

PROCÈS-VERBAUX

DE LA

SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE, DE PALÉONTOLOGIE ET D'HYDROLOGIE

BRUXELLES

TOME XXIII — ANNÉE 1909

SÉANCE MENSUELLE DU 19 JANVIER 1909.

Présidence de M. C. Malaise.

La séance est ouverte à 20 h. 35 (28 membres sont présents).

Décès :

Le Bureau a le regret de faire part à nos confrères du décès de M. ISAAC-ISAAC, administrateur délégué de la Société des Charbonnages Belges, qui avait été d'un puissant secours à la Société dans l'établissement de la station sismique de Frameries.

Distinctions honorifiques.

Notre confrère M. De Schryver a été promu inspecteur général des Ponts et Chaussées.

M. le capitaine-commandant Mathieu vient d'être nommé second professeur à l'École militaire.

Adoption du procès-verbal de la séance de décembre :

Erratum. — Dans la communication de M. Leriche, page 381, 7^e paragraphe, ligne 3, on est prié de lire *Tetrapturus* au lieu de *Tetrapterus*.

Le Secrétaire général, en s'excusant de cette coquille, croit utile de signaler à nouveau que la publication mensuelle du Bulletin n'est possible que si les auteurs remettent leur manuscrit en séance et ne font pas de remaniements excessifs; le moindre retard de la part d'un collaborateur empêche l'envoi aux intéressés de l'épreuve mise en pages, même lorsque celle-ci est demandée; on ne saurait donc trop recommander la correction très soignée de la première épreuve.

Correspondance :

1. M. A. Rutot, empêché, s'excuse de ne pouvoir assister à la séance.

2. M. E. Lagrange, retenu par des devoirs impérieux, prie le Bureau de reporter à la prochaine séance la communication qu'il avait annoncée.

3. Le Gouverneur du Hainaut nous a fait parvenir le subside de cinq cents francs que le Conseil provincial nous a alloué pour 1908.

4. La section d'Histoire naturelle du Musée du royaume de Bohême fait part de ce qu'à l'occasion du vingt-cinquième anniversaire de la mort de Joachim Barrande, elle a fait redorer son glorieux nom inscrit sur les rochers de Kuchelbad.

5. La Société d'Anthropologie de Paris célébrera les 7, 8 et 9 juillet prochains le cinquantenaire de sa fondation. Elle demande à notre Société de déléguer un de ses membres pour prendre part à cette commémoration.

6. La Fédération archéologique et historique de Belgique tiendra sa XXI^e session à Liège, du samedi 31 juillet au jeudi 5 août. Le Congrès comporte une section de préhistoire et de protohistoire. Circulaire à la disposition de nos membres.

7. M. E. Martel adresse aimablement à la Société un lot important de ses publications nouvelles.

Dons et envois reçus :1^o Périodique nouveau :

5747. Tananarive. *Guide annuaire de Madagascar et dépendances*. 1903 à 1908.

2^o Extraits des publications de la Société :

5748. de Munck, E. *Découverte d'éolithes sous le sable tertiaire (Om) de Rocourt lez-Liège*. Procès-verbaux de 1908, 2 pages (2 exemplaires).

5749. Maillieux, E. *Sur quelques fossiles du Givétien et du Frasnien du bord méridional du bassin de Dinant*. Procès-verbaux de 1908, 5 pages. *Découverte d'une dent de poisson dans les schistes de Frasnes, à Philippeville*. Procès-verbaux de 1908, 2 pages.

5750. **Maillieux, E.** *Pentamerus Loëi, espèce nouvelle du Couvinien supérieur*
Cobm. Procès-verbaux de 1908, 7 pages.
Quelques mots sur le récif de marbre rouge de l'Arche, à Frasnes.
Procès-verbaux de 1908, 4 pages (2 exemplaires).
5751. **Mourlon, M.** *Sur la découverte de l'Elephas antiquus au Kattepoel,*
à Schaerbeek lez-Bruzelles, dans un dépôt rapporté au Quaternaire
moséen. Procès-verbaux de 1908, 7 pages (2 exemplaires).
5752. **Montessus de Ballore.** *La Science séismologique. — Les tremblements*
de terre. (Compte rendu bibliographique, par E. L.) Procès-ver-
baux de 1908, 5 pages. (2 exemplaires.)
5753. **van den Broeck, E.** *Les rivières souterraines filtrées. Notions hydrolo-*
giques nouvelles fournies par les assises tournaisiennes des chenaux
synclinaux calcaires du Condroz. Procès-verbaux de 1908, 4 pages.
(2 exemplaires.)

3° De la part des auteurs :

5754. *Catalogue général. Ages de la pierre, du bronze, du fer. (Comptoir*
d'Archéologie préhistorique.) Paris, 1908. Volume in-12 de
123 pages et 12 planches.
5755. **Abbott, C. C.** *Archaeologia Nova Caesarea. N° III.* Trenton, 1908.
Volume de 94 pages et 12 figures.
5756. **Agamennone, G.** *L'eau, cause indirecte des tremblements de terre.* Buda-
pest, 1908. Extrait in-4° de 11 pages.
5757. **Altolaquirre (Angel de).** *Relaciones geograficas de la Gobernacion de*
Venezuela (1767-1768). Madrid, 1909. Volume in-8° de 399 pages.
5758. **Degens, P. N.** *Legeeringen van Tin en Lood.* Dordrecht, 1908.
Volume in-8° de 77 pages et 31 figures.
5759. **Dienert, F.** *Sur deux causes d'erreur dans les expériences à la fluor-*
escéine. Extrait des COMPTES RENDUS DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.
Paris, 1908, 2 pages.
5760. **Dienert, F., Guillard, A., et Marrec.** *De l'emploi de l'acoustèle de Daguin*
pour la recherche des bruits souterrains. Extrait des COMPTES REN-
DUS DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES. Paris 1908, 2 pages.
5761. **Martel, E. A.** *Le profil en long du Grand Canon du Verdon.* Extrait
des ANNALES DE GÉOGRAPHIE. Paris, 1908, XVII, pp. 395-403,
3 planches.
5762. **Martel, E. A.** *La marche à la Lune.* Extrait du COMPTE RENDU des
séances du premier Congrès de l'Arbre et de l'Eau, à Limoges.
Limoges, juin 1907, 3° livraison, 15 pages et 1 planche.

