

SÉANCE MENSUELLE DU 19 JUILLET 1910.

Présidence de M. A. Rutot, président.

La séance est ouverte à 20 h. 30.

Distinctions honorifiques.

La Société adresse ses chaleureuses félicitations à nos confrères J. CORNET et H. DIDERRICH, nommés chevaliers de l'Ordre de Léopold, en récompense des services qu'ils ont rendus à l'État Indépendant du Congo.

Le Bureau est heureux de signaler que le prix attribué, par la Société géologique de France, à la découverte géologique la plus utile au point de vue industriel a été décerné à notre illustre membre honoraire et ancien président J. GOSSELET.

L'éminent professeur, ne voulant retenir de ce prix exceptionnel que le sentiment qui le lui a décerné, en a abandonné le montant en faveur d'une fondation destinée à favoriser le progrès de la science. Grâce à M. Gosselet, deux prix sont désormais assurés à ceux qui feront avancer la science de la Terre : l'un sera donné par la Société des Sciences de Lille, l'autre par la Société géologique de France.

Approbation du procès-verbal de la séance de juin.

Adopté sans observation, de même que le fascicule II des *Mémoires* de 1910.

Correspondance.

1. M. E. Maillieux s'excuse de ne pouvoir assister à la séance.
2. La librairie Max Weg, de Leipzig, adresse le numéro 1 d'une publication trimestrielle gratuite, envoyée à tous ceux qui en expriment le désir et contenant les changements d'adresse ou de situation des

personnes renseignées au *Geologenkalender*, ainsi que les publications parues dans le courant du trimestre dans les domaines de la géologie, de la paléontologie et de la minéralogie.

3. M. R. d'Andrimont, professeur à l'Institut agricole de Gembloux, demande que la Société reproduise le tableau résumé des connaissances acquises en hydrologie, tableau qu'il a exposé à la Section d'hydrologie scientifique de l'Exposition.

Cette proposition, appuyée par M. van den Broeck, est acceptée, et ce tableau figure en annexe au procès-verbal.

4. Le R. P. Schmitz, S. J., envoie une sixième note préliminaire sur le Houiller de la Campine, qui est acceptée pour la séance du jour.

5. M. E. van den Broeck, secrétaire général honoraire, adresse la *réclamation de complément bibliographique* ci-dessous.

« Je lis dans le numéro de juillet 1910 de la *Technique sanitaire* un article de M. G. Lidy, intitulé : « Nouvelles recherches sur la formation des nappes souterraines. »

Se basant sur des observations relatées dans le numéro du 15 avril 1910 du journal *L'Eau* et d'après lesquelles M. Forel, le savant naturaliste suisse, signale l'existence d'un problème météorologique et hydrologique *inattendu et nouveau* relatif au phénomène de la condensation dans la formation des eaux souterraines, l'auteur fait, avec raison, remarquer que ces constatations ne sont nullement une nouveauté. Son article a pour but de rappeler les recherches datant d'une trentaine d'années du Prof^r Vogler, et il fait ensuite un historique sommaire des travaux des divers auteurs s'étant occupés de la question; il signale encore ses observations expérimentales sur le même sujet, montrant que le sable agit comme un véritable condenseur. M. Lidy conclut qu'il paraît certain que la condensation de la vapeur d'eau dans le sol peut intervenir effectivement dans la formation des nappes souterraines.

Or, cette question n'est nullement une nouveauté pour les hydrologues et géologues belges; ils s'en sont eux-mêmes occupés *depuis longtemps* et la *Société belge de Géologie et d'Hydrologie* a eu, il y a quatorze ans déjà, l'occasion d'examiner cet important problème.

Je tiens donc, en ma qualité d'ancien secrétaire général de notre Société belge de Géologie et d'Hydrologie, à signaler que le suggestif et fécond problème de l'alimentation des nappes souterraines par la voie de la condensation atmosphérique en terrain sableux a, depuis longtemps, été inscrit au programme de ses études. En effet, à la

séance du 28 juillet 1896, il a été mis à l'ordre du jour « l'examen critique et contradictoire de la thèse de M. Worré sur la profondeur de pénétration de l'eau pluviale dans le sol et sur le rôle de la vapeur d'eau atmosphérique dans l'alimentation des eaux souterraines ». Cet ordre du jour avait été motivé par le fait que j'avais signalé à mes collègues une étude de l'ingénieur en chef honoraire des travaux publics de la ville de Luxembourg, M. J. Worré, intitulée : *Profondeur de pénétration de l'eau pluviale dans le sol aux environs de la ville de Luxembourg et question annexe de la génération des eaux souterraines*.

Dans cette étude, publiée dans le tome XXIV des *Publications de l'Institut grand-ducal du Luxembourg*, l'auteur expose ses intéressantes expériences personnelles sur la profondeur de pénétration de l'eau pluviale dans le sol; il reprend ensuite les études du Dr Vogler, ainsi que celles de ses disciples et de ses contradicteurs, et il conclut, par la logique des faits, à admettre, du moins en partie, l'hypothèse Vogler.

Dans la séance précitée du 28 juillet 1896, M. A. Rutot, à ma prière, a analysé ce travail, en a montré l'intérêt, tout en n'admettant point alors la portée attachée par M. Worré à ses recherches et expériences. A mon tour, à la même séance, j'ai repris la question, dans une note intitulée : *Quelques considérations sur la perméabilité du sol, sur l'infiltration fluviale et sur la condensation souterraine des vapeurs d'eau, à propos des recherches et exposés de MM. Worré et Duclaux*. J'ai cru utile, en effet, dans cette note de rappeler les travaux du savant français, parus en 1890 dans les *Annales de l'Institut Pasteur* et intitulés : *Sur les relations du sol et de l'eau qui le traverse*. Il y a là des éléments de la plus haute utilité pour l'étude de la question, et j'ai tenu à attirer sur les importants exposés de M. Duclaux l'attention des chercheurs; j'ai signalé en somme qu'il y avait, dans la direction des travaux de MM. Vogler, Worré, Duclaux et W. Thomson, une sérieuse voie nouvelle à étudier, que je soumettais à l'attention des hydrologues. Je concluais ainsi : « Il convient de prêter une attention spéciale à la » curieuse et suggestive expérience de W. Thomson, rapportée par » M. Duclaux; cette obéissance stricte et incontestablement démontrée » des *vapeurs de condensation aux lois de la capillarité*, nous ramène aux » considérations finales de l'étude de M. Worré et montre qu'il y a là » une cause générale et importante — sous cette forme inattendue de » la condensation et du cheminement capillaire souterrain de la vapeur » d'eau atmosphérique — d'alimentation des eaux souterraines, complètement indépendante de l'action des infiltrations pluviales. »

Je suis heureux de signaler aujourd'hui que M. Rutot ne maintient

plus une grande partie des réserves qu'il faisait, en 1896, à la thèse de M. Worré et qu'il s'unit à moi pour en reconnaître l'importance. D'autre part, un autre membre de la Société, M. René d'Andrimont, dans son opuscule de 1906 : *La science hydrologique, ses méthodes, ses récents progrès et ses applications*, consacre une courte rubrique à la théorie de l'alimentation des nappes aquifères par condensation directe des vapeurs de l'atmosphère dans le sol; il fait remarquer que, dans une chute d'eau brusque et abondante, la proportion du liquide qui s'infiltré dans le sol est peu considérable, tandis que les temps brumeux et humides qui humectent lentement le sol — et qui doivent naturellement agir fortement sur l'atmosphère souterraine — semblent être spécialement favorables à l'infiltration. En terminant le texte de la rubrique précitée, M. d'Andrimont conclut avec raison que la condensation directe de la vapeur d'eau de l'atmosphère peut donc *contribuer à l'alimentation des nappes aquifères* et même, dans certains cas, produire des rendements par hectare-jour *surprenants*; mais encore une fois, dit-il, il ne faut pas se laisser séduire par une théorie et attribuer à un phénomène secondaire la part qui revient au phénomène principal. Tout ceci montre que la question est bien connue en Belgique et que son importance n'a pas échappé aux hydrologues et géologues de notre pays, qui se sont occupés de l'alimentation des nappes souterraines. »

Dons et envois reçus.

De la part des auteurs :

- 6089 ... Catalogo II degli strumenti sismici e meteorologici più recenti adottati dagli Osservatorii del regno costruiti da Luigi Fasciannelli. Rome, 1910. Brochure in-8° de 40 pages et figures.
- 6090 Fourmarier, P., La terminaison occidentale de la faille de l'Ourthe. Liège, 1908. Extr. des *Ann. de la Soc. géol. de Belg.*, t. XXXV, Mém., pp. 35-46, pl. VII, 3 figures.
- 6091 Fourmarier, P., Note à propos de la faille Saint-Gilles. Liège, 1908. Extr. des *Ann. de la Soc. géol. de Belg.*, t. XXXV, Bull., pp. 92-97.
- 6092 Fourmarier, P., Rapports sur le travail : Sur la structure du bassin houiller de Liège aux environs d'Angleur, par X. Stainier. Liège, 1909. Extr. des *Ann. de la Soc. géol. de Belg.*, t. XXXVII, Mém., pp. 73-79.

- 6093 Hobbs, W. H., Characteristics of the Inland-Ice of the arctic regions. Philadelphie, 1910. Extr. des *Proc. of the Amer. Philos. Soc.*, vol. XLIX, n° 194, pp. 57-129, pl. XVI-XXX et 43 figures.
- 6094 Labat, A., La fin du monde. Périgueux, 1910? Brochure in-12 de 6 pages.
- 6095 Labat, A., La Comète. Périgueux, 1910? Brochure in-12 de 3 pages.
- 6096 Schmidt, R. R., Der Sirgenstein und die diluvialen Kulturstätten Württembergs. Stuttgart, 1910. Brochure in-8° de 47 pages et 1 planche.
- 6097 Schmidt, R. R., und Wernert, P., Die archäologischen Einschlüsse der Lössstation Achenheim (Elsass) und die paläolithischen Kulturen des Reintallösses. Berlin, 1910. Extr. de *Praehistorischen Zeitschrift*, t. II, fasc. 3-4, pp. 339-346 et 1 planche.
- 6098 Steinmann, G., Zur Phylogenie der Dinosaurier. Berlin, 1910. Extr. de *Zeitschrift für induktive Abstammungs- und Vererbungslehre*, t. III, fasc. I et II, pp. 98-103.
- 6099 Steinmann, G., Die Abstammung der « Gattung Oppelia » Waag. Stuttgart, 1909. Extr. de *Centralblatt für Miner., Geologie und Paläont.*, n° 21, pp. 641-646, 2 figures.
- 6100 Steinmann, G., Geologie und Paläontologie an den deutschen Hochschulen. Leipzig, 1910. Extr. de *Geolog. Rundschau*, t. I, fasc. I, pp. 42-49.
- 6101 Bonnet, R., und Steinmann, G., Die « Eolithen » des Oligozäns in Belgien. Bonn, 1910. Extr. de *Sitzungsb. der Niederrhein. Gesells. für Natur- und Heilkunde*. Naturw. Abt. 30 pages et 15 figures.
- 6102 Arctowski, H., Studies on climate and crops. The Yield of wheat in the United States and in Russia during the years 1891 to 1900. New-York, 1910. Extr. des *Bull. of Amer. Geogr. Soc.*, XLII, July, pp. 481-495 et 11 figures.
- 6103 Bertrand, L., Esquisse de la structure et de l'histoire géologique des Pyrénées orientales et centrales. Paris, 1908. Extr. des *Comptes rendus de l'Assoc. franç. pour l'avancement des sc. Congrès de Clermont-Ferrand*, 9 pages et 1 figure.
- 6104 Bertrand, L., La notion de facies en géologie. Paris, 1910. Extr. de la *Revue du mois*, n° 52, 10 avril, pp. 385-408, et n° 54, 10 juin, pp. 680-716 et 7 figures.
- 6105 Issel, A., Alcuni mammiferi fossili del Genovesato e del Savonese. Rome, 1910. Extr. de *Reale Accademia dei Lincei*, anno CCCVII, vol. VIII, 38 pages et 4 planches.

- 6106 **Kemna, A.**, Notes on the colour of waters. York, 1910. Extr. de *Assoc. of water engineers*. 6 pages (2 exemplaires).
- 6107 **Renier, A.**, Sur les premières découvertes de végétaux à structure conservée dans le terrain houiller belge. Louvain, 1909. Extr. des *Ann. de la Soc. scient. de Bruxelles*, session du 28 octobre. 2 pages.
- 6108 **Renier, A.**, L'origine raméale des cicatrices ulodendroïdes. Liège, 1910. Extr. des *Ann. de la Soc. géol. de Belg.*, tome II, Mém. in-4°, pp. 37-82, pl. VII-IX.
- 4936 **Reclus, E.**, Les volcans de la terre, 2^e partie. Bruxelles, 1910. Extr. du *Bull. de la Soc. belge d'Astronomie*, pp. 171-315, pl. VII-IX et figures.

Élection de nouveaux membres.

Le Bureau a l'honneur de proposer, en attendant la ratification de l'Assemblée générale, de décerner le titre d'Associé étranger à **M. BERTRAND, Léon**, professeur adjoint de géologie à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris, collaborateur principal du Service de la Carte géologique de France, 137, boulevard Saint-Michel, à Paris.

Cette proposition est adoptée.

Sont élus membres effectifs :

- MM. FALK, Franz**, docteur en sciences, 35, Montagne-aux-Herbes potagères, à Bruxelles, présenté par **MM. van den Broeck et Greindl**.
- KRISCHTAFOVITSCH, N.-J.**, rédacteur de l'Annuaire géologique et minéralogique de la Russie, à Nowo-Alexandria (gouvernement de Lublin), présenté par **MM. Rutot et Greindl**.
- MAGNIE (l'abbé Léon)**, professeur de sciences naturelles à l'Institut Saint-Joseph, à La Louvière, présenté par **MM. H. de Dorlodot et Greindl**.

Communications des membres.

A. SALÉE. — **Nouvelles recherches sur les Polypiers du Calcaire carbonifère de la Belgique. Le genre Caninia.**

L'auteur résume le volumineux mémoire qu'il a consacré à ce sujet, mémoire qui a été couronné au concours interuniversitaire des sciences minérales.

M. le Président, en félicitant l'auteur de ses recherches si fructueuses, exprime des craintes au sujet du coût des nombreuses planches que comporte le travail. Néanmoins, l'impression aux *Mémoires* in-4° en est ordonnée.

H. DE DORLODOT. — Relations entre l'échelle stratigraphique du Calcaire carbonifère de la Belgique et les zones paléontologiques d'Arthur Vaughan, d'après les recherches les plus récentes.

L'an dernier, à la veille de notre session extraordinaire, j'ai publié dans nos *Mémoires* un résumé de nos connaissances sur la stratigraphie du Calcaire carbonifère de la Belgique (1). Depuis lors, M. l'abbé Delépine, qui a entrepris depuis plusieurs années l'étude détaillée du Calcaire carbonifère du bassin de Namur et qui, plus récemment, a étendu ses explorations à certains points du bassin de Dinant, a commencé à faire connaître le résultat de ses observations, dans une série de travaux détachés. Ses études ont notamment pour but l'application à notre Calcaire carbonifère de la division en zones paléontologiques, établie dans le Sud-Ouest de l'Angleterre par M. Arthur Vaughan. Les publications de M. Delépine étant disséminées dans plusieurs revues, je crois être agréable à nos confrères, spécialement à ceux qui ne se sont pas fait une spécialité de l'étude de notre Dinantien, en précisant ici les relations qu'il est possible d'établir aujourd'hui, grâce aux travaux de M. Delépine, entre les zones paléontologiques de Vaughan et les subdivisions que j'ai adoptées. J'aurai à signaler aussi, lorsque l'occasion s'en présentera, les observations publiées récemment, dans

(1) H. DE DORLODOT, Description succincte des assises du Calcaire carbonifère de la Belgique et de leurs principaux facies lithologiques. (*Bull. Soc. belge de Géol.*, t. XXIII, 1909, Mém., pp. 175-193.) — Voir aussi du même auteur : Les faunes du Dinantien et leur signification stratigraphique (*Ibid.*, Mém., pp. 153-174 ; et Échelle stratigraphique détaillée des formations calcaires du système carboniférien dans le bassin de Dinant. (*Apud* E. VAN DEN BROECK, E.-A. MARTEL et E. RAHIR, Les cavernes et les rivières souterraines de la Belgique. Bruxelles, 1910, t. II, Annexes, pp. 5-8.) — Les deux premières de ces publications ont été distribuées d'abord en *tirés à part* aux membres des deux Sociétés qui ont assisté aux excursions organisées par l'auteur aux environs de Dinant ; toutes les trois ont été livrées à l'impression dans la première quinzaine d'août 1909 ; c'est ainsi que l'auteur n'a pu profiter des résultats des excursions de M. Vaughan, qui ont eu lieu vers la fin d'août. Par contre, au cours des excursions des deux Sociétés, on a pu faire allusion aux résultats des études de M. Vaughan et de M. Delépine en Belgique.

nos *Mémoires*, par M. Gröber ⁽¹⁾ sur le Tournaisien d'Yvoir et de quelques points de la bande des Écaussines. J'aurai malheureusement le regret de constater que, malgré de bonnes observations, qui, bien comprises, viennent d'ailleurs à l'appui de celles de M. Delépine, le travail de M. Gröber, fait un peu hâtivement, prête le flanc à plus d'une critique, et que les données relatives aux polypiers notamment y laissent beaucoup à désirer.

Sur ce dernier point, j'ai utilisé, avec son autorisation, les recherches poursuivies depuis deux ans par mon assistant, M. l'abbé Salée, sur les polypiers tournaisiens de la Belgique.

A la séance du 19 mai dernier, M. Stainier ⁽²⁾ a émis sur l'origine de la grande brèche certaines idées neuves. Le présent travail nous donnera l'occasion d'examiner à nouveau cette question; ce que nous pourrons faire d'autant mieux que les observations de M. Delépine nous ont apporté des faits qui éclairent cette origine d'une vive lumière.

Les conclusions de M. Delépine sur l'âge des différentes formations de notre Dinantien, rapportées aux zones paléontologiques de Vaughan, présentent une garantie spéciale, du fait que leur exactitude a été reconnue, du moins pour la plupart d'entre elles, par M. Vaughan lui-même. Il ne sera pas sans intérêt de relater dans quelles circonstances.

En 1904, Vaughan ⁽³⁾ n'ayant, comme il le déclare lui-même, aucune connaissance personnelle de notre Calcaire carbonifère et n'ayant lu que les notions générales contenues dans quelques manuels, parmi lesquels il cite seulement la *Légende de la Carte géologique de la Belgique (1900)*, le *Prodrome* de G. Dewalque et la *Géologie de la Belgique* de M. Mourlon, outre la note de M. M. Lohest *Sur le parallélisme entre le Calcaire carbonifère de Bristol et celui de la Belgique*, estime, avec raison, que l'essai de comparaison, qu'il cherche à établir d'après ces données très incomplètes, ne peut avoir grande valeur. Il en était bien ainsi,

(1) Dr PAUL GRÖBER, Essai de comparaison entre les couches du Calcaire carbonifère de Belgique et celles de l'Angleterre caractérisées par des zones à polypiers et à brachiopodes. (*Bull. Soc. belge de Géol.*, t. XXIV, Mém., pp. 25-48, 19 janvier 1910.)

(2) X. STAINIER, Du mode de formation de la grande brèche du Carbonifère. (*Ibid.*, t. XXIV, pp. 188-196, 17 mai 1910.)

(3) ARTHUR VAUGHAN, The Palaeontological Sequence in the Carboniferous Limestone of the Bristol Area. (*Quart. Journ. Geol. Soc.*, vol. LXI, pp. 181-305, spécialement pp. 255-257 et 264.)

puisqu'il pensait que le Viséen de la classification belge comprend sa zone à *Caninia* (qu'il nomme aussi zone à *Syringothyris*) tout entière. Or, Vaughan estime avec raison que tout au moins sa zone *C1* doit être rangée dans la grande division paléontologique inférieure du Calcaire carbonifère, ou Tournaisien; et, en 1905, il était tenté d'y ranger encore *C2*, qu'il place aujourd'hui à la base de l'étage supérieur ou Viséen. Pensant donc que ses grandes divisions du Calcaire carbonifère du Sud-Ouest de l'Angleterre et du Sud du Pays de Galles ne coïncident pas avec celles que l'on nomme en Belgique *Étage tournaisien* et *Étage viséen*, il croit préférable, pour éviter tout danger de confusion, de créer de nouveaux termes et de substituer, pour dénommer les étages anglais, le terme *Clevedonian* au terme Tournaisien, et le terme *Kidwellian* au terme Viséen. Il n'en continua pas moins, dans ses publications subséquentes, à les désigner sous les noms de Tournaisien et de Viséen; néanmoins, son doute persista jusqu'à l'an dernier.

Pour trancher cette question, M. Vaughan résolut de consacrer les vacances d'été à étudier, sous la conduite de M. Delépine, la succession des couches du Calcaire carbonifère de la Belgique et la corrélation exacte des divisions admises par les géologues belges avec les zones définies par lui en Angleterre. Il annonça ce projet dans son rapport à l'Association britannique pour l'avancement des sciences (1).

M. Sollas, que je rencontrai à la *Darwin Celebration* à Cambridge, m'avait fait part, dès le mois de juin, de cette intention de M. Vaughan, qui me fut plus tard confirmée par M. Delépine, et je proposai alors à M. Vaughan de profiter aussi de son séjour en Belgique pour visiter le Carbonifère de la région dinantaise, que M. Delépine n'avait pas encore étudié; M. Vaughan accepta ma proposition; mais j'eus le regret de ne pouvoir l'accompagner sur le terrain, circonstance dont M. Vaughan n'eut d'ailleurs pas à souffrir, M. F. Kaisin ayant bien voulu me remplacer. M. Vaughan visita une grande partie du bassin de Namur et quelques points de la partie orientale du Condroz sous la conduite de M. Delépine, le Hainaut français en compagnie de M. Delépine et sous la conduite de M. Carpentier, enfin la région dinantaise en compagnie de M. Delépine, de M. Kaisin et de M. Salée.

(1) Faunal succession in the Lower Carboniferous Limestone (Avonian) of the British Isles. Report of the Committee In Report of the seventy-ninth meeting of the British Association for advancement of science. Winnipeg, 1909, August 25-September 4. London, John Murray, 1910.

Il reconnut, en général, l'exactitude des vues de M. Delépine et les précisa sur quelques points (1). Dans la région dinantaise, il se déclara convaincu des vues que nous avons soutenues, d'accord avec la Vallée Poussin, sur la non-autonomie de l'étage waulsortien de M. Dupont et sur l'ordre de succession et le synchronisme des couches. Il put aussi fixer le synchronisme des principales formations de la région avec celles du Sud-Ouest de l'Angleterre et reconnaître notamment que la limite entre le Tournaisien et le Viséen, telle que nous la comprenons dans la région dinantaise aussi bien que dans l'Est du Condroz, correspond, *tout au moins à très peu de chose près*, à la ligne de démarcation qu'il a établie entre les deux grandes divisions du Calcaire carbonifère du Sud-Ouest de l'Angleterre. A la session extraordinaire des Sociétés géologiques de Belgique réunies, M. Kaisin relata à plusieurs reprises ce que nous venons de rapporter.

M. Gröber assistait à cette session et il écouta avec beaucoup d'attention les explications de M. Kaisin. Les excursions de cette session servirent de point de départ aux études dont il a rendu compte à la Société. Ce n'est donc pas sans quelque surprise que nous avons lu, dans le mémoire de M. Gröber, les lignes suivantes (2) :

« Vaughan n'était pas certain de la parallélisation exacte de ses horizons avec ceux de la Belgique; c'est pourquoi il n'osait pas introduire les deux subdivisions du Carboniférien inférieur (Avonian) qui sont en vogue en Belgique (Tournaisien et Viséen). Il a proposé de remplacer ces deux termes par le Clevedonian et le Kidwellian avant qu'on sût que la limite du Tournaisien et du Viséen se trouvait au même niveau que la sienne entre le Clevedonian et le Kidwellian. Comme nous avons vu que ces deux limites occupent le même niveau, nous pouvons supprimer les deux nouveaux termes de Vaughan. »

Nous indiquons ci-dessous la liste des travaux de M. DELÉPINE sur le Calcaire carbonifère, en donnant à chacun un numéro d'ordre, afin de faciliter les renvois que nous aurons à faire au cours de ce travail. Les deux premiers ont paru à une époque antérieure à notre *Description succincte* de l'an dernier. Quant aux autres, bien que la date indiquée pour quelques-uns soit un peu antérieure à la date de la publication de notre note susdite, cependant ils n'ont paru, en réalité, qu'à une date postérieure, la date indiquée étant celle de dépôt.

(1) Dans la note complémentaire qu'il a envoyée à son *Étude sur le Calcaire carbonifère de Belgique*, le 21 juin 1910, M. Delépine rend pleine justice au concours que lui a prêté M. Vaughan. (*Bull. Soc. belge de Géol.*, t. XXIV, Proc.-verb., pp. 210-211.)

(2) *Loc. cit.*, p. 37.

- [1] Contribution à l'étude du Calcaire carbonifère dans le Tournaisis. (*Bull. Soc. géol. de France*, 4^e série, t. II, 1902, pp. 434-438.)
- [2] Observations sur le Calcaire carbonifère du Hainaut. (*Bull. Soc. géol. de France*, 4^e série, t. IV, 1904, pp. 696-704.)
- [3] Note sur des fossiles recueillis dans le Calcaire carbonifère de Belgique. (*Ann. Soc. géol. du Nord*, t. XXXVIII, pp. 88-89, 5 mai 1909.)
- [4] Comparaison entre les formations carbonifères de Malahide (Irlande) et les calchistes de Tournai. (*Ibid.*, pp. 89-91, 5 mai 1909.)
- [5] Les caractères stratigraphiques du Calcaire carbonifère sur la bordure septentrionale du bassin de Namur : Note préliminaire. (*Ibid.*, pp. 126-153, 16 juin 1909.)
- [6] Comparaison entre le Calcaire carbonifère du Sud-Ouest de l'Angleterre et celui du bassin de Namur. (*Ibid.*, pp. 175-190, 16 juin 1909.)
- [7] Note sur le Calcaire carbonifère de Visé et les couches à brachiopodes du Midland. (*Bull. Soc. géol. de France*, 4^e série, t. IX, juin 1909, sous presse.)
- [8] Nouvelles observations sur le Calcaire carbonifère de Belgique. (*Ann. Soc. géol. du Nord*, t. XXXVIII, pp. 428-433, 17 novembre 1909.)
- [9] Note sur la présence à Denée (Belgique) de la faune du Calcaire de Paire. (*Ibid.*, pp. 439-442, 15 décembre 1909.)
- [10] Étude sur le Calcaire carbonifère de Tournai. (*Ibid.*, t. XXXIX, pp. 20-35, présenté à la séance du 15 décembre 1909, publié au procès-verbal de la séance de janvier 1910.)
- [11] Sur la succession des faunes et la répartition des faciès du Calcaire carbonifère de Belgique. (*Comptes rendus de l'Acad. des Sciences de Paris*, t. CXLIX, pp. 1164-1166, présentée dans la séance du 6 décembre 1909, publiée au Compte rendu de la séance du 13 décembre 1909.)
- [12] Étude sur le Calcaire carbonifère de Belgique (Hainaut et région de Namur) : Comparaison avec le Sud-Ouest de l'Angleterre. (*Bull. Soc. belge de Géol.*, t. XXIV, Mém., pp. 3-24, 19 janvier 1910.)
- [13] Faunal succession of the Carboniferous Limestone. Llantrisant. (*Geol. Mag.*, New ser., Dec., V, vol. VII, pp. 67-70, Febr. 1910.)
- [14] Quelques observations sur le Calcaire carbonifère : Bassin de Namur et Nord-Est du Condroz. (*Ann. Soc. géol. de Belgique*, t. XXXVII, pp. 99-105, 17 avril 1910.)
- [15] Note sur la brèche rouge de Landelies. (*Ann. Soc. géol. du Nord*, t. XXXIX, 20 avril 1910, sous presse.)
- [16] Observations sur le Calcaire carbonifère de la vallée du Bocq et de la vallée de la Molignée. (*Ann. Soc. géol. de Belg.*, Bull., pp. 219-223, 19 juin 1910.)
- [17] Note sur la position stratigraphique du Calcaire carbonifère de Visé. (*Ibid.*, Bull., pp. 224-232, 19 juin 1910.)
- [18] Étude sur le Calcaire carbonifère de Belgique (Note complémentaire). (*Ann. Soc. belge de Géol.*, t. XXIV, Bull., pp. 210-211, 21 juin 1910.)

