tortisipho Hufetieri) du Lutétien de l'Avesnois*. Lille, 1904. Extrait in-8° de 7 pages.
4700. **Leriche, M.** *Observations sur la géologie de l'île de Wight*. Lille, 1905. Extrait in-8° de 27 pages.
4701. **Leriche, M.** *Sur l'âge des sables à Unios et Térédines des environs d'Épernay et sur la signification du terme Sparnacien*. Paris, 1904. Extrait in-8° de 3 pages.

### Présentation d'un nouveau membre.

M<sup>me</sup> Cosyns (présentée par MM. Cosyns et Engerrand) est nommée associée regnicole. M. le Président rappelle la participation des dames anglaises à l'excursion de la Société à Douvres et Folkestone en 1899, non comme simples touristes, mais comme vrais géologues pratiquants, solidement guêtrées, bonnes marcheuses, le marteau à la ceinture. La collaboration des dames est chose fort désirable en soi, et la Société sera toujours heureuse de pouvoir les inscrire sur sa liste des membres.

## Communications.

PALÉOBOTANIQUE. *Exposition de coupes d'arbres silicifiés de l'Arizona.*

— M. le Président appelle l'attention sur les spécimens que, à sa demande, MM. Thiel Brahm et Co, d'Anvers, ont bien voulu exposer, avec quelques photographies. Parmi les merveilles géologiques de l'Ouest américain, il n'est rien de plus curieux que ces arbres entièrement transformés en calcédoine; la plupart, en tombant, se sont brisés, mais il en est qui sont restés entiers et forment pont naturel au-dessus d'un ravinement. Il semble que l'imprégnation par la silice s'est faite quand l'arbre était encore sur pied, car autrement on ne pourrait pas expliquer comment, en tombant, le fût s'est brisé en tronçons par des cassures nettes. L'arbre resté entier doit être tombé sur un matelas de mousse ou d'arbustes, qui a amorti le choc. Des industriels entreprenants se sont mis à débiter ces arbres en tranches; les spécimens exposés montrent nettement la structure du bois, l'écorce, les rayons médullaires et sont fort décoratifs par la variété et la richesse des teintes, comme d'énormes agates polychromes. Mais le Gouvernement américain est intervenu pour arrêter ce trafic et conserver cette curiosité naturelle comme propriété nationale. De sorte qu'à la beauté artistique et à l'intérêt scientifique s'ajoute, pour les amateurs, la rareté commerciale. Mais les amateurs devront jouir d'une certaine aisance, car les prix varient de 300 à 800 francs selon les dimensions des pièces.

La parole est donnée ensuite à M. le Dr *Van-de Wiele*, pour sa communication qui paraîtra *in-extenso* aux *Mémoires*, et que l'auteur a bien voulu résumer comme suit :

### C. VAN DE WIELE. — Les théories nouvelles de la formation des Alpes et l'influence tectonique des affaissements méditerranéens. (Résumé.)

Les théories nouvelles de la formation des Alpes ont surtout en vue le déplacement horizontal des couches sédimentaires et autres et leurs plissements si compliqués. Parmi les géologues qui ont appliqué et perfectionné les conclusions des travaux de MM. Cornet et Briart sur le chevauchement du bassin houiller franco-belge, il convient de citer surtout M. Lugeon, professeur à l'Université de Lausanne, qui, par ses savantes études, a donné une impulsion nouvelle à la question si diffi-

cile de la tectonique des Alpes. Il a montré, d'accord avec beaucoup de géologues suisses et français, que les Préalpes ont été poussées en avant à la place qu'elles occupent actuellement et que ce mouvement gigantesque a pu se produire sur une couche de flysch. On sait que cette formation, d'âge oligocène, se rencontre en arrière et en avant des Préalpes, et, d'après M. Lugeon, la communication s'établirait en dessous d'elles sur toute la distance entre l'Arve et l'Aar. Il a étendu ensuite ces conclusions à la formation de la plus grande partie de la chaîne alpine. Des nappes provenant du bassin central des Alpes, situé derrière la zone cristalline, se sont avancées vers la périphérie, se recouvrant comme des coulées successives de lave. Ces nappes couchées, pendant leur trajet, ont suivi les ondulations de la surface des couches sous-jacentes, elles se sont plissées et relevées là où elles rencontraient des obstacles, formant alors des plissements compliqués, dont l'accumulation a donné naissance aux montagnes élevées de la chaîne. Malgré le temps géologique relativement court qui s'est écoulé depuis leur formation, l'érosion a enlevé une grande partie des nappes ainsi charriées, et celles-ci, continues d'abord, se sont divisées, ne laissant que des témoins séparés les uns des autres, et cette destruction est surtout marquée pour les nappes superficielles de la Brèche.

Selon que ces nappes s'enracinent dans la profondeur devant ou derrière la première zone alpine, c'est-à-dire la zone cristalline du mont Blanc, M. Lugeon distingue les nappes à racine externe des nappes à racine interne. Celles-ci, qui passent donc au-dessus de la zone cristalline, se recouvrent comme les tuiles d'un toit et forment la série des montagnes élevées qui s'étend depuis la Dent-du-Midi, en passant par les Diablerets, le mont Gond-Wildhorn, jusqu'au Wildstruebel. Devant cette zone des hautes Alpes calcaires, on trouve la zone du flysch du Niesen, que M. Lugeon distingue du flysch qui, passant sous les Préalpes, recouvertes elles-mêmes par le massif de la Brèche, vient apparaître au jour à la périphérie des Alpes, sur le bord du plateau suisse où s'est déposée la dernière formation alpine, la molasse, celle qui précède immédiatement la période de glaciation de cette chaîne. Ce sont les nappes à racine interne qui ont surtout été affectées par l'érosion, au point que pour la nappe superficielle, celle du massif de la Brèche, qui ne se trouve plus représentée que par des témoins assez éloignés les uns des autres, il n'est plus possible de les rattacher à leur racine respective.

M. Lugeon a ensuite étendu cette théorie à l'ensemble des Alpes et des Carpathes; mais, de ce côté, il a rencontré une vive opposition de

la part des géologues autrichiens et hongrois. Cependant, d'un autre côté, M. Heim s'est rallié aux vues de M. Lugeon, et en France, MM. Termier et Haug cherchent à les appliquer aux Alpes françaises, et récemment aussi à celles du Tyrol.

Pour expliquer la formation des nappes et leur poussée en avant, M. Lugeon invoque la force tangentielle, mais il convient de dire qu'il a surtout cherché à indiquer la constitution des différentes nappes et des rapports qu'elles présentent entre elles. Nous nous bornerons à constater que la théorie paraît satisfaisante pour les Alpes de la Suisse et les Alpes françaises, mais qu'elle devient d'une application plus difficile dès que l'on considère l'ensemble des Alpes. La force tangentielle invoquée aurait dû agir partout vers la périphérie, et, étant donnée la courbe compliquée formée par l'arc alpin, on ne voit pas bien ce qui aurait pu produire les changements de direction de la force tangentielle dans les différentes sections de cet arc.

Les travaux de M. Suess sont trop connus pour qu'il soit nécessaire de les exposer ici. On sait que les horsts cristallins qu'il a signalés autour de la chaîne alpine, et contre lesquels seraient venus buter les masses sédimentaires déposées dans la zone alpine, supposent le même mouvement tangentiel centrifuge, de sorte que nous rencontrons ici la même difficulté. Mais on peut renverser la direction de la force tangentielle, la supposer centripète et admettre que les masses cristallines de M. Suess, au lieu de servir de môle résistant, ont été, au contraire, les masses agissantes. Elles se sont rapprochées vers le centre de la zone alpine, plissant entre elles les masses sédimentaires et les soulevant. Mais pour mettre en mouvement ces masses énormes, il fallait une force, et la seule que l'on puisse invoquer, c'est la force de la pesanteur, qui entraîne les masses superficielles vers le centre de la Terre, à mesure que l'écorce terrestre se refroidit et se contracte.