5763. Martel, E. A. *Étude complémentaire sur la source de Fontaine-l'Évêque (Var), en 1906*. Extrait des ANNALES DU MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE. Paris, 1906. 8 pages, 2 plans et 8 figures.
5764. Martel, E. A. *La Côte d'Azur russe (Riviera du Caucase)*. Paris, 1909 (?). Volume in-4° de 358 pages, 425 illustrations et 1 carte en couleurs.
5765. Martel, E. A., et Henry-Thierry (Dr). *Captage et protection hygiénique des eaux d'alimentation*. Extrait des ANNALES DU MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE. Paris, 1907. 21 pages, 21 planches et 33 figures (2 exemplaires).
5766. Martel, E. A., et Le Couppey de la Forest. *Étude sur la source de Fontaine-l'Évêque (Var)*. Extrait des ANNALES DU MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE. Paris, 1905. 66 pages, 4 plans et 1 carte.
5767. Molard (commandant). *Les grottes de Sabart-Niaux et ses dessins préhistoriques (Ariège)*. Extrait de SPELUNCA. Paris, 1908. N° 53. 17 pages, 3 plans et 4 figures.
- Martel, E. A. *Appendice : Les peintures et dessins préhistoriques des cavernes*. 6 pages.
5768. Gallois, L. *Régions naturelles et noms de pays. Étude sur la région parisienne*. Paris, 1908. Volume in-8° de 356 pages et 8 planches. (Don de l'éditeur A. Colin, de Paris.)
5769. Fritsch, A. *Ueber problematica Silurica*. Extrait des SITZUNGSB. DER KGL. BÖHM. GESELL. DER WISSENSCH. Prague, 1908. 7 pages.
5770. Leclercq, J. *La Terre des Merveilles*. Extrait de la REVUE GÉNÉRALE. Bruxelles, 1909. 9 pages.
5771. Tesch, P. *Der Niederländische Boden und die Ablagerungen des Rheines und der Maas aus der Jüngerer Tertiär- und der Alteren Diluvialzeit*. Amsterdam, 1908. Brochure in-8° de 74 pages et 1 carte.

Élection de nouveaux membres effectifs.

Sont élus par le vote unanime de l'Assemblée :

MM. V. GILSON, docteur en sciences, professeur à l'Athénée royal, 39, rue de Varsovie, à Ostende, présenté par MM. Rutot et Dollo.

le capitaine adjoint d'État-major écuyer A. DE CALLATAY, professeur à l'École militaire, 5, rue Archimède, à Bruxelles, présenté par MM. Mathieu et Rabozée.

Communications des membres :**A. RUTOT. — Quelques observations à propos de la discussion relative aux silex crétacés du Hohe-Venn prussien.**

M. A. Rutot a pris connaissance de la discussion qui s'est produite au sujet des appréciations émises par MM. E. de Munck et A. Renier, sur l'état dans lequel se trouvent les amas de silex des Hohe-Venn de l'Ardenne.

Il est aisé de voir que l'opinion de M. le professeur Holzapfel est basée sur des observations peu claires et incomplètes, alors que la solution du problème se trouve tout entière à Bonnelles.

Là, sous un peu d'argile de la Campine, s'étend le cailloutis de quartz blanc et de roches de l'Ardenne décolorées (*Kiesel Oolithe*), que je considère comme d'âge poederlien.

En dessous se développe l'épaisse masse des sables aquitaniens, puis à la base on observe le cailloutis de silex, qui a pour origine première la dissolution complète de la craie à silex, dissolution qui s'est produite *sur place*.

Mais, à Bonnelles même, lorsque le cailloutis de silex présente une certaine épaisseur, de 1 à 2 mètres, on remarque facilement que, *avant l'invasion de la mer aquitaniennne*, il a été plus ou moins remanié par des courants d'eaux sauvages qui y ont apporté et mélangé des galets bien roulés de silex noirs. Ces galets sont parfois assez abondants et répartis irrégulièrement dans la masse, tandis que les silex du cailloutis sont restés soit intacts, ou bien montrent une légère usure des arêtes.

Si nous nous reportons maintenant sur les grandes altitudes où, probablement, les sables aquitaniens se sont déposés en couche moins épaisse et où ces sables, surmontés du lit de cailloux blancs, ont dû subir depuis très longtemps un délavage énergique, nous y trouvons donc, à cause de la disparition du sable, le gravier de cailloux de quartz blanc reposant directement sur le gros cailloutis de silex *in situ*, ou quelque peu remanié sur place par des courants d'eau douce qui y ont apporté des galets de silex noir.

Et alors, nous nous trouverons en présence du cailloutis de silex, résidu de la dissolution de la craie, pétri, vers le haut, de galets blancs et, dans sa masse, de galets noirs.

Le cailloutis pur, primitif, est donc représenté actuellement par un complexe dont la formation est due à des causes différentes accumulées, mais dans ce complexe, il n'en reste pas moins vrai que l'élément principal est le cailloutis de silex resté *in situ*, auquel ont pu se mélanger accidentellement, à des époques très différentes, des galets, les uns noirs, les autres blancs.