M. Delépine (1) a eu la gracieuseté de constater que les résultats obtenus par ses études paléontologiques s'accordent, dans leurs grandes lignes, avec ceux que nous avons formulés dans le tableau de la succession des couches, publié en juillet 1909. Nous croyons, en effet, que, si l'on excepte un point où nous avons eu peut-être le tort de suivre de trop près l'appréciation de M. Éd. Dupont et de nos confrères liégeois, les études paléontologiques de M. Delépine ont confirmé, d'une manière souvent frappante, les *synchronismes* auxquels nous avait conduit l'application de la méthode stratigraphique. Il en a été de même, nous semble-t-il, pour la *limite entre le Tournaisien et le Viséen*, la seule à laquelle nous attribuions une valeur paléontologique. Mais, pour les autres subdivisions, si l'étude détaillée des zones paléontologiques tend à confirmer que les *limites lithologiques que nous avons adoptées répondent à des horizons sensiblement constants*, par contre, le plus souvent, comme on devait d'ailleurs s'y attendre, ces limites ne coïncident pas exactement avec les limites des zones paléontologiques. Il est bon d'ajouter au surplus que, dans la plupart des cas, ces limites paléontologiques ne sont pas encore rigoureusement établies. Aussi le tableau ci-contre, dans lequel nous cherchons à résumer les résultats des recherches de M. Delépine sur les relations entre les zones paléontologiques et les divisions stratigraphiques que nous avons adoptées, ne doit-il être considéré comme exact que dans ses grandes lignes. Nous le faisons suivre d'explications plus détaillées sur les découvertes faites dans les divers termes de notre échelle stratigraphique : ces explications mettront mieux les choses au point.

Viséen.

- D3** Les trois ou quatre derniers mètres du Calcaire supérieur d'Anhée, **V2c**.
D2 Calcaire supérieur d'Anhée, **V2c**.
D1 { Grande brèche, **V2b**.
 { Couches les plus élevées du Calcaire inférieur d'Anhée, **V2a**. } Calcaire de Visé.
 { Calcaire inférieur d'Anhée, **V2a**.
S2 { Calcaire de Neffe proprement dit, **V1c**.
 { Dolomie et calcaire de Sovet (2) : partie supérieure, **V1b**.
S1 Partie moyenne et peut-être inférieure des Dolomie et calcaire de Sovet, **V1b**.
C2 Marbre noir de Dinant, **V1a**; Calcaire noir sans cherts et Calcaire à crinoïdes à *Chonetes papilionacea* de l'Est du Condroz, **V1az**; Calcaire oolithique inférieur (*facies* de Neffe) à *Productus sublaevis* du bassin de Namur et de l'Est du Condroz, **V1a**.

(1) [12], p. 20.

(2) Nous appelons ici *Dolomie et calcaire de Sovet* les formations que nous avons désignées antérieurement sous le nom de *Dolomie de Namur*.

Tournaisien.

- | | | | | |
|-----------|---|--|---|-------------------------------------|
| C1 | { | Calcaire de Vaulx et Calcaire de Paire, T2c .
Petit-granit, T2b . | } | Calcaire de Leffe. |
| Z2 | { | Calcaire d'Yvoir, T2a ; couches waulsortiennes inférieures, T2ap (Nord de Denée).
Calschistes de Maredsous, T1d . Schistes et calschistes de l'Est du Condroz rapportés jusqu'ici à T1b . | } | Calcaire d'Allain et de Mévergnies. |
| Z1 | { | Calcaire de Landelies, T1c .
Schistes à <i>octoplicatus</i> , T1b ; Calschistes d'Attre. | } | |
- K2?** Calcaire et schistes d'Hastière, **T1a**.
K1 et **Km** Assise de Comblain-au-Pont.

ASSISE D'ETROEUNGT OU DE COMBLAIN-AU-PONT.

Comme on le sait, l'assise d'Etrœungt de M. Gosselet, assise que l'on a trouvé bon de nommer, en Belgique, assise de Comblain-au-Pont, contient un mélange d'espèces devoniennes et d'espèces carbonifères. M. Gosselet l'a considérée comme terminant le Devonien. Les auteurs allemands la rangent, au contraire, à la base du Carbonifère, surtout depuis que M. Holzapfel a montré que les céphalopodes, déterminés par Hébert comme *Chymenia*, sont en réalité des *Prolecanites*, voisins de ceux qu'il a décrits dans le Culm marin de Breitscheid. Une autre raison qui influence plus spécialement le jugement des géologues anglais, c'est que les plus anciennes couches franchement marines qui reposent sur l'*Old red* semblent appartenir à ce niveau. La tendance à faire de l'assise d'Etrœungt la base du Carbonifère s'est aussi manifestée en France, dans ces dernières années (1). Chez nous, G. Dewalque aurait voulu faire adopter également cette limite, que M. Éd. Dupont avait admise déjà dans ses premiers travaux; mais la majorité du Conseil de surveillance de la Commission géologique trancha la question en sens contraire. A notre avis, la principale raison qui pouvait légitimer cette résolution était une raison pratique. Il arrive souvent que l'assise de Comblain-au-Pont ne se présente pas d'une manière distincte : il est probable qu'elle se confond alors lithologiquement avec le sommet de l'assise d'Evieux, et les fossiles

(1) Cf. A. CARPENTIER, Note sur la zone d'Etrœungt (*Ann. Soc. géol. du Nord*, t. XXXVII, 1908, p. 30.) — G. DELÉPINE, [6], p. 186 en note, et [12], p. 23. — EM. HAUG, *Traité de géologie*, pp. 750 et 765.

font souvent défaut. Il aurait donc fallu se résigner à tracer, dans ce cas, une limite tout à fait arbitraire entre le Devonien et le Carbonifère; ou bien, si, comme le proposait Dewalque, on avait tracé cette limite à la base des premiers calcaires, elle n'aurait pas correspondu à un niveau stratigraphique constant. Au contraire, on pensait que la limite adoptée permettrait de tracer cette limite à un niveau à peu près constant pour tout le pays.

Comme nous le verrons plus loin, les recherches de M. Delépine ont montré que cet espoir n'a pas été pleinement réalisé; il arrive que ce que l'on a pris pour le correspondant du calcaire d'Hastière appartient, en réalité, à un niveau plus élevé. La raison pratique que nous signalions plus haut semble donc perdre de son importance, à moins qu'on ne se décide à remonter encore plus haut la limite conventionnelle.

Quoi qu'il en soit, M. Vaughan, qui a visité cette assise à Etrœungt, à Hastière et à Comblain-au-Pont, y a vu un représentant de sa zone *K*, ou à *Cleistopora*, y compris, sans doute, le niveau *Km* ⁽¹⁾, niveau le plus inférieur du Carbonifère du Sud-Ouest de l'Angleterre. Il rapporte également à la zone *K* le niveau calcaireux qui, à Arquennes (Nord du bassin de Namur), repose immédiatement sur les psammites devoniens ⁽²⁾. Cette dernière assimilation a été motivée surtout par la présence d'un petit brachiopode très abondant qu'y a découvert M. Kaisin, et dans lequel M. Vaughan a reconnu son *Eumetria* (*Retzia*) aff. *carbonaria* ⁽³⁾, pratiquement caractéristique de la sous-zone *K1* ⁽⁴⁾.

(1) M. Vaughan considère les *Couches à Modiola* qui reposent immédiatement sur l'*Old red* du Sud-Ouest de l'Angleterre, plutôt comme une simple phase d'eaux peu profondes, que comme une véritable zone. C'est pourquoi il remplace aujourd'hui le symbole *M* par lequel il désignait primitivement ces couches par le symbole *Km*.

(2) Voir, au sujet de ces couches, F. KAISIN, Compte rendu de l'excursion faite le 29 mai 1906 par la III^e Section de la Société scientifique de Bruxelles dans la vallée de la Samme. (*Ann. Soc. scient. de Bruxelles*, t. XXX, 2^e partie. — Cf. *Bull. Soc. belge de Géol.*, t. XXII, Proc.-verb., pp. 409-410.)

(3) [6], p. 186.

(4) ARTHUR VAUGHAN, The Palaeontological Sequence, etc. (*Quart. Journ. Geol. Soc.*, vol. LXI, p. 190.)

ÉTAGE TOURNAISIEN.

T1a (4). — Comme on le sait, les couches connues sous le nom de *Schistes et calcaires d'Hastière*, et notamment leur partie moyenne franchement calcaire, présentent un développement fort variable. De 30 à 40 mètres de puissance, avec 20 mètres pour la partie moyenne calcaire, au Sud du bassin de Dinant dans la région dinantaise, ces couches, s'atténuant successivement à mesure qu'on s'avance vers le Nord, se réduisent presque à rien au Sud du bassin de Namur, là où, comme à Landelies ou à Aisémont, elles se trouvent en dessous de Schistes à *octoplicatus* bien caractérisés. Cela étant, il pouvait paraître singulier que l'on retrouvât ce niveau dans le Nord-Est du Condroz, avec une puissance comparable à celle qu'il possède au Sud de la région dinantaise : et ce fait nous paraissait d'autant plus étrange que les zones de facies se dirigent généralement à peu près de l'Est à l'Ouest, en traversant obliquement la direction des allures et même l'anticlinal du Condroz. Aussi n'avons-nous été que médiocrement surpris lorsque M. Delépine nous a appris que les calcaires que l'on avait pris pour le calcaire d'Hastière sur le Hoyoux et sur l'Ourthe, appartiennent à un niveau plus élevé. Cette apparition tardive du régime franchement calcaireux est beaucoup mieux en rapport avec la situation géographique. Ce fait tend aussi à confirmer indirectement que la zone calcareuse, qui se trouve sous les vrais Schistes à *octoplicatus*, lorsqu'elle est peu développée, pourrait bien ne représenter que le sommet des « Schistes et calcaires d'Hastière ».

La faune des Schistes et calcaires d'Hastière n'a pas encore été suffisamment étudiée à l'heure qu'il est, pour qu'on puisse fixer sa corrélation exacte avec les zones de Vaughan. Ce n'est donc que d'une manière approximative et en nous basant sur sa position stratigraphique sous les schistes à *octoplicatus*, que nous l'avons placée, dans le tableau ci-dessus, au niveau *K2*. Il pourrait se faire, tout aussi bien, qu'elle appartint, en tout ou en partie, au niveau inférieur de la zone *Z1*.

(4) Les symboles que nous imprimons en *lettres grasses* répondent aux termes que nous avons définis et que nous avons désignés par les mêmes symboles dans notre *Description succincte des assises du Calcaire carbonifère de la Belgique*. Leur signification diffère parfois de celle des symboles correspondants de la Carte géologique de la Belgique au 40 000^e, ou des symboles de la Carte au 20 000^e de M. Dupont.

T1b. — Les *Schistes* dits à *octoplicatus*, tels qu'on les observe dans toute la partie occidentale du bassin de Dinant et au Sud du bassin de Namur entre Landelies et Aisémont, appartiennent certainement à la zone *Z1* de Vaughan. C'est à tort que M. Gröber ⁽¹⁾ les range au niveau de la zone *K2*.

L'abondance de *Zaphrentis* et notamment la présence de *Z. Vaughani* Douglas ⁽²⁾, qui, en Angleterre, n'a jamais été trouvé que dans la zone *Z1*, est démonstrative. C'est le jugement qu'a prononcé Vaughan lui-même, lorsqu'il est venu observer sur place différents gisements fossilifères de schistes dits à *octoplicatus* de la région dinantaise; c'est aussi la conclusion à laquelle est arrivé M. Delépine. Le nom de *Schistes à octoplicatus* aura peut-être influencé le jugement de M. Gröber, M. Vaughan ayant donné à son terme *K2* le nom de sous-zone à *Spiriferina* cf. *octoplicata*; mais, nous l'avons dit, M. Vaughan lui-même a reconnu que le niveau ainsi nommé par lui est inférieur à nos Schistes à *octoplicatus*. Du reste, même en Angleterre, la *Sp.* cf. *octoplicata* de Vaughan existe encore dans la zone à *Zaphrentis*.

Contrairement à ce que l'on croyait jusqu'ici, les Schistes à *octoplicatus* paraissent faire défaut dans la partie orientale du bassin de Dinant et du Sud du bassin de Namur. Déjà M. van den Broeck ⁽³⁾ avait déclaré qu'ils peuvent faire défaut dans le Condroz. M. Delépine,

⁽¹⁾ *Loc. cit.*, p. 28.

⁽²⁾ DOUGLAS, *Quart. Journ. Geol. Soc.*, vol. LXV, p. 577, table XXVII, fig. 41, November 1909. — Ce petit *Zaphrentis*, d'un caractère assez spécial, qui se rencontre en assez grande abondance dans nos Schistes à *octoplicatus* et dans les couches correspondantes de la bande Nord du Hainaut, avait vivement frappé Vaughan, lors de son séjour en Belgique. Il en a recueilli et s'en est fait adresser de nombreux échantillons, tant de la région dinantaise que de la région du Nord. Dans sa correspondance avec M. Salée, il revient par trois fois sur cette forme, qu'il déclare *an important zonal form*. C'est bien, au témoignage de M. Vaughan lui-même, la forme décrite par Douglas. La seule différence entre la forme, telle que l'a décrite Douglas, et la forme belge, est que Douglas considère comme un des caractères de l'espèce la position de la fossette du côté de la courbure concave du polypier, tandis que les polypiers de ce type recueillis en Belgique sont très variables sous ce rapport. Cette espèce n'a été trouvée, en Angleterre, que dans la zone *Z1*; mais elle y paraît rare, tandis qu'elle est commune en Belgique. C'est cette forme que M. Delépine désigne sous le nom de *Zaphrentis* sp. dans les Calschistes d'Attre et dans les couches correspondantes d'Arquennes ([12], pp. 6, 7 et 8); et c'est évidemment cette même forme que M. Gröber a recueillie dans les mêmes gisements (PAUL GRÖBER, *loc. cit.*, pp. 27, 30 et 31) et qu'il décrit très brièvement sous le nom de *Zaphrentis* sp. (*loc. cit.*, p. 42).

⁽³⁾ *Les cavernes et les rivières souterraines de la Belgique*, t. II, Annexes, p. 8, note 3.

en étudiant avec M. A. Vaughan les coupes classiques du Hoyoux et de l'Ourthe, a reconnu que la formation que l'on avait prise pour les *Schistes à octoplicatus*, parce que c'est le premier niveau schisteux situé au-dessus d'un niveau calcaire bien développé, ne contient pas la faune de ces schistes, mais bien celle des *Calschistes de Maredsous* (1). Il en est de même à Ampsin (2), dans la région Est du Sud du bassin de Namur, où les schistes que M. Lohest avait pris pour les Schistes à *octoplicatus* contiennent également la faune des *Calschistes T1d*. La conclusion qui découle de ce dernier fait est, de plus, confirmée par la présence, constatée par M. Delépine, à Ampsin, du *Zaphrentis Vaughani* à un niveau plus bas, dans des calcaires à crinoïdes en bancs très minces alternant avec les psammites supérieurs et situés sous les couches que M. Lohest avait prises pour les Schistes et calcaires d'Has-tière.

Il semble qu'au Nord du bassin de Namur également, le régime calcaire ou calcaréo-schisteux s'est établi plus tard à l'Est qu'à l'Ouest. Dans la vallée de l'Orneau (3), où l'on ne peut admettre l'existence d'aucune faille à la base du Carbonifère, il n'existe, sous les couches à chérifs qui doivent se rapporter au Calcaire d'Yvoir, comme nous le verrons bientôt, que quelques bancs de schistes et de calcaire faisant passage aux psammites, qui, eux-mêmes, y sont d'ailleurs fort peu développés. Dans le Hainaut, au contraire (4), à Arquennes et à Mévergnies-Attre, on observe des couches calcaréo-schisteuses à *Zaphrentis Vaughani* qui, d'après M. Vaughan lui-même qui les a visitées avec M. Delépine, appartiennent à la zone *Z1* et sont, sans doute, synchro-

(1) [14], pp. 104-105, en note.

(2) *Ibid.* et [12], p. 16.

(3) [5], p. 132; [6], p. 186; [12], p. 8.

(4) [12], pp. 6-8 et p. 23. — Dans ses publications antérieures, M. Delépine avait paru hésitant sur le niveau à assigner à ces couches ([6], p. 186; [11], p. 1164). La présence de *Productus bassus* Vgn. et de *Spiriferina* cf. *octoplicata* à Mévergnies-Attre et de cette dernière à Arquennes, d'une part, et, d'autre part, la présence, déjà abondante, de *Zaphrentis* expliquent ce doute. Comme nous allons le dire dans le texte, la seconde espèce n'est pas démonstrative. Quant au *Productus bassus*, nous croyons savoir que M. Vaughan n'est pas convaincu que la forme d'Attre-Mévergnies soit identique au type qu'il a décrit de la zone *K1* et qu'il considère comme *pratiquement* caractéristique de cette sous-zone; d'autre part, M. Delépine, tout en maintenant l'exactitude de sa détermination, admet aujourd'hui que la présence de cette espèce ne peut infirmer la conclusion qui se dégage de l'ensemble de la faune, et notamment de la faune corallienne.

riques des Schistes à *octoplicatus*. Pour la raison indiquée plus haut, nous pensons que c'est à tort que M. Gröber ⁽¹⁾ synchronise ces couches à l'*octoplicatus subzone* de Vaughan.

T1c. — La faune du *Calcaire de Landelies* n'a pas encore été bien étudiée à ce point de vue. Toutefois M. Salée y a rencontré, à Hastière, *Zaphrentis Vaughani* et, à Yvoir, *Z. Delanouei* : il en résulte que ces couches appartiennent, au moins partiellement, au niveau *Z1* ; mais rien ne prouve que la partie supérieure du Calcaire de Landelies appartienne encore à cette zone. Il peut se faire que la limite entre *Z1* et *Z2* se trouve au milieu du Calcaire de Landelies.

D'après ce que nous avons vu plus haut, c'est également au Calcaire de Landelies qu'il faut désormais rapporter les calcaires alternant ou non avec des schistes, qui, dans l'Est du Condroz ou dans l'Est du bassin de Namur, s'observent sous les couches schisteuses et schisto-calcaireuses que l'on y avait confondues avec les Schistes à *octoplicatus*. M. Delépine y a trouvé une faune qu'il rapporte au sommet de *Z1* de Vaughan ⁽²⁾.

(1) PAUL GRÖBER, *loc. cit.*, pp. 27, 28-32 et 40. — Disons, à ce propos, que les formes désignées par M. Gröber sous les noms de *Spirifer* aff. *clathratus* et de *Camartoechia mitcheldeanensis*, sont respectivement les formes décrites par De Koninck sous les noms de *Spirifer tornacensis* et de *Rhynchonella acutirugata*. Il semble bien que ces formes sont celles que Vaughan désigne, en Angleterre, sous les noms que leur assigne M. Gröber. S'il en est ainsi, le nom spécifique de De Koninck doit néanmoins être conservé, tout au moins à la seconde, ce nom étant incontestablement antérieur à celui de Vaughan. Quant au nom spécifique de la première, *clathratus*, qui est de M'Coy, il est antérieur à *tornacensis*. Mais, du moment où l'on parle, non de *Spirifer clathratus*, mais d'un *Spirifer* aff. *clathratus*, il serait bon de désigner cet affinis sous le nom sous lequel il a été décrit, et d'écrire, par conséquent, ou bien *Spirifer tornacensis* (*Spirifer* aff. *clathratus* Vaug.), ou bien, si l'on croit avoir affaire à une simple variété : *Spirifer clathratus* M'Coy, var. *tornacensis* De Kon. (*Spirifer* aff. *clathratus* Vaughan). Cette observation ne s'adresse pas à M. Vaughan, qui écrivait en Angleterre sur des dépôts et des fossiles d'Angleterre, qui a eu soin de faire toutes les réserves nécessaires sur les noms de fossiles qu'il emploie et qui fait notamment une réserve spéciale sur les relations entre son aff. *clathratus* et le *tornacensis* de De Koninck. Mais M. Gröber écrit en Belgique, sur des terrains et des fossiles belges ; le Musée royal d'Histoire naturelle avait mis libéralement à sa disposition ses riches collections, comprenant les types de De Koninck, sa bibliothèque et son personnel. Il lui était donc facile de se renseigner, et de parler un langage scientifiquement correct, et intelligible à la fois pour ses lecteurs belges et pour ses lecteurs étrangers.

(2) Communication verbale.

T1d. — La faune des *Calschistes de Maredsous* doit les faire ranger, sans conteste, au niveau **Z2** de Vaughan (1). Comme nous l'avons dit, les études paléontologiques de M. Delépine ont montré que ce facies calcaréo-schisteux, avec la faune qui le caractérise, est encore plus universellement répandu dans le bassin de Dinant que nous ne le pensions nous-même. Au Sud du bassin de Namur, il existe depuis Landelies jusqu'à Ampsin (2). Au Nord, la faune **Z2** se trouve sous les calcaires siliceux d'Yvoir, depuis Tournai [Calcaire d'Allain] (3) jusqu'à l'Orneau (4); mais il paraît impossible d'y distinguer les niveaux **T1c** et **T1d**. Il est tout à fait certain, notamment, que les couches de la carrière située à Arquennes, à l'Est de l'écluse 29, n'appartiennent pas au niveau γ , comme le veut M. Gröber (5), les calcaires à chert qui surmontent ces couches contenant encore la faune **Z2** d'Allain (6).

La seule raison que donne M. Gröber pour ranger les couches de

(4) Ce parallélisme a été clairement reconnu par MM. Vaughan et Delépine lors de leurs excursions dans la région dinantaise sous la conduite de M. Kaisin. La prépondérance des *Zaphrentis*, et notamment de *Zaphrentis Omaliusi* de M.-Edw. et Haime et *Zaphrentis Konincki* de M.-Edw. et Haime, jointe à la rareté relative des *Caninia*, est particulièrement démonstrative. On sait que M. Vaughan désignait en 1904, sous le nom de *Zaphrentis* aff. *cornucopiae*, une forme que R. G. CARRUTHERS (*Geol. Mag.*, New Ser., Dec. V, vol. V, pp. 67 seq.) a reconnue identique au *Zaphrentis Konincki* de Milne-Edwards et Haime, et sous le nom de *Zaphrentis* aff. *Phillipsi*, des formes que Carruthers rapporte, les unes au *Zaphrentis Omaliusi* de Milne-Edwards et Haime (*Ibid.*, pp. 25 seq.), les autres au *Zaphrentis Delanouei* de Milne-Edwards et Haime (*Ibid.*, pp. 63-67). — Depuis 1908, date du travail de Carruthers, Vaughan et tous les autres auteurs qui se sont occupés du sujet, adoptent les conclusions de Carruthers. Seul M. Gröber se borne à employer encore les dénominations créées en 1904 par Vaughan et abandonnées plus tard par lui; ce qui, du moins pour *Zaphrentis* aff. *Phillipsi*, donne lieu à équivoque, puisque cette dénomination s'applique à deux espèces distinctes et de répartition stratigraphique différente. Rappelons donc que M. Salée, lors de l'excursion de la Société dans la région dinantaise, a montré, dans les *Calschistes de Maredsous* à Yvoir, des *Zaphrentis Omaliusi* et des *Zaphrentis Konincki* (ceux-ci, quoi qu'en dise M. Gröber, y sont particulièrement abondants). Quant au *Zaphrentis Delanouei*, il semble, à Yvoir, exister surtout dans le Calcaire de Landelies. On sait, depuis le travail de M. Carruthers, que, d'après M. Vaughan, le *Zaphrentis Delanouei* est pratiquement caractéristique en Angleterre du niveau **Z1**, tandis que *Zaphrentis Omaliusi*, pratiquement inconnu dans **Z1**, fourmille dans **Z2**, et que *Zaphrentis Konincki* semble apparaître à la base de la sous-zone **Z2**, vers le sommet de laquelle il atteint son maximum.

(2) [10], p. 33; [12], pp. 13-18.

(3) [10], pp. 23, 24, 28-29, 31, 32 et 34.

(4) [12], pp. 4-9.

(5) PAUL GRÖBER, *loc. cit.*, pp. 29 et 30-32.

(6) [12], p. 7.

cette carrière au niveau γ , est la trouvaille qu'il y a faite d'un polypier qu'il croit pouvoir assimiler à la mutation γ de Vaughan du *Caninia cylindrica*. Il ne figure pas ce polypier. Mais, comme nous le dirons plus loin, l'échantillon provenant du Petit-granit d'Yvoir, qu'il figure et décrit sous le nom de *Caninia cylindrica*, mut. γ Vaughan, appartient certainement au *type* de l'espèce qui, loin d'être caractéristique de l'horizon, se rencontre à des niveaux fort variés.

Comme nous l'avons dit, M. Delépine a reconnu que les couches argileuses et argilo-calcareuses, que l'on avait prises pour des Schistes à *octoplicatus* dans la région du Hoyoux et de l'Ourthe, ont la faune Z2, qui est la faune des Calschistes de Maredsous (1). Il n'est pas démontré cependant que ces couches correspondent *exactement* au niveau de ces calschistes. Elles reposent, en effet, immédiatement sur des couches à faune Z1 (2), tandis qu'il est possible que le sommet du Calcaire de Landelies appartienne déjà au niveau Z2. D'autre part, elles sont séparées du Petit-granit par une série de calcaires, sans cherts à la partie inférieure, avec cherts à la partie supérieure : cet ensemble est bien plus puissant que ne l'est le calcaire d'Yvoir, lorsqu'il a conservé son facies normal. Il faut ajouter cependant que le calcaire à cherts, sur lequel repose le Petit-granit de l'Ourthe, contient déjà, d'après M. Delépine (3), la faune C1, ce qui n'est pas le cas pour le Calcaire d'Yvoir normal. La fixation du niveau *précis* des différentes couches inférieures au Petit-granit de l'Est du Condroz demande donc de nouvelles recherches.