Dans sa description magistrale, M. Suess nous a montré que les horsts se forment par l'effondrement des masses qui les entouraient. C'est dans les effondrements et les affaissements, dont nous rencontrons les traces tant à l'intérieur qu'à l'extérieur de la chaîne alpine, que nous trouvons l'explication du mécanisme par lequel la force de la pesanteur et de la contraction de l'écorce terrestre a pu mettre en mouvement les masses cristallines de la périphérie, à la fois vers le centre de l'affaissement alpin et vers le centre de la Terre. Lorsque, guidés par ces considérations, nous étudions les dispositions stratigraphiques et tectoniques des Alpes, nous rencontrons d'abord la zone calcaire interne ou méridionale, chevauchant vers l'intérieur, mais

s'affaissant surtout vers la profondeur par une série de gradins concentriques. La zone cristalline médiane présente une série de bandes disposées parallèlement autour de l'affaissement. Mais il convient de signaler tout d'abord qu'il est possible de prouver que le bassin d'affaissement de la plaine du Pô a été double (l'affaissement du Piémont-Lombardie et l'affaissement vénitien) et qu'il faut tenir compte de l'arc double formé par le bord de l'affaissement double pour expliquer la disposition des bandes concentriques de la zone calcaire méridionale et de la partie interne de la zone cristalline. A partir de la bande cristalline du mont Blanc, la direction générale circonscrit l'ensemble des deux bassins, et il en est de même pour les bandes externes de la zone cristalline des Alpes orientales, et aussi pour la zone calcaire externe et la zone du flysch.

A l'extérieur de la zone cristalline, la zone calcaire externe ou périphérique présente une série de chevauchements en guirlande, dont l'ensemble garde le parallélisme décrit plus haut. Ces chevauchements vers l'extérieur ont pu se produire grâce à l'existence d'une zone d'affaissement périphérique, le géosynclinal périalpin qui séparait les masses alpines proprement dites des masses cristallines de la périphérie. Ces dernières ont été entraînées dans la profondeur vers le centre de l'affaissement alpin, grâce au vide formé par celui-ci pendant que les couches sédimentaires, qui s'étaient déposées à la surface, se sont portées vers le géosynclinal périalpin, qu'elles ont peu à peu comblé, par suite d'un mouvement en sens contraire du premier et superficiel à celui-ci.

Le mouvement des masses superficielles a donc été centrifuge, avec soulèvement consécutif, tandis que les masses cristallines suivaient une direction centripète à la fois vers le centre de l'affaissement et vers le centre de la Terre. Il semble, du reste, que ce n'est pas la totalité des masses cristallines qui a été entraînée. Si nous pouvons en juger d'après ce que nous savons des horsts cristallins, il y a plutôt effondrement de leur bord, d'où la formation du géosynclinal périalpin et descente vers le fond des masses détachées. Ce n'est que lorsque l'espace qui séparait les masses périphériques des masses centrales était devenu trop grand que le déplacement des premières vers les secondes est devenu possible, et celui-ci n'a pu se produire sans amener des complications qui se sont répercutées au loin et dont nous trouvons peut-être la trace dans la formation contemporaine de l'océan Atlantique.

Si nous passons aux Carpathes, nous trouvons encore des affaissements dans la plaine hongroise et un affaissement périphérique au

fond duquel le plissement de l'arc des Carpathes s'est effectué ; mais à l'intérieur de celui-ci, on ne retrouve plus les chaînes de montagnes de la zone médiane des Alpes. Il y a bien des massifs isolés, mais ils n'affectent plus la disposition en zones parallèles si nettement tranchées à l'Occident.

Il y a encore la zone du flysch, à l'extérieur, qui devient très large au sommet de l'arc, et la zone calcaire méridionale, qui contourne l'affaissement adriatique. La distance qui sépare ces deux zones est beaucoup plus considérable, de sorte que nous avons une zone centrale très large où l'activité volcanique s'est manifestée sur de grandes surfaces, surtout vers le bord intérieur de la chaîne plissée. La plaine hongroise est formée par des terrains anciens, nivelés, recouverts par des formations tertiaires qui n'ont pas participé aux plissements de l'arc des Carpathes, et celui-ci est entouré à l'extérieur par une zone où le plissement fait également défaut. On voit donc que celui-ci s'est borné à la zone du synclinal, alors que les couches contemporaines, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur, sont restées à l'état de repos. Il y a plus. M. Uhlig nous montre que depuis le Permien, en passant par le Mésozoïque, jusqu'à la fin du Tertiaire, plusieurs synclinaux se sont succédé sur cette zone courbe, de l'intérieur vers l'extérieur, et que dans chacun de ces synclinaux, il y a eu plissement des couches sédimentaires correspondantes, alors que ces mêmes couches restaient au repos à l'intérieur. L'activité tectonique est donc restée limitée à la zone d'effondrement correspondant aux géosynclinaux qui s'y sont succédé depuis le Permien jusqu'au Pliocène. Ce plissement de la fin du Tertiaire s'est propagé graduellement vers l'extrémité de l'arc des Carpathes, là où celles-ci, par un angle brusque, passent aux Alpes de Transylvanie et où les couches sarmatiques et pontiques ont participé au plissement, alors qu'elles sont postérieures au plissement des Alpes proprement dites. La chaîne des Carpathes est donc d'autant plus récente que l'on se rapproche de son extrémité, et, disons-le en passant, la même observation s'applique aux Apennins.

Le plissement carpathique présente donc ce caractère spécial, qu'il est limité à la zone géosynclinale. A l'intérieur de l'arc, on retrouve, il est vrai, des montagnes formées par masses anciennes, schistes cristallins et calcaires paléozoïques et mésozoïques, combinés à des roches éruptives, mais la disposition de ces masses indique plutôt des massifs en voie d'effondrement que des chaînes de montagnes en formation. Il semble que l'intérieur de l'arc des Carpathes doive continuer son mouvement d'affaissement et qu'il faudra le dévelop-



pement d'une série de phases tectoniques si le mouvement alpin doit se prolonger dans cette direction.

La discussion est ouverte.

M. le baron Greindl. — Il serait très difficile de discuter ex-abrupto une communication aussi étendue que celle du docteur Van de Wiele. Le Secrétaire désire seulement apporter une contribution sur quelques points de détail. La description des Alpes orientales de Diener et la structure du Prättigau font songer, comme le dit de Lapparent, à une poussée des Alpes orientales contre les Alpes occidentales, poussée bien marquée par le grand étalement de la chaîne à la soudure de contact ; ceci semble un argument en faveur de la théorie émise.

D'autre part, Diener signale aussi une zone de plis paléozoïques, qui, étroite au Sud du Gail, se termine évasée à l'Est dans les Karawanken ; si nous la prolongeons par l'hypothétique massif serbo-croate, ne trouvons-nous pas là le horst interne dans la chaîne qui a amené la division des branches carpathique d'une part, dinarique de l'autre ?

Une objection, sérieuse à première vue, lui semble être le fait que le massif de Bohême, loin de plonger vers les Alpes, est relevé de leur côté, de sorte que sa surface arasée présente des terrasses en gradins qui vont s'abaissant vers le Nord-Ouest, jusqu'à la grande faille de l'Erz-Gebirge, et de même le plateau primaire de Saxe plonge vers le Nord. Le bassin crétacé de l'Elbe et la structure actuelle du horst semblent donc indiquer qu'il a subi plusieurs fois d'énergiques poussées venant du Sud-Est.

Enfin, en 1895, notre éminent confrère M. Sacco a publié dans le *Bulletin* de la Société un article remarquable (1), où il démontre que l'effondrement piémontais est inexistant et que les plis alpins s'étendent en sous-sol jusqu'à la ligne Turin-Gênes, arrêtant net par la racine les plis des collines du Montferrat.