Les amas de silex observés par M. E. de Munck et par M. le professeur Holzapfel, sur les Hohe-Venn prussiens, peuvent présenter les caractères mixtes qui viennent d'être signalés et, à mon avis, avec la réserve des perturbations qui se sont produites à deux reprises, M. de Munck est en droit de considérer le cailloutis de silex, pris en gros, comme un amas résultant de la dissolution *sur place* de la craie à silex, ou *Eluvium*, au lieu de le rapporter à un dépôt de transport.

En réalité, le cailloutis de silex est un *Eluvium* plus ou moins remanié par des actions secondaires, qui y ont introduit accidentellement des matériaux de transport.

Prof C. MALAISE. — Modifications de l'échelle stratigraphique du Silurien de Belgique.

La stratigraphie du système silurien de Belgique et son synchronisme avec les divisions du Pays de Galles ont été fixés pour la plupart de ses divisions.

Depuis 1900, j'ai signalé la présence du Llandeilo dans le Brabant, dans des couches inférieures à l'assise de Gembloux et caractérisées par *Primitia simplex* et *Illænus giganteus*, mais il restait encore à fixer l'équivalence des quartzophyllades de Villers et des roches noires de Mousty.

J'ai présenté à la séance du 9 janvier 1909 de l'Académie royale des Sciences de Belgique, une note : « Sur la position de l'assise de Mousty », dans laquelle j'étais établis leur âge géologique.

La position de ces roches noires, fixée d'une façon que je crois bien être l'expression de la vérité, m'a suggéré une idée nouvelle sur l'âge probable des quartzophyllades de Villers.

Je considère les roches noires de Mousty : schistes et quartzites noirâtres, schistes graphiteux, noirâtres, pyriteux, avec rognons et amas

de phthanite noir compact, et amas de calcaire noir, anthraciteux, à ostracodes, comme l'équivalent des schistes alunifères de Suède. Ceux-ci sont divisés en schistes alunifères supérieurs à *Dictyonema* et à *Olenus* = *Lingula* Flags et en schistes alunifères à *Paradoxides*. = Menevien.

J'ai trouvé dans les calcaires noirs de Franquenies (Mousty), à la surface de cassures, de petits ostracodes, appartenant au genre *Primitia*, et dans les coupes minces du même calcaire, l'examen microscopique m'a montré des sections de *Primitia* que je rapporte à l'espèce observée à la surface : *Primitia Solvensis* R. J.

J'ai reconnu dans les mêmes plaques *Primitia punctatissima* R. J. (*Pr. buprestis* Salt.).

Ces deux espèces du Lower *Lingula* Flags de Saint-David, et la dernière, en outre, de Port Solva, se trouvant dans le Pays de Galles, dans des roches qui occupent le même niveau que les schistes alunifères de Suède, nous pouvons en conclure que nous avons à Mousty une formation géologique du même âge. Il y a donc lieu de chercher dans les roches noires, avec chance de les y rencontrer, l'assise à *Olenus* et l'assise à *Paradoxides*.

La découverte de la position géologique de l'assise de Mousty m'amène à concevoir que les quartzophyllades de Villers sont d'âge plus ancien que les couches de l'Arenig, auxquelles je les avais jadis rapportées, avec beaucoup de doute.

Je les considère actuellement comme l'équivalent, dans le Brabant, des quartzophyllades du Salmien inférieur, étage qu'ils représentent ici.

Je considère également les conches de Mousty comme représentant le Revinien de l'Ardenne.

Le Revinien de l'Ardenne repose sur le Devillien et est recouvert par le Salmien. Dans le Brabant, les quartzophyllades de Villers reposent sur les roches noires de Mousty, lesquelles recouvrent les roches de l'assise de Tubizé avec roches bigarrées à leur partie supérieure.

Les faits précédents, découverte du Llandeilo et de l'âge de l'assise de Mousty, dans le massif du Brabant, m'ont amené à compléter l'échelle stratigraphique du système silurien de la Belgique, de la manière dont je l'expose dans le tableau suivant, telle que je la conçois actuellement pour les massifs de l'Ardenne et du Brabant, et dans la bande de Sambre et Meuse, et leurs équivalents dans le Pays de Galles.

SYSTÈME SILURIEN DE BELGIQUE

| ÉTAGES. | ARDENNE. | BRABANT. | SAMBRE ET MÈUSE. | PAYS DE GALLES. |
|--------------|--|---|--|--|
| Gothlandien. | Manque. | <i>S/5c</i> , assise de Monstreux. <i>S/5b</i> , assise de Corroy. <i>S/5a</i> , assise de Grand-Manil. | <i>S/5c</i> , assise de Thimensart. <i>S/5b</i> , assise de Naninne. <i>S/5a</i> , assise de Roux. | Ludlow. Wenlock. Llandovery. |
| | Manque. | <i>S/2c</i> , assise de Gembloux. <i>S/2b</i> , assise de Rigenée. <i>S/2a</i> , non observé. | <i>S/2c</i> , assise de Fosse. <i>S/2b</i> , assise d'Oxhe. <i>S/2a</i> , assise de Huy. | Caradoc et Bala. Llandeilo Arenig. |
| | <i>S/1e</i> , assise de Salmchâteau. (Salmien supérieur.) <i>S/1d</i> , assise de Vielsalm. (Salmien inférieur.) <i>S/1c</i> , assise de Revin. (Revinien.) <i>S/1b</i> , assise de Deville. (Devilien supérieur.) <i>S/1a</i> , assise de Hourt. (Devilien inférieur.) | <i>S/1e</i> , non observé. <i>S/1d</i> , assise de Villers. <i>S/1c</i> , assise de Mousty. <i>S/1b</i> , assise de Tubize. <i>S/1a</i> , assise de Blanmont. | Manque. | Tremadoc. Lingula Flags supérieur. Lingula Flags inférieur. Menevian. Solva. Caerfai. |

EUGÈNE MAILLIEUX. — Note sur quelques brachiopodes
du Frasnien belge.