T2a. — Une belle collection de polypiers bien dégagés a été recueillie par notre confrère Joseph Woot de Trixhe dans le *Calcaire d'Yvoir* de la carrière située au-dessus de la station d'Yvoir : elle a été soumise par lui à M. Salée, qui se réserve de publier prochainement la liste des espèces. Nous pouvons dire, dès maintenant, que l'abondance des *Zaphrentis* montre que l'on est encore dans le niveau Z2 et que la forte prédominance du *Zaphrentis Konincki* et la proportion déjà notable de *Caninia cornucopiæ* indiquent que l'on approche du sommet de ce niveau. M. Salée a trouvé, en outre, *dans la roche* du même calcaire à cherts d'Yvoir, des polypiers dont la coupe est bien celle de *Caninia cylindrica*.

(1) [14], pp. 104-105, en note.

(2) Voir plus haut, p. 258.

(3) Communication verbale.

Le caractère spécial de cette faune corallienne se retrouve dans le Tournaisis, à la partie supérieure des couches exploitées au Nord de la faille *Dondaine* ⁽¹⁾. De même que dans le Calcaire d'Yvoir, *Cyathaxonia cornu* y est particulièrement abondant. Nous avons assimilé au Calcaire d'Yvoir les couches les plus élevées, où commencent à apparaître des cherts. D'après les données paléontologiques recueillies par M. Delépine, peut-être faudrait-il placer la base du Calcaire d'Yvoir quelques mètres plus bas que nous ne l'avons fait. Cela n'aurait rien d'étonnant, les cherts n'apparaissant pas toujours dès la base du Calcaire d'Yvoir, même dans les coupes les plus typiques.

C'est aussi une faune caractéristique de Z2 que M. Delépine a observée depuis la Dendre jusqu'à l'Orneau ⁽²⁾, dans les calcaires siliceux avec cherts qui se trouvent sous le Petit-granit, ou sous la dolomie qui le remplace, calcaires siliceux que nous avons assimilés également au Calcaire d'Yvoir : toutefois, les *Caninia cornucopiæ* y semblent moins abondants, et M. Delépine serait porté à considérer certains affleurements de ces couches comme appartenant à un niveau un peu moins élevé de la zone Z2 ⁽³⁾.

T2ap. — Le calcaire crinoïdique exploité comme « petit-granit » au Nord de Denée, et dont la faune appartient, d'après les observations de M. Delépine ⁽⁴⁾, au sommet du niveau Z2 de Vaughan, répond à un des facies que nous avons réunis sous la notation **T1ap** (*Facies waulsortiens stratifiés du niveau inférieur*). Les 6 mètres de couches les plus foncées qui le séparent du calcaire violacé devraient encore être rangés, d'après leur facies minéralogique, au *niveau du calcaire d'Yvoir de la région Sud* (région où, comme nous l'avons exposé ailleurs, le terme **T2b**, *Petit-granit*, fait régulièrement défaut), *sans que cependant la disparition de ce facies puisse être attribuée à une lacune stratigraphique*. Mais ces couches contiennent déjà la faune *CA*. Il restera à examiner dans l'avenir si le Petit-granit de la zone d'Yvoir, ou du moins sa partie inférieure, n'appartient peut-être pas au niveau du « petit-granit de Denée ».

T2b. — Le *Petit-granit*, tant celui qu'on exploite au Nord du bassin de Namur entre Maffle et Ligny, que celui de l'Est du Condroz,

⁽¹⁾ [10], pp. 23, 24, 29, 31, 32 et 34; [12], p. 5.

⁽²⁾ [12], pp. 6-9.

⁽³⁾ Communication verbale.

⁽⁴⁾ [9], p. 440.

contient la faune *CA*, spécialement caractérisée (1) par la grande prédominance de *Caninia cornucopiae* Mich. emend. Carruthers (2) sur les *Zaphrentis*, et par l'abondance de *Caninia cylindrica*. C'est dans cette zone qu'apparaît *Caninia patula*, qui semble devenir assez abondant dans les couches supérieures. Les vrais *Cyathophyllum* paraissent encore faire défaut (3). Il semble toutefois que le facies petit-granit

(1) [6], p. 187; [10], pp. 32-34; [11], p. 1165; [12], pp. 7 et 8; [14], pp. 100 et 102.

(2) *Geol. Mag.*, New Ser., Dec. V, vol. V, 1908, pp. 159 seq. — Il peut paraître étrange, à première vue, que M. Gröber ne cite nulle part, dans le Petit-granit ou dans les couches tournaisiennes qui le recouvrent, le *Caninia cornucopiae*, qui y est cependant si abondant et que Vaughan considère aujourd'hui comme l'espèce la plus importante de sa sous-zone *CA*. On s'explique toutefois cette omission, en constatant que M. Gröber fait partout abstraction des travaux publiés par Carruthers en 1908, comme aussi de tous les travaux qui ont paru depuis cette époque, sur les polypiers, ou sur la stratigraphie du Calcaire carbonifère de l'Angleterre. Pour ce qui concerne la classification de Vaughan, il s'en tient à la *Palaeontological Sequence*, présentée par Vaughan, en 1904, à la Société géologique de Londres, et publiée en 1905.

(3) La plus ancienne *Caninia cornucopiae* rencontrée jusqu'ici en Belgique est, pensons-nous, celle que M. Salée a trouvée dans les couches de passage entre les Schistes à *octoplicatus* et le Calcaire de Landelies, sur le chemin d'Insemont (Hastière). La présence de cette espèce a été constatée par le même observateur dans le Calcaire de Landelies à Yvoir. Il n'est pas impossible que la forme spéciale de « *Caninia cylindrica* qu'on trouve, par exemple, dans le Calcaire de Landelies » dont parle M. Gröber, p. 31, en note, du mémoire cité, soit également une *Caninia cornucopiae*.

Cette espèce ne commence cependant à devenir abondante, comme nous l'avons dit plus haut, que dans le Calcaire d'Yvoir. Elle est tout à fait prédominante dans le Petit-granit et dans le Calcaire de Vaulx et de Paire. M. Delépine l'a trouvée encore, mais en moins grande abondance, dans le niveau inférieur du Viséen, qu'il rapporte à la zone *C2* de Vaughan : c'est ce qu'on observe également à ce niveau, en Angleterre.

Quant aux espèces plus évoluées de *Caninia*, on ne pouvait convenablement les délimiter avant les recherches de M. Salée, qui paraîtront prochainement dans les *Mémoires in-4°* de la Société, mais dont M. Delépine avait pu déjà profiter.

Comme nous l'avons dit plus haut, M. Salée a trouvé *Caninia cylindrica* dans le Calcaire à cherts d'Yvoir. Peut-être M. Gröber a-t-il trouvé la même espèce à un niveau un peu plus bas, à Arquennes (Mémoire cité, p. 39; cf. p. 31, en note); mais, en l'absence de figure, il est impossible de se prononcer. M. Salée a rencontré aussi cette forme dans le Petit-granit d'Yvoir : et c'est également au *type* de l'espèce qu'appartient la forme qu'y a trouvée M. Gröber, et qu'il figure sous le nom de *Caninia cylindrica*, mut. γ . Cette espèce est d'ailleurs assez abondante dans tout le Petit-granit; mais elle paraît plus abondante, d'après M. Delépine, dans les couches tournaisiennes qui le recouvrent. Enfin, M. Delépine l'a rencontrée encore dans les couches de la base du Viséen.

Si l'on s'en rapporte aux descriptions accompagnées de figures des auteurs anglais, *Caninia patula*, telle que la limite M. Salée, apparaît dans les Iles Britanniques au niveau *C* et atteint un maximum en *S1*. En Belgique, M. Delépine a reconnu sa présence abondante dans le Calcaire à cherts de la base des carrières de Vaulx. M. Salée l'a

commence plus bas dans le Hainaut que dans l'Est du Condroz : les couches à cherts, sur lesquelles il repose dans cette dernière région, paraissent devoir être rangées déjà dans le niveau *C1*, tandis que, dans le Hainaut, les couches à cherts sur lesquelles repose le Petit-granit, ou la dolomie qui représente parfois ses premières couches, contiennent la faune *Z2* bien caractérisée, et aucune observation précise ne permet même d'affirmer que cette faune ne monte pas jusque dans les couches les plus inférieures du Petit-granit du Hainaut.

Dans le Hainaut, la superposition du Petit-granit au Calcaire d'Yvoir ne paraît d'ailleurs avoir été nettement observée qu'à Arquennes ⁽¹⁾ : un niveau de dolomie d'épaisseur variable y sépare les deux formations. Au Trou-aux-Rats, près du pont du chemin de fer, cette dolomie se réduit à 1^m60 de puissance : elle paraît provenir de la dolomitisation du Petit-granit; dans d'autres points, la dolomitisation a atteint aussi le calcaire à cherts que nous avons assimilé au Calcaire d'Yvoir.

Sur la Dendre, au Sud de Mévergnies, le Petit-granit et le sommet du Calcaire d'Yvoir sont complètement dolomités, comme l'a bien démontré M. Delépine ⁽²⁾. Quant au synchronisme universellement

vue dans des « Petits-granits » de provenance inconnue : on l'y rencontre toutefois moins souvent que *Caninia cylindrica*. Les polypiers que M. Gröber désigne sous le nom de *Canino-Cyathophyllum C2*, et qu'il a trouvés en place dans le Petit-granit, ne diffèrent, d'ailleurs, en rien du *Caninia patula* type; du moins en est-il ainsi de l'échantillon représenté figure 4. L'observation de M. Gröber confirme donc la présence de cette espèce dans le Petit-granit, tout au moins à sa partie supérieure. Nous avons dit plus haut qu'elle existe aussi, et parfois abondamment, dans le Calcaire de Vaulx. Mais de nouvelles recherches seront nécessaires pour mieux fixer l'extension verticale de cette espèce.

Quant aux véritables *Cyathophyllum*, on n'en a signalé aucun avec certitude dans le Carbonifère belge, qui fût antérieur aux couches de la base du Viséen (zone *C2* à *Cyathophyllum* φ de Vaughan).

⁽¹⁾ H. DE DORLODOT, Résultats de quelques excursions faites dans le Calcaire carbonifère des environs d'Arquennes et des Écaussines, en compagnie de M. Malaise. (*Bull. Soc. belge de Géol.*, t. XI, Proc.-verb., pp. 73-75.)

⁽²⁾ [2], pp. 702-704; [12], pp. 6-7. — Telle avait été aussi notre impression, lorsque nous avons accompagné M. Malaise dans cette région, pour le levé de la feuille *Ath-Blicquy*; et nous avons tracé en conséquence la feuille-minute au 20 000^e. Mais, à la veille de l'impression de la feuille au 40 000^e, M. Velge nous déclara que cette manière de voir était incompatible avec ses observations sur la planchette de Lens. Force nous fut de nous soumettre, et nous supposâmes, dès lors, que la dolomie à chert du moulin de Brugelette représente, non le Calcaire d'Yvoir, mais bien les calcaires à cherts qui surmontent le Petit-granit (Calcaire de Vaulx), et que la dolomie très crinoïdique et sans cherts, dont nous avons observé la superposition directe à ces couches cherteuses, mais que nous n'avions pu suivre plus loin, représentait simple-

admis déjà en Belgique entre le Petit-granit et la dolomie à crinoïdes, si développée au Sud du bassin de Namur, et au Nord de ce bassin à l'Est de Ligny, elle a été confirmée également par M. Delépine, tant par l'observation détaillée du passage latéral du facies calcaire au facies dolomitique à l'Est de Ligny (1), que par l'étude de la faune (2). L'abondance de *Caninia cornucopiæ* et d'autres fossiles caractéristiques lui a montré que cette dolomie appartient, comme le Petit-granit lui-même, au niveau C1 de Vaughan. Mais il a constaté, en outre, que la même faune s'élève à peu près jusqu'au sommet de la dolomie qui, dans ces régions, recouvre la dolomie crinoïdique, à laquelle elle passe par alternance; et que, par conséquent, comme nous le supposions depuis longtemps par analogie avec les facies calcaires, le Tournaisien y monte notablement plus haut que ne l'indique la Carte géologique. Nous verrons bientôt que la limite entre le Tournaisien et le Viséen a pu être ainsi déterminée d'une façon très approximative dans le bassin de Namur, malgré l'absence du facies *marbre noir* qui caractérise lithologiquement la base du Viséen dans la portion centrale du bassin de Dinant.

T2c. — *Calcaire de Vaulx et calcaire de Paire.* — C'est également à la sous-zone C1 que se rattache la faune du *Calcaire de Vaulx* (3) qui, dans le Sud du Tournaisien, repose sur les calcaires crinoïdiques à gros bancs, considérés par MM. Lohest et Velge et par nous-même comme y représentant le Petit-granit (4). Les calcaires à facies analogues et con-

ment un de ces bancs à facies assez semblable au Petit-granit, que nous avons signalés nous-même au sein du Calcaire de Vaulx. Cette hypothèse entraînait celle de la suppression du Petit-granit par une faille longitudinale, dans cette partie de la feuille : elle n'avait rien d'in vraisemblable en soi. C'est l'hypothèse à laquelle nous avons été contraint de nous arrêter pour la feuille Blicquy-Ath au 40 000^e. Mais les observations de M. Delépine sur la feuille de Lens ont démontré que M. Velge s'était trompé, et que notre première interprétation était la vraie. Ajoutons que notre levé, déposé au Service de la Carte géologique, était inédit, et que M. Delépine n'en avait eu aucune connaissance. C'est donc d'une façon tout à fait indépendante qu'il est arrivé à la même conclusion que nous; il a eu, en outre, le mérite d'avoir démontré l'exactitude de ce qui, pour nous, n'avait été que l'hypothèse la plus plausible.

(1) [5], pp. 128-132.

(2) *Ibid.*, spécialement p. 145; [6], p. 137; [10], pp. 33-34; [11], p. 1165; [12], pp. 9-19.

(3) [10], pp. 25-27, 29-30, 31, 32, et 34; [11], p. 1165; [12], pp. 5-6.

(4) L'état actuel des carrières n'a pas permis à M. Delépine d'étudier ces dernières couches, là où elles occupent la lèvre Sud de la faille *Dondaine*. S'il l'avait fait, il n'aurait certainement pas écrit que la dénivellation de cette faille n'est guère supé-

tenant des cherts, à certains niveaux, qui recouvrent, sur une épaisseur notable, le Petit-granit exploité dans le Hainaut, contiennent la même faune (1). Nous avons exposé ailleurs comment le Conseil de direction de la Carte géologique a imposé aux collaborateurs de noter et de teinter ces couches comme viséennes, bien que le caractère tournaisien de leur faune, connu depuis toujours, ait été confirmé par les observations faites pour le levé de la Carte géologique. Dans le Tournaisis, le faciès, fort semblable au Marbre noir, des couches supérieures à celles des carrières de Vault (Marbre de Calonne), nous avait fait croire jadis, en l'absence de fossiles, que ces couches pourraient bien être viséennes. Cette hypothèse n'a pas été confirmée par M. Delépine (2), qui a trouvé au-dessus du marbre de Calonne des calcaires noirs argileux légèrement crinoïdiques et plus fossilifères (Calcaire de Bruyelle), dont la faune appartient encore à la zone C1. Il semble donc bien probable aujourd'hui que le Calcaire carbonifère du Tournaisis est exclusivement tournaisien.

La faune des calcaires noirs à cherts noirs (Calcaire de Paire) qui, dans l'Est du Condroz, reposent sur le Petit-granit, est également celle de la zone C1 de Vaughan (3), et, comme les calcaires ou dolomies noirs sans cherts qui les surmontent, ou tout au moins les couches à crinoïdes qui leur sont intercalées, contiennent la *Chonetes papilionacea* dont l'apparition caractérise le niveau C2, la limite que nous avons assignée, dans cette région, aux deux étages de notre Dinantien est ainsi confirmée, du moins au point de vue paléontologique.

Reste à savoir si les observations de M. Delépine confirment aussi les dernières vues auxquelles nous étions arrivé sur le passage latéral du calcaire violacé de la région dinantaise au calcaire noir à cherts de l'Est du Condroz.

Rappelons, pour cela, en détail, les observations qu'il a faites au Nord de Denée (4).

Au Sud d'affleurements bien caractérisés de Schistes à *octoplicatus*, puis de Calcaire de Landelies et de Calschiste de Maredsous, et à peu

rieure à 15 mètres; il n'aurait pu supposer non plus que les couches qui, à Pontarieux, se trouvent immédiatement sous le Calcaire de Vault, sont les mêmes que celles qui occupent le sommet des carrières d'Allain, au Nord de la faille.

(1) [12], pp. 7-8; [14], p. 100.

(2) [10], pp. 26-27, 29-30, 31, 32 et 34; [12], pp. 5-6.

(3) [10], p. 34; [11], p. 1166; [14], pp. 102, 103 et 105.

(4) [9]; cf. [11], p. 1166.

de distance de ce dernier, se trouvent les carrières ouvertes pour l'exploitation du calcaire à crinoïdes connu sous le nom de « petit-granit de Denée ».

On observe, dans ces carrières, des couches fortement inclinées vers le Sud, qui se succèdent dans l'ordre suivant, du Nord au Sud :

- 1° A la base, quelques bancs de calcaire noir semé de débris d'encrines (facies Calcaire d'Yvoir, **T2a**) : faune **Z2**.
- 2° Calcaire à encrines en bancs massifs (facies waulsortien, **T2ap**), exploité : faune **Z2** ; 12 à 15 mètres.
- 3° Calcaire noir subgrenu, avec très peu d'encrines, sauf le long de quelques bancs minces, très fossilifère : faune **C1** ; 4 mètres.
- 4° Calcaire noir plus compact, à cherts : faune **C1** ; 2 à 3 mètres.
- 5° Calcaire violacé typique, à cherts blonds, au bord Sud de certaines carrières.

Les carrières de Marbre noir de Dinant ne s'ouvrent qu'à 80 à 100 mètres plus au Sud.

M. Delépine attire l'attention sur la grande analogie de la faune des couches 3° et 4° avec la faune de Paire. Il est néanmoins évident qu'elles n'occupent pas le même niveau, puisqu'elles sont à la base de la zone **C1**, dont le Calcaire de Paire occupe le niveau supérieur. La base du calcaire violacé se trouve à 6 ou 7 mètres au-dessus de la limite inférieure de la zone **C1** à laquelle appartient déjà le Petit-granit du Condroz ; il paraît clair, d'après cela, que le Calcaire violacé occupe le niveau, non seulement du Calcaire de Paire, mais encore d'une bonne partie au moins du Petit-granit de l'Est du Condroz. Nous sommes ainsi ramené par l'argument paléontologique à la conclusion que nous avons admise jadis pour des raisons stratigraphiques, mais dont nous nous étions mis à douter nous-même, en présence de l'opposition qu'elle avait rencontrée.

Nous examinerons plus loin, à propos du Marbre noir de Dinant, jusqu'à quel point il est possible d'établir si la limite entre le Calcaire de Lefte et le Marbre noir correspond à la limite entre les horizons **C1** et **C2** de Vaughan.

M. Delépine n'a pas constaté de différence essentielle entre la faune des divers niveaux de Petit-granit (**T2b**), ni entre la faune du Petit-granit et celle du Calcaire de Vaulx (**T2c**). Par contre, M. Gröber ⁽¹⁾ croit avoir trouvé moyen de caractériser paléontologiquement différents niveaux dans ce complexe, par l'évolution de certains polypiers. Mais, comme nos confrères s'en rendront compte facilement, lorsqu'aura

(1) *Loc. cit.*

paru le mémoire que M. l'abbé Salée a déposé à cette séance (1), M. Gröber fait tout à fait fausse route dans l'étude de ces polypiers. Résumons en quelques mots les erreurs principales qu'il commet à leur sujet.

1° M. Gröber sépare indûment les formes qu'il décrit sous les noms de *Caninia cylindrica* mut. S1, *Canino-cyathophyllum* mut. C4, *Canino-cyathophyllum* mut. C2, *Cyathophyllum* aff. φ des Écaussines, qui sont en réalité identiques et appartiennent à la forme typique du *Caninia patula*. L'autre *Cyathophyllum* aff. φ de M. Gröber, représenté planche II, figure 7, est la *Caninia patula* var. *densa* de M. Salée, forme qui est peut-être identique au *Cyathophyllum* θ de M. Vaughan (2).

Une réserve semble s'imposer, il est vrai, pour *Canino-cyathophyllum* mut. C4, parce que l'auteur ne le figure pas. D'après les polypiers qui se trouvent dans les couches à chert du sommet de la carrière Delwarte, à Pontarieux, nous pensons que les échantillons que M. Gröber a trouvés *en place* et qu'il considère comme des jeunes de *Canino-cyathophyllum* mut. C4 doivent être des *Caninia cornucopiae*, espèce dont M. Gröber paraît ignorer l'existence, malgré la grande importance stratigraphique qu'elle a acquise depuis 1908. Quant aux grands polypiers, il y a dans ce gisement beaucoup de *Caninia cylindrica*; mais on peut trouver aussi, au même niveau, *C. patula*. La description de la forme adulte du *Canino-cyathophyllum* C4 de M. Gröber semble bien répondre aux caractères de *Caninia patula* adulte. Il est nécessaire cependant d'ajouter que la description de l'évolution ontogénique que donne ici M. Gröber offre certaines divergences avec celle que M. Salée a reconnue pour *Caninia patula* et qu'il avait montrée, sous mes yeux, à M. Gröber, lors de sa visite à Louvain en novembre 1909. *Caninia patula*, en effet, ne présente, à aucune phase de son développement, la large zone extérieure à grandes vésicules qui caractérise *Caninia cylindrica*. Par contre, *Caninia cylindrica*, même très âgée, ne montre aucune tendance à se rapprocher de *Caninia patula*. On peut donc se demander si M. Gröber n'a pas attribué à la même espèce des coupes provenant d'espèces différentes. Mais en l'absence de toute figure, il est plus prudent de réserver son jugement.

2° M. Gröber a tort de désigner sous le nom de *Canino-cyathophyllum* S1 Sibly, des formes qui appartiennent manifestement au type *Caninia patula*, alors que la forme décrite sous ce nom par Sibly se rapporte au type *Caninia cylindrica*.

3° La forme que M. Gröber décrit et figure comme la mutation γ de la *Caninia cylindrica* ne diffère en rien de la *Caninia cylindrica* typique que l'on rencontre à des niveaux très variés.

Si l'on veut bien examiner, d'après ce que nous venons de dire, les gisements que M. Gröber assigne aux divers polypiers qu'il décrit, on reconnaîtra facilement que les conclusions qu'il cherche à tirer de l'ordre de superposition de ces polypiers ne sont pas fondées.

Il ne faudrait pas s'imaginer non plus que les couches du sommet de la carrière Delwarte, à Pontarieux, constituent le niveau le plus élevé des calcaires du Tournaïsis. Si M. Gröber avait eu le loisir de faire une étude attentive de ces calcaires, il aurait reconnu sans doute, comme l'ont fait tous les bons observateurs et comme

(1) ACH. SALÉE, Contribution à l'étude des polypiers du Calcaire carbonifère de la Belgique. — I. Le genre *Caninia*. [Mémoires in-4° de la Société belge de Géologie, 1910 (sous presse).]

(2) ARTHUR VAUGHAN, *The palaeontological Sequence, etc., loc. cit.*, p. 274, pl. XXIII, fig. 2.

vient encore de le répéter M. Delépine, que ces couches se trouvent à la base de l'épaisse série des calcaires de Vaulx, caractérisée par la même faune, et couronnée elle-même par le calcaire beaucoup moins fossilifère que nous avons nommé Marbre de Calonne, au-dessus duquel se placent encore les couches à faune tournaisienne de Bruyelle.

M. Gröber commet une erreur plus grave encore, lorsqu'il place la faune de Paire au sommet de la zone à *Syringothyris* (1) et les couches les plus élevées de la carrière Delwarte, à Pontarieux, près du sommet de cette zone (2). Vaughan divise sa zone à *Syringothyris* ou à *Caninia* en deux sous-zones, C1 et C2. Or, la faune du Calcaire fossilifère de Paire est la faune du niveau C1, et les couches du sommet de la carrière Delwarte occupent la base d'une série de couches qui a, au bas mot, 50 à 60 mètres de puissance et qui contient encore la faune C1 à son sommet.

Il n'en est pas moins vrai que le calcaire de Paire et le calcaire de Vaulx (si l'on comprend sous ce nom l'ensemble des couches de Vaulx, de Calonne et de Bruyelle) occupent le niveau le plus élevé du Tournaisien, tel que Vaughan le limite aujourd'hui en Angleterre. Vaughan place, en effet, dans ses derniers travaux, entre C1 et C2, la limite séparative entre l'étage inférieur et l'étage supérieur du Calcaire carbonifère en Angleterre. A cette limite correspond, du moins sensiblement, celle que nous avons admise nous-même en Belgique, comme nous le verrons bientôt. Il en serait autrement si l'on maintenait la limite au-dessus de C2, comme le faisait Vaughan en 1904.

ÉTAGE VISÉEN.

V1a. — En 1901, lors de l'excursion de la Société belge de Géologie dans la vallée de Falisolle, nous émettions l'avis (5) que la dolomie lamellaire à crinoïdes et à *Chonetes papilionacea* (4), affleurant sous la

(1) *Loc. cit.*, p. 37.

(2) *Loc. cit.*, p. 33.

(3) *Bull. Soc. belge de Géol.*, t. XIV, Mém., p. 133.

(4) Il s'agit du *Chonetes papilionacea*, tel que l'a décrit DE KONINCK en 1843 (*Description des animaux fossiles du terrain carbonifère de Belgique*, p. 212, pl. XIII, fig. 5, a, b, pl. XIIIbis, fig. 1, a, b) et en 1847 (*Monographie des genres Productus et Chonetes*, p. 187, pl. XIX, fig. 2, a, b, c, d), et que DE KONINCK (*loc. cit.*) comme DAVIDSON (*British fossil Brachiopoda*, Part V, p. 182, pl. XLVI, figg. 3-6) croient bien identique à la *Spirifera papilionacea* de Phillips (*Geology of Yorksh.*, vol. II, p. 221, pl. XI, fig. 6). — Cette forme, très commune dans certaines couches appartenant aux différents niveaux du Viséen, n'a jamais été signalée, du moins avec certitude, dans les couches à faune tournaisienne bien caractérisée; par contre, elle apparaît, subitement et en grand nombre, très peu au-dessus des derniers bancs à faune tournaisienne, dans le bassin de Namur et dans le Nord-Est du Condroz; elle se rencontre aussi dans le Marbre noir de Denée, et nous ne sachions pas qu'on l'ait signalée à un niveau plus

belle série oolithique qui se voit au Sud du Ry-de-Sèche-Ry, n'était pas bien éloignée de la base du Viséen, et qu'il pourrait même se faire qu'elle en constituât la base. Nous attirions, à ce propos, l'attention sur l'analogie que présente un calcaire à crinoïdes et à *Chonetes papilionacea* que nous avons observé, à peu de distance, sur le prolongement de ces couches de dolomie, avec le calcaire à crinoïdes et à *Chonetes papilionacea* de l'Est du Condroz, que nous considérions déjà à cette époque comme probablement très voisin de la base du Viséen. Il semblait résulter de ces faits que le facies oolithique, dit Calcaire de Neffe, peut descendre jusque près de la limite inférieure de l'étage viséen.