M. Van de Wiele. — Le fait que les massifs de la périphérie présentent leur extrémité la plus élevée du côté des Alpes me paraît dépendre, du moins pour le massif rhénan et pour le massif de Bohême, de ce que ceux-ci ont fait partie du système hercynien dont les plissements décrivent des courbes ouvertes au Nord et dont la pente la plus douce devait, par conséquent, être dirigée de ce côté, tandis que

---

(1) F. SACCO, *Les rapports géo-tectoniques entre les Alpes et les Apennins*. (BULL. DE LA SOC. BELGE DE GÉOL., t. IX, 1895, *Mém.*, pp. 33-49, pl. II.)

la pente la plus abrupte regardera du côté Sud, là où les Alpes se sont formées postérieurement, grâce à l'effondrement périphérique du bord des arcs. Ceux-ci occupent, du reste, l'emplacement d'arcs hercyniens plus méridionaux que ceux que l'on a cités plus haut.

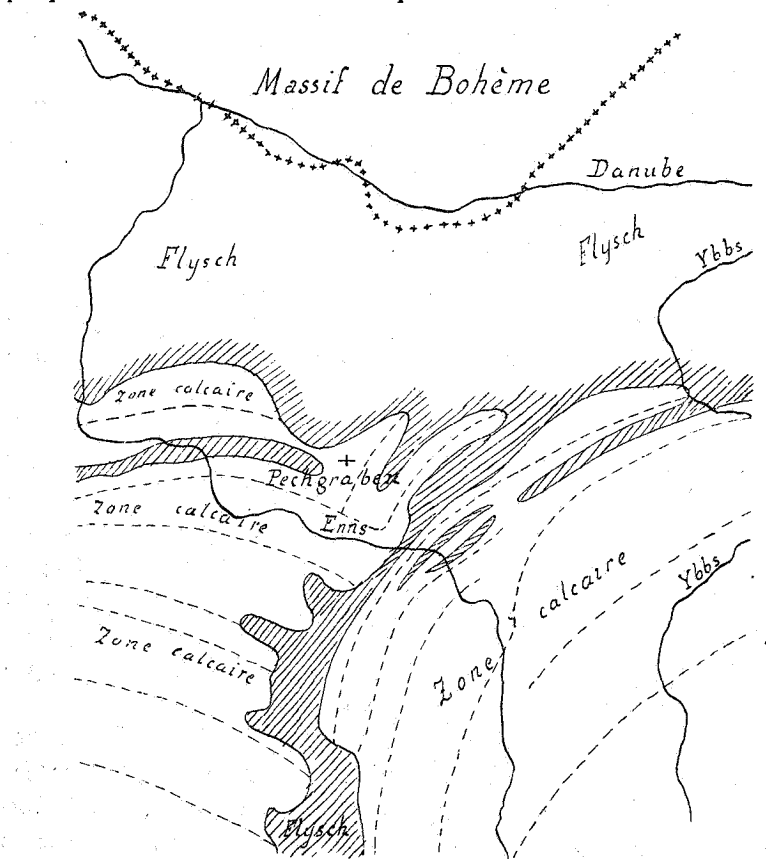
J'avais admis tacitement que les masses sédimentaires qui se sont disposées dans le géosynclinal périalpin ont été chevauchées en partie sur la surface des horsts périphériques, et c'est de cette façon que l'on a expliqué la forme convexe vers la périphérie de l'arc alpin, et cette explication paraîtrait surtout vraie pour la courbure si accentuée de l'arc des Carpathes. Mais déjà nous avons vu, par la coupure du Bøthberg, que le plissement des couches mésozoïques et tertiaires cesse assez vite dès que l'on quitte la zone qui correspond au géosynclinal. D'un autre côté, si on étudie la disposition de l'arc des Carpathes dans le nouvel atlas de Stieler, on voit que les Carpathes orientales, qui auraient dû recouvrir la table podolique, sont presque tout à fait rectilignes et formées par une série de chaînons rectilignes et parallèles entre eux, ce qui ne donne pas l'idée d'une courte chevauchée. En outre, les coupes du livre de M. Uhlig montrent que le travail de plissement pour les couches tertiaires se limite à la zone géosynclinale, et qu'à l'intérieur et à l'extérieur de celle-ci, ces mêmes couches tertiaires ne présentent plus de plissements. Au cours des âges géologiques, les géosynclinaux et avec eux les couches sédimentaires contemporaines se sont succédé de l'intérieur vers l'extérieur, et il faut conclure que le plissement est toujours resté limité au géosynclinal correspondant.

Il faut donc remonter à la cause du synclinal pour expliquer le plissement, et il n'y a eu chevauchement vers l'extérieur que lorsque celui-ci était assez large et assez profond pour donner du champ au déplacement des masses plissées vers l'extérieur. Il y aurait lieu, d'un autre côté, de rechercher si le plissement des masses mésozoïques alpines n'a pas immédiatement suivi leur dépôt dans le synclinal, au fur et à mesure que celui-ci s'approfondissait et se modifiait. Les plissements si compliqués deviendraient ainsi beaucoup plus facilement explicables que par la « poussée tangentielle ».

Nous avons cherché la cause de la formation des géosynclinaux dans l'effondrement de fosses qui se formaient autour ou à l'intérieur des masses cristallines; nous savons, par l'étude de ces masses, que l'effondrement circulaire au centre se traduit sur les bords par des courbes rentrantes vers leur centre, et que celles-ci se succèdent avec le temps, élargissent la fosse tout autour du massif en même temps que les dépôts sédimentaires se suivent de l'extérieur vers l'intérieur du massif en voie d'effondrement périphérique.

Je viens de rencontrer dans le *Bulletin du Service géologique de Vienne* (*Verh. K. K. geol. Anstalt, Wien*), nos 17 et 18, 1904, un travail de M. Geyer qui jette un nouveau jour sur cette question.

J'ai déjà cité, d'après Diener, la ligne Rotenmann-Leoben-Semmering-Vienne, qui circonscrit le massif de Bohême et qui indique son influence jusque dans la zone médiane cristalline des Alpes orientales. M. Geyer rappelle qu'il y a sur le bord de séparation entre la zone du flysch et la zone calcaire périphérique, au point où la rivière Enns passe de l'une dans l'autre, un petit massif granitique long de 150 mètres seulement, le massif du Pechgraben, sur lequel on a élevé un monument à Léopold von Buch. Ce massif, par sa constitution pétrographique, montre à toute évidence qu'il se rattache au massif de Bohême.



INFLUENCE DU PECHGRABEN SUR LES PLISSEMENTS DE LA ZONE CALCAIRE, D'APRÈS GEYER.

Nous trouvons donc ici un témoin de ce massif en pleine zone géosynclinale; et M. Geyer, se basant sur des considérations stratigraphiques très démonstratives, le considère comme une klippe, qui a formé îlot

dans la mer liasique du géosynclinal et a persisté depuis lors au-dessus des dépôts des mers qui s'y sont succédé. Il montre, en outre, que devant le massif du Pechgraben, les plissements de la zone calcaire subissent une déviation à angle rentrant parallèle à la ligne citée plus haut. Il est vrai que Geyer considère cette disposition comme indiquant l'impossibilité d'un mouvement des masses calcaires dirigé au Nord, tandis que, de notre côté, de même que pour la ligne Rotenmann-Leoben-Semmering-Vienne, nous ne pouvons y voir que l'influence du massif périphérique dont le contour superficiel est parallèle aux deux côtés de l'angle que l'on constate dans les plissements de la zone calcaire et dans ceux de la partie de la zone cristalline.