Si considérables que soient les travaux auxquels a donné lieu la faune dévonienne, bien des recherches sont encore nécessaires pour arriver à sa parfaite connaissance : chaque jour amène des découvertes nouvelles.

Souvent, des espèces, représentées par des échantillons défectueux, sont confondues avec d'autres, dont cependant elles diffèrent ; mais il arrive un temps où des spécimens mieux conservés permettent de fixer les formes dont il s'agit et de leur assigner une place définitive dans la nomenclature des êtres fossiles. Sans doute, il importe de ne pas surcharger cette dernière outre mesure, et des travaux de révision des espèces, comme ceux dont ont pris l'initiative plusieurs savants, entre autres M. J. Gosselet (1), puis F. Béclard (2), sont hautement désirables ; mais il n'en reste pas moins vrai que l'étude approfondie des mutations d'une même forme peut, comme l'ont montré les recherches de M. Rigaux dans le Boulonnais, apporter une aide puissante aux études stratigraphiques, surtout pour des terrains présentant un complexe embrouillé comme notre Frasnien.

Dans un récent travail que, plusieurs fois déjà, j'ai eu l'occasion de citer, M. E. Rigaux (3) met en valeur les caractères différentiels qui séparent des formes longtemps confondues sous le même nom, notamment en ce qui concerne plusieurs espèces des genres *Cyrtina* et *Athyris*. Mes recherches dans le Dévonien des environs de Couvin, dont une partie des résultats ont été publiés déjà, m'ont permis de retrouver, en Ardenne, bon nombre des formes nouvelles mentionnées et décrites par notre savant collègue de Boulogne. Le but de cette note est d'ajouter, aux espèces précédemment signalées, cinq brachiopodes nouveaux pour la faune du Frasnien de Belgique, que j'ai rencontrés

(1) J. GOSSELET, *Étude sur les variations du Spirifer Verneuili*. Lille, 1894.

(2) F. BÉCLARD, *Les Spirifères du Coblenzien belge*. Bruxelles, 1895. — *Catalogue synonymique et critique des Spirifères du Dévonien inférieur*. Bruxelles, 1895.

(3) E. RIGAUX, *Le Dévonien de Ferques et ses Brachiopodes*. Boulogne, 1908.

récemment dans les gîtes si intéressants des environs de Couvin, ou dont la présence m'y a été indiquée. Ces fossiles sont :

Cyrtina Douvillei Rig.

— *Rigauxi* nov. sp.

Athyris Bayeti Rig.

Skenidium Lemestii Rig.

Rhynchonella (Pugnax) Lemestii Rig.

***Cyrtina Douvillei* Rig. (4).**

Presque toutes les *Cyrtina* que j'ai rencontrées dans notre Dévonien moyen et supérieur, diffèrent beaucoup de la *Cyrtina heteroclyta* Defrance, que citent presque exclusivement les listes des auteurs belges. Je dois dire que je n'ai encore recueilli, jusqu'ici, l'espèce de Defrance bien caractérisée que dans le Dévonien inférieur, ainsi que dans les schistes et calcaire à *Calcéoles* (*Cob n, m*).

La *Cyrtina* la plus commune dans les dépôts frasniens des environs de Couvin, et notamment dans les schistes à *Spirifer pachyrhynchus*, est caractérisée par son bourrelet très anguleux et fortement saillant, ainsi que par le nombre (10 à 14) et la disposition de ses côtes rayonnantes. Ces caractères ne permettent pas de la séparer de la *Cyrtina Douvillei*, créée récemment par M. E. Rigaux pour une forme qui existe, dans le Boulonnais, depuis le niveau du *Spirifer Belliloci* jusque dans le calcaire de Ferques.

LOC. LITÉ. — *Cyrtina Douvillei* est surtout abondante dans les schistes à *Sp. pachyrhynchus* de la carrière du cimetière, à Boussu-en-Fagne.

***Cyrtina Rigauxi* nov. sp.**

DESCRIPTION. — Coquille de taille relativement assez forte, plus large que longue, atteignant sa plus grande largeur au bord cardinal. Ailes se terminant légèrement en éperons.

Petite valve convexe, à contour trapézoïdal; bourrelet plat, peu saillant, offrant, près du front, un léger sillon médian ou encoche, et séparé des ailes par deux petites dépressions plus accentuées au bord frontal. Ailes portant chacune trois ou quatre côtes rayonnantes

(4) E. RIGAUX, *Loc. cit.*, p 20, pl. I, fig. 9.

aplaties, rudimentaires et fort peu visibles, à profil arrondi, et ne paraissant exister que dans la moitié marginale. Surface de la valve entièrement ornée, sur le bourrelet comme sur les ailes, de très fins plis rayonnants, arrondis, en nombre considérable, s'accroissant vers le front tant par bifurcation que par intercalation. Bord cardinal droit.

Grande valve pyramidale, très élevée; sinus anguleux, très net depuis le crochet, quoique peu profond, et portant, au milieu, un sillon peu marqué correspondant, au front, à l'encoche du bourrelet de la petite valve. Ailes portant le même nombre de côtes que la valve opposée, disposées de même, et ornées également de très nombreuses et très fines stries radiaires s'accroissant par dichotomie et par intercalation. Area élevée, triangulaire, un peu concave, ornée de fines stries normales au bord cardinal, et portant un pseudodeltinum convexe dont l'usure ne permet pas de voir la perforation. Crochet légèrement tordu.

Les deux valves portent des stries d'accroissement concentriques très peu nombreuses et à peine perceptibles à la loupe.