Nous avons observé, tant au Sud du bassin de Dinant que dans le bassin de Namur, plusieurs faits de ce genre, que nous avons résumés brièvement dans notre *Description succincte des assises du Calcaire carbonifère de la Belgique*, en disant que le facies « Calcaire de Neffe » peut descendre beaucoup plus bas que son niveau normal, et qu'on peut même le rencontrer tout à la base de l'assise de Dinant.

Mais il était réservé à M. Delépine de montrer que ce que nous avons considéré comme plus ou moins accidentel est de règle dans une grande partie du bassin de Namur, et de donner, en même temps, les caractères paléontologiques qui permettent de distinguer le calcaire oolithique inférieur de l'assise de Dinant du véritable *Calcaire de Neffe*. M. Delépine (1) a reconnu, en effet, la présence constante, sur un grand espace, et très peu au-dessus des derniers gisements de la faune tournaïenne C1, d'une bande épaisse de calcaire oolithique, identique, comme facies lithologique, au Calcaire de Neffe, bien qu'il soit plus souvent dolomitisé. Ces couches peuvent alterner avec des couches crinoïdiques qui dominent généralement à leur base. Ce complexe est caractérisé paléontologiquement par : *Productus sublaevis*, *Michelinia megastoma*, *Syringopora favositoïdes*, *Cyathophyllum* ♀, les derniers *Syringothyris laminosa* et les premiers *Chonetes papilionacea*. Il contient encore *Caninia cornucopiae*, qui est cependant en forte décrois-

bas dans la région dinantaise. Vaughan désigne sous le nom de *Chonetes* aff. *papilionacea* une forme qu'il rencontre dans le Tournaisien d'Angleterre, et qui diffère du *Chonetes papilionacea* type par une convexité plus grande de la grande valve et par une forme allongée et un plus grand espacement des punctuations à l'intérieur de la coquille : nous ignorons si cette forme se rencontre en Belgique.

(1) [6], p. 187; [8], pp. 431-433; [11], pp. 1165-1166; [12], pp. 10-11, 12, 14, 15, 17 et 19-20; [14], pp. 100-101.

sance, et *Caninia cylindrica*. C'est la faune C2 de Vaughan, qui succède immédiatement à la faune C1. Ainsi était établie la limite, vainement cherchée jusqu'ici dans le bassin de Namur, du Tournaisien et du Viséen.

Il n'est pas douteux que ce niveau corresponde au niveau où, dans l'Est du Condroz, on voit apparaître *Chonetes papilionacea*, au-dessus des couches de calcaire noir à cherts et à faune C1 de Paire. Comme on le sait, ces *Chonetes papilionacea* se voient surtout dans les calcaires ou les dolomies crinoïdiques qui alternent, à ce niveau, avec des calcaires noirs sans cherts ou de la dolomie grenue. M. Delépine (1) a constaté que, sur le Hoyoux, à Modave comme aux Avins, ces couches sont surmontées d'une oolithe à *Productus sublaevis*; aux Avins, il a observé, en outre, dans ces couches oolithiques, *Chonetes papilionacea*, *Cyathophyllum* φ , *Michelinia megastoma*. C'est bien la faune C2 du bassin de Namur. Ces couches oolithiques ont été notées V1g par M. Éd. Dupont (2). M. Dupont a d'ailleurs trouvé le *Productus sublaevis* dans divers affleurements des bandes Nord du Condroz, qu'il rapporte tous à son niveau V1g, où ce fossile est, d'après lui, localisé (3). Il résulte de là qu'une partie des affleurements V1g de M. Dupont, dans le Nord-Est du Condroz, doivent être réunis avec ses couches V1c et V1d et avec une partie de ses affleurements V1e, pour constituer un complexe correspondant à la zone C2 de Vaughan.

Nous pensons qu'on constatera des faits de ce genre dans d'autres parties de notre Carbonifère, notamment dans la région située à l'Ouest d'Hastière, où le Calcaire oolithique à facies lithologique de Neffe peut se rencontrer très bas dans l'assise de Dinant.

Mais là où le véritable Marbre noir de Dinant est bien représenté, ces facies font défaut à la base de l'assise. Il nous reste à examiner si le *Marbre noir de Dinant*, terme inférieur du Viséen de la classification belge, correspond également à la base du Viséen anglais, tel que Vaughan l'entend aujourd'hui, c'est-à-dire à la zone C2.

La faune du Marbre noir de Dinant est certainement viséenne, et c'est à ce niveau que se rencontrent, dans la région dinantaise, les gisements les plus inférieurs de *Chonetes papilionacea*. D'autre part, comme nous le dirons bientôt, M. Delépine a trouvé, au-dessus du

(1) [3], p. 88; [8], p. 431; [11], p. 1166; [14], pp. 101 seq.

(2) *Carte géologique de la Belgique au 20 000^e : Planchette de Modave; Explication de la planchette de Modave*, pp. 12-14 et 16.

(3) *Ibid.*, pp. 30-31.

Marbre noir, un niveau fossilifère appartenant à la zone *S1* de Vaughan, zone qui, en Angleterre, est généralement peu épaisse et qu'il n'est pas toujours facile de séparer de la zone *C2*. Le Marbre noir ne peut donc être rangé que dans *C2* ou à la base de *S1*, et plus probablement dans *C2*, d'après les données recueillies dans la tranchée de Sovet. M. Delépine a trouvé, en effet, dans cette tranchée (1), à la partie supérieure d'une série de couches rapportées par G. Soreil au Marbre noir de Dinant : *Caninia cylindrica*, *Caninia cornucopiae*, un *Cyathophyllum*, d'abondants *Chonetes comoïdes* et un *Spirifer* voisin du *bisulcatus*, que M. Vaughan a reconnu identique à une forme qui se rencontre à Stackpole et à Weston-sur-Mare, associée aux mêmes espèces, dans la zone *C2* à *Cyathophyllum* φ . Mais il est impossible, pour le moment, de dire si la base du Marbre noir correspond à la base de *C2*, en d'autres termes, si la limite entre le Calcaire violacé et le Marbre noir de la région dinantaise correspond *rigoureusement* à la limite entre le calcaire à cherts et à faune de Paire et les couches à *Chonetes papilionacea* de l'Est du Condroz. Toutefois, les données paléontologiques nouvelles tendent à confirmer les conclusions auxquelles nous avait amené l'étude stratigraphique, pour montrer, tout au moins, qu'il n'est pas loin d'en être ainsi. Nous avons vu, en effet, que M. Delépine a reconnu, au Nord de Denée, la limite entre les zones *Z2* et *C1* de Vaughan, et que la base du Calcaire violacé s'y trouve à 7 mètres seulement au-dessus de cette limite. Or, partout où elle est fossilifère, on peut constater que la zone *C1* occupe en Belgique une épaisseur considérable. Il est donc extrêmement probable que *tout au moins la plus grande partie* du Calcaire violacé appartient au niveau *C1*. On sait que les fossiles déterminables sont rares dans le Calcaire violacé. La solution de la question doit donc être cherchée surtout dans l'étude de la faune des gisements les plus élevés du Waulsortien contemporain du Calcaire violacé (2). Les documents qui ont été réunis à grands frais au Musée royal d'Histoire naturelle donneront

(1) [16], pp. 219-222.

(2) Nous disons les gisements les plus élevés du Waulsortien contemporains du Calcaire violacé. Comme nous l'avons dit dans notre *Description succincte*, il est probable, en effet, que le « récif de Sosoye » noté *V1m* par SOREIL (*Carte géologique de la Belgique au 40 000^e : Feuille Bioul-Yvoir*), ainsi que les roches notées *V1o* et *V1p* qui l'accompagnent, reposent sur le Marbre noir de Dinant : ce qui expliquerait les affinités franchement viséennes de la faune que Dom Grégoire Fournier a recueillie dans ce « récif » (*Ann. Soc. géol. de Belgique*, t. XXIII, Bull., pp. XLIV-XLVI), affinités qu'il avait eu soin de faire ressortir déjà en 1892 (*Ibid.*, t. XIX, Bull., pp. 77 seq.).

sans doute la clef du problème, lorsqu'ils seront devenus accessibles aux géologues belges qui, s'étant occupés de la stratigraphie du Waulsortien, peuvent apprécier le niveau relatif des divers gisements qui ont fourni ces fossiles.

V1b. — Là où le Marbre noir de Dinant présente son faciès typique, il passe vers le haut à un calcaire moins fin, alternant le plus souvent avec la dolomie qui finit généralement par prédominer. Ces couches, qui séparent le Marbre noir du Calcaire de Neffe, contiennent presque toujours des cherts, du moins à certains niveaux.

La même série calcaréo-dolomitique se rencontre à peu près partout sous le Calcaire de Neffe. Les régions où la dolomie fait défaut à ce niveau sont rares. Dans la région du bassin de Namur où le terme **V1a** est représenté, au moins en partie, par un faciès oolithique, calcareux ou dolomitisé, mais très semblable au point de vue lithologique au Calcaire de Neffe, ces deux oolithes sont séparées également par un niveau généralement calcaréo-dolomitique à dolomie dominante, avec bancs oolithiques à différents niveaux, et contenant généralement des cherts.

Ce terme très constant, bien que l'extension variable de la dolomitisation des roches oolithiques ne permette pas toujours de déterminer nettement ses limites, demande à être désigné par un nom. Nous avons conservé le nom de *Dolomie de Namur*, créé par M. Gosselet, tout en restreignant beaucoup l'extension *matérielle* que lui avait donnée primitivement l'illustre professeur de Lille. M. Delépine nous fait remarquer que ce nom présente aujourd'hui un grave inconvénient, la dolomie ordinairement exploitée aux environs de Namur étant le niveau tournaisien, plutôt que le niveau viséen de la *grande dolomie*. Peut-être, en effet, cet inconvénient l'emporte-t-il sur celui de créer un nom nouveau. Nous remplacerons donc, dans ce travail, le terme *Dolomie de Namur* par le terme *Dolomie et calcaire de Sovet*, ce niveau étant fossilifère dans la tranchée de Sovet du chemin de fer du Bocq. Nous ne proposons cependant ce nom qu'à *titre provisoire*; il est possible, en effet, que les nouvelles recherches qui ne manqueront pas de se produire, amèneront la découverte d'un meilleur type, au point de vue paléontologique, comme au point de vue lithologique.

M. Delépine ⁽¹⁾ a constaté, en différents points, que la faune S2, à

⁽¹⁾ [5], pp. 145-147; [6], pp. 187, 188-189; [8], p. 430; [11], p. 1165; [12], pp. 10 et 11.

Seminula ficoïdes, *Chonetes papilionacea*, *Productus corrugato-hemisphaericus*, *Lithostrotion Martini*, *Carcinophyllum* sp., *Syringopora distans*, qui se rencontre dans les niveaux suivants (*Calcaire de Neffe et Couches inférieures d'Anhéé*), descend dans la partie supérieure de notre terme **V1b**. Entre Marche-les-Dames et Namèche, elle descend jusqu'à 30 mètres environ sous le Calcaire de Neffe, qui, à vrai dire, est très peu développé et presque complètement remplacé par de la dolomie en cet endroit. Mais les niveaux situés plus bas ne lui avaient pas fourni, jusqu'en ces derniers temps, de fossiles caractéristiques. Dernièrement, il a été plus heureux. Deux gisements fossilifères ⁽¹⁾ situés vers la partie moyenne de notre terme stratigraphique **V1b**, l'un dans la tranchée de Sovet, l'autre tout contre l'abbaye de Maredsous, contiennent des *Productus* de grande taille. Ceux de Sovet avaient été assimilés à tort au *Productus giganteus*. Ils ressemblent à ceux de Maredsous, mais n'ont pu être dégagés suffisamment pour pouvoir leur être identifiés avec une entière certitude. Ceux de Maredsous présentent tous les caractères de la forme désignée par Vaughan sous le nom de *Productus* θ , forme caractéristique de la zone *S1* en Angleterre. Il résulte de là que notre terme stratigraphique **V1b** se divise paléontologiquement en au moins deux horizons, l'un appartenant à la zone *S1*, l'autre constituant la base du terme *S2*.

V1c. — Comme nous l'avons rappelé plus haut et comme nous l'avons dit depuis longtemps, le faciès lithologique de Neffe peut se rencontrer à divers niveaux de l'assise de Dinant, et même jusqu'à la base de cette assise ; et la chose peut se présenter dans des conditions telles, que l'application de la légende de la Carte géologique officielle, qui prend ce terme comme base du Viséen supérieur, doit amener facilement un observateur à faire descendre parfois le Viséen supérieur jusqu'à la base du Viséen inférieur.

Les études paléontologiques de M. Delépine ont pleinement confirmé nos prévisions pour le bassin de Namur : chose curieuse, celui de nos confrères qui était avec nous le plus convaincu des inconvénients de la limite adoptée par le Conseil de direction et qui, partant, a cherché à se prémunir contre ce danger, a cependant été entraîné lui-même à ranger parfois *tout le Viséen*, y compris les couches oolithiques à faune *C2*, dans le Viséen supérieur. Nous ne doutons pas que

(1) [16].

l'étude de la faune de certaines roches à facies de Neffe du bassin de Dinant, qui s'observent très près de la limite supérieure du Waulsortien, n'amène à y reconnaître également la faune de la base du Viséen ; et il nous paraît bien probable que les lentilles de calcaire à facies de Neffe, que l'on rencontre à des niveaux moyens, fourniront une faune intermédiaire entre la faune du Calcaire de Neffe proprement dit et la faune du Calcaire oolithique à *Productus sublaevis*. Mais la présence du facies de Neffe à ces niveaux inférieurs, bien qu'elle puisse s'étendre à des espaces assez considérables, est cependant très loin d'être constante. Il est, au contraire, un niveau où, à notre connaissance, ce facies ne fait guère défaut. C'est ce que nous avons nommé le *niveau normal* du Calcaire de Neffe. Ce niveau lithologique termine l'assise de Dinant ou viséenne inférieure, *telle que nous l'entendons*. Il forme aussi un niveau paléontologique constant, dans ce sens que sa faune est partout la même et qu'il commence un peu au-dessus de la zone S2 à laquelle il appartient (1). Les principaux fossiles sont, d'après M. Delépine : *Productus Cora*, *Productus corrugato-hemisphericus*, *Chonetes papilionacea*, *Seminula ficoïdes*, *Carcinophyllum* θ, *Lithostrothion Martini*, *Syringopora ramulosa*.

Le calcaire de Neffe du bassin de Dinant contient les mêmes fossiles que celui du bassin de Namur.

V2a. — Comme nous l'avons dit depuis longtemps et comme nous l'avons répété encore l'an dernier, la division du Viséen en deux assises, telle que nous l'entendons, n'est pas une division paléontologique. Si nous avons choisi, pour séparer les deux assises, la limite entre le Calcaire de Neffe et les couches bien stratifiées d'Anhée, c'est parce qu'il nous a paru que le changement dans la nature des roches correspond ici à un *niveau stratigraphique constant*. Nous croyons pouvoir dire que les études de M. Delépine tendent à confirmer cette conclusion. La faune des *Couches inférieures d'Anhée* appartient à la faune S2 (2) comme celle du niveau normal du Calcaire de Neffe. Si nous ajoutons que la distance stratigraphique qui sépare la base de notre assise d'Anhée de la Grande brèche paraît assez constante, et que l'on constate un changement notable de la faune un peu au-

(1) [5], pp. 145-147, 149-150; [6], pp. 188-189; [11], pp. 1165, 1166; [12], pp. 10, 12, 13, 14, 16, 17, 19, 22.

(2) [5], pp. 147, 150; [6], pp. 188-189; [11], p. 1165; [12], pp. 9, 10-11, 13, 14, 16, 17, 19, 22.

dessous de la base de la Grande brèche, on arrivera à la conclusion que la limite adoptée par nous entre le Viséen inférieur et le Viséen supérieur, tout en se trouvant au milieu de la zone S2 de Vaughan, semble bien se trouver partout au même niveau stratigraphique. M. Delépine pense, comme nous, que, lorsque la puissance du Calcaire de Neffe s'atténue, comme cela se constate, par exemple, à Namèche, ce sont ses couches inférieures qui passent au faciès de Sovet, et non ses couches supérieures au faciès d'Anhée. Il en résulte que la distinction entre les différents niveaux de calcaire oolithique, au moyen des caractères paléontologiques, ne suffirait pas pour qu'on puisse prendre *même le véritable Calcaire de Neffe* (à l'exclusion des autres calcaires de même faciès lithologique) comme terme inférieur d'une assise.

Une limite paléontologique importante se rencontre vers le sommet des couches inférieures d'Anhée, très peu en dessous de la Grande brèche. M. Delépine (1) a constaté, en effet, en Belgique, comme M. Carpentier dans le Hainaut français, que les couches immédiatement inférieures à la Grande brèche contiennent déjà *Lithostrotion irregulare* au lieu de *Lithostrotion Martini* et constituent, par conséquent, la base de la zone à *Dibunophyllum* de Vaughan.

V2b. — La *Grande brèche* (2) est, comme on le sait, l'une des formations les plus constantes de notre Calcaire carbonifère : on la retrouve dans tout le bassin de Dinant. Pour le bassin de Namur, elle paraît ne faire défaut que dans la région orientale, où elle est remplacée par du calcaire oolithique (3) et grenu, et parfois coralligène. Mais, tout en constituant un excellent repère stratigraphique, cette formation, non plus, ne peut être considérée comme limitant rigou-

(1) [8], p. 429.

(2) M. DELÉPINE ([12], p. 15, en note, et [15]) croit que la brèche à pâte rouge, exploitée comme marbre, n'a pas la même origine que la brèche à pâte grise : cette dernière seule serait une formation interstratifiée aux couches carbonifères ; la première serait de formation postérieure : elle se trouverait dans de larges fentes du Calcaire carbonifère. Nous attendrons l'apparition du mémoire consacré *ex professo* à la démonstration de cette thèse ([15]) avant de nous prononcer. Nous tenons cependant à faire, dès maintenant, nos réserves à ce sujet. Nous ne prétendons pas que certaines brèches rouges ne puissent avoir, même chez nous, pareille origine ; mais la généralisation de cette thèse nous semblerait peu conciliable avec l'ensemble des faits connus.

(3) [41], p. 4166 ; [12], pp. 13 et 17-18.

reusement une assise paléontologique, puisque le *Lithostrotion irregulare*, espèce caractéristique de la zone à *Dibunophyllum*, a déjà remplacé, dans les couches immédiatement inférieures à la grande brèche, le *Lithostrotion Martini* de la zone dite à *Seminula* (1).

Ce fait aurait peu d'importance s'il s'agissait d'établir des divisions pour une carte géologique : l'erreur qui proviendrait des quelques couches inférieures à la Grande brèche, appartenant déjà à la zone à *Dibunophyllum*, ne serait généralement pas appréciable sur une carte à l'échelle du 40 000^e, ou même du 20 000^e. Mais, au point de vue théorique, elle est de la plus haute importance, parce qu'elle ajoute un nouvel élément d'improbabilité à toute théorie qui, pour expliquer l'origine de la Grande brèche, aurait recours à l'hypothèse d'une émergence un peu longue de la région, suivie d'une immersion.

Un autre fait découvert par M. Delépine (2) en Belgique, et dans le Hainaut français par M. Carpentier, est plus important encore au même point de vue. C'est la présence, au sein de la grande brèche, d'une faunule de brachiopodes : *Productus* cf. *undiferus*, *Dielasma*, *Seminula*. Ces brachiopodes de petite taille sont bien clairement dans la pâte de la brèche, comme un examen consciencieux nous a permis de nous en assurer ; et leur mode de conservation, joint à la délicatesse de leur test, montrent clairement qu'ils n'ont pu être charriés au milieu des blocs qui les entourent. Ils ont évidemment vécu en place dans les interstices des blocs, en attendant d'être enfouis par les produits détritiques moins grossiers qui forment la pâte, et d'être ensuite recouverts par d'autres blocs. Leur condition de vie devait être fort analogue à celle que l'on voit souvent réalisée sur les plages couvertes de débris rocheux. Là où M. Delépine nous les a fait voir, ils paraissent limités à un horizon assez restreint ; mais, depuis lors, M. Delépine (3) a observé des coupes où la Grande brèche est pétrie de ces organismes sur toute son épaisseur. Il est évident que ces observations sont incompatibles, non seulement avec l'origine dynamique de la Grande brèche, mais aussi avec son origine continentale. Elles excluent aussi l'hypothèse proposée récemment par M. Stainier (4),

(1) [8], p. 429.

(2) [3], pp. 88-89 ; [5], pp. 143-144, 148 (m de la coupe, p. 146) et 149 ; [8], pp. 428-429 ; [12], pp. 11, 14-15.

(3) Communication verbale.

(4) X. STAINIER, Du mode de formation de la grande brèche du Carbonifère. (*Bull. Soc. belge de Géol.*, t. XXIV, Proc.-verb., pp. 188-196.)

d'après laquelle, à la suite d'une émergence qui aurait transformé la région précédemment occupée par la mer carbonifère en une région désertique et déterminé ainsi la formation de grands amas de produits détritiques, « le domaine continental carbonifère se serait de nouveau immergé et, dans une phase d'envahissement courte et rapide, la mer aurait balayé devant elle et accumulé dans les synclinaux les éléments meubles qu'elle aurait trouvés à la surface du territoire envahi (1) ». Les faits découverts par M. Delépine ne sont pas conciliables avec pareille origine *catastrophique* de la Grande brèche : ils supposent, au contraire, que la Grande brèche s'est formée par l'accumulation de dépôts successifs pendant une longue phase de temps, au cours de laquelle les conditions *habituelles* étaient suffisamment normales pour permettre à des animaux délicats de vivre et de prospérer au milieu des éléments grossiers précédemment accumulés. Ajoutons, d'ailleurs, qu'à notre avis, les relations stratigraphiques de la grande brèche avec les couches sur lesquelles elle repose ne permettent pas de supposer l'interruption de la sédimentation marine par une phase continentale, et qu'en particulier, s'il arrive que la brèche passe latéralement à des roches à éléments plus fins, soit à sa base, soit à tout autre niveau, par contre elle ne présente rien de l'allure ravinante que suppose l'hypothèse de M. Stainier, si nous en saisissons bien la portée. M. Stainier ne semble-t-il pas, du reste, s'en rendre compte lui-même, lorsqu'il a la gracieuseté de reconnaître qu'un des avantages de la théorie que nous avons proposée est d'expliquer « la disparition des phénomènes de ravinement, de transgression et de discordance de stratification que ces émergences et immersions successives ont dû nécessairement produire et que l'on n'avait jamais observés (2) » ? Or, notre explication (3) consiste dans l'hypothèse que les anticlinaux seuls ont été le siège de ces phénomènes, *ces anticlinaux seuls ayant été émergés au cours du Dinantien*. Si, au contraire, comme le veut M. Stainier, tout le fond de notre mer carbonifère a été émergé, il est difficile de supposer que les aires synclinales aient pu échapper à toute action érosive.

Nous reconnaissons d'ailleurs volontiers — nous avons eu soin déjà

(1) *Loc. cit.*, p. 195.

(2) *Loc. cit.*, p. 189.

(3) H. DE DORLÉDOT, Sur l'origine de la grande brèche viséenne et sa signification tectonique. (*Bull. Soc. belge de Géol.*, t. XXII, Mém., pp. 29-38.)

d'insister nous-même sur ce point (1) — que la formation sédimentaire de la grande brèche a dû exiger des *conditions spéciales*. Mais il ne faut pas oublier que la brèche n'est pas localisée au niveau de la Grande brèche, qu'il existe, à d'autres niveaux du Viséen supérieur, des brèches qui ne diffèrent guère de la Grande brèche que par une extension géographique moins considérable et, ordinairement aussi, par une moindre épaisseur. Les conditions spéciales qui ont déterminé la formation de la Grande brèche ont donc existé à plusieurs reprises pendant le Viséen supérieur, mais d'une façon plus localisée et généralement moins persistante ou moins accentuée. Pour mieux dire, les conditions qui ont donné naissance à la Grande brèche ont existé, dans une certaine mesure, pendant toute la durée du Viséen supérieur; mais elles ont atteint leur maximum d'intensité et surtout de généralité à l'âge de la Grande brèche. Cette conclusion, qui n'est que la traduction immédiate des faits observés, ne se concilie guère avec la théorie proposée par M. Stainier.

Par contre, en attribuant ces *conditions spéciales* à la formation des flots anticlinaux *au sein de notre mer carbonifère*, nous croyons avoir pleinement satisfait à ce desideratum imposé par l'exigence des faits. « Il est évident, disions-nous, que certains de ces anticlinaux avaient commencé à se former dès la base de l'assise d'Anhée, puisqu'on trouve parfois de la brèche très près de la base de cette assise; mais l'accentuation ultérieure du phénomène est prouvée par le développement énorme que prend la formation de la brèche au niveau moyen de l'assise et aussi par la présence de blocs de brèche dans la grande brèche (2). » M. Stainier fait remarquer très judicieusement (3) que s'il suffisait, pour former de la brèche, du choc des vagues sur des calcaires plus ou moins émergés, la formation de la brèche devrait être, de nos jours, un phénomène des plus communs. Mais nous nous permettons de faire remarquer, à notre tour, que le *surgissement du sein même de la mer* d'un archipel serré d'îlots anticlinaux, rasés par les flots à mesure que le soulèvement s'accroissait, et l'*approfondissement*

(1) *Loc. cit.*, p. 33 : nous y posons en principe que « la nature détritique de beaucoup de calcaires de l'assise d'Anhée... est l'indice des conditions spéciales au milieu desquelles elle s'est formée, conditions qui ont atteint leur maximum d'intensité et de généralité à l'âge de la grande brèche ». Puis nous cherchons quels sont les caractères essentiels de ces conditions spéciales, et c'est après cela seulement que nous arrivons à définir concrètement quelles durent être ces conditions.

(2) *Loc. cit.*, p. 36.

(3) X. STAINIER, *loc. cit.*, p. 189.

corrélatif des synclinaux où s'entassaient successivement leurs débris, constituaient des conditions *très spéciales* et très différentes de celles que réalisent nos hautes falaises actuelles, œuvre de mers en transgression. On pourrait même ajouter les observations que relate à ce propos M. Stainier, aux autres preuves que nous avons fait valoir, pour exclure l'hypothèse d'une régression suivie de transgression.

Reste le mode de formation des veines calcaires, si particulièrement abondantes dans les blocs de la brèche, et le mécanisme du débitage de la roche en blocs et en blocs.