On retrouve, du reste, d'autres témoins du massif de Bohême dans la zone du flysch. M. Suess lui-même a montré qu'il faut considérer le Waschberg, près de Stockerau, sur le bord périphérique de la zone du flysch, comme le pilier Sud-Est extrême du massif de Bohême, et M. O. Abel a signalé que la klippe de Nikolsburg, située beaucoup plus loin au Nord-Est, repose sur un socle de granit rouge analogue à celui du massif principal.

Nous croyons donc pouvoir admettre que les massifs périphériques, tout autant que celui du massif de Bohême, se continuent non seulement sous le géosynclinal, mais s'étendent au loin dans la zone alpine. Il est vrai que le massif de Bohême serre de très près en superficie la zone du flysch, qui, par cela même, se trouve bien plus resserrée qu'à l'Est et à l'Ouest, et des deux côtés la fosse d'effondrement s'est trouvée beaucoup plus large; mais on rencontre encore tout le long des Alpes des traces de son bord interne ou central, sous forme de blocs exotiques, cristallins, associés souvent à des roches éruptives, et que M. Günbel avait attribués à la chaîne vindelicienne, conception qui a sombré devant les théories nouvelles de la formation des Alpes.

#### G. SIMOENS. — Sur les effondrements et les plissements.

Ce qui m'a surtout frappé lors de l'intéressante communication de M. Van de Wiele, c'est la tendance à vouloir individualiser les différents tronçons montagneux de ce que nous avons coutume d'appeler la *chaîne alpine*.

Tout le monde est aujourd'hui d'accord pour admettre le principe de la continuité des mouvements tectoniques qui ont donné naissance aux grandes chaînes de montagnes et qui, pour la chaîne alpine, se sont complétés vers la fin du Tertiaire.

Une première tentative en vue du raccordement des différentes

montagnes a été faite par Élie de Beaumont; mais, à son époque, la tectonique n'avait pas encore réalisé ses progrès et la théorie du géologue français, trop artificielle, dut être abandonnée.

Vers 1885, M. E. Suess est arrivé, en synthétisant les travaux de ses devanciers, à présenter une notion nouvelle de la continuité des chaînons montagneux de même âge. Ce principe se distingue tout d'abord de celui d'Élie de Beaumont par ce fait que le savant géologue viennois abandonne définitivement l'idée préconçue du dessin géométrique qui avait, dans la pensée du savant français, pris une place prépondérante.

M. Suess admet, et je pense que la plupart d'entre nous partagent cette opinion, que la contraction du sphéroïde terrestre amène, à certaines époques de son histoire, le plissement des géosynclinaux où se sont accumulés, pendant de longues périodes, des masses sédimentaires. La résultante de ces affaissements se traduit alors par des déplacements horizontaux et le déversement des plis qui, sous forme de charriages, ont été si bien mis en lumière par M. Marcel Bertrand et ses continuateurs.

Mais avec M. Suess apparaît aussi cette notion nouvelle de l'irrégularité de la chaîne, déterminée par les obstacles qui s'opposent à sa libre propagation. Ces obstacles ou horsts ne sont autre chose que les fragments résistants des chaînes antérieures qui, formant butoirs, obligent la chaîne à les contourner et à se tordre fréquemment sur elle-même, surtout lorsque les horsts sont rapprochés les uns des autres, comme c'est précisément le cas en Europe pour la chaîne alpine.

Les relations qui existent entre la nature des sédiments, l'âge des plissements et la direction de plis des différents fragments de la chaîne antérieure amènent également à assigner une unité d'origine à cette chaîne, que nous appelons hercynienne avec M. Marcel Bertrand.

Mais la direction de cette chaîne paraît déterminée à son tour par des horsts qui ne sont que des fragments d'une cordillère encore plus ancienne et qualifiée par M. Suess de calédonienne.

J'ai moi-même déterminé l'existence d'un de ces horsts et montré comment, dans son parcours à travers la Belgique, la chaîne hercynienne est forcée de s'incurver en contournant un fragment de la chaîne calédonienne, auquel j'ai donné le nom de horst du Brabant.

J'ai par là établi une analogie de plus entre la chaîne hercynienne et la chaîne alpine, et plaidé ainsi, bien faiblement, je le reconnais, l'unité *respective* de ces systèmes.

L'analogie que nous remarquons entre ces systèmes montagneux

successifs et leur localisation régulière au Sud de la chaîne antérieure nous force aussi à admettre l'unité de la chaîne la plus récente et la mieux connue, la chaîne alpine.

Je suis porté à croire que ce n'est pas l'arrière-pays qui a refoulé la chaîne, mais bien l'avant-pays qui s'est déplacé davantage en s'affaisant, le seul déplacement possible si l'on généralise le problème, en admettant que le mouvement latéral soit le résultat d'un mouvement vertical. Alors on s'explique comment la chaîne se trouve plus sensiblement plissée, écrasée et déversée vers l'avant-pays, qui, en s'affaisant davantage, a provoqué la poussée au vide.

Il y a lieu cependant de ne pas confondre ici avant-pays et horst. Si l'avant-pays s'affaisse, il peut y avoir des fragments de celui-ci qui restent debout ou qui descendent moins complètement; on trouvera alors, entre deux horsts limités souvent par des fractures, une partie de l'écorce terrestre plus effondrée. Les horsts devront constituer alors des obstacles d'autant plus sérieux qu'autour d'eux l'effondrement général aura réalisé un appel plus énergique des plis. J'ai eu l'occasion à différentes reprises, au cours de mes travaux antérieurs, d'invoquer cette manière de voir.

Je pourrais m'étendre davantage sur cet intéressant sujet et rappeler l'association que l'on a tenté d'établir dans ces derniers temps entre la nature des roches éruptives et les chaînes successives localisées de plus en plus au Sud, tout au moins pour l'hémisphère Nord.

Il en est de même pour les venues métallifères, qui paraissent être en relation avec les différents systèmes plissés, ce qui fait que l'on peut ainsi essayer d'esquisser l'histoire des éruptions et des venues métallifères des chaînes huronienne, calédonienne, hercynienne et alpine.

Il me paraît dès lors difficile d'admettre, avec M. Van de Wiele, une différenciation au point de vue originaire entre les tronçons de la chaîne des Alpes, tronçons qui présenteraient chacun une évolution particulière.

M. Van de Wiele a émis une autre idée, qui paraît être la conclusion de son intéressant travail. Notre confrère considère les effondrements qui se trouvent échelonnés le plus souvent en arrière des chaînes de montagnes comme la cause même du plissement.

Pour admettre cette manière de voir, il faudrait reconnaître au préalable, étant donnée la continuité de la chaîne, la continuité des effondrements; or cette notion semble peu conciliable avec ce que nous savons des bassins d'effondrement, qui paraissent au contraire très localisés et peu étendus suivant une direction linéaire.

Il importe cependant, avant de pénétrer plus avant dans ce débat, de préciser les données du problème. Si M. Van de Wiele pense que l'effondrement généralement localisé dans l'arrière-pays est la cause initiale du plissement de la chaîne et du déversement de ses plis sur ou contre l'avant-pays, alors je ne puis admettre l'interprétation de mon savant confrère pour les raisons suivantes :

1° Les régions effondrées sont généralement limitées par des failles, et dès lors ces dernières constituent des solutions de continuité quant au mouvement ;

2° L'effondrement de l'arrière-pays peut être considéré comme un phénomène vertical et le plissement de la chaîne comme un phénomène de compression latérale, et il devrait y avoir passage insensible entre ces deux modes de mouvement en passant de la région effondrée à la région plissée, ce qui n'est généralement pas le cas ;

3° L'effondrement de l'arrière-pays, s'il était la cause du plissement, devrait constituer un appel des plis vers la région effondrée ;

4° Le rôle de l'avant-pays ne s'expliquerait plus, attendu que les plis appelés vers la région effondrée, c'est-à-dire vers l'intérieur de la chaîne, auraient une tendance à s'éloigner de l'avant-pays au lieu de s'y déverser ou de s'y écraser, comme c'est fréquemment le cas dans la chaîne des Alpes, pour ne parler que de celle-là ;