DIMENSIONS. — Longueur : 0^m009; largeur : 0^m014; hauteur : 0^m010.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES. — Cette espèce diffère de toutes les *Cyrtina* dévoniennes que je connais, par sa conformation générale, la disposition de ses plis, son ornementation, qui rappelle celle du *Spirifer transiens* Barrande, et enfin, par le sillon qui divise son sinus et la partie postérieure de son bourrelet. Elle appartient à une espèce nouvelle, que je dédie à notre savant confrère, M. E. Rigaux, de Boulogne.

GISEMENT ET LOCALITÉ. — *Cyrtina Rigauxi* se rencontre à Boussu-en-Fagne, dans les schistes à *Spirifer pachyrhynchus* de la carrière du cimetière, où elle est très rare.



Cyrtina Rigauxi, nov. sp.

- a. Petite valve, grandeur réelle.
- b. Le même individu, vu du côté de l'area.
- c. Le même vu du côté de la grande valve.

Athyris Bayeti Rigaux (1).

J'hésitais, jusqu'à présent, à assimiler à cette forme plusieurs coquilles trop déformées pour être déterminées avec certitude, mais que leurs caractères encore visibles semblaient rapporter à l'espèce du calcaire de Ferques. Quelques exemplaires en bon état m'ont permis, depuis peu, de constater la concordance des caractères de mes échantillons avec la diagnose de M. Rigaux, qui donne comme caractères distinctifs : le sinus visible dès le crochet, mais ne se prolongeant pas en languette; les lamelles concentriques d'accroissement plus fortes, moins nombreuses que celles de l'*A. concentrica* Murch., mais plus abondantes que chez l'*A. rugosa* Davids.; enfin, le foramen plus développé que celui de cette dernière espèce.

LOCALITÉ ET GISEMENT. — Schistes à *Sp. pachyrhynchus* de la carrière du cimetière, à Boussu-en-Fagne.

Skenidium Lemeslii Rig. (2).

M. Rigaux a bien voulu m'écrire récemment qu'il a rencontré autrefois, dans les schistes du chemin de la carrière du Lion, à Frasnès, un *Skenidium* qu'il dénomme *S. Lemeslii*. Je n'ai pas retrouvé encore cette espèce. Le gîte signalé par M. Rigaux appartient, par sa position, à la zone à *S. pachyrhynchus*, mais les quelques fossiles que j'y ai recueillis n'offrent rien de caractéristique.

Rhynchonella (Pugnax) Lemeslii Rigaux (3).

Deux niveaux du Frasnien m'ont procuré quelques coquilles caractérisées par leur taille plus petite, leur forme plus globuleuse que celle de la *Pugnax Kaiseri*, ainsi que par leur sinus peu profond, ce qui les rapporte à la *Pugnax Lemeslii*.

L'un de ces deux niveaux semble être synchronique de la zone à *Sp. Belliloci* du Boulonnais, à laquelle est circonscrite la *P. Lemeslii* : il paraît appartenir à la zone à *Camarophoria formosa*, et est constitué par la bande de schistes noduleux dont le calcaire à *Pentamerus brevi-*

(1) E. RIGAUX, *Loc. cit.*, p. 42, pl. I, fig. 1.

(2) E. RIGAUX, *in litt.*, 3 décembre 1908.

(3) E. RIGAUX, *Mémoires de la Société académique de Boulogne*, t. XVI, 1892, p. 103, pl. II, fig. 2.

rostris, à l'*Ermitage* (Boussu-en-Fagne), forme le substratum. Le second niveau n'est autre que la zone à *Sp. pachyrhynchus* de la carrière du cimetière, également à Boussu-en-Fagne.

Pugnax Lemeslii paraît assez rare dans les deux zones.

A. DOYEN. — Contribution à l'étude des minéraux belges.
Oxyde de titane (ANATASE).

Plus on approfondit l'étude des roches anciennes, plus on est convaincu de la grande diffusion des minéraux titanifères. C'est ainsi qu'au hameau de Fodiaux, des habitants, en creusant un puits sur les bords du chemin d'Autre-Eglise, ont mis à découvert le quartzite silurien.

Ayant prélevé un échantillon de cette roche ainsi qu'une certaine quantité d'une matière arénacée blanche que je considère comme étant un produit d'altération de la roche primaire, je les ai soumis aux essais suivants :

Au microscope, le quartzite s'est montré fortement altéré et certains granules de quartz semblent être pseudomorphosés (en kaolin?); de plus, on remarque quelques nodules de limonite paraissant de la pyrite pseudomorphosée.

La matière terreuse a été soumise à une lévigation méthodique : le courant entraîne de nombreuses paillettes micacées blanches et de la limonite en poudre tellement impalpable, qu'elle reste plusieurs heures en suspension dans l'eau avant de se déposer. Finalement, on retrouve une petite masse de minéraux non entraînés, composée surtout de limonite, pyrite et quelques fragments de roches; de plus, en examinant avec soin ce dépôt, on remarque de petits octaèdres noirs, brillants, et divers débris minéraux noirs, lustrés et très denses.

Les petits octaèdres quadratiques d'aspect métallique sont, en réalité, de l'anatase ayant de 1 à 2 millimètres de long et ressemblant à s'y méprendre à l'anatase de Nil-Saint-Vincent, dont les cristaux ont été étudiés par MM. Cesàro, de Koninck et Prinz.

Ne possédant pas de goniomètre suffisamment précis pour mesurer des cristaux d'aussi petites dimensions, j'ai demandé à M. Cosyns de vouloir bien se charger de leur mesure et voici les chiffres qu'il a trouvés :

| | Angle calculé | Angle mesuré |
|----------------------------------|---------------|--------------|
| 1° La bipyramide (114) : (111) = | 82°9' | 82°7' |

2° Une bipyramide (111) combinée à une autre pyramide très difficile à déterminer, vu la rareté des échantillons que j'ai pu recueillir, mais semblant se rapprocher plutôt de la bipyramide (5-5-11) décrite par Rosenbusch que de la bipyramide (449) qu'a trouvée M. Prinz.