Nous avons été heureux de voir confirmer notre impression au sujet de l'abondance de la calcite de filon dans les blocs de la Grande brèche, par un observateur de la valeur de M. Stainier ⁽¹⁾. Mais il nous semble que notre savant confrère n'a pas saisi complètement l'explication que nous avons donnée de ce fait : ce que nous devons attribuer, sans doute, à notre concision un peu excessive. Nous nous sommes, en effet, borné à dire que cette abondance de calcite filonienne peut s'expliquer facilement « par l'émersion, sous l'action de forces orogéniques, des roches qui ont fourni les matériaux de la grande brèche, alors qu'elles n'étaient recouvertes que par une faible épaisseur de sédiments plus récents ⁽²⁾ ». Expliquons donc mieux notre pensée. L'action des forces orogéniques qui a déterminé l'émersion a dû, comme tout autre phénomène de ploiement anticlinal de roches cohérentes, produire des fissures dans les roches; mais un même ploiement a plus de chance de former des fissures béantes dans les roches situées près de la surface, que dans celles qui subissent le poids d'épais dépôts superposés : les veines qui rempliront ces fissures seront donc, de ce chef et toutes choses égales d'ailleurs, plus nombreuses et plus larges. L'émersion, c'est-à-dire la sortie de dessous l'eau, de roches situées superficiellement ou sous une faible épaisseur de sédiments plus récents, a dû favoriser singulièrement le fendillement *par retrait* ⁽³⁾, et nous comprenons sous ce dernier terme, non seulement la première contraction des roches en voie de formation, mais tous les phénomènes subséquents qui peuvent provenir des alternances de chaleur et de froid, d'humidité et de sécheresse, etc. Au nombre de ces phénomènes de *retrait*, tels que nous les entendons, se trouvent donc ceux auxquels M. Stainier lui-même attribue le fendillement préliminaire à la forma-

⁽¹⁾ *Loc. cit.*, pp. 193-194.

⁽²⁾ H. DE DORLODOT. *loc. cit.*, p. 35, en note.

⁽³⁾ Cf. *Loc. cit.*, p. 34.

tion des veines de calcite. Mais ce que nous ne pouvons absolument admettre, c'est que les veines de calcite qui lardent les blocs ne se seraient pas formées *dans la roche en place avant qu'elle ne fût débitée en fragments*. Nous avons exposé, dans notre note *Sur l'origine de la grande brèche viséenne* (1), les raisons qui créent notre conviction sur ce point. Nous croyons inutile de les répéter ou de les développer : il faut se trouver en présence des faits pour comprendre à quel point leur langage est évident.

Quant au débitage de la roche en blocs et en blocs, nous n'avons dit nulle part qu'il doive être attribué exclusivement à la force mécanique des vagues. Aucun géologue n'ignore que l'ablation des roches par abrasion marine est toujours facilitée par l'action préalable d'autres agents inorganiques ou organiques. Si les éléments de la Grande brèche proviennent de l'arasement d'îlots anticlinaux, il est certain que les agents d'altération subaériens ont contribué à cette action préalable, et plus aura été poussée loin l'œuvre de ces agents, plus sera facilitée l'explication de l'origine de la Grande brèche. Ce n'est pas un faible mérite du travail de M. Stainier, d'avoir attiré l'attention sur ce point plus qu'on ne l'avait fait jusqu'ici. Mais le débitage des roches par des agents de ce genre se fait ailleurs que dans les déserts : l'imprégnation par l'eau, suivie d'une rapide dessiccation, peut produire des effets analogues, et même l'action solaire seule produit parfois sur les bords de la mer une action identique à celle qu'elle produit dans les déserts. Si donc la théorie désertique de M. Stainier nous paraît inadmissible parce qu'elle suppose l'émersion totale de la région, suivie d'une nouvelle transgression, nous admettons cependant que des « phénomènes continentaux » ont pu contribuer, pour une part, au débitage des blocs de la Grande brèche, les îlots, formés par les soulèvements anticlinaux et sans cesse reformés par l'accentuation du phénomène de soulèvement, constituant des territoires émergés ou « continentaux » au sens géologique du mot.

Nous pensons donc qu'il n'y a pas lieu de modifier essentiellement notre théorie sur l'origine de la Grande brèche. Toutefois, les fossiles que M. Delépine y a découverts nous montrent que sa formation a été moins rapide que nous ne nous l'étions imaginé. La surrection lente et continue des anticlinaux au sein de la mer carbonifère, et leur arasement marchant de pair avec leur accentuation, devaient créer des

(1) *Loc. cit*, p. 34.

conditions habituellement assez calmes au fond et sur le flanc des synclinaux : ces conditions n'étaient interrompues, dans une certaine mesure, que de temps en temps et localement, par l'apport de nouveaux blocs mêlés d'éléments plus fins, qui s'entassaient à mesure que les synclinaux s'approfondissaient, et qui ont fini, à la longue, par former la puissante masse de la Grande brèche, grâce à la continuation des mêmes phénomènes pendant un temps très long. Cette théorie, ainsi précisée, nous paraît aussi répondre pleinement à l'objection de M. Stainier : les *conditions très spéciales* qu'elle suppose différant totalement de celles des mers qui s'étendent au large de nos falaises calcaires actuelles.

Dans l'Est du bassin de Namur, à partir de la Méhaigne, aussi bien au Sud qu'au Nord du bassin, le niveau *D1* correspondant à la Grande brèche est remplacé par du calcaire massif oolithique et grenu ⁽¹⁾, parfois riche en polypiers. M. Delépine nous y a montré *Carcinophyllum* et *Lithostrotion irregulare*. Il y a trouvé aussi *Productus giganteus* type et *Productus giganteus* var. *hemisphericus* ⁽²⁾.

(1) *Vide supra*, p. 275. — M. Stainier, qui pense, à tort selon nous, que ces calcaires sont d'origine purement détritique, croit trouver dans ce fait, en faveur de sa théorie, un argument dont nous ne parvenons pas à saisir la portée « Ces calcaires dit-il, proviendraient de l'entraînement au loin par les eaux des particules les plus ténues. Il y aurait eu, par le fait de l'envahissement du continent dans des conditions spéciales, par exemple par une mer s'avancant du Sud ou du Sud-Ouest, vers le Nord ou le Nord-Est, un entraînement au loin accompagné d'un véritable classement mécanique de tout ce que les flots auraient rencontré sur leur passage. Et ainsi s'expliquerait cette gradation remarquable que l'on constate, en bien des endroits, entre les différents types de roches que l'on observe à ce niveau dans le Carbonifère belge. »

Or, ces faits, qui s'expliquent si bien dans notre théorie, nous paraissent, au contraire, bien difficiles à concilier avec l'hypothèse de M. Stainier. D'après M. Stainier, en effet, la mer peu profonde du Carbonifère se serait desséchée complètement vers le milieu de l'époque de l'assise d'Anhée (p. 192). Cette région, réduite, par le fait, à l'état de désert pierreux, aurait été le siège d'énergiques phénomènes d'effritement de roches, qui auraient donné naissance à de puissants amas de fragments de toute forme et de toute dimension, englobés dans un magma calcaire à petits éléments. Toute la région se trouvant dans les mêmes conditions, a dû, nous semble-t-il, être le théâtre des mêmes phénomènes, et ce n'est pas le fait subséquent d'une invasion marine venant du Sud-Ouest, qui a pu empêcher la région Nord-Est d'avoir été jonchée, pendant la phase désertique, des mêmes produits de désagrégation. La grande brèche devrait donc s'y rencontrer, aussi bien que dans le reste de la région. — Faisons observer aussi que c'est vers le large, et non vers la côte, qu'une mer en transgression transporte les éléments les plus fins.

(2) [11], pp. 1165, 1166; [12], pp. 13 et 17-18.

Ce sont là, pensons-nous, les plus anciens *Productus giganteus incontestables* que l'on ait rencontrés dans le Carbonifère belge. M. Gosselet a signalé depuis longtemps, il est vrai, le *Productus giganteus* au sommet du calcaire de Bachant, dans le Hainaut français; plus tard, on a cru reconnaître la même forme, en Belgique, soit dans le Marbre noir de Dinant, où elle semble exister dès la base, soit au niveau des Dolomie et calcaire de Sovet. Il est reconnu aujourd'hui que ce *Productus* n'est pas le véritable *Productus giganteus*. Il est même arrivé que l'on a confondu avec le *Productus giganteus* le *Chonetes comoïdes* de grande taille. Dans les niveaux intermédiaires, nous ne sachions pas que le *Productus giganteus* ait été signalé, sauf très anciennement, alors que l'on confondait avec le *Productus giganteus* le gros *Productus corrugatus*, ou *corrugato-hemisphericus* du Calcaire de Neffe. Il nous semble nous souvenir cependant qu'on a cité le *Productus giganteus* dans les bancs *immédiatement inférieurs* à la Grande brèche: il pourrait s'agir là du véritable *Productus giganteus*, puisque nous savons maintenant que ces bancs appartiennent déjà à la zone à *Dibunophyllum* de Vaughan, et que les études faites à l'étranger tendent de plus en plus à établir que le vrai *Productus giganteus* est une espèce propre à cette zone.

V2d — Les couches d'Anhée supérieures à la grande brèche étaient considérées par M. Dupont comme le niveau propre du *Productus giganteus*. Nous venons de voir qu'il était bien près d'avoir raison sur ce point. Néanmoins, ce n'est que par endroits que ce fossile est commun dans ces couches en Belgique. Il en est de même des polyptères, que l'on rencontre si abondamment dans les couches correspondantes en Angleterre.

Les observations paléontologiques de M. Delépine, si l'on excepte la région de Visé, n'ont guère porté que sur trois niveaux de ces couches. Dans la vallée de la Meuse, en aval de Namur, à 15 ou 20 mètres sous le sommet de l'assise, se voit un calcaire à gros bancs, très riche en crinoïdes, exploité comme « petit-granit » et qui présente, de fait, une grande analogie de facies avec la roche des Écausines. M. Delépine ⁽¹⁾ signale dans ce calcaire : *Spirifer striatus*, *Productus giganteus*, *Productus punctatus*, *Productus edelburgensis*, *Chonetes papilionacea*, *Orthis resupinata* de grande taille, *Lithostrotion*

(1) [5], p. 148; [8], p. 429; [11], p. 1165; [12], p. 11.

irregulare, *Campophyllum Derbiense*. L'abondance du *Spirifer striatus* mérite spécialement l'attention : l'analogie de cette forme avec le gros *Spirifer* du Petit-granit est si évidente, que certains auteurs n'hésitent pas à considérer cette dernière comme une simple variété de *Spirifer striatus*; il est remarquable de voir dans ce facies « petit-granit » du sommet du Viséen une forme représentative du *Spirifer par excellence* du petit-granit tournaisien, mais très nettement modifiée. Ce fait montre très clairement l'influence du facies, fonction du milieu, et l'influence de l'évolution, fonction du temps.

On sait que, très peu sous la base des phthanites houillers, se voient généralement quelques couches d'anthracite ou de schistes charbonneux; ces couches sont en relation avec les bancs qui sont exploités comme marbre bleu-belge, ce qui fait qu'elles sont assez fréquemment visibles dans des carrières en exploitation, ou dans des carrières abandonnées.

On y trouve souvent des fossiles. M. Delépine (1) a exploré la carrière abandonnée qui est ouverte, à ce niveau, sur le bord Sud du bassin houiller d'Anhée, le long de la route de Namur à Dinant : il cite les fossiles suivants : *Spirifer bisulcatus*, *Productus* cf. *latissimus*, *Productus semireticulatus*, *Productus setosus*, *Chonetes* (petite : aff. *Hardrensis*), *Athyris glabristria*, *Reticularia*, *Streptorhynchus*, *Lithostroction irregulare*, polypiers cornus (fragments indéterminables). Nous avons cité jadis (2), dans les mêmes couches, *Productus scabriculus*, *Productus punctatus* et *Productus giganteus*. On sait que *Productus latissimus* est très voisin de *Productus giganteus* et que ces deux formes se rencontrent au même niveau. La forme que nous avons citée sous le nom de *Productus Flemingii* est la même que celle que M. Delépine désigne sous le nom de *Productus setosus*, De Coninck considérant le *Productus setosus* comme une variété du *Productus Flemingii*. La petite *Chonetes* est sans doute la forme que nous avons désignée sous le nom de *Chonetes Dalmaniana*. On pourrait encore ajouter à cette liste de petites *Phillipsia*, que l'on rencontre en très grande abondance dans ces couches. Mais nous nous arrêterons davantage au *Spirifer* que M. Delépine désigne sous le nom de *Spirifer bisulcatus*. C'est la forme sur laquelle nous avons attiré jadis l'attention comme n'ayant jamais été décrite, du moins dans notre Viséen. Nous l'avions rapprochée du

(1) [8], pp. 429-430.

(2) H DE DORLODOT, Sur un *Spirifer* nouveau pour le Viséen. (*Ann. Soc. géol. de Belgique*, t. XXI, Bull., pp. cx-cxii.)

Spirifer acutus, forme du Waulsortien décrite par De Koninck, dont elle diffère néanmoins par une taille notablement moindre et par un pourtour moins fusiforme. Nous ajoutons que, parmi les formes décrites dans le Viséen, c'est au *Spirifer trigonalis* qu'elle ressemble le plus.

Nous ne prétendons naturellement pas que M. Delépine n'ait pu trouver, dans la carrière en question, une forme répondant au *Spirifer bisulcatus* de Sowerby; mais la plupart de ces *Spirifer* diffèrent notablement du type de Sowerby. Parmi les formes décrites à l'étranger, ils nous paraissent se rapprocher surtout d'une forme décrite par Schellwien (1) dans le calcaire à fusulines de Carinthie, sous le nom provisoire de *Spirifer trigonalis* var. *lata*, forme dont l'auteur fait d'ailleurs ressortir la ressemblance avec le *Spirifer acutus* De Kon. Scupin, dans *Die Spiriferen Deutschlands* (2), fait remarquer avec raison que la forme de Schellwien est intermédiaire entre le *Spirifer trigonalis* type et le *Spirifer Strangwaysi* M. V. K. (3) du Moscovien de Russie. Il figure un échantillon du Dinantien de Silésie (4) qu'il rapporte au *Spirifer trigonalis* var. *lata* de Schellwien; notre forme ressemble plus à la figure de Scupin qu'à celles de Schellwien. Néanmoins elle n'est pas tout à fait identique même à cette forme de Scupin: l'allongement des ailes en pointes et un moins grand nombre de côtes dans le sinus rapprochent davantage notre forme de la forme russe.

Il y a dans De Koninck (5) une forme de *Spirifer trigonalis* à ailes plus larges que la forme type. Si l'on part de la forme type en passant par cette forme spéciale, puis par la forme silésienne, ensuite par la forme du sommet du calcaire d'Anhée, pour aboutir à la forme moscovienne, on a une suite de formes établissant une transition graduée entre le *Spirifer trigonalis* type et le *Spirifer Strangwaysi*. Il est à remarquer que la forme la plus rapprochée du *Spirifer Strangwaysi* du Moscovien se trouve au sommet, ou du moins bien près du sommet de notre Dinantien.

M. Delépine croit avoir trouvé, tout au sommet de notre Calcaire carbonifère, une faune plus récente encore. Il considère la faune des couches à anthracite comme appartenant encore au niveau D2 de Vaughan. Il rapporte, au contraire, au niveau D5 (6) les 2 ou 3 mètres de calcaire argileux, noir, compact, en bancs minces, qui s'observent au contact du Houiller, à Samson, et dans lesquels il a trouvé d'abondants *Productus longispinus* avec *Orthothetes (Streptorhynchus) crenistria*.

(1) ERNST SCHELLWIEN, Die Fauna des karnischen Fusulinenkalks. (*Palaeontographica*, Neununddreissigster Band, 1892, p. 46, Taf. V, Fig. 10-12.)

(2) HANS SCUPIN, Die Spiriferen Deutschlands (*Palaeontologische Abhandlungen*, Neue Folge, Band IV, Heft 3), pp. 109-110.

(3) RODERICK IMP. MURCHISON, ED. DE VERNEUIL et ALEX. DE KEYSERLING, Géologie de la Russie d'Europe et des montagnes de l'Oural, vol. II, p. 164, pl. VI, fig. 1.

(4) HANS SCUPIN, *loc. cit.*, Taf. IX, Fig. 7.

(5) L.-G. DE KONINCK, Faune du Calcaire carbonifère de la Belgique. Sixième partie: Brachiopodes. (*Ann. du Musée roy. d'Hist. nat. de Belgique*, t. XIV, pl. XVI, figg. 5 et 6.)

(6) [5], pp. 148, 149; [6], p. 189; [8], p. 429; [11], p. 1163; [12], p. 11.

Ces formes sont les mêmes, d'après lui, que celles qui caractérisent, dans la coupe de l'Avon, les couches de passage au *Millstone Grit*, et que Vaughan range aujourd'hui dans sa zone *D3*.

CALCAIRE DE VISÉ. — Dans une communication toute récente à la Société géologique de Belgique, M. Delépine (1) étudie la partie du calcaire de la région de Visé qui affleure dans la vallée de la Meuse. Il constate d'abord que c'est par erreur qu'on a cru y observer la superposition directe du Calcaire carbonifère viséen au Devonien : ce qu'on avait pris dans ces observations pour du calcaire ou de la dolomie devonienne, appartient en réalité au Carbonifère. Les deux calcaires devonien et carbonifère sont mis en contact par faille.

D'autre part, on n'observe, du moins dans le Carbonifère affleurant dans la vallée de la Meuse, que les horizons *D2*, et, tout à la base, *D1*. Le facies des roches est souvent fort analogue, d'après M. Delépine, à celui de la Grande brèche : l'auteur croit, en conséquence, que les conditions qui ont déterminé la formation de la Grande brèche, mais avec quelque différence toutefois, comme l'indiquent la taille et la variété beaucoup plus grande des fossiles, se seraient prolongées plus longtemps à Visé que dans le reste de notre bassin carbonifère.

Bien que la nature de ces observations ne permette pas une conclusion rigoureuse, l'auteur est porté à croire à une transgression de la mer carbonifère dans la région de Visé, correspondant à la base des couches à *Productus giganteus* et à *Dibunophyllum*. Il rapproche ce fait encore hypothétique de ce qui se constate dans d'autres régions, notamment dans le centre de l'Angleterre et le Nord du Pays de Galles. Rappelons que M. Gröber nous a dit dernièrement que le même fait a été constaté dans l'Asie centrale (2). Nous nous souvenons également avoir vu, dans l'Oural central, un calcaire rempli de *Productus striatus* et de *Productus giganteus*, et dont le facies lithologique n'était pas sans analogie avec certaines variétés du calcaire de Visé, *immédiatement superposé, en stratification parfaitement concordante*, à du calcaire à faune frasnienne, identique, comme facies lithologique, aux calcaires à teinte pâle du Frasnien des bords de la Meuse entre Namur et Yvoir, et contenant accidentellement, comme celui-ci, de petits nids de dolomie d'aspect identique. La superposition paraît si normale qu'on a peine à

(1) [47].

(2) *Bull. Soc. belge de Géol.*, t. XXIV, Proc.-verb., p. 196.

s'imaginer qu'une immense lacune sépare ces couches. Nous nous souvenons qu'un des plus célèbres géologues de Russie nous a soutenu, en présence d'une coupe de ce genre, que « Tournaisien » et « Viséen » sont des facies paléontologiques de même âge. Cette thèse ne serait plus soutenable aujourd'hui. Elle ne permettrait pas d'ailleurs de supprimer la lacune, puisque les couches d'âge famennien, et notamment les niveaux à Clymenies, qui affleurent dans le Sud de l'Oural, y font défaut. Mais la lacune est encore plus considérable que nous ne nous croyions alors obligé de l'admettre, puisqu'elle porte non seulement sur le Famennien et le Tournaisien, mais encore sur toute la partie du Viséen qui est inférieure à la zone à *Dibunophyllum*, c'est-à-dire, à peu de chose près, sur tout ce qui est inférieur à la Grande brèche.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES.

La première conclusion qui se dégage des faits récemment étudiés, c'est que les zones paléontologiques définies par Vaughan se succèdent chez nous dans le même ordre que dans le Sud-Ouest de l'Angleterre. Leur distinction peut servir à confirmer et à préciser les relations stratigraphiques reconnues jusqu'ici entre les divers facies qui s'observent dans les différentes régions de notre Calcaire carbonifère. M. Delépine a constaté, en outre, une réelle analogie de facies pour les divers niveaux inférieurs à la zone à *Dibunophyllum*, entre les formations du Sud-Ouest de l'Angleterre et celles du bassin de Namur. On pourrait étendre cette analogie au Nord-Est du Condroz, et même, dans une certaine mesure, à tout l'ensemble du pays, en exceptant seulement la région waulsortienne pour l'âge tournaisien supérieur; on sait d'ailleurs que notre facies waulsortien est représenté en Irlande. Par contre, le caractère fréquemment corallien des couches à *Dibunophyllum* du Sud-Ouest de l'Angleterre les rend généralement fort dissemblables aux formations qui leur sont contemporaines en Belgique. Le Calcaire de Visé, que M. Delépine paraît disposé à considérer comme exclusivement viséen et même comme appartenant exclusivement à la zone à *Dibunophyllum*, ressemble aux formations de même âge du Midland, ce qui s'accorde avec sa situation géographique et avec les autres relations géologiques que l'on avait reconnues jusqu'ici entre le bassin de Limbourg et les bassins du centre de l'Angleterre.

L'application, au Calcaire carbonifère de la Belgique, des données de paléontologie stratigraphique établies par Vaughan pour le Sud-

Ouest de l'Angleterre, amène à des conclusions importantes au point de vue de notre échelle stratigraphique.

I. — En premier lieu, il paraît bien établi que la limite conventionnelle adoptée entre le Famennien et le Calcaire carbonifère pour la Carte géologique de la Belgique n'a pas amené au résultat désiré, et que la base du Calcaire carbonifère, tel que le limite la Carte géologique, ne correspond pas à un niveau stratigraphique constant. Il est vrai que ce niveau aurait été, sans doute, encore plus variable, si l'on avait réuni au Carbonifère l'assise de Comblain-au-Pont, *là où elle est reconnaissable*. — Théoriquement, l'adjonction de cette assise au Carbonifère semble s'imposer. Peut-être des recherches patientes dans les régions où l'assise de Comblain-au-Pont ou d'Etrœungt n'a pu être distinguée jusqu'ici, permettraient-elles de reconnaître si cette assise s'y présente sous un facies « famennien », ou si elle est absente par le fait d'une véritable lacune stratigraphique.

II. — La seconde conclusion, d'une importance égale à la première, c'est la coïncidence de la limite que nous avons admise entre le Tournaisien et le Viséen avec la limite adoptée, en dernier lieu, par Vaughan entre les deux étages du Calcaire carbonifère de l'Angleterre. En Belgique comme en Angleterre, le niveau le plus inférieur du Viséen contient encore un certain nombre de fossiles tournaisiens; mais le plus grand nombre a disparu, et la plupart des survivants sont devenus moins communs, tandis que de nouvelles formes ont apparu et sont devenues communes dès la base. De plus, ce niveau inférieur (C2) se relie si intimement au niveau suivant (S1), qu'il n'est pas toujours possible d'individualiser ce dernier. La limite du Viséen à la base de C2 semble s'imposer d'autant plus, que le changement de faune qui caractérise l'apparition de ce niveau fait contraste avec la grande constance de la faune dans la puissante série sur laquelle reposent les couches C2.

III. — Comme nous l'avons fait ressortir au cours de cette étude, les subdivisions que nous avons adoptées au sein du Tournaisien, tout en occupant des niveaux stratigraphiques sensiblement constants, n'ont pas les mêmes limites que les zones paléontologiques de Vaughan. Il y a donc lieu de se demander s'il ne conviendrait pas d'adopter des subdivisions qui répondissent mieux aux limites paléontologiques. S'il s'agissait de pure théorie, peu de géologues hésiteraient à répondre affirmativement. Mais si des hauteurs de la spéculation nous descendons au problème pratique de la limitation *nette* entre les assises que doit représenter une carte géologique, nous ne tarderons pas à nous

apercevoir que la solution théorique est pour ainsi dire impossible à réaliser. D'abord, il faudrait que *les limites* entre les zones paléontologiques *existassent*. Or, si l'on veut bien examiner avec soin les faits tels qu'ils ont été décrits, on remarquera que les zones Z2 et C1 ne diffèrent guère entre elles que par l'abondance relative de certaines espèces ou de certains genres, et que cette abondance croît ou décroît parfois d'une façon si bien graduée, que le choix d'un horizon net pour limiter deux zones dans une coupe donnée serait souvent arbitraire. A plus forte raison ne pourrait-on avoir conscience de tracer cette limite au même niveau stratigraphique en différents points. En second lieu, une limite purement paléontologique ne peut être tracée au milieu d'un même facies lithologique, que si les fossiles caractéristiques abondent à tous les niveaux, ou tout au moins aux approches de la limite à déterminer. Or, tel ne paraît pas être le cas chez nous. Enfin, ajoutons qu'une carte géologique n'est pas une carte *purement paléontologique*; que, si l'on ne peut faire abstraction des fossiles pour l'étude du synchronisme des couches, cependant la géologie étudie la variation de la nature des dépôts, autant que la variation des faunes; enfin, qu'au point de vue des applications, il importe de représenter, sur une carte géologique, une même roche par une même teinte, lorsqu'il est possible de le faire sans commettre d'anachronisme géologique. Nous pensons donc que la question doit être réduite à celle-ci : Pourrait-on trouver, au sein de notre Tournaisien, des niveaux lithologiquement reconnaissables qui coïncidassent mieux avec les limites paléontologiques que celui que la légende officielle a adopté, sur notre proposition, pour séparer le Tournaisien en deux assises?

Dans l'état actuel de nos connaissances, nous ne croyons pas pouvoir répondre à cette question d'une façon catégorique. Si l'on se résolvait à faire entrer dans le Carbonifère l'assise d'Étroëungt, peut-être y aurait-il lieu de tracer une limite d'assise à la base des schistes dits à *octoplicatus*; mais l'étude de la faune du Calcaire d'Hastière serait nécessaire, avant que l'on puisse dire si cette limite aurait une valeur paléontologique. Nous ignorons aussi, avons-nous dit, à quel niveau *précis* se trouve chez nous la limite entre les zones Z1 et Z2. Si l'observation montrait qu'elle est voisine du sommet du Calcaire de Landelies, peut-être serait-il recommandable de porter à la base des Calschistes de Maredsous la limite que nous plaçons aujourd'hui au sommet de cette formation. Par contre, ce que nous avons dit du passage de Z2 à C1 s'oppose à ce qu'on cherche à tracer, entre ces

deux zones, une *limite purement paléontologique*; d'autre part, la limite tracée à la base du Calcaire d'Yvoir semble correspondre à un horizon à peu près constant, ce qui n'est pas le cas pour la limite inférieure du Petit-granit, et le Calcaire d'Yvoir, bien qu'il semble encore se trouver dans la zone Z2 telle que l'entend Vaughan, commence déjà cependant à présenter des affinités paléontologiques marquées avec la zone C1.

IV. — La question que nous avons posée pour le Tournaisien se présente également pour le Viséen. Les principes que nous avons exposés plus haut pourraient nous amener à proposer de tracer une limite d'assise sous la grande brèche : cette limite correspondrait, en effet, à *peu de chose près*, à la base de la zone à *Dibunophyllum* et à *Productus giganteus*, c'est-à-dire à l'une des limites les plus importantes au point de vue paléontologique, comme au point de vue paléogéographique. L'adoption de cette limite pourrait, sans doute, présenter des difficultés pour le levé de la carte, à cause de la ressemblance lithologique des couches qui se trouvent au-dessus et en dessous de la Grande brèche, et aussi à cause de l'existence de brèche à d'autres niveaux. Mais, dans la plupart des cas, une étude attentive permettrait d'éviter des erreurs, même sans avoir recours aux fossiles caractéristiques, qui peuvent faire défaut.