5° Si l'effondrement vertical de l'intérieur de la chaîne était la cause du plissement, il ne pourrait l'être que par suite d'un déplacement de la matière fluide refoulée par la descente de l'arrière-pays et en vertu du principe des vases communicants. Les montagnes deviendraient le résultat d'une poussée des matières fluides et l'on reviendrait ainsi d'une manière détournée à la théorie des cratères de soulèvement d'Élie de Beaumont. Or, tous les géologues paraissent aujourd'hui d'accord pour admettre que jamais les matières fluides internes n'ont joué dans la constitution des chaînes de montagnes un rôle actif, le déplacement des matières fluides étant au contraire, dans ses grandes lignes, le résultat du plissement même ;

6° Si l'effondrement de l'arrière-pays avait causé le soulèvement de la chaîne par suite d'un déplacement des matières fluides internes, ces dernières auraient été impuissantes à amener le déversement des plis dans une direction déterminée et elles n'auraient jamais provoqué les phénomènes de charriage dont la présence est aujourd'hui reconnue dans la plupart des chaînes de montagnes, aussi bien calédonienne et hercynienne qu'alpine ;

7° Loin de provoquer le plissement, l'effondrement de l'arrière-pays

paraît, au contraire, intéresser un lambeau de la chaîne; c'est ce qui fait dire que la plupart des grandes chaînes sont dissymétriques;

8° Si cet effondrement n'était pas réalisé aux dépens d'une partie de la chaîne elle-même et après consolidation des masses éruptives centrales, si donc l'effondrement était antérieur à la chaîne plissée et dissymétrique, les roches éruptives qui constituent le centre de la chaîne auraient une tendance à se déverser sur la région effondrée et n'auraient pas constitué, comme dans certains cas, une muraille qui fait face à la plaine;

9° Les régions effondrées n'ont pu provoquer la surrection des montagnes voisines, car il semble que les effondrements limitant une région montagneuse provoquent l'éruption de matières volcaniques, qui donnent alors naissance à des volcans se greffant au sommet ou sur le bord de la chaîne. Leur relation avec l'effondrement voisin étant acquise, tout au moins pour certains d'entre eux, il est impossible de voir une relation de cause à effet entre l'effondrement et la surrection de la chaîne elle-même;

10° Il est deux sortes d'effondrements : a) ceux qui intéressent une chaîne déterminée et qui sont fonction de la chaîne elle-même et dont nous venons de parler; b) ceux qui sont indépendants de cette chaîne et qui dès lors sont en dehors de son action; à plus forte raison, ces derniers sont ils hors de cause dans la question qui nous occupe.

Je pense donc qu'il est difficile d'admettre les effondrements généralement localisés dans l'arrière-pays de la chaîne alpine pour expliquer la surrection de la chaîne elle-même. Est-ce à dire cependant que la chaîne des Alpes, comme toutes les chaînes de montagnes, n'est pas due à un mouvement général d'affaissement de la lithosphère. Évidemment non.

M. Suess admet que « les dislocations visibles de l'écorce terrestre sont le produit des mouvements résultant de la diminution du volume de notre planète. Les efforts développés, dit-il, par l'effet de ce phénomène tendent à se décomposer en efforts tangentiels et en efforts radiaux et, par la suite, en mouvements horizontaux (c'est-à-dire en poussées et en plissements); il y a donc lieu de diviser les dislocations en deux groupes principaux, suivant que les déplacements relatifs de portions primitivement contiguës de l'écorce terrestre ont eu lieu dans un sens plus ou moins horizontal ou dans un sens plus ou moins vertical. »

En 1900, après avoir remarqué que M. Suess semblait attacher à ces deux mouvements une égale valeur, j'ai essayé de subordonner les



mouvements horizontaux, c'est-à-dire les plissements, aux mouvements verticaux, c'est-à-dire aux affaissements. J'ai admis alors : « 1° une force centripète provoquant des chutes verticales; 2° des poussées tangentielles qui ne sont que des mouvements secondaires ou plus simplement les effets multiples de l'action de descente sur des masses rigides et hétérogènes (1) ».

Telle ne paraît pas être la conception de M. Van de Wiele; notre savant confrère ne rattache pas la formation de la chaîne plissée à un affaissement général de la lithosphère, mais bien à des effondrements locaux qui ne sont pour la plupart des géologues que des accidents secondaires et consécutifs à la formation de la chaîne elle-même.

Néanmoins, au point de vue théorique, la thèse de notre sympathique confrère est à retenir, puisqu'il subordonne, comme je l'ai fait moi-même, la production de la chaîne à des affaissements; ces affaissements sont locaux pour M. Van de Wiele; ils sont généraux pour moi, en ce sens qu'ils s'étendent à une portion considérable de l'écorce terrestre intéressant aussi bien la chaîne elle-même que ses avant- et arrière-pays.

Dans un livre intéressant, M. de Launay vient récemment de préciser encore la genèse des chaînes de montagnes en recherchant les relations qui existent entre celles-ci et les régions qui leur sont limitrophes. Il admet que la chaîne plissée est due à l'écrasement latéral des roches sédimentaires situées entre deux massifs résistants, qui ne sont autres que l'avant et l'arrière-pays. Ces massifs cheminant l'un vers l'autre, l'inclinaison des plis serait déterminée par la vitesse plus grande tantôt de l'une, tantôt de l'autre de ces masses. Je me permettrai de rappeler que notre estimé confrère M. W. Prinz a, dans un travail antérieur, invoqué ces masses qui au Nord et au Sud semblent avoir écrasé la région méditerranéenne comme entre les deux mâchoires d'un gigantesque étau.

Cependant M. de Launay reconnaît aussi qu'en dernière analyse ces phénomènes se rattachent à la contraction de la croûte terrestre.

Pourtant, il m'est difficile de se représenter comment la propagation horizontale plus rapide de l'arrière-pays pourrait renverser la chaîne dans la direction de l'avant-pays. Le savant professeur de Paris ne s'écarte-t-il pas du principe sur lequel je viens encore d'attirer l'attention, qui subordonne le plissement à l'affaissement et qui considère

---

(1) *La faille d'Haversin*. (BULL. DE LA SOC. BELGE DE GÉOL., DE PALÉONTOL. ET D'HYDROL., 1900, t. XIV, *Mém.*, p. 23.)

la chaîne elle-même comme un phénomène secondaire dépendant de l'effondrement général, quoique inégal, d'une portion notable de la lithosphère?

C'est le massif rigide de l'arrière-pays qui, d'après M. de Launay, se serait déplacé plus rapidement et aurait refoulé la chaîne; mais ce déplacement horizontal plus considérable implique fatalement, comme nous venons de le dire, un affaissement plus prononcé relatif à celui de l'avant-pays. Cet affaissement plus considérable de l'arrière-pays admis, on peut en inférer une poussée plus sensible; mais nous pensons que la conclusion naturelle qui se dégage de cet état de choses sera un plissement plus exagéré du côté de l'arrière-pays qui s'est particulièrement déplacé, et les plis doivent alors fatalement se déverser sur le voussoir plus effondré. Or, c'est le contraire qui s'observe généralement dans la chaîne des Alpes et même, comme je l'ai indiqué, dans la chaîne hercynienne. Dans ces régions, en effet, c'est sur l'avant-pays que les chaînes se sont écrasées et déversées.