En effet, les mesures sont :

$$\begin{aligned} (xxy) : (\bar{x}\bar{y}) &= 97^{\circ}10' & \text{et} & & 97^{\circ}5' \\ (xxy) : (111) &= 18^{\circ}55' & \text{et} & & 19^{\circ} \end{aligned}$$

Je ferai néanmoins observer que le mauvais état des cristaux et le peu d'éclat des faces n'ont pas permis une plus grande approximation.

Les cristaux, attaqués et désagrégés par le bisulfate potassique, donnent une solution se troublant par l'hydrogène sulfuré, ce qui semble indiquer la présence d'étain.

En outre de l'anatase, quelques prismes noirs, opaques et brisés suivant la base, montrent les cannelures caractéristiques de la tourmaline.

En résumé, les roches anciennes de cette région semblent devoir donner les mêmes minéraux que celles de Nil-Saint-Vincent, et j'ai cru utile d'attirer l'attention des minéralogistes à ce sujet, pour le cas où des travaux plus importants y seraient exécutés.

C. VAN DE WIELE. — L'évolution tectonique de la péninsule italienne depuis le Pliocène et ses rapports avec le sisme du détroit de Messine.

De toutes les régions de l'Europe, l'Italie est certainement la plus récente. Son sol est presque entièrement constitué par des roches qui se sont formées depuis le Crétacé supérieur. On sait l'importance du Pliocène marin dans la géologie de l'Italie et l'intensité du travail tectonique qu'il a subi. Ce n'est qu'au Nord et au Sud que l'on rencontre des roches plus anciennes que le Mésozoïque. En Ligurie, le prolongement des Alpes maritimes nous offre, depuis le Col de Tende jusqu'à Savona, où la chaîne disparaît sous la mer, une bande de terrains dont l'âge va du Carbonifère jusqu'au Jurassique. Au Sud, la Calabre est formée par un groupe de massifs granitiques, recouverts par un manteau de roches cristallines anciennes dont l'âge n'a pas encore pu

être fixé d'une façon définitive. Ce sont ces massifs qui sont le siège des sismes que nous voyons se succéder depuis plusieurs années. Le massif le plus septentrional, celui de la Sila, qui se trouve aujourd'hui à l'état de repos, est séparé du massif du Monte Pecoraro par un isthme étroit, qui s'étend du golfe de Santa Eufemia au golfe de Squillace; ces deux golfes communiquaient au Pliocène.

Ce dernier massif se rattache à celui de l'Aspromonte, qui paraît subir un travail de dislocation. Au Pliocène, le petit massif de Monteleone s'en trouvait séparé par un canal marin étroit, aujourd'hui comblé grâce au soulèvement. A la pointe méridionale de l'Aspromonte, on rencontre un autre fragment du massif, les Monts Péloritains de la Sicile, qui en sont séparés aujourd'hui par le détroit de Messine. Celui-ci, formé par une fosse tectonique profonde de 1 000 mètres jusqu'à la hauteur de Reggio, va rapidement en se relevant au Nord, jusqu'au voisinage de l'écueil de Charybde, où le détroit ne présente plus que 100 mètres de profondeur et une largeur de 3 kilomètres. La formation de cette fracture ne paraît pas remonter bien loin dans le Pliocène, car on ne retrouve sur les bords du détroit que des dépôts peu importants de Pliocène et de Quaternaire marins; il est vrai qu'ils ont subi un mouvement de soulèvement très prononcé, comme nous le verrons plus tard.

Abandonnons pour un moment l'Italie méridionale et essayons de donner un aperçu de la disposition géologique du centre et du nord de la péninsule. On y rencontre deux zones tectoniques, l'une formée par la chaîne des Apennins du côté de l'Adriatique, l'autre située sur le versant tyrrhénien et constituée par des régions basses, où s'accumulent les formations volcaniques de la Toscane, du Latium et de la Campanie.

Il nous suffira d'exposer les changements subis par ces deux zones à partir du Pliocène, pour montrer l'intensité et la rapidité de l'évolution tectonique de la péninsule italienne.

Au début du Pliocène, la mer occupait le bassin du Pô jusque tout contre le bord actuel des Alpes; seules, les collines de la Soperga, près de Turin, émergeaient au-dessus de la mer. Il n'est pas probable que ce prolongement de l'Adriatique communiquait avec la mer de Ligurie, malgré la faible distance qui la sépare actuellement des plaines du Pô, entre Gênes et Serravalle.

La mer qui occupait le bassin du fleuve était plus profonde que l'Adriatique actuelle, car des sondages exécutés en Lombardie n'ont pas atteint le Pliocène à 180 mètres au-dessous du niveau marin,

tandis que le fond de la mer Adriatique ne commence à atteindre la profondeur de 100 mètres que sur une ligne qui relie Zara de la côte dalmate au Gran Sasso d'Italia. Nous verrons plus tard combien ce chiffre est peu important en comparaison de celui des soulèvements des dépôts marins pliocènes et surtout éocènes, qui forment les Apennins. Les gîtes de Pliocène marin qui ont permis d'établir l'existence de la mer préquaternaire du Pô, se trouvent sur la lisière des Alpes, parfois à une hauteur de 100 mètres, soulèvement qui pourrait d'ailleurs correspondre à un affaissement du centre du bassin.