Que si l'on veut conserver, en outre, une subdivision au sein des couches viséennes inférieures à la Grande brèche, comme semble le conseiller la puissance assez considérable de ce complexe, cette limite ne peut être tracée qu'au sommet ou à la base du Calcaire de Neffe proprement dit. Nous avons dit que la première de ces deux limites a toutes les chances de se trouver partout au même niveau stratigraphique; au point de vue lithologique, elle est manifestement préférable à la seconde. Nous ne pouvons nier cependant qu'elle présente l'inconvénient de se trouver au beau milieu d'une zone paléontologique. Mais, *d'après ce que l'on connaît jusqu'ici*, la seconde de ces deux limites (qui pourrait être considérée comme réalisant *ce qu'a voulu* la légende officielle, mais sans pouvoir parvenir à son but) ne se trouverait pas non plus à la base de la zone S2, et elle ne se trouverait pas partout au même niveau stratigraphique. Toutefois, avant de se prononcer définitivement, il y aurait lieu d'étudier la succession des faunes dans des coupes où le Calcaire de Neffe présente son extension normale, *ni plus ni moins*. Il ne serait pas impossible que l'on arrivât à constater que la limite inférieure de cette extension normale n'est pas loin de coïncider avec la base de la zone S2. Si cette consta-

tation amenait à adopter cette limite, on pourrait échapper aux inconvénients signalés plus haut, en employant la méthode que nous avons mise nous-même en pratique dans la bande d'Anthée, pour arriver à obéir autant que possible à la légende officielle. Cette méthode consiste à tracer d'abord la limite entre le Calcaire de Neffe et le Calcaire d'Anthée, puis à tracer ensuite, *au jugé*, la limite que l'on suppose correspondre au niveau normal de base du Calcaire de Neffe, en tenant compte de la puissance de ce calcaire constatée dans de bonnes coupes de la région où le Calcaire de Neffe se présente avec son développement normal. Dans la bande d'Anthée, en traçant la limite d'après ce procédé, nous avons constaté que tous les affleurements situés entre les deux lignes appartiennent au facies de Neffe, tandis qu'au-dessous de la limite inférieure, un bon nombre d'affleurements appartiennent au même facies, mais d'autres, qui leur sont irrégulièrement entremêlés, appartiennent à des roches différentes et notamment à de la dolomie grenue. L'expérience seule pourra montrer si le même procédé donnerait également de bons résultats lorsque le facies *Dolomie et calcaire de Sovet* empiète, au contraire, sur la base du Calcaire de Neffe.

J. LORIE. — Le Diluvium de l'Escaut.

Le Secrétaire général résume le mémoire de notre savant membre honoraire ; ce travail sera inséré aux *Mémoires*.

G. SCHMITZ, S. J., et X. STAINIER. — La géologie de la Campine avant les puits des charbonnages.

SIXIÈME NOTE PRÉLIMINAIRE (1).

Un nouveau facies du Montien en Campine.

Dans notre deuxième note, nous avons décrit le Montien de Campine comme constitué exclusivement par des argiles plastiques à caractères poldériens. Bien que pareille formation comporte ordinairement des alternances d'argiles et de sables, nous ne pouvions en

(1) La première, la deuxième et la cinquième notes préliminaires ont paru dans le *Bulletin de la Société belge de Géologie*, tomes XXIII, 1909, et XXIV, 1910 (Proc.-verb.). La troisième et la quatrième notes ont paru dans les *Annales de la Société géologique de Belgique*, tome XXXVI, 1909 (Bull.)

parler, étant donné que ces derniers n'avaient été observés nulle part.

Heureusement, grâce aux procédés perfectionnés de la Société Foraky, le dernier sondage d'Eysden (n° 81) de la Société anonyme des Charbonnages Limbourg-Meuse nous a fait découvrir un nouvel aspect du Paléocène.

Il s'agit d'une argile gris brunâtre disposée en feuillets alternant avec des filets de sable d'un gris sale et mouchetés de points charbonneux.

A voir l'extérieur des carottes, on dirait un de ces psammites zonaires à stratifications entrecroisées et à joints charbonneux dont nous avons si fréquemment relevé la présence dans les stampes du Houiller. Naturellement, ce n'est qu'un psammite en formation, il ne présente ni la compacité ni la dureté voulues pour répondre à cette dénomination tout court.

A la simple dessiccation, les feuillets se dissocient et l'argile se récroqueville comme du cuir.

Les nombreuses esquilles de lignite répandues spécialement sur les joints et dont l'augmentation accuse la teinte sombre de la roche vers la base n'ont malheureusement fourni jusqu'ici aucune indication paléobotanique précise.

Nous avons observé cette roche sur une épaisseur de 8^m95 (de 212 mètres à 220^m95). Elle commence sous le gravier heersien (Hsa), qui contient à cet endroit des nodules argileux en plus des éléments remaniés déjà signalés. La proportion argileuse augmente graduellement avec la profondeur en même temps que la teinte de la roche devient d'un brun de plus en plus foncé.

A la base, le Montien passe au Crétacique par un banc de 0^m60 (de 220^m95 à 221^m55) de conglomérat. L'argile sableuse réduite en une pâte verdâtre est pétrie de fragments de Tuffeau maestrichtien d'un blanc jaune. L'absence d'éléments roulés fait croire ici bien plutôt à une macération de la tête du Crétacique altéré dans les eaux montiennes qu'à un gravier de base.

Si c'est la seule place où l'on a signalé ce facies montien, est-ce à dire qu'il n'existe nulle part ailleurs en Campine? Nous ne le pensons pas. Il serait même étonnant que l'un ou l'autre des nombreux sondages ne l'ait point recoupé, alors qu'ils ont rencontré tant de fois les argiles synchroniques.

Qu'on ne l'ait pas observée, s'explique aisément par le fait que cette roche peu consistante devait se comporter sous le trépan de la même

façon que les sables heersiens qui la précédaient immédiatement dans le forage. D'autre part, les résidus sensiblement les mêmes des deux sédiments voisins devaient se mêler si intimement dans le courant de l'eau d'injection que la récolte sur le tamis ne pouvait pas en accuser le mélange.

Tout concourait donc à masquer l'observation, et l'on ne sera pas surpris que le fait ait échappé si l'on pense que la présence des argiles montiennes, pourtant si consistantes, n'a pas toujours été remarquée.

Si notre contribution actuelle accuse les traits de ressemblance du Montien de Campine avec celui du Hainaut, elle n'apporte cependant pas d'éléments pour mieux préciser l'extension de l'horizon paléocène en Campine. Toutefois, il y aura lieu d'examiner si, là où le sondeur a donné une épaisseur exagérée aux sables heersiens, cette exagération ne pourrait pas être expliquée par la présence du facies sableux du Montien entre le Heersien et le Crétacique.

N.-J. KRISCHTAFOWITSCH. — Sur la dernière période glaciaire en Europe et dans l'Amérique du Nord en rapport avec la question de la cause des périodes glaciaires en général. (Traduit du russe par Mr. W. P.)

Les découvertes de formations glaciaires faites pendant ces dix dernières années dans tous les continents, et cela à partir des périodes les plus anciennes de l'histoire de la Terre, ont enrichi la science de données toutes nouvelles, fort importantes et fort variées, données qui me permettent d'émettre en ce moment quelques idées générales et quelques déductions concernant les questions les plus vitales de la géologie glaciaire; nous pouvons réduire celles-ci aux interrogations suivantes : *Qu'entend-on par période glaciaire, quelles sont les causes immédiates qui l'ont amenée et, ensuite, qu'entend-on par époques glaciaires et interglaciaires ?*

Jusqu'en ces derniers temps, jusqu'à ce jour même, il n'y a pas trace d'entente parmi les géologues sur ces questions fondamentales. Les controverses entre savants sont fort compréhensibles, si l'on prend en considération que, d'une part, la détermination de ces termes exige leur strict accord avec tous les faits matériels connus, non seulement avec ceux qui sont en rapport immédiat avec la question, mais aussi avec toutes les parties des sciences contiguës et que, de l'autre, l'accumulation même de ces faits, entreprise par les géologues à une date relativement rapprochée, s'est développée sans plan, sans régula-

rité, et que, jusqu'à ces derniers moments, elle a été continuellement accompagnée de vraies surprises.

Je ne citerai pas en ce moment les très nombreuses opinions et les hypothèses existant sur la provenance de la période glaciaire, je ne ferai qu'indiquer qu'elles se groupent en astronomiques, cosmiques et telluriques, et que, du nombre de ces dernières, notre attention est particulièrement attirée par une hypothèse qui est la plus rapprochée de celle que je soutiendrai ici, hypothèse émise par le Prof^r A. Woeikoff, détaillée par la suite par N.-M. Knipowitch et, dans ces derniers temps, par le Prof^r E. Geinitz. Suivant cette hypothèse, la période glaciaire a été provoquée par des changements dans la répartition des mers et des terres, et par les changements de la direction des courants chauds de l'air et de la mer qui en furent la suite, particulièrement par le soulèvement de la Scandinavie et par la déviation du Gulfstream loin des rivages de cette dernière.

En étudiant pendant plus de vingt années les formations glaciaires, j'ai systématisé et qualifié soigneusement et, autant qu'il m'était possible, complètement tous les matériaux s'y rapportant, tant ceux que j'ai recueillis personnellement que ceux qui existent dans la littérature géologique.

Ce sont ces travaux qui me donnent aujourd'hui le courage d'essayer, personnellement, l'élucidation des questions susdites, questions fort difficiles et fort compliquées de la géologie glaciaire.

A partir des temps géologiques les plus éloignés, en commençant par l'ère paléozoïque, les massifs primitifs de l'hémisphère nord — le Canadien, le Scandinavien et l'Angarien — n'ont jamais été complètement submergés par les eaux de la mer et ont représenté, et représentent actuellement, les parties les plus stables des continents anciens et de ceux qui leur ont succédé. Tandis que les intervalles entre ces massifs ont été constamment soumis à des variations ininterrompues, se manifestant par des changements continuels dans la répartition de l'eau et de la terre, ces massifs mêmes sont restés de tout temps des continents peu variables.

A partir de l'ère cainozoïque, la terre ferme de l'hémisphère boréal se soulève d'une façon presque continue, et les centres de ce soulèvement sont toujours les mêmes massifs; quant aux mers, elles reculent de plus en plus de ces centres de soulèvement. En même temps, selon le témoignage de données paléontologiques nombreuses et variées, le climat change aussi, devenant, de chaud qu'il était, de plus en plus froid, surtout dans les latitudes nord; le règne des animaux et celui

des végétaux changent aussi en composition et en habitat en rapport avec les changements du climat et des conditions physico-géographiques en général. Vers le milieu de cette ère (dès la fin de l'Oligocène), tous ces changements atteignent déjà une intensité nettement marquée, et cela partout, tant en Europe que dans l'Amérique du Nord.

Au Congrès des naturalistes russes, à Moscou (janvier 1910), nous avons entendu l'intéressant rapport du Prof A.-N. Krasnoff sur le résultat de ses études sur les restes de la végétation tertiaire du Sud de la Russie, rapport qui nous a dessiné un tableau magnifique du changement progressif de la végétation de cette région, à partir de l'Éocène, sous l'influence du changement graduel du climat, confirmant de la sorte la justesse de notre caractéristique pour la partie Sud-Est de l'Europe.

Vers la fin du Pliocène, le refroidissement général des mers atteignit vraisemblablement son apogée et fut si considérable que les représentants de la faune boréale se répandirent non seulement dans les parties qui appartenaient alors au bassin de l'Océan Atlantique, mais même dans les eaux de la Méditerranée; ce sont : *Cyprina islandica*, *Saxicava arctica*, *Mya truncata*, *Panopæa norvegica*, *Trichotropis borealis* et d'autres qui habitent maintenant exclusivement les mers boréales. La faune terrestre, qui, vers ce temps, avait aussi subi des changements encore plus considérables et qui avait, même sur les limites Sud-Ouest de l'Europe, un certain nombre de formes septentrionales, était limitée dans son expansion, vraisemblablement, sinon exclusivement, principalement par les contrées Sud et en partie par les contrées Ouest du continent (dans la moitié du Nord de l'Europe, on n'a pas encore trouvé un seul reste de végétal ou d'animal datant de ce temps). Dans le calcaire du Pliocène supérieur d'Odessa, dans le Sud de la Russie, on rencontre souvent des blocs de roches cristallines, apportées du Nord certainement par des glaces flottantes; c'est cette dernière circonstance qui donne de la vraisemblance à la supposition qu'alors le manteau finno-scandinave s'était déjà étendu jusque dans le bassin de la mer Pontienne, où les rivières d'alors pouvaient charrier des glaçons détachés de la calotte glaciaire portant les susdits blocs.

Tout témoigne que vers la fin du Pliocène d'énormes surfaces en Europe et en Amérique (Nord) se trouvaient déjà sous la glace et que l'influence de cette dernière se réfléchissait à un fort degré sur le caractère général de la vie des deux continents. Si le régime glaciaire régnait déjà alors en Europe et dans l'Amérique du Nord, il est indubitable qu'il faut en reporter le commencement, les premiers stades

de l'accroissement des manteaux glaciaires, loin dans les profondeurs de l'ère caïnozoïque, peut-être à la fin de l'Oligocène.

La carte de l'extension des mers baignant les bords de l'Europe et de l'Amérique du Nord indique que les eaux de l'Océan Atlantique d'alors n'approchaient pas du tout des parties Nord de ces continents et que les sédiments correspondants s'arrêtent net en Europe approximativement vers le 53° de latitude Nord et en Amérique vers le 42°. Il est évident qu'à ce moment les deux continents avaient une bien plus grande surface et que, précisément, ils étaient étirés dans leurs parties Nord à la rencontre l'un de l'autre selon la latitude.

Le relief actuel du fond de l'Océan Atlantique confirme cette déduction d'une façon remarquable, car c'est justement dans la direction de la limite Nord de l'extinction dans les eaux de l'Océan de l'expansion des sédiments pliocènes marins que se prolonge à travers l'Océan, actuellement encore, une élévation ininterrompue dont les parties les plus hautes sont : les îles Britanniques, les îles Féroé, l'Islande et le Groenland.

Cette élévation, qui traverse l'Océan Atlantique, sert maintenant encore de barrière entre ce dernier et l'Océan Glacial arctique, et est même la limite zoo-géographique de leurs faunes. Il est très vraisemblable, déjà *a priori*, que ce soit précisément cette élévation qui ait été soulevée encore pendant le Pliocène et qui ait formé une bande de terre ferme continue et proportionnellement plus large, réunissant les deux continents, et que les contours Sud de cette terre même aient formé le rivage déjà cité de l'océan pliocène.

L'existence d'un lien direct de *terre sèche* entre l'Europe et l'Amérique du Nord en ce temps, ainsi qu'à l'époque immédiatement postérieure, est confirmée *de facto* par de nombreuses données de la faune, de la flore et même de la paléo-ethnologie ; à parler plus précisément, on a constaté dans les dépôts (sédiments) pliocènes dans les parties Est de l'Amérique du Nord et dans les parties Ouest de l'Europe un nombre considérable de formes fort proches et même identiques, qui indiquent l'existence d'un échange direct entre la flore et la faune des deux continents à cette époque.

A titre de démonstration, je citerai deux exemples. Les plus anciens types du Mammouth de l'Amérique du Nord (*Elephas Columbi* et *El. Imperator*) sont les plus proches de l'ancien Mammouth de l'Europe *Elephas antiquus*, qui était répandu principalement dans l'Ouest et le Sud de l'Europe et dans le Nord-Ouest de l'Afrique, et qui est complètement inconnu en Asie et particulièrement en Sibérie. Les restes de

la culture de la population *paléolithique la plus ancienne* de l'Amérique du Nord sont les plus voisins et par les types des instruments et par l'âge géologique de ceux de l'Ouest de l'Europe, et cette dernière, si l'on se borne aux faits existants, doit être considérée comme le plus ancien berceau effectif de l'humanité; ces restes ne correspondent pas du tout, ni sous l'un ni sous l'autre des rapports indiqués, aux types asiatiques et particulièrement au type sibérien. Pour ne pas allonger mon travail, je me bornerai, en attendant, à ces exemples, mais je répète qu'on pourrait en citer encore toute une série pour démontrer l'existence du lien direct de terre ferme entre les deux continents au temps considéré (fin du Pliocène et commencement du Postpliocène).

Les eaux de l'Océan Pacifique, au contraire, avaient en ce même temps une communication bien plus large avec celles de l'Océan Glacial arctique qu'elles ne l'ont au temps présent, car, pendant le Pliocène, elles recouvraient les parties Nord-Ouest de l'Amérique du Nord et augmentaient de la sorte encore plus l'étendue aquatique qui sépare ce continent de l'Asie. C'est en rapport avec ce fait que l'échange de la faune et de la flore terrestres entre l'Asie et l'Amérique du Nord ne pouvait avoir lieu. Et, en réalité, cet échange entre les deux continents n'a eu lieu que beaucoup plus tard (pas avant le milieu du Pliocène), quand s'exécuta le passage dans l'Amérique du Nord du vrai Mammouth sibérien typique, *Elephas primigenius*, et même de son compagnon le Rhinocéros poilu, *Rhinoceros tichorhinus* (les restes des deux sont connus en Amérique aux limites Nord-Ouest), de beaucoup d'autres espèces d'animaux et de plantes, de même que de l'homme asiatique, qui se trouvait encore au stade paléolithique sous le rapport de la culture, mais des types les plus avancés (les instruments sont fort proches des types des stations paléolithiques de l'Est de la Sibérie). Ce dernier émigrant, s'étant ensuite répandu sur tout le continent des Amériques du Nord et du Sud, est indubitablement en rapport de famille le plus étroit avec la population indigène contemporaine du nouveau monde.

Ainsi, dans la seconde moitié du Pliocène et au commencement du Postpliocène, l'Océan Glacial arctique était *fermé*, du côté de l'Océan Atlantique, par une terre ferme, et les courants chauds équatoriaux de ce dernier ne pouvaient y pénétrer; avec les eaux de l'Océan Pacifique il avait, au contraire, une communication bien plus considérable qu'à présent, et les courants chauds équatoriaux pouvaient y pénétrer librement et baigner les parties adjacentes des continents.

Quelles conséquences une telle répartition nouvelle de la terre et de l'eau pouvait-elle avoir pour l'Océan Glacial même et pour les parties adjacentes de terre ferme qui l'entouraient?

Il est hors de doute que dans une partie prédominante de cet océan, complètement isolée en ce temps des courants chauds, des glaces éternelles et des glaciers devaient se développer, pareillement à ceux qui dominent en ce moment au Groenland et dans l'archipel polaire de l'Amérique du Nord, où les eaux chaudes des courants équatoriaux ne parviennent presque pas. Et, au contraire, la partie de cet océan qui était acquise à l'accès des eaux chaudes de l'Océan Pacifique, pouvait avoir des conditions climatiques plus tempérées, quoique toutefois, en général, vraisemblablement fort rigoureuses, peut-être pareilles, approximativement, à celles qui existent en ce moment au Spitzberg; c'est qu'alors cet océan était entouré par la terre sur une longueur de près de 545°, au lieu des 515° actuels.

Mais à partir de l'archipel polaire de l'Amérique du Nord (les îles Parry et Melville) jusqu'aux îles de la Nouvelle-Sibérie, l'Océan Glacial arctique, étant fermé aux courants chauds de l'Océan Atlantique, a dû en tout cas se revêtir de glaces éternelles, ce qui, à son tour, n'a pas pu ne pas se refléter sur l'abaissement général de la température des parties adjacentes de la terre ferme. Et voilà que sont créées toutes les conditions nécessaires pour la croissance intensive des glaciers continentaux, qui, s'étendant de leurs centres (massifs primitifs finno-scandinaviens et canadiens), ont graduellement revêtu d'un manteau glaciaire toute la partie Nord-Est de l'Amérique du Nord et toute la partie Nord-Ouest de l'Europe, et de même beaucoup d'autres hautes montagnes et cimes non seulement des latitudes boréales, mais même celles des latitudes méridionales. L'accumulation colossale des glaces dans l'Océan Glacial arctique et sur des étendues énormes de l'Europe et de l'Amérique du Nord a peut-être amené un abaissement général de la température sur toute la surface terrestre.

La grande période glaciaire de l'histoire la plus nouvelle de la Terre est arrivée.

De la sorte, *cette période glaciaire fut la suite de la fermeture de l'Océan Glacial arctique à l'influence immédiate des courants chauds de l'Océan Atlantique par une barrière de terre ferme.* Là où une pareille fermeture n'avait pas eu lieu, précisément du côté de l'Océan Pacifique, *de facto* il n'y avait pas eu du tout de glaciers en ce temps, ou ils n'étaient formés que dans des points isolés et cela très faiblement en général.

Il est certain que cette circonstance ne fait que confirmer la justesse de l'idée générale que nous développons ici.

Ainsi la fermeture de l'Océan Glacial arctique par une barrière de terre ferme du côté de l'Atlantique a été provoquée par le *soulèvement latitudinal* de la croûte terrestre sur toute l'étendue entre les massifs primitifs finno-scandinavien et canadien.

En 1894 déjà, l'Académicien A.-P. Karpinsky a établi pour la Russie d'Europe la *périodicité* des oscillations de la croûte terrestre dans les directions *latitudinale et méridienne*.

Actuellement, il me semble que nous pouvons de plein droit appliquer cette déduction à toute la surface terrestre (voir les cartes de la répartition de la terre et de l'eau à la surface terrestre aux diverses époques de l'histoire de la Terre par Neumayr, Lapparent, Chamberlin, Koken, Frech, Arldt, etc.), et si nous nous reportons de la dernière période glaciaire (cainozoïco-postpliocène) de l'histoire de la Terre que nous avons examinée aux périodes plus anciennes, constatées aux divers temps géologiques à partir du Précambrien, et si nous orientons les traces de chacune d'elles sur des cartes correspondantes de répartition de la terre et de l'eau, nous recevrons de nouvelles confirmations remarquables des conceptions émises sur les causes de la dernière période glaciaire. Il se trouve de même que *toutes les périodes glaciaires les plus anciennes ont été accompagnées par la clôture et l'isolement des océans polaires correspondant (Nord ou Sud) aux courants équatoriaux*. Avec cela, des nombreuses traces de glaciation connues jusqu'à présent il n'y a que les glaciations précambriennes de Nan-Fou, en Chine (dans l'lang-Fsi), qui sont le plus difficiles à expliquer au point de vue émis, formations trouvées et étudiées par l'expédition américaine de l'Institut Carnegie. Cependant, dans le cas donné, en se ralliant à l'opinion de B. Willis, nous ne devons vraisemblablement voir dans ces dernières que le retentissement local du régime glaciaire de ce temps dans le Nord de l'Asie, de même que nous ne considérons la glaciation post-tertiaire de beaucoup de montagnes du Sud de l'Europe et de l'Asie que comme le retentissement du régime glaciaire général dans les contrées situées plus au Nord.

Je passe à l'éclaircissement des conceptions : *époques glaciaires et interglaciaires*.

Il y a trois points de vue différents dans ces conceptions.

Quelques géologues considèrent chaque époque glaciaire comme indépendante par rapport à l'extension du manteau glaciaire, c'est-à-dire qu'ils comptent qu'à chaque époque le manteau glaciaire se

développait de son centre primitif et, ayant atteint son apogée d'expansion, se rétrécissait de nouveau jusqu'à ce même centre primitif et disparaissait même tout à fait; par rapport à cela, ils considèrent chaque époque interglaciaire comme un temps intermédiaire entre deux époques glaciaires consécutives, pendant lequel le pays était *tout à fait* exempt de glace et jouissait partout de conditions favorables au développement de la vie organique.

D'autres soutiennent l'opinion qu'à chaque période interglaciaire le manteau glaciaire ne faisait que *reculer* plus ou moins loin de la limite de son expansion maximale pendant la période glaciaire précédente et qu'ensuite, pendant la période glaciaire suivante, il s'étendait de nouveau, ensevelissant les dépôts de la période interglaciaire précédente.

Enfin, les troisièmes ne démembrent pas du tout la période glaciaire en époques, n'admettant ni leur unité chronologique ni leur unité stratigraphique; ils expliquent les formations interglaciaires par des oscillations qui ne sont reliées à aucun laps de temps déterminé; dans l'histoire du développement du manteau glaciaire, ils ne distinguent que les *phases* de son expansion (progression) et, ensuite, de son extinction (retrait).

Pour déterminer lequel de ces trois points de vue correspond le plus à la réalité, nous ferons une courte revue de quelques moments et particularités les plus graves et les plus intéressants dans l'histoire du développement du manteau glaciaire finno-scandinavien pendant la dernière période glaciaire caïnozoïco-postpliocène.

Quant à la *première moitié* de l'histoire du développement de ce manteau, on n'a pas jusqu'à présent de données suffisantes pour en tirer des conclusions et des déductions positives. Nous ne possédons de riches matériaux étudiés qu'à partir de la *glaciation maximale (saxoniennne)*, dont les limites ont été en général suivies et déterminées assez soigneusement.

Ce qui suivit cette grande glaciation est nommé *époque interglaciaire helvético-neudekienne* et n'est pas mal aussi étudié à présent, quoique l'étude soit encore loin d'être complète.

J'ai repéré sur une carte tous les dépôts *intermorainiques* de ce temps, connus jusqu'à présent en Europe, et, comme résultat, il se trouve qu'ils sont tous disposés dans les limites d'une *bande* strictement déterminée, d'une largeur de 500 verstes, qui *ceint d'une façon ininterrompue le côté frontal du manteau glaciaire polono-mecklembourgien qui les recouvre*; ils ont partout pour base les formations morainiques

de la glaciation saxonnienne; ils sont composés des dépôts les plus variés : alluviaux, diluviaux, éoliens, subaéreaux, par place marins, et contiennent très souvent *in situ* les restes d'une faune et d'une flore très riches et très variées aussi.

L'ininterruption de cette bande de dépôts intermorainiques sur toute l'étendue de terrain depuis l'Océan Glacial arctique jusqu'à la mer du Nord, la stricte constance de leur position stratigraphique et, enfin, le rapport de tous uniquement à cette bande même, témoignent d'une façon convaincante que tous ces effets doivent leur existence non à des oscillations locales partielles des bords du manteau glaciaire, mais qu'ils se trouvent en rapport avec une cause *générale* grâce à laquelle le manteau glaciaire de la glaciation saxonnienne, qui avait reculé presque de 1 000 verstes de la limite de sa plus grande expansion (jusqu'à la ligne de la limite intérieure de la bande des dépôts morainiques), ce qui a, indubitablement, exigé un temps énorme pendant lequel les parties libres de glace ont eu le temps de survivre à toute une série de changements physico-géographiques et climatiques en rapport avec des changements multiples et très graves dans la composition et dans l'extension de la population animale et végétale, a recommencé à se développer et à avancer *simultanément* sur toute l'étendue de son front, et s'est propagé à des centaines de verstes (jusqu'à 500).

Ce qui vient d'être dit peut être confirmé par d'autres arguments fort sérieux.