Résumons ces quelques considérations :

1° M. Suess admet les deux genres de mouvements verticaux et horizontaux qui résultent tous deux de la contraction de l'écorce terrestre; il regarde les régions effondrées qui constituent l'arrière-pays des chaînes plissées comme des phénomènes résultant du plissement;

2° Ce sont ces affaissements que M. Van de Wiele considère comme ayant provoqué le plissement; j'ai donné plus haut les raisons qui empêchent d'admettre cette manière de voir;

3° J'ai admis les idées du savant professeur de Vienne, en insistant sur l'importance plus grande qu'il fallait attacher aux mouvements verticaux, et j'ai montré les phénomènes horizontaux ou de plissement comme étant secondaires et subordonnés aux mouvements verticaux. Théoriquement, je pourrais admettre les idées que vient d'exposer M. Van de Wiele, s'il ne cherchait ses affaissements initiaux dans les régions plissées mêmes, ce qui me paraît inacceptable;

4° M. de Launay, à son tour, subordonne, comme M. Suess, les mouvements horizontaux, c'est-à-dire les plissements, à la contraction de la lithosphère; considérant une chaîne déterminée, il admet que le plissement résulte de la propagation l'un vers l'autre des avant et arrière-pays résistants; ce déplacement latéral résultant lui-même du rapprochement de la lithosphère du centre du sphéroïde, il admet, pour expliquer le déversement des plis sur l'avant-pays, la propagation plus rapide de l'arrière-pays;

5° Mais si l'on se rappelle qu'en dernière analyse ce déplacement plus rapide équivaut à une descente plus sensible, c'est le phénomène contraire qui devrait en résulter. Or, comme tout ce qui se présenterait dans ce cas du côté de l'arrière-pays se voit précisément de l'autre côté de la chaîne, je suis porté à croire que c'est l'avant-pays qui s'est affaissé d'une manière plus sensible par rapport à l'arrière-pays, et comme ce dernier ne pouvait rester debout indéfiniment, il s'est effondré à son tour, mais beaucoup plus tard, et après la formation de la chaîne dont il a entraîné une portion dans les profondeurs. Je me réserve de reprendre la question après la lecture du mémoire de mon savant confrère.

M. le Président fait remarquer que l'attention soutenue prêtée à M. le Dr Van de Wiele et la discussion sérieuse qui s'est produite sont la meilleure preuve du grand intérêt de sa communication. Comme l'a fort bien observé M. Simoens, la nouvelle théorie est en beaucoup de points le contre-pied des idées généralement admises et qui tendaient à passer à l'état de dogmes. La hauteur vertigineuse des montagnes est le fait le plus frappant, non seulement pour le vulgaire touriste, mais aussi, dans une certaine mesure, pour le savant, et les géologues ne parlent toujours que du soulèvement des montagnes; M. Van de Wiele part de l'affaissement comme action primordiale et considère les ridements saillants comme une conséquence. Au milieu des masses plastiques et mobiles que les géologues font se contourner et se plisser, ils avaient quelques points fixes, les horsts invulnérables, arrêtant net, comme de gigantesques butoirs, de gigantesques mouvements: M. Van de Wiele mobilise ces horsts et leur fait exécuter une manœuvre de stratégie concentrique et enveloppante.

Un tel renversement des idées reçues n'ira pas sans discussion, comme le prouvent déjà dès ce soir les judicieuses observations de MM. Greindl et Simoens; mais la science ne pourra qu'y gagner. La théorie exposée par M. Van de Wiele est en tout cas basée sur une profonde érudition, et la séance de ce soir serait d'un haut intérêt, ne fût-ce que par le résumé si clair d'un grand nombre de travaux des plus importants. Ces travaux, isolés et distincts, pas toujours concordants et parfois contradictoires, sont réunis ici en une synthèse, qui les complète et les explique les uns par les autres; et il est singulier que le principal pourvoyeur des arguments les plus frappants soit un auteur fort sceptique à l'égard de toutes les théories, faisant profession de s'en tenir uniquement aux faits. Mais au point de vue concret, tous

les faits se valent. Ce qui leur donne toutefois une importance si différente, c'est que quelques-uns peuvent être utilisés pour la solution d'un grand problème scientifique, ayant, en somme, une portée théorique.

Le caractère d'une bonne théorie, c'est d'établir un lien logique entre le plus grand nombre possible de faits auparavant distincts, en les considérant tous comme les conséquences d'un seul principe. Ce principe doit être simple et inattaquable. Or, la base de toutes les notions de tectonique ne peut être que le rétrécissement de la croûte solide, son affaissement graduel pour suivre la contraction du noyau liquide se refroidissant. Ce principe n'a été dénié par personne, et M. Van de Wiele ne prétend pas l'avoir découvert. Mais ce principe est souvent quelque peu perdu de vue dans la pratique; le mérite du travail actuel consiste précisément à le mettre mieux en lumière, à le poursuivre avec une logique inexorable, sans se laisser distraire par des phénomènes accessoires plus frappants, et à l'avoir fait servir à donner une interprétation rationnelle d'une des régions les plus intéressantes, sur laquelle s'est exercée la sagacité des savants les plus renommés.

Vu l'heure avancée et dans le but de ne pas devoir écourter ni le travail en lui-même ni la discussion qui paraît devoir le suivre, sur la proposition de M. le *Président*, l'assemblée décide de remettre à la prochaine séance la communication de M. Simoens.

La séance est levée à 10 heures 15.

---

ANNEXE A LA SÉANCE DU 18 AVRIL 1905.

**BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE**

**La science géologique. — Ses méthodes, ses résultats, ses problèmes, son histoire,** par L. DE LAUNAY, *ingénieur en chef des mines*, 1 vol. in-8° de 747 pages, 53 figures et 5 planches hors texte. Librairie Armand Colin; prix : 20 francs.

Le magnifique ouvrage que M. de Launay vient de faire paraître sera lu avec avidité par tous les géologues qui, au delà du fait précis, de la monographie patiente et minutieuse, aiment à envisager les grandes lignes de l'histoire de la Terre et à scruter le bien fondé des hypothèses sur lesquelles est échafaudée notre conception actuelle du globe.

L'illustre ingénieur et professeur nous rend le service d'exposer magistralement, en quelque sorte, la philosophie de la géologie avec un judicieux esprit critique et une largeur remarquable de vues, et réalise, sur un plan des plus complets, pour toutes les parties de notre science, ce dont Huxley nous avait donné un aperçu dans son ouvrage : *Les problèmes de la géologie et de la paléontologie*. C'est à ce petit livre charmant que nous songions constamment en analysant le gros volume formé par *La science géologique* : la méthode est la même; on y respire le même souci, le même désir loyal de toujours distinguer le fait acquis de l'hypothèse; on y retrouve aussi cette hardiesse de pensée, ce désir de science, qui poussent à émettre une hypothèse nouvelle. Plus d'une fois, en effet, les synthèses de l'auteur l'amènent à jeter une passerelle audacieuse par-dessus l'abîme qui sépare deux chapitres de la géologie, et c'est avec un peu d'effroi qu'on le suit sur les échafaudages fragiles de notre splendide bâtiment encore en construction.

Cette promenade aérienne sera une révélation pour plusieurs d'entre nous : tant de corrélations imprévues y sont indiquées, par exemple, entre la minéralogie et la tectonique; tant d'aperçus ingénieux sont fournis sur les résultats qu'on peut espérer du progrès de la science;

l'aide réciproque que la géologie et les sciences physiques et naturelles voisines peuvent se prêter est si fréquemment étudiée sous un jour nouveau, que nous pouvons espérer que les futurs géologues trouveront là de multiples sujets de thèses et d'études faisant progresser la science.

Une autre impression d'ensemble se dégage de l'ouvrage : c'est que la science géologique, quoique si nouvelle, est solidement fondée; œuvre de nombreux spécialistes qui scrutaient les faits en s'ignorant le plus souvent les uns les autres, qui s'enfermaient soit dans la minéralogie, soit dans la stratigraphie, soit encore dans la paléontologie, sans se soucier le plus souvent des conséquences générales de leurs travaux; œuvre de fournis laborieuses, le monument géologique n'est pas une fourmilière informe; il se dresse majestueusement, et la pureté de ses lignes montre combien les soubassements ont été bien compris.