La mer pliocène occupait le bord externe actuel des Apennins, elle s'étendait depuis le bassin supérieur du Pô, en passant par Turin, Alessandria, Tortona, Voghera et Ancôna. De cette ville jusqu'au Monte Gargano, la bande se rapproche de la méridienne, mais suit le rivage de la mer actuelle. A partir du Gargano, la bande pliocène passe à l'intérieur des terres, devant les masses tabulaires disloquées formées par des roches mésozoïques constituant le Gargano, et les tables de même constitution du *Tavoliere* des Pouilles, qui n'ont pas participé au mouvement de soulèvement du reste de la presqu'île.

La mer pliocène formait donc un synclinal à travers l'Apulie et la Basilicate, et l'élargissement de celui-ci correspondait au golfe actuel de Tarente. On retrouve dans ce dernier une fosse longue et étroite, profonde de 1000 mètres, qui s'avance jusque tout près de la ville de Tarente. C'est un vestige qui rappelle l'ancienne communication de la mer Adriatique pliocène avec les profondeurs de la mer Ionienne. Le Pliocène marin non soulevé ni plissé occupe la plus grande partie de la presqu'île de Tarente; de l'autre côté du golfe, il revêt les hauteurs du versant oriental des massifs granitiques dont nous avons parlé plus haut, mais il pénètre tout à l'entour de chacun d'eux et leur forme une ceinture complète. Il y avait donc au Pliocène trois îles granitiques : la Sila, le Pecoraro et l'Aspromont ; cette dernière peut être rattachée aux Monts Péloritains, car les sédiments marins récents sont peu développés depuis Reggio jusqu'à Scilla, et font tout à fait défaut depuis Messine jusqu'à Syracuse. La bande de terrains tertiaires éocènes et pliocènes est très large sur le versant oriental de la Calabre ; on la retrouve au delà du golfe de Catane sur l'extrémité Sud-Est de la Sicile, dont elle forme la plaine, et elle paraît se continuer jusqu'à Malte, rattachée à la grande île par un plateau sous-marin à 100 mètres à peine sous le niveau de la mer. Celui-ci, de même que l'Apulie et la presqu'île de Tarente, n'a pas participé au mouvement de soulèvement.

On voit donc que la bordure de sédiments pliocènes a été soulevée depuis le bassin supérieur du Pô jusqu'à l'Aspromonte, mais le soulèvement a été surtout prononcé dans le Sud de la péninsule. Les roches pliocènes du bassin du Tanaro n'atteignent guère 400 mètres de hauteur. Puis elles se relèvent graduellement vers le Sud pour atteindre 1 100 mètres, au Monte dell' Ascensione près d'Ascoli Piceno, au Nord du Gran Sasso. Les hauteurs de 1 000 mètres deviennent plus fréquentes en Calabre, et elles atteignent 1 300 mètres sur l'Aspromonte au Monte Alto, en face de Reggio. C'est ici également que l'on retrouve, à 700 mètres, le Quaternaire caractérisé par les immigrants marins, venus des mers boréales pendant la période glaciaire.

Au delà du détroit et du golfe de Catane, on retrouve le Pliocène occupant surtout la partie Sud-Ouest de la Sicile. Il y forme un golfe ouvert au Sud et dont le sommet se rapproche de l'Etna. Depuis Marsala jusqu'au cap Passero, le Pliocène est situé peu au-dessus du niveau de la mer, mais à mesure que les deux bords vont se rejoindre vers Castrogiovanni, les couches se relèvent jusqu'au niveau de 900 mètres. On sait que le plan de surface de la Sicile va en se relevant depuis la côte méridionale jusqu'à la côte tyrrhénienne. Cette dernière présente peu de gisements pliocènes, elle est formée par des roches tertiaires plus anciennes, au milieu desquelles s'élèvent des horsts formés de roches triasiques et jurassiques. Ces montagnes, qui se dressent au bord de la mer, paraissent être le résultat de la dislocation d'un sol ancien, et sur les fragments affaissés de celui-ci se sont déposés les sédiments tertiaires anciens. Le mouvement de soulèvement général ayant repris ou s'étant continué en même temps que le mouvement général de l'île, a entraîné la bande des horsts mésozoïques, qui débute à l'Occident par les îles Egades, puis constitue les Monts S. Giuliano, Sparagio, Pellegrino, près de Palerme, le sommet le plus élevé des Madonie, et passe ensuite par le cap Orlando, en face des îles Lipari, pour finir à Taormina au Nord de l'Etna. En même temps, la bordure qui fait face à la mer Tyrrhénienne s'est effritée, comme l'indique la série de baies à courbe rentrante qui échancrent le rivage. Celui-ci constitue une ligne de fracture, car la ligne de profondeur de 1 000 mètres court à une distance moyenne de 25 kilomètres de la côte, et il se trouve séparé des îles volcaniques lipariennes par une fosse qui dépasse la profondeur de 1 000 mètres. Enfin, au delà, l'affaissement du bassin tyrrhénien continue jusqu'à une profondeur de près de 4 000 mètres. Les montagnes mésozoïques forment la partie la plus élevée de l'île; elles forment avec

les monts Péloritains un mur à peu près continu qui, dans les Madonie, atteint presque la hauteur de 2 000 mètres.

Pour montrer plus clairement comment la Sicile a été soulevée depuis l'ère tertiaire, servons-nous d'une comparaison. Considérons la surface de la Sicile comme le couvercle d'une boîte dont les charnières passent par la ligne qui joint Marsala au cap Passero. Dès lors, il devient évident que le mouvement de soulèvement sera surtout marqué vers l'extrémité Nord-Est de l'île, tandis que sur la côte méridionale il sera beaucoup plus graduel. En effet, nous ne rencontrons pas ici de ligne de fracture comme sur la côte tyrrhénienne. Le fond de la mer s'abaisse graduellement jusque 500 mètres, et même il est occupé par une série de bas-fonds qui s'étendent parallèlement à la côte depuis l'île de Malte dans la direction du Nord-Ouest.