J'ai marqué sur une carte tous les gîtes des os de Mammouth connus dans la littérature et trouvés *in situ*, et par cette voie j'ai composé une *carte de l'extension du Mammouth en Europe* pendant le Posttertiaire. La carte est fort curieuse. Il se trouve que le Mammouth n'a pas du tout existé ni en Scandinavie, ni en Finlande, ni dans les provinces baltiques, mais qu'en même temps il avait une grande extension vers l'extrême Nord-Est de la Russie jusqu'aux bords de l'Océan Glacial arctique et qu'il vivait en même temps sur les îles Britanniques actuelles. Quelles sont donc les causes qui ont amené sa répartition si capricieuse en Europe? On a une réponse fort précise si l'on compare la carte de la répartition du Mammouth avec la carte de l'extension des dépôts intermorainiques examinée plus haut. En Europe, le Mammouth n'existait pas précisément au delà des limites de ces dépôts intermorainiques, c'est-à-dire, en parlant autrement, c'est le manteau glaciaire continuant à recouvrir les provinces baltiques, la Finlande et la

Scandinavie pendant l'époque interglaciaire helvétio-neudekienne, qui servait d'obstacle à son extension.

Une autre carte, que j'ai composée de la même manière, est celle de l'extension des stations paléolithiques de l'Homme préhistorique en Europe, Homme contemporain du Mammouth. En l'examinant, nous devons répéter tout ce qui a été dit à propos de la carte de l'extension du Mammouth. *L'Homme paléolithique n'a vécu ni dans les provinces baltiques, ni en Finlande, ni en Scandinavie*, parce que ces parties de l'Europe se trouvaient alors sous la glace.

Cependant, le Mammouth (*Elephas primigenius*) et l'Homme paléolithique (de la seconde moitié du Paléolithique) sont considérés, en toute justice, comme les représentants les plus caractéristiques précisément de l'époque interglaciaire helvético-neudekienne.

De tout ce qui vient d'être dit, il s'ensuit que les dépôts interglaciaires ne sont pas le résultat d'oscillations locales, partielles, non simultanées, des parties marginales du manteau glaciaire, mais qu'ils représentent des *mouvements généraux séculaires, simultanés, grandioses sur toute l'étendue, mouvement de retrait et ensuite d'avancement du manteau glaciaire*, indépendants de ses oscillations locales marginales.

Quelles sont donc les causes *générales* qui ont pu provoquer le changement des époques glaciaires et interglaciaires?

Revenons à la théorie sus-décrite de la provenance des périodes glaciaires et supposons que la barrière latitudinale de terre ferme qui servait de clôture à l'Océan Glacial ait commencé à *s'affaïsser* temporairement dans une direction méridienne dans l'une de ses parties (probablement vers l'Ouest des îles Britanniques) et que, comme résultat, il y ait eu renouvellement de communication entre les eaux de cet océan et celles de l'Océan Atlantique. Il est hors de doute qu'alors les courants chauds équatoriaux de ce dernier auraient créé avec le temps dans l'Océan Arctique des conditions pareilles à celles qu'on observe à présent, par exemple près des bords de la Scandinavie baignés par le Gulfstream. Les manteaux glaciaires continentaux auraient aussi commencé à diminuer et à reculer, réduisant leurs dimensions. Un nouveau *soulèvement* et une nouvelle clôture de l'Océan Glacial amèneraient certes un renouvellement du régime glaciaire précédent, et les glaciers continentaux recommenceraient à croître et à s'étendre. Pour parler brièvement, nous aurions dans le cas donné précisément le tableau général qui caractérise tous les effets et tous les événements de l'époque interglaciaire.

Cependant, la *supposition* que nous avons faite des affaissements méridiens de la terre ferme durant la période glaciaire était un *fait* en réalité et avec cela un fait non exclusif, non unique même et fort *caractéristique*. Maintenant on a positivement établi que chaque époque interglaciaire a été accompagnée par des *transgressions marines* précisément *méridiennes*.

Pendant l'époque helvético-neudekienne, ces transgressions furent particulièrement nombreuses et étendues. En Europe, par exemple, on a pendant cette époque les transgressions principales suivantes (toutes dans le sens méridien) : vers le Sud de la mer du Nord, vers le Sud de la mer Baltique, vers le Sud de la mer Blanche et de l'Océan Glacial, vers le Nord de l'Aralo-Caspien (ces deux dernières ont été particulièrement étendues).

De la sorte *les affaissements méridiens durant les époques interglaciaires étaient des effets généraux et se trouvaient en liaison mutuelle, directe, ininterrompue.*

Je reviens à l'examen postérieur de l'histoire de la dernière période glaciaire. Le fait que c'est justement à ce temps que se rapporte visiblement la séparation définitive de la faune et de la flore européennes et nord-américaines, est la confirmation de la supposition sus-indiquée de l'affaissement méridien, durant l'époque helvético-neudekienne, vers le Sud des îles Britanniques actuelles.

Le temps de cet affaissement méridien, qui sans aucun doute fut très prolongé, fut de nouveau remplacé par une époque de soulèvement méridien qui referma l'Océan Glacial arctique, mais pour cette fois pour un laps de temps relativement court ou, plus justement, d'une façon incomplète. Le manteau glaciaire qui, durant l'époque précédente de l'affaissement, n'avait pas eu le temps de reculer hors des provinces baltiques, de la Finlande, etc., recommença à se développer et à s'étendre, quoique pour cette fois le territoire regagné fût incomparablement moindre et que l'époque même du régime glaciaire fût visiblement considérablement moins longue que la précédente. C'est approximativement à cette époque que l'Amérique du Nord fut temporairement reliée au Nord-Est de l'Asie (v. plus haut).

C'est ici que j'en finis de l'examen de l'histoire de la dernière période glaciaire.

Il suffit de ce qu'il a été dit pour faire une déduction générale :

La période glaciaire en Europe et dans l'Amérique du Nord a été provoquée par un soulèvement latitudinal, géologiquement long, de la croûte

terrestre, isolant l'Océan Glacial arctique des courants chauds équatoriaux de l'Océan Atlantique; quant aux époques glaciaires et interglaciaires, elles correspondent aux époques des mouvements oscillatoires séculaires de cette barrière latitudinale, donc les premières correspondent aux époques du soulèvement latitudinal maximal et à la clôture plus ou moins parfaite de l'Océan polaire, les secondes aux époques des affaissements méridiens et à la communication temporaire des eaux des deux océans.

Pour conclure, encore quelques mots spécialement sur les oscillations du manteau glaciaire, c'est-à-dire sur les variations partielles locales de ses parties marginales.

Dans la périphérie de chaque ancien manteau glaciaire, on observe toujours de nombreuses *moraines frontales* ⁽¹⁾, disposées tantôt en rangs parallèles, tantôt s'entrecroisant dans diverses directions, parfois très petites en longueur et en développement, tantôt, au contraire, relativement fort longues et fort développées, etc.; à mesure de l'éloignement de la périphérie dans la direction du centre glaciaire, ces moraines sont de plus en plus rares et disparaissent bientôt presque complètement, et, sur d'énormes étendues, on ne trouve plus que l'extension de la moraine de fond du glacier donné.

Cette régularité dans la répartition des moraines frontales est particulièrement marquée clairement chez nous dans la Russie d'Europe, où les manteaux glaciaires saxonien et polono-mecklembourgeois avaient le plus grand développement et la plus grande extension (voir, par exemple, la carte des moraines frontales de la glaciation saxonnienne, composée par P.-A. Futkowsky pour les gouvernements de Kiev et de Wolhynie, et pour la glaciation polono-mecklembourgeoise, les cartes de A.-B. Missuna des gouvernements de Wilna, de Minsk, de Witebsk et de Fwer).

Il est indubitable que chaque moraine frontale, pour être formée, exige un certain mouvement d'avancement quoique d'une partie marginale correspondante quelconque du manteau glaciaire et que, ensuite,

(1) Ces moraines, représentant de magnifiques barrages naturels, retenaient habituellement les eaux de fonte du manteau glaciaire reculant, en formant des systèmes entiers d'innombrables étangs de grandeur variée; et comme, de la sorte, la provenance de ces étangs est reliée avec les moraines frontales, les uns et les autres forment une zone commune dans la périphérie de chaque ancien manteau glaciaire. Il va de soi que, dans la périphérie des glaciations les plus anciennes, les moraines frontales ainsi que les étangs n'existent plus maintenant dans beaucoup de cas, étant effacés et détruits par le temps ou ensevelis sous les dépôts postérieurs.

pour être déposée, un mouvement contraire de recul de la même partie du manteau glaciaire est nécessaire.

De la sorte, *chaque moraine frontale témoigne d'un certain mouvement oscillatoire d'une partie plus ou moins considérable du manteau glaciaire.*

Si nous observons sur un espace *restreint* la présence de nombreuses moraines frontales, disposées avec cela dans des directions diverses, nous avons le droit de conclure que, en cette localité, il y a eu de nombreux mouvements oscillatoires de petites portions isolées du manteau glaciaire, mouvements conformes dans leurs directions aux détails du relief local et aux autres conditions physico-géographiques.

Là où, au contraire, nous observons sur une *grande* étendue de grandes moraines frontales d'une extension ininterrompue, nous déduisons que, en ce cas, un mouvement oscillatoire d'une partie relativement plus considérable du manteau glaciaire a eu lieu.

La puissance (hauteur et largeur) et le développement de la moraine frontale indiquent aussi, au moins dans un très grand nombre de cas, la *dimension du mouvement oscillatoire* qu'elles représentent.

En prenant tout cela en considération, il est nécessaire de distinguer les susdites moraines frontales dans les périphéries des glaciations saxonne et polono-mecklembourgeoise, moraines relativement faiblement développées, peu étendues en longueur et fort variées par leur direction, ne témoignant que des mouvements locaux des bords du manteau glaciaire, de distinguer, dis-je, ces susdites moraines des moraines grandioses par leur développement intérieur et par leur structure, s'étendant d'une manière presque ininterrompue sur des distances énormes, dans une direction unique et strictement observée. Les premières nous dessinent le tableau de *l'agonie du manteau glaciaire* qui, avant de commencer un retrait définitif, soutenait pendant un certain temps une lutte avec les conditions climatiques, qui changeaient, et qui tremblait et se démenait comme dans des convulsions par ses parties marginales. Je rapporte au second ordre des moraines frontales la moraine frontale extraordinaire du Sud de la Finlande — *Salpausselkä* — dont on peut suivre la direction strictement observée d'une façon presque ininterrompue par le cap Hangö, les îles Oesel, Dago, à travers tout le milieu de la Suède jusqu'au Sud de la Norvège, c'est-à-dire sur une étendue de plus de 1 000 verstes. Cette moraine frontale, par place tout un système de moraines, majestueuse par son développement, ceignant tout le front du manteau glaciaire scandinave

au moment correspondant de son histoire, témoigne d'un mouvement oscillatoire très grand, général et simultané, de ce manteau glaciaire. Un pareil mouvement général et simultané du manteau glaciaire n'a pu être provoqué que par une cause générale séculaire et non locale, et c'est pour cela que cette moraine frontale, par sa valeur et sa signification, ne peut être mise en rapport qu'avec une nouvelle époque glaciaire qu'elle représente en ce cas ; la cause qui l'a provoquée est la même que pour les autres époques glaciaires qui se sont développées mieux et plus fortement, et qui ont autrement marqué leur existence.

La séance est levée à 23 heures.

ANNEXE AU PROCÈS-VERBAL

COMPTE RENDU BIBLIOGRAPHIQUE

E. HAUG. — **Traité de géologie ; tome II, fascicule 2 :
Système jurassique ; Système crétacé.** (Librairie Armand
Collin, 1910.)

Comme on pouvait s'y attendre de la part de l'auteur des travaux si importants sur la géologie alpine, l'étude des systèmes stratigraphiques de la fin de l'ère mésozoïque est présentée d'une façon magistrale. Les innombrables travaux relatifs à ceux-ci ont été passés en revue, et leurs résultats, classés d'après la méthode de stratigraphie générale exposée au début du tome II, viennent se ranger en une admirable synthèse, qui constitue pour chacun des systèmes la description la plus complète et la plus claire qui ait été fournie jusqu'ici. L'auteur insiste spécialement sur la distinction qu'il a établie entre les différents facies marins, les dépôts néritiques ou côtiers et les dépôts bathyaux, qu'il considère comme les produits de sédimentation formés dans les parties centrales des géosynclinaux.

C'est grâce à cette méthode que l'exposé de la stratigraphie des systèmes jurassique et crétacé peut se suivre sans fatigue. Ce n'est plus une énumération fastidieuse de formations géologiques baptisées de noms plus ou moins artificiels et souvent éphémères. L'auteur a pieusement conservé les dénominations anciennes, du moins pour les grands groupes, tout en leur faisant subir les modifications exigées par les progrès de la science. C'est ainsi qu'il divise le Jurassique en deux sous-systèmes, celui du Lias auquel il rattache le Rhétien, et celui de l'Oolithe. Les sous-divisions correspondent assez bien à celles généralement admises par les géologues français. La compétence bien connue de l'auteur dans l'histoire des Céphalopodes fossiles apparaît

ici d'une façon évidente, autant pour caractériser les différentes zones paléontologiques, que pour établir des conclusions du plus haut intérêt sur l'évolution des bassins marins jurassiques et des différentes provinces zoologiques marines.

Conformément aux autres systèmes, celui de la période crétacée est divisé en trois groupes. Cette modification aux classifications antérieures se justifie par l'importance des formations crétacées, surtout méditerranéennes, et permet un exposé plus complet de l'évolution des transgressions et des régressions si importantes pendant cette époque.

Ce que nous devons surtout louer dans le livre du Prof^r Haug, c'est son souci constant de ne pas limiter la science géologique à un exposé sec et méthodique de la stratigraphie et de la paléontologie, et de toujours nous montrer son but suprême, celui d'atteindre des notions de plus en plus claires sur l'évolution du globe et des organismes qui s'y sont développés. C'est ainsi que les différents dépôts marins ne sont plus simplement étudiés pour eux-mêmes, mais sont présentés successivement comme les témoins de l'évolution du bassin marin où ils se sont formés. En essayant de cette façon de reconstituer les phases si nombreuses de la paléogéographie d'après l'ordre naturel de leur évolution, l'auteur éveille l'intérêt dans l'esprit de l'étudiant, et lui fournit un lien pour relier entre elles les innombrables formations que la science géologique explore sans cesse dans les terres les plus éloignées et parfois si difficilement accessibles.

Il se peut même que l'auteur ait voulu s'avancer trop rapidement dans cette voie et surtout nous présenter les dépôts d'après un schéma trop rigide.

L'océanographie, que les géologues n'ont pas jusqu'ici suffisamment pratiquée, ne fournit pas encore des éléments indiscutables pour la classification des différentes formations géologiques anciennes. Il faut donc se garder de généralisations trop hâtives et surtout trop systématiques. La distinction établie entre les formations néritiques et bathyales est des plus utiles, mais il nous semble que l'auteur a quelque peu perdu de vue les formations abyssales, celles qui se produisent au loin des côtes, dans les vastes étendues des grandes profondeurs océaniques. Peu épaisses et peu fossilifères, elles n'apparaissent pas au premier examen, de sorte qu'il n'en est généralement pas question dans les traités de géologie. Ceux-ci, dans l'état actuel de la science, exposent plutôt ce que l'on pourrait appeler la géologie des synclinaux, comprenant les formations néritiques et bathyales. Il ne faut cependant pas

oublier que le géosynclinal est un schéma géologique dont il est prudent de ne pas abuser. La surface du globe a présenté de tout temps des continents et des océans. Ce sont surtout les zones intermédiaires entre les terres et les mers, siège d'oscillations constantes, que les géologues ont étudiées grâce aux secours de la paléontologie marine. Jusqu'à l'époque de l'expédition du *Challenger* et de celles qui ont suivi, ou n'avait aucune notion des dépôts océaniques. Nous savons maintenant que, par leur étendue géographique du moins, elles dépassent incomparablement les formations bathyales et néritiques. Le silence des auteurs s'explique-t-il par l'absence de ces dépôts dans les terrains actuellement déjà étudiés? Leur présence a-t-elle été méconnue? La première hypothèse est la plus probable et tendrait à faire croire que les fonds océaniques sont restés plongés sous les eaux profondes, et que la science géologique n'a pu étudier jusqu'ici que les zones d'oscillations entre les continents et les océans.

Ces considérations générales ont pour but de justifier les remarques qui vont suivre au sujet du résumé par lequel l'auteur termine le chapitre relatif au système jurassique. Il signale, il est vrai, la présence assez fréquente de formations abyssales dans le Jurassique alpin sous forme de schistes à Radiolaires, tout en faisant observer que la présence de ces organismes dans une formation géologique ne suffit pas pour la faire considérer comme une formation abyssale. Mais l'importance surtout paléogéographique de ces formations océaniques n'est guère indiquée, et, d'après ce que nous venons de dire, cela eût été d'autant plus nécessaire qu'il convenait de tenir compte de l'étendue restreinte où on les a constatées, pour ne pas aboutir à des conclusions erronées en se basant exclusivement sur les données fournies par les terrains formés dans les géosynclinaux et sur les versants sous-marins des continents de cette période.

D'un autre côté, quelques lignes seulement sont consacrées aux formations continentales, et cependant, en dehors de l'Europe qui était alors en grande partie recouverte par les eaux des bassins établissant la communication, tantôt à l'Ouest, tantôt à l'Est, entre les transgressions de l'océan Arctique et celles de la mer Méditerranéenne, tous les autres continents de la géographie actuelle se trouvaient émergés. On ne peut donc pas appliquer à l'ensemble de la surface du globe pendant la période jurassique les conclusions qui découlent surtout de l'étude des formations jurassiques de notre continent réduit à cette époque à l'état d'un archipel insulaire. Partout ailleurs l'époque jurassique est essentiellement continentale, et si les formations correspondantes

n'ont pas encore été suffisamment étudiées pour les distinguer complètement de celles des périodes qui précèdent ou qui suivent, il faudrait néanmoins signaler la probabilité de leur existence, afin de pouvoir donner à l'évolution de la période jurassique son véritable caractère de transgression méditerranéenne, d'un côté, et de l'autre, d'une évolution continentale assez semblable à celle de l'époque actuelle.

Il est juste de faire observer que l'esquisse paléogéographique (p. 113) de l'époque jurassique indique clairement l'existence de ces continents, et même, nous semble-t-il, d'une façon exagérée, puisque, à l'exception de la mer Méditerranéenne, les autres bassins du globe sont réduits à de longs canaux marins, les géosynclinaux de l'auteur. Les eaux océaniques auraient été presque totalement localisées dans la mer Méditerranéenne, il est vrai, beaucoup plus étendue que celle d'aujourd'hui. Cette réduction extrême des bassins marins nous paraît peu probable, et déjà cette considération nous est suffisante pour repousser l'idée d'un continent pacifique entouré du géosynclinal circumpacifique, dont l'auteur base l'existence sur des arguments négatifs, c'est-à-dire sur l'absence de dépôts marins jurassiques dans les îles actuelles de l'océan Pacifique. Mais il oublie que la plupart de ces îles ne remontent pas fort loin dans le Tertiaire, ou ne dépassent pas même le Quaternaire, et ne peuvent par conséquent fournir de témoignage pour l'histoire des époques antérieures.

A moins que le volume des eaux océaniques ne fût notablement inférieur à celui des océans actuels, nous nous voyons forcés d'admettre l'existence d'un bassin pacifique, correspondant à celui que nous connaissons, surtout que l'océan Atlantique, d'après les données stratigraphiques des continents qui l'entourent, n'occupait à l'époque jurassique que la partie au Nord de l'équateur, répondant à la zone méditerranéenne. Il est probable que l'océan Pacifique n'atteignait pas encore l'emplacement des Andes depuis la Colombie jusqu'au Pérou, ainsi que le fait très bien ressortir M. Haug pour les différents étages jurassiques et créacés, et que, d'un autre côté, le versant pacifique de l'Amérique septentrionale et centrale constituait un bassin marin où l'on constate alternativement des influences pacifiques, méditerranéennes et même boréales pour les côtes du Pacifique septentrional. Cet océan ne s'étendait donc pas aussi loin dans la direction de l'Est qu'aujourd'hui, mais, en tout cas, il est difficile d'admettre que ce facteur important de la tectonique actuelle du globe n'eût pas fait son apparition dès l'époque mésozoïque.

Il semble, du reste, qu'il communiquait largement avec la partie de l'océan Indien comprise entre la péninsule indienne et la côte occidentale de l'Australie, puisque des ammonites crétacées récoltées par l'Expédition suédoise à la Terre de Graham permettent d'établir une communauté faunique qui s'étend depuis la Colombie britannique, le Japon, la côte Sud-orientale de la péninsule indienne, la Terre de Graham au Sud des Andes patagoniennes et jusqu'à Quiriquina, île de la baie de Concepcion sur le versant pacifique de cette même chaîne. La différence qui distingue la faune de Quiriquina de celle du Pérou montre que la mer du Sud ne se confondait pas comme celle d'aujourd'hui avec les eaux équatoriales sur l'emplacement actuel des Andes, la faune péruvienne présentant des caractères méditerranéens, celle du Sud, des caractères indo-pacifiques. Cette distinction nous permet d'identifier deux grandes aires océaniques jurassiques et de constater l'extension considérable que les eaux du Pacifique ont conquise depuis l'ère mésozoïque sur l'hémisphère antarctique.

Mais cet essai de démonstration de l'océan Pacifique mésozoïque ne doit pas nous entraîner trop loin. Si nous ne pouvons admettre le géosynclinal circumpacifique, nous nous faisons un devoir de reconnaître que la méthode appliquée par le Prof Haug au groupement des données stratigraphiques, s'inspirant des données nouvelles de la science océanographique, contribue largement à nous donner des vues plus claires sur l'évolution géologique du globe.

V. D. W.

exposé à la Section d'Hydrologie scientifique de l'Exposition internationale
de Bruxelles 1910.

RÉSUMÉ DES CONNAISSANCES ACQUISES

SUR LA

CIRCULATION DE L'EAU DANS LE SOL ET LE SOUS-SOL

APPLICATION A LA RECHERCHE ET A L'UTILISATION DES EAUX
SOUTERRAINES POUR L'ALIMENTATION

PAR

René d'ANDRIMONT

Ingénieur des mines

Ingénieur-géologue (A. I. Lg.)

Professeur de géologie et d'hydrologie à l'Institut agricole de l'État.

I. — L'eau contenue dans le sol et le sous-sol
provient de l'atmosphère.

L'eau atteint le sol :

- 1° Par condensation dans l'air suivie de chute;
- 2° Par condensation directe à la surface et dans les interstices du sol.

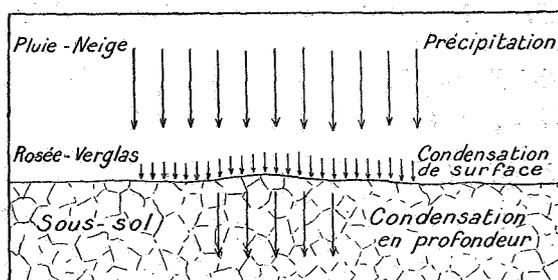


Fig. 1.

II. — Destination des eaux qui atteignent le sol.

L'eau qui atteint le sol se divise en trois parties :

A. Une partie se réévapore directement à la surface ou retourne à l'atmosphère après avoir pénétré à une certaine profondeur : *période dite des échanges*;

B. Une partie ruisselle et alimente les cours d'eau;

C. Une partie s'infiltrate à travers les terrains perméables jusqu'à la rencontre d'une couche imperméable : *période dite de descente*.

L'eau s'accumule dans les interstices du sous-sol, au-dessus de cette couche imperméable, et forme une nappe aquifère qui s'élève jusqu'au niveau des déversoirs naturels que l'on appelle sources : *période dite de circulation dans la nappe*.

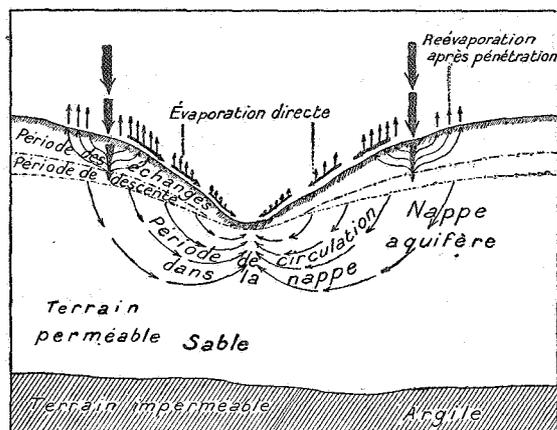


Fig. 2.

III. — Les condensations atmosphériques.

La quantité d'eau qui atteint le sol et par conséquent la proportion qui s'infiltrate dépend :

1° *Du climat*. On distingue :

A. Le climat chaud et sec (Sahara) : l'infiltration est minima ;

B. Le climat chaud et humide (Congo) : l'infiltration est relativement faible, l'évaporation est importante, le ruissellement est intense parce que les précipitations sont brusques et rapides ;

- C. Le climat froid et sec (Sibérie) : l'infiltration est moyenne;
 D. Le climat froid et humide (Belgique) : la réévaporation est faible, l'atmosphère est fréquemment saturée, les périodes pluvieuses sont longues, l'infiltration est permanente et importante.

2° Du relief.

Les chaînes de montagnes condensent les eaux de l'atmosphère; une forte pente favorise le ruissellement.

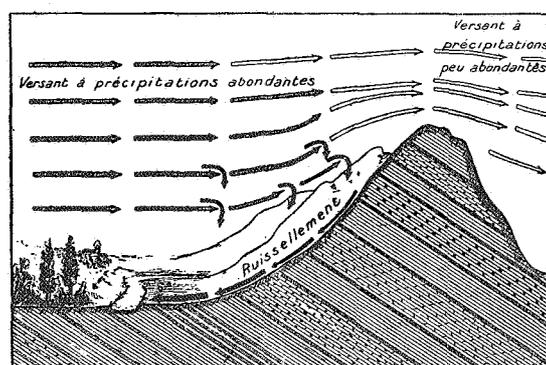


Fig. 3.

3° De la végétation.

La végétation augmente les chutes pluviales; elle arrête le ruissellement, mais soustrait de l'eau à l'infiltration pour son alimentation propre; en résumé :

La végétation arrête l'eau près de la surface, accumule l'eau pendant la période des échanges et forme des relais à la circulation générale.

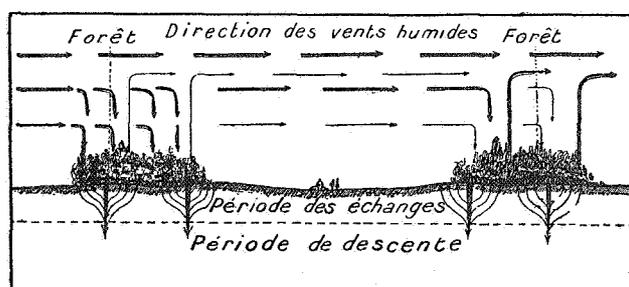


Fig. 4

IV. — L'infiltration.

L'eau qui descend et s'accumule dans le sol et le sous-sol s'y trouve sous divers états.

Lorsqu'elle s'infiltré et descend dans un terrain *perméable en grand* (cailloux, roches fissurées), elle descend par égouttement dans les vides visibles et circule lentement dans les pores microscopiques de la roche.