L'auteur a dû naturellement faire quelques sacrifices pour réaliser en un seul ouvrage, tout volumineux qu'il soit, un plan aussi grandiose. Il a délibérément supprimé toutes les indications pratiques, toutes les descriptions des couches et accidents du terrain nécessaires pour faire de la géologie; il en prend cependant les conclusions, nous renvoyant pour plus ample informé soit aux descriptions régionales, soit aux traités spéciaux, soit aux monographies, soit à ses nombreuses études personnelles sur les gîtes métallifères.

Les gîtes métallifères constituent la spécialité de M. de Launay; aussi, au lieu d'être relégués, comme d'habitude, dans un chapitre spécial, que lisent seuls les initiés, ils s'injectent en filons, se répandent en laccolithes, s'insinuent partout dans son livre. Nulle part nous n'avons vu aussi bien mettre en lumière les relations intimes qui existent entre les dislocations de l'écorce et les gîtes minéraux. Parmi beaucoup d'idées neuves, c'est évidemment la plus saillante de l'ouvrage.

La première partie, formant à peu près la moitié du livre, est consacrée à l'analyse de la méthode géologique. Comme il est naturel, on y trouve un long historique (plus de cinquante pages), poussé rigoureusement jusqu'à nos jours; un curieux tableau le termine : c'est celui des dates principales de la science géologique depuis la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle; avec regret nous constatons que l'apparition de la carte de d'Omalius d'Halloy, en 1822, n'y est pas signalée; d'autre part, les ouvrages cités sont très inégaux de valeur, en tant qu'ayant servi au progrès de la science; nous manquons évidemment de recul pour juger l'œuvre contemporaine. Au chapitre IV sont passés en revue les points pour lesquels le géologue peut faire appel aux lumières du physicien et de l'astronome : forme de la Terre, étude de la gravité par le pendule,

étude du degré géothermique, anomalies du magnétisme; puis nous passons (chap. V) à des notions de minéralogie et de pétrographie, destinées seulement, bien entendu, à nous initier aux procédés usités pour ces études, ainsi qu'aux derniers résultats des synthèses expérimentales des roches ignées.

Les principes sur lesquels doit reposer la chronologie sédimentaire (chap. VI) ont toujours préoccupé particulièrement les géologues belges depuis la célèbre discussion académique de 1847, où de Koninck défendit la méthode paléontologique contre l'illustre A. Dumont, qui, lui, préférait la méthode stratigraphique; aussi goûteront-ils spécialement la critique serrée que fait l'auteur de ces deux méthodes; d'une part, la notion du transformisme et de la continuité de la vie, de l'autre, les notions de facies variés contemporains ont évidemment renouvelé le problème. Nous ne pouvons résister au désir de montrer la prudence qu'il faut apporter dans les études, par la citation d'une partie d'un tableau qui termine cette discussion (p. 219).

PRINCIPES FONDAMENTAUX (*de la stratigraphie*) MAIS APPROXIMATIFS.

1. Un sédiment marin s'est déposé à peu près horizontalement et présente une extension pratiquement indéfinie.

6. L'âge d'une couche est déterminé par un fossile ou par une faune fossile.

RESTRICTIONS.

1. Les sédiments littoraux peuvent présenter des pentes atteignant 30° ou 40°, parfois même plus, en étendue; ils ont tous une forme lenticulaire assez restreinte en étendue. Il n'est pas exact, non plus, que le sol ait été toujours nivelé par abrasion marine avant le dépôt d'un sédiment nouveau.

6. Un fossile est, en principe, absolument insuffisant, car il peut être d'une faune à évolution lente. Une faune même peut induire en erreur, car elle peut caractériser surtout un facies ou une profondeur d'eau, plus encore qu'un âge; elle pourrait même, théoriquement, quoique le cas semble rare en pratique, correspondre à une colonie retardataire ou avancée.

14. Les séparations entre les grandes périodes géologiques sont marquées par des mouvements généraux de la mer, caractérisés par des transgressions de dépôts marins sur les continents antérieurement émergés.

14. Ces mouvements sont tous plus ou moins localisés; il a dû y avoir, presque toujours, simplement bascule : la mer s'est reportée d'un point à un autre; la transgression d'une région paraît le plus souvent concomitante d'une régression ailleurs. En outre, ces mouvements sont très loin d'être instantanés et, partant, simultanés, mais se sont étendus sur de très longues périodes. Ils sont à la fois fonctions de l'espace et du temps.

Une lacune dans ce chapitre, qui nous semble bizarre, c'est l'absence absolue de toute mention du cycle sédimentaire de MM. Rutot et Van den Broeck, dont l'application à notre Carte géologique aurait pu faire espérer que le retentissement de cette notion précieuse s'étendrait au loin.

Les éléments de la tectonique forment le chapitre VII; on y trouve des définitions précises des plis élémentaires montagneux, mais les failles normales sont bien écourtées; il eût été si intéressant de voir l'auteur discuter ce qu'elles peuvent devenir en profondeur. Avec plus de raison, à notre avis, l'auteur écourté aussi le sujet des cartes paléogéographiques : il règne encore tant d'incertitudes, le synchronisme, tel qu'on l'entend lorsqu'on embrasse de larges espaces, embrasse aussi de telles durées de temps qu'il est illusoire de tracer des instantanés, ne fût-ce que d'une ligne de rivage. Quel espoir peut-on avoir dès lors d'arriver jamais à la reconstitution des reliefs d'un continent par la flore, des profondeurs bathymétriques par la faune, etc.? Autant ces croquis sont utiles à titre de repères, autant nous devons nous ancrer dans l'idée qu'ils ne sont qu'une approximation très grossière, sans grande chance d'arriver jamais à la perfection.

Sous le nom de *Métallogénie*, nouveau vocable proposé par M. de Launay pour désigner la science des gîtes métallifères, nous trouvons le très intéressant chapitre IX, où sont étudiées, après un historique particulier, justifié par l'isolement habituel de cette science, les « lois qui ont présidé à la répartition, à l'association ou à la séparation des éléments chimiques dans les parties abordables de l'écorce terrestre ». Il ne s'agit, encore une fois, que de méthodes pour aborder le problème; mais combien intéressantes sont les considérations relatives aux sources



thermales, ou encore aux formations contemporaines d'oxydes et sulfures de fer, de phosphates, nitrates, etc. !

La première partie de l'ouvrage se termine par un chapitre intitulé d'une façon énigmatique : « La géologie en action », ce qui veut dire étude des agents de la dynamique externe et interne et de leurs effets, dans notre langage ordinaire. Un paragraphe très étendu et très nouveau est celui dans lequel l'auteur expose ses vues au sujet du métamorphisme et des altérations au voisinage de la surface; de même l'érosion et la sédimentation sont envisagées au point de vue de leurs conséquences sur la métallogénie. Enfin, le chapitre comprend un dernier paragraphe relatif aux déplacements lents de l'écorce et aux phénomènes sismiques.

Bien qu'il y ait quelques nouveautés dans cette première partie, chacun y reconnaît, dans un ordre un peu différent, ce qu'on est convenu d'appeler les éléments de la géologie, traités avec le désir de nous faire saisir en quoi ils peuvent contribuer à l'étude de l'histoire de notre globe. Dans la deuxième partie, l'auteur groupe les études patiemment faites pour résoudre les problèmes que soulève cette histoire, et cherche à nous la donner, le plus brièvement possible, successivement à quelques points de vue spéciaux.