Si nous employons le même procédé que tantôt pour nous représenter le soulèvement de la chaîne des Apennins et de son prolongement granitique dans la Calabre, nous trouvons que la ligne des charnières est représentée par une ligne courbe. Celle-ci passe par Alessandria, Piacenza, Bologna, Ancône, puis devant le mont Gargano, laissant en dehors les tables mésozoïques de l'Apulie, qui n'ont pas participé au soulèvement. Enfin, elle va aboutir à la fosse de 1 000 mètres, que nous avons signalée dans le golfe de Tarente, et suit alors cette ligne bathymétrique jusqu'au cap Spartivento. Ici la ligne serre de très près l'Aspromonte et le rivage depuis Messine jusque Syracuse. Sur toute cette étendue, il y a eu depuis le début du Tertiaire un soulèvement dont le sommet le plus élevé est situé actuellement à près de 3 000 mètres, au Gran Sasso d'Italia. Nous avons vu que pendant le Pliocène le mouvement a été surtout rapide à la pointe méridionale de la péninsule, donc en face du maximum de soulèvement de la Sicile. Maintenant, si nous tenons compte de la différence dans la direction du mouvement de soulèvement de l'île d'une part, de la péninsule de Calabre de l'autre, nous pouvons parfaitement nous expliquer la formation du détroit de Messine et les catastrophes sismiques que l'on y constate dès les débuts de la période historique. Nous pouvons de plus nous rendre compte des dispositions géologiques de la Calabre et de la dislocation en plusieurs fragments de sa masse granitique. Encore séparés par la mer pliocène, ils se trouvent aujourd'hui de nouveau réunis par suite de la marche continue du soulèvement.

Nous avons vu que celui-ci n'a pas été le même pour toute la péninsule. Moins intense au Nord, il y a achevé le plissement des parties septentrionales et centrales des Apennins. Mais dans le Sud, la

chaîne ne se présente plus comme une chaîne de plissement; les roches mésozoïques apparaissent davantage au milieu des sédiments tertiaires et rappellent les horsts d'âge mésozoïque que nous avons signalés sur la côte tyrrhénienne de la Sicile. C'est ainsi que nous voyons apparaître sur le bord du golfe de Policastro la masse triasique du Monte Pellegrino, échancrée également comme les monts siciliens sur leur versant tyrrhénien. Nous sommes ainsi ramenés à la zone d'affaissement du bassin tyrrhénien, à laquelle se rattache la deuxième zone tectonique de la péninsule italienne.

La mer pliocène formait sur le versant tyrrhénien un vaste golfe, dont le rivage est indiqué par une ligne passant par Lucques, Florence, le lac Trasimène, Terni, et aboutissant au golfe de Naples. La mer Tyrrhénienne baignait donc la partie correspondante des Apennins pendant son soulèvement. Mais le fond du golfe n'a pas été soulevé comme la chaîne des montagnes; si le soulèvement a eu lieu, il n'a pas dépassé de beaucoup le niveau de la mer actuelle, et le golfe s'est surtout comblé par l'alluvionnement, qui se continue du reste encore aujourd'hui le long de la côte de Toscane et du Latium. Si nous tenons compte de l'existence de massifs mésozoïques isolés et situés généralement à une grande hauteur au-dessus du niveau général de la région, telles les Alpes Apuanes, les montagnes de Lucques, la Montagnola de Sienne, etc., nous serions tenté de considérer la région volcanique de la Toscane, du Latium et de la Campanie comme une zone d'affaissement dont le niveau se trouvait, avant le Crétacé, beaucoup plus haut et réunissait en un tout compact les horsts mésozoïques que l'on y rencontre aujourd'hui.

D'autre part, la formation du versant tyrrhénien de la péninsule a été accompagnée de phénomènes volcaniques très considérables, que l'on ne retrouve pas sur le versant adriatique de la chaîne. Le versant ligurien des Apennins est formé partout par des roches éocènes; on y rencontre les formations ophiolitiques d'âge crétacé ou éocène, qui paraissent être le produit d'éruptions volcaniques sous-marines. Elles constituent le grand volcan qui s'étend autour de Gênes. On les rencontre dans la Toscane et dans l'île d'Elbe, où elles vont rejoindre les formations analogues que l'on rencontre au Nord-Est de la Corse.

Les manifestations volcaniques recommencèrent vers la fin du Tertiaire, mais leur siège s'est déplacé au Sud, où elles entourent d'un cercle presque complet le bassin tyrrhénien. Sur sa rive occidentale, on trouve en Sardaigne le volcan éteint du Gennargentu; sur la péninsule se présentent du Nord au Sud le district solfatarique de

Volterra, le Mont Amiata, les districts volcaniques au repos des lacs de Bolsène et de Braciano, les Monts Albins et, dans la Campanie, un cirque volcanique complet dont le golfe de Gaète occupe le fond. Il est formé du côté de la mer par les îles de la Ponce, Ischia, Procida, qui par le cap Misène se rattachent aux Champs Phlégréens et au Vésuve, tandis que la ligne se continue au Nord par la Rocca Monfina vers les monts Albins. De tous ces volcans, le Vésuve seul est encore actif; mais la catastrophe d'Ischia nous montre que le repos n'est qu'apparent.

A partir du Vésuve, nous rentrons dans la zone d'activité moderne, à laquelle il faut rattacher les volcans des îles Lipari et l'Etna.

Si les phénomènes volcaniques n'accompagnent pas chacune des manifestations tectoniques, les deux ordres de phénomènes n'en relèvent pas moins des mêmes causes, et c'est ainsi que dans la partie sud-orientale du bassin tyrrhénien se suivent, sur une échelle beaucoup plus grande que partout ailleurs en Europe, les phénomènes volcaniques et les catastrophes sismiques.

Discussion.

M. SIMOENS, qui a pris