Dans un terrain *perméable en petit* (terrain meuble), l'eau peut se trouver sous trois états :

1° *A l'état apparemment sec*, les grains n'adhèrent pas les uns aux autres, l'eau se trouve dans les micropores des grains et peut être expulsée par calcination : 1 % à 5 % d'eau (fig. 5).

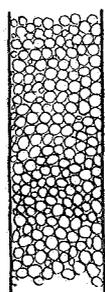


Fig. 5.
ÉTAT SEC.

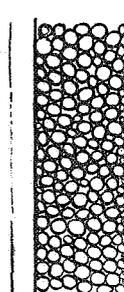


Fig. 6.
ÉTAT PELLICULAIRE.
CIRCULATION D'AIR.

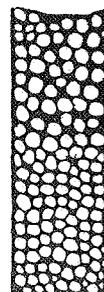


Fig. 7.
ÉTAT CAPILLAIRE.

2° *A l'état pelliculaire*, le terrain est humide mais non boueux; les grains adhèrent les uns aux autres; chaque grain est entouré d'une mince pellicule qui peut cheminer d'un grain à l'autre.

L'air peut circuler entre les grains (fig. 6).

3° *A l'état capillaire*, le terrain est boueux; les grains adhèrent encore les uns aux autres. Tous les vides sont remplis par de l'eau.

Lorsqu'il y a trop d'eau pour les vides, les grains n'adhèrent plus et le terrain est *boulant* (fig. 7).

* * *

Quand il pleut sur un terrain perméable en petit (meuble), l'absorption se produit :

Soit comme dans du sable; une tranche imbibée capillairement

descend, il ne reste à la surface que du sable imbibé pelliculairement ; il ne se forme pas de boue à la surface.

Soit comme dans du limon ; l'imbibition capillaire persiste à la surface, l'imbibition pelliculaire continue en profondeur ; la boue persiste à la surface.

L'eau circule même dans les terrains pratiquement imperméables (argiles, marnes, schistes).

*
* * *

La quantité d'eau qui s'infiltré dépend de la nature du terrain. Elle circule d'autant plus rapidement que les vides ou interstices de la roche sont grands et abondants. Pour les terrains meubles, la circulation est maxima dans les graviers, minima dans les argiles, intermédiaire dans les limons et sables.

*
* * *

A. PÉRIODE DES ÉCHANGES. — L'eau infiltrée peut être restituée à l'atmosphère tant qu'elle n'a pas pénétré à une profondeur suffisante.

Cette restitution se produit pendant la période des échanges.

Il se produit :

1° Une évaporation et un appel d'eau à la surface par capillarité ; cette évaporation est favorisée par une température élevée, par le vent, par la siccité de l'air ;

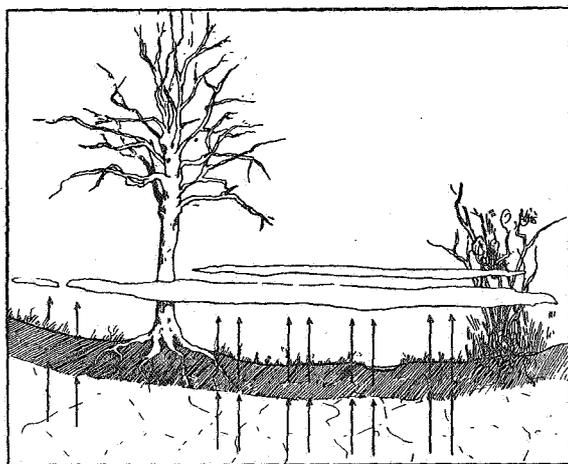


Fig. 8.

2° Un échange d'air entre le sol et l'atmosphère. L'air qui sort du sol entraîne l'eau à l'état de vapeur. Des émanations de vapeur d'eau

sortent du sol et se condensent en brouillard à la tombée de la nuit au-dessus des terrains humides (fonds de vallées);

3° Une reprise d'eau par la végétation.

La période des échanges est terminée à la profondeur où tout retour à l'atmosphère est impossible. La proportion définitivement acquise au sous-sol (à la nappe aquifère) est dès lors réglée.

On détermine en pratique cette proportion et la longueur de la période des échanges par des instruments appelés perméomètres, lysimètres. Ce sont des pluviomètres enregistreurs placés sous terre (fig. 9).

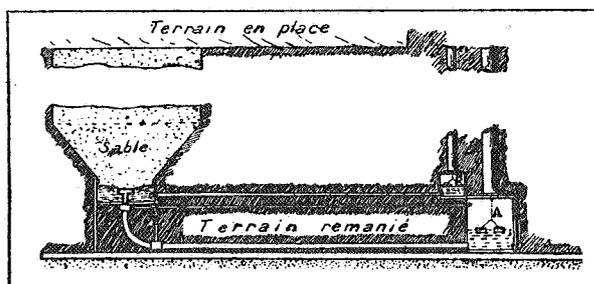


Fig. 9.

En moyenne, il s'infiltré définitivement de 20 à 40 % de la hauteur de l'eau tombée.

Dans les terrains perméables en grand (cailloux, roches fissurées), la période des échanges est de courte durée, mais les retours à l'atmosphère se produisent jusqu'à grande profondeur.

Dans les terrains perméables en petit (meubles), la période des échanges est de longue durée, mais les retours à l'atmosphère ne peuvent se produire que jusqu'à faible profondeur.

Exemple :

Dans le limon hesbayen, les retours à l'atmosphère se produisent jusqu'à 3 mètres de profondeur.

La période des échanges dure de vingt à trente jours.

* * *

B. PÉRIODE DE DESCENTE. — La période dite « de descente » succède à la période des échanges.

La proportion qui s'infiltré est réglée au cours de la période des échanges.

Dans les terrains perméables en grand (cailloux, roches fissurées),

l'eau descend visiblement par égouttement. La vitesse de descente est grande.

Dans les terrains perméables en petit (meubles), l'eau descend à l'état pelliculaire. La vitesse de descente est faible.

On ne voit pas l'eau circuler. La pellicule d'eau chemine d'un grain à l'autre.

La vitesse de descente (seul élément à déterminer) peut se mesurer à l'aide d'instruments spéciaux (perméomètres).

L'eau met généralement plusieurs mois pour atteindre la profondeur où elle s'amasse pour former une nappe aquifère (3^e période).

Les nappes aquifères se relèvent généralement au printemps, plusieurs mois après la période pluvieuse de l'hiver.

V. — Période de circulation dans la nappe.

A. NAPPES LIBRES. — L'eau s'accumule dans le sous-sol au-dessus des terrains pratiquement imperméables et forme des nappes aquifères.

L'eau s'accumule à l'état capillaire.

Elle remplit tous les vides.

Elle s'accumule jusqu'à ce qu'elle rencontre un trop-plein (source, terrain marécageux).

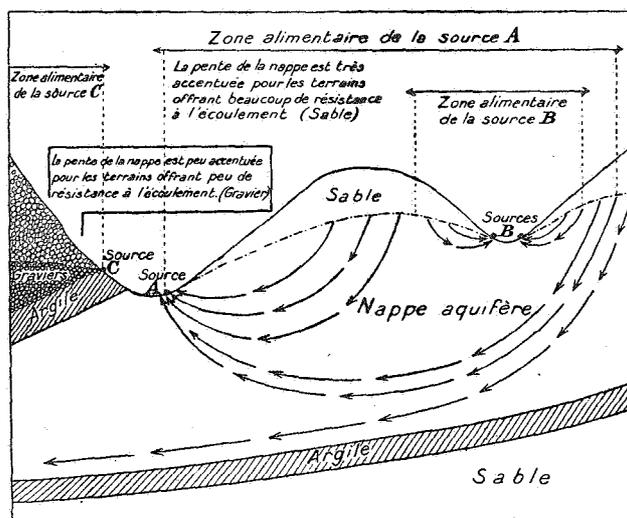


Fig. 10. — EXEMPLE DE DIVERSES CIRCULATIONS DANS LE SOUS-SOL (DANS LES NAPPES AQUIFÈRES).

L'eau circule dans la nappe parce qu'elle est réalimentée par l'infiltration et qu'elle s'écoule par les trop-pleins.

Si l'eau circulait sans résistance, la nappe s'étalerait horizontalement et les filets liquides seraient parallèles.

Comme l'eau rencontre une résistance à l'écoulement (frottement contre le terrain), la nappe a une forme bombée. Les filets liquides ne sont plus parallèles.

Le bombement est plus accentué pour les terrains offrant plus de résistance (terrains à petits éléments).

Un trop-plein (source) produit une zone déprimée dans la nappe d'autant plus étendue que le terrain offre peu de résistance.

Toute l'eau d'infiltration qui atteint une zone déprimée se rend vers le trop-plein (source) qui la produit.

*
**

B. NAPPES CAPTIVES. — L'eau s'amasse sous un terrain imperméable qui la retient.

Si l'on perce le toit imperméable par un forage, l'eau remonte dans le trou.

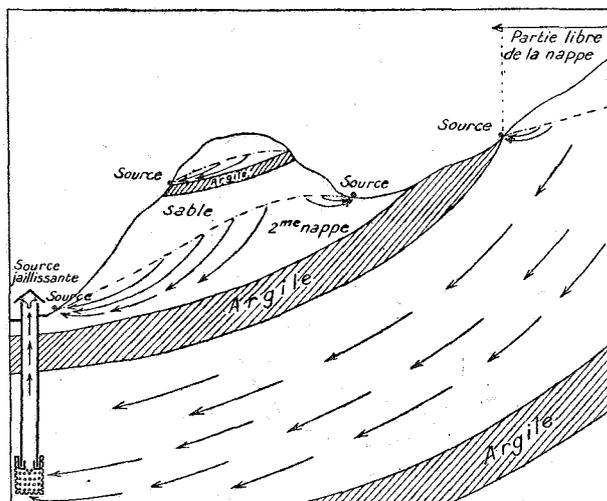


Fig. 41.

Si elle remonte assez haut pour s'écouler à la surface, on dit que le puits est artésien.

VI. — Qualité de l'eau.

A. MICROBES. — L'eau de surface est généralement polluée; elle acquiert sa pureté au fur et à mesure de sa descente dans le sol.

Les terrains perméables en grand sont de mauvais filtres. Les microbes passent (fig. 12).

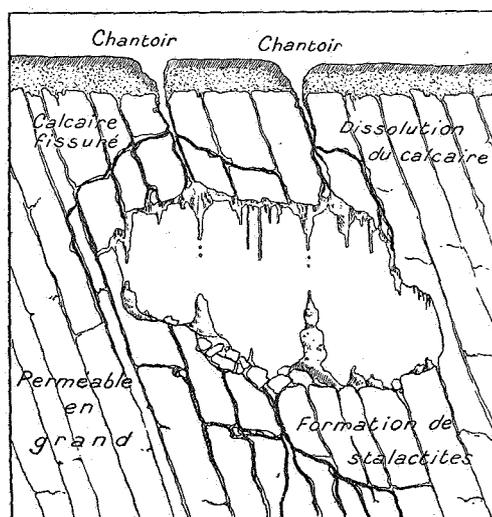


Fig. 12. — EXEMPLE D'UN TERRAIN PERMÉABLE EN GRAND PAR SES FISSURES NON FILTRANTES.

Les terrains perméables en petit sont de bons filtres; les microbes sont arrêtés par la circulation de l'eau à l'état pelliculaire.

Un cas fréquent est celui d'une roche fissurée recouverte par un terrain meuble filtrant préalablement l'eau.

Les terrains perméables en grand peuvent, par leurs fissures, constituer un filtre si les fissures sont remplies par un résidu provenant de la désagrégation ou de la dissolution de la roche (fig. 13).

La filtration fractionnée obtenue par le dispositif ci-dessous (étude faite par M. Cosyns à la demande de l'auteur) permet de recueillir une portion de l'eau qui filtre à travers un terrain déterminé à toutes les profondeurs et d'en déterminer la teneur bactériologique (fig. 14 et 15).

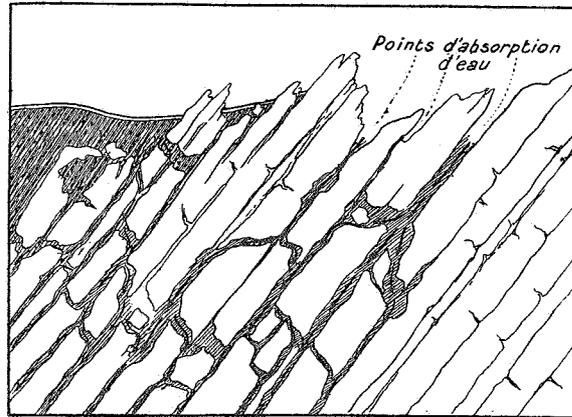


Fig. 13. — EXEMPLE D'UN TERRAIN PERMÉABLE EN GRAND DONT LES FISSURES SONT REMPLIES D'UN RÉSIDU FILTRANT.

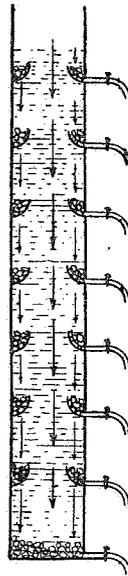


Fig. 14. — COLONNE POUR FILTRATION FRACTIONNÉE. DISPOSITIF G COSYNS.

Étude graphique du pouvoir filtrant des terrains meubles.

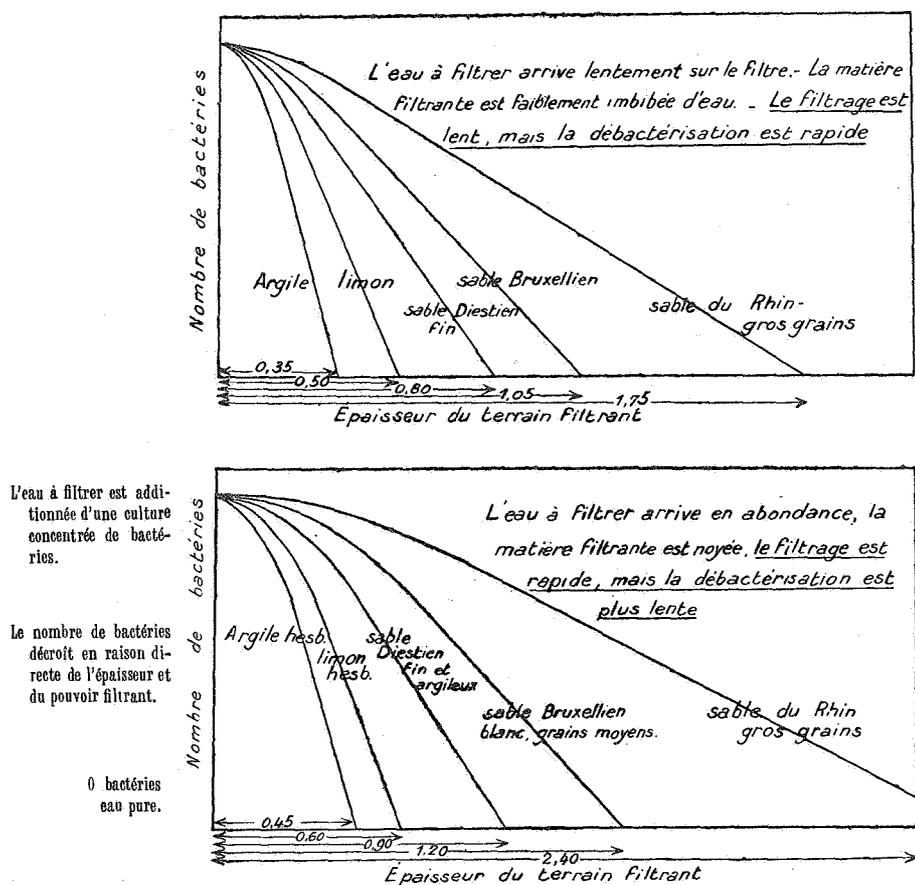


Fig. 15. — COURBES MONTRANT QUE LE NOMBRE DE BACTÉRIES DÉCROÎT AVEC L'ÉPAISSEUR ET LA NATURE DU TERRAIN FILTRANT.

B. MATIÈRES EN DISSOLUTION. — L'eau dissout sur son chemin les matières qu'elle rencontre.

Elle dissout d'autant plus qu'elle descend profondément.

Si ces matières proviennent des terrains eux-mêmes, non contaminés, elles peuvent être désagréables pour la consommation, mais non dangereuses. Exemple : le calcaire donne des eaux calcaireuses, dures.

Si ces matières proviennent d'organismes vivants, spécialement de l'homme, elles peuvent être l'indice d'une contamination microbienne possible.

Tels sont : le sel, les nitrates, les nitrites, l'ammoniaque, les matières organiques.

VII. — Application à l'agriculture.

Période dite « des échanges ».

La plante assèche le terrain autour de ses racines (diminue l'épaisseur de la couche d'eau pelliculaire qui entoure les grains).

L'eau se dirige vers la plante en lui amenant des matières nutritives (fig. 16).

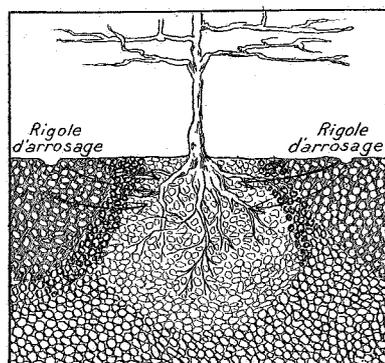


Fig. 16.

La quantité de matières nutritives amenée dépend de la proportion d'eau et de sa vitesse de circulation.

La vitesse ne croissant pas toujours avec la proportion d'eau, il existe un degré d'imbibition qui amène le maximum de matières nutritives à la plante.

Ces recherches conduisent à l'étude rationnelle des irrigations et des drainages.

VIII. — Utilisation des eaux souterraines pour l'alimentation.

Il faut déterminer, en pratique, pour chaque cas particulier :

1° Les niveaux géologiques au-dessus desquels s'amassent les eaux souterraines, qui dépendent de la situation relative des couches imperméables et perméables ;

2° L'épaisseur des nappes ou bien la profondeur au-dessous du sol où l'on rencontrera de l'eau ; cette profondeur dépend du niveau des trop-pleins ou sources ;

3° La quantité d'eau que l'on peut puiser d'une nappe sans diminuer sa réserve, c'est-à-dire la quantité dont elle peut être réalimentée ; cette quantité dépend de la proportion qui s'infiltré et de la surface de la zone alimentaire ;

4° La vitesse de réalimentation, qui dépend surtout de la perméabilité des terrains ;

5° La qualité, qui dépend de la qualité et de la continuité du filtre naturel constitué par les terrains meubles de la surface.

IX. — Captages.

Il existe deux types de captages : les puits et les galeries drainantes (fig. 17).

Un captage est un exutoire, un trop-plein, une saignée artificielle faite à une nappe.

Un captage déprime la nappe dans ses environs (fig. 17).

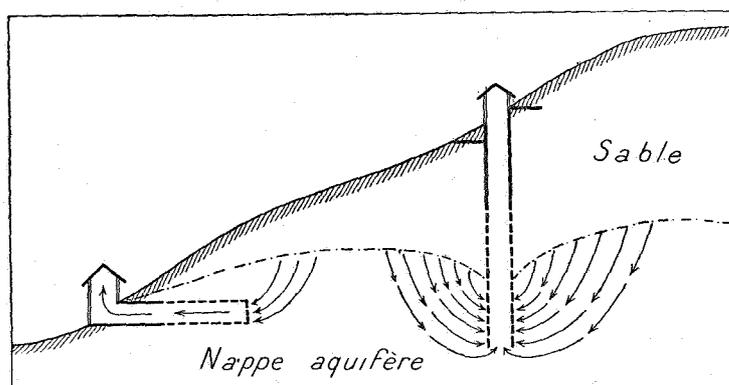


Fig. 17.

Toute l'eau d'infiltration qui atteint la zone déprimée (zone alimentaire) se rend vers le captage (fig. 18).

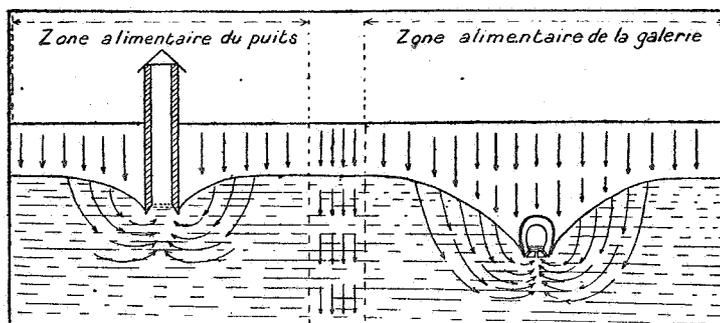


Fig. 18.

Pour une profondeur d'immersion identique dans la nappe, un captage provoque la formation d'une dépression d'autant plus étendue et fournit d'autant plus d'eau que le terrain offre moins de résistance, c'est-à-dire qu'il est plus perméable (fig. 19).

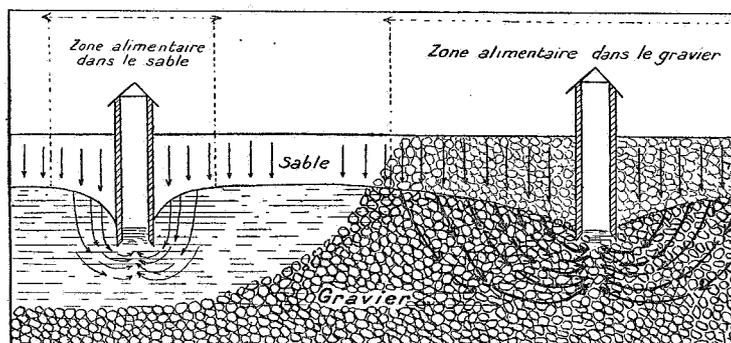


Fig. 19.

Dans un même terrain, un captage fournit d'autant plus d'eau que sa profondeur d'immersion est plus grande (fig. 20).

Quand l'eau est contenue dans un terrain meuble, celui-ci peut envahir le puits; on établit alors un puits filtrant qui laisse passer l'eau en retenant le terrain meuble (fig. 21).

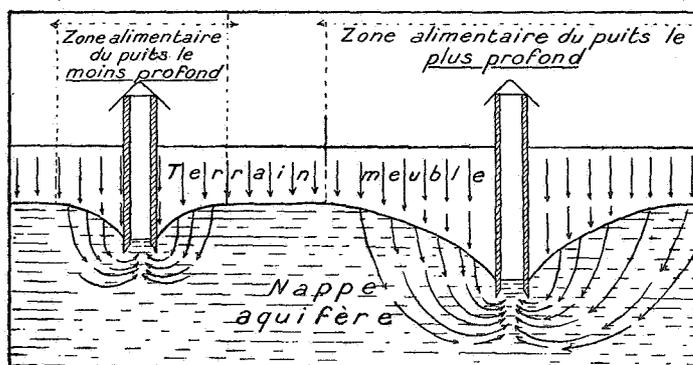


Fig. 20.

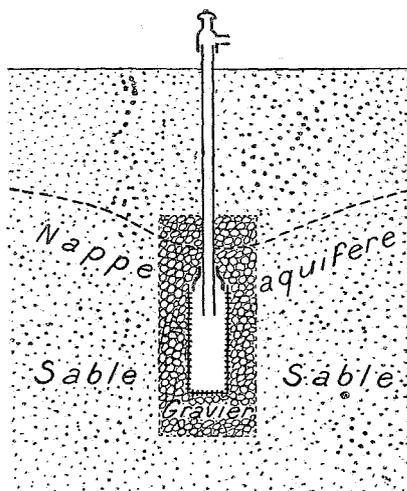


Fig. 21. — Puits filtrant.

X. — Exemples de nappes et de captages.

A. Terrain uniformément perméable en petit (meuble) reposant sur un terrain imperméable (fig. 22).

B. Terrain uniformément perméable en grand (craies, calcaires, grès) (fig. 23).

Quand il existe une direction de fissuration prépondérante, les galeries de captage doivent être creusées de façon à recouper les fissures.

C. Cas spécial des calcaires (fig. 24).

1° Les eaux qui s'amassent dans les fissures des calcaires sont de bonne qualité si le bassin alimentaire est recouvert d'un filtre naturel suffisant ;

2° Les affleurements rocheux sont des points dangereux où l'eau peut être absorbée sans filtration, à moins que les cassures de la roche ne soient remplies d'un résidu meuble constituant un filtre.

D. Alternances de couches perméables et imperméables en terrain redressé (fig. 25) :

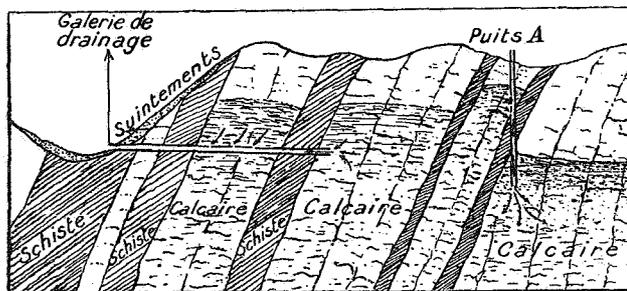


Fig. 25.

L'eau s'amasse à des niveaux différents dans les diverses couches perméables ;

En approfondissant le puits A, par exemple, il peut perdre son eau qui s'écoulera en contre-bas dans la nappe suivante ;

Le meilleur moyen de captage est une galerie creusée perpendiculairement aux couches aquifères.

E. Terrain imperméable (fig. 26) :

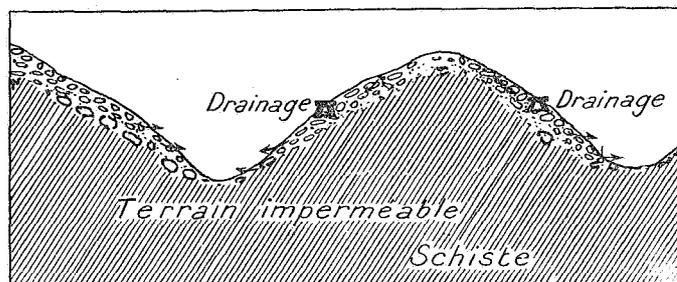


Fig. 26.

Il n'existe pas de véritable nappe, mais bien des suintements nombreux à peu de profondeur dans la rocaille, s'il en existe.

Pour recueillir l'eau, il faut établir des drains suivant des lignes de niveau.

Les eaux sont mal filtrées.

E. Hydrologie des vallées (fig. 27) :

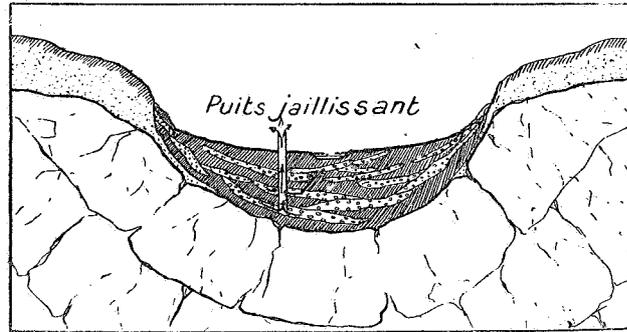


Fig. 27.

Il existe dans les alluvions des couches de gravier lenticulaires et irrégulièrement distribuées.

Ces couches contiennent de l'eau, souvent sous pression, venant d'amont.