C'est une grande originalité à cet égard que de débiter par l'orogénie (chap. XI) (on souhaiterait en ce point quelques figures, car la question est obscure); l'auteur a fort bien résumé les idées de l'école française, basées sur l'étude des Alpes, et qu'il sera bien intéressant de voir soumises à l'épreuve de l'explication d'autres systèmes montagneux. Trois planches illustrent l'histoire des plissements de l'hémisphère boréal, le seul suffisamment connu actuellement; la première est une carte générale des zones de plissement dans cet hémisphère, que l'on voit se grouper concentriquement autour du pôle (l'auteur n'a pas osé, comme M. Haug, faire la liaison des chaînes du Maroc à celles du Vénézuéla, ce qui eût rendu l'image encore plus frappante); une seconde nous donne les plis asiatiques à une échelle un peu trop réduite; la troisième donne l'interprétation de l'auteur des plissements de l'Europe centrale et des plis circum-méditerranéens. Certaines jonctions nous y semblent un peu osées; telle celle des Pyrénées au mont Ventoux, ou de la chaîne des Alpes maritimes, à travers la Corse et la Sardaigne, à un pli hypothétique parallèle à la côte algérienne. Ce ne sont certes pas là des résultats acquis. On est de même étonné de voir certains plis de la Meseta ibérique prolongés directement par les plis tertiaires à l'Est. D'autre part, on ne voit pas pourquoi les petits massifs des

Maures et de l'Estérel ont été négligés; ils sont incontestablement d'un autre âge que les plis tertiaires, doivent avoir appartenu à une région plissée plus étendue et doivent, quelle que soit l'hypothèse qu'on adopte, influencer les traits de raccordement, à travers la Méditerranée occidentale.

Le chapitre XII : « Les résultats de la paléogéographie. L'évolution progressive des continents et des mers et ses récurrences » donne les résultats acquis dès maintenant par les études stratigraphiques et indique aussi les grandes lacunes qui subsisteront peut-être toujours. Avant de faire la description de la Terre dans les diverses périodes géologiques, l'auteur essaie de dégager les traits permanents de la structure de l'écorce. La lecture de ce paragraphe donne l'impression de conclusions bien prématurées, quelles que soient les réserves formulées : la permanence de l'axe terrestre à travers les âges; les mers primitives suivant approximativement des parallèles, parce qu'elles se concentrent dans des anneaux en creux de la sphère semi-fluide; les grands plissements de la surface accusés suivant les parallèles, alors que les effondrements se dessinaient suivant des méridiens, tout cela est encore tant du domaine de la rêverie; et l'on se demande avec inquiétude si la grande influence d'idées théoriques récentes ne s'est pas trop fait sentir. Il n'en est pas de même dans l'étude consécutive de l'évolution des climats, plus aisée à traiter du moment que l'on admet la fixité de l'axe terrestre. Cependant, à part quelques indications très générales, c'est-à-dire l'idée d'un refroidissement progressif, l'examen des isogéothermes actuels montre une influence tellement prépondérante de la distribution des terres et des mers, qu'il faut bien se dire que l'étude des climats successifs d'une région est liée intimement à la connaissance des états géographiques de parties du globe plus vastes, qu'on ignorera sans doute toujours. Pour préciser notre pensée, quand on songe que notre climat actuel dépend de centres de hautes ou de basses pressions qui s'établissent sur le Sahara, la Sibérie et l'Atlantique; quand on pense aux modifications qu'y introduirait la moindre ride montagnaise voisine, on reste sceptique devant les efforts de celui qui entreprend de résoudre ce problème des variations du climat d'une région à travers les âges, malgré les indications précieuses de la faune et de la flore.

Nous nous permettons de recommander vivement la lecture attentive du paragraphe où M. de Launay étudie les rapports de la géographie terrestre et de la sédimentation. C'est la première fois, croyons-nous, que se trouvent aussi bien mises en lumière les relations du phénomène

de l'érosion et de la nature des sédiments; la distribution des sels, des phosphates, du fer dans les couches sédimentaires; l'idée de la destruction de parties profondes ou superficielles de l'écorce expliquant des successions de couches de nature différente.

Le chapitre se termine par la description, en une cinquantaine de pages, de la Terre aux diverses phases de ses plissements; au lieu d'adopter les grandes divisions paléontologiques, l'auteur a cherché à grouper les périodes d'après les grands plissements de l'écorce; ainsi le Trias est rattaché au Carbonifère et au Permien sous le nom de « ère des mouvements hercyniens ». La lecture n'en peut se faire qu'en recourant aux croquis paléogéographiques du traité de géologie de M. de Lapparent; encore reste-t-elle fort pénible, bien qu'elle suggère de très intéressants aperçus d'explications possibles de l'existence de certaines couches, comme le Kupferschiefer du Permien de la Saxe.

Dans le chapitre XIII l'auteur discute et analyse diverses classifications adoptées pour les roches et l'origine et le mode de formation des roches éruptives; il renverse avec force l'idée ancienne d'un rapport constant entre la nature des roches éruptives et leur âge. Nous sommes ainsi préparés aux notions de chimie métallogénique (chap. XIV), aux études sur les filons, inclusions, ségrégations, en un mot aux spéculations, très hautes et très hardies, que l'auteur fait sur les phénomènes chimiques qui se passent sous l'écorce et qui amènent le remplissage de ses fentes. Les deux chapitres précédents permettent à M. de Launay d'aborder à nouveau et d'une façon très détaillée l'étude de la proportion des divers éléments dans la croûte terrestre (chap. XV).

La géologie n'a pas seulement son but utile; elle contribue pour sa part à nous éclairer sur les plus grands problèmes de la philosophie : Qu'est-ce que la vie? Quelle est l'origine des êtres? Dans notre *Bulletin* même, notre éminent confrère M. Dollo a examiné l'appui que la paléontologie donne au transformisme. Le lecteur ne sera pas surpris de voir tout un chapitre consacré à reprendre ce problème, avec un douloureux aveu de bien des ignorances; l'avenir reculera peut-être dans le passé des temps l'origine des êtres; il est à craindre que jamais la Terre ne nous révèle le secret de la vie.

En quelques pages éloquentes, l'auteur termine son ouvrage par des considérations prophétiques sur l'avenir de la Terre; il nous offre le choix de divers genres de mort : par le froid, par la soif, par asphyxie, tout cela dans un avenir assez lointain pour ne pas nous inciter à l'abandon immédiat de tous travaux; l'an mille semble, d'après lui, encore éloigné.

En terminant cette courte analyse, nous ne pouvons que nous répéter : l'œuvre de M. de Launay est magistrale; c'est une magnifique synthèse des résultats acquis et des hypothèses du jour pour tout ce qui concerne l'histoire de l'écorce terrestre; mais ce n'est pas une compilation; beaucoup de parties appartiennent en propre à l'auteur; on ne saurait trop louer l'heureuse fusion qu'il trouve moyen d'établir entre la géologie proprement dite et la science des gîtes métallifères.

« Je voudrais qu'après avoir lu ce livre, un homme d'esprit éclairé et un peu au courant de la science moderne pût savoir exactement ce que cherchent et ce qu'ont découvert jusqu'ici les géologues; mon but serait de lui faire comprendre en quoi les résultats atteints dans cette science spéciale intéressent la science tout entière et touchent aux problèmes les plus importants que se pose notre esprit, et je souhaiterais, enfin, qu'il eût ainsi acquis, des méthodes géologiques, une connaissance suffisante, sinon, pour les appliquer aussitôt lui-même, du moins pour en apprécier la valeur et, le cas échéant, se trouver en mesure de les approfondir. » Tel est le modeste vœu de l'auteur dans son introduction; nous croyons, cependant, qu'il a surtout écrit pour les géologues, auxquels il aura permis de se reposer un moment de leur labeur d'investigation pour admirer l'œuvre gigantesque à laquelle ils collaborent; il a aussi rendu le plus éminent des services aux professeurs par la présentation d'un plan nouveau, par la vie qu'il a infusée dans les théories. Qu'il nous soit permis de lui en exprimer des remerciements. Son œuvre n'est pas un simple essai de vulgarisation, c'est une philosophie de la géologie.

L. G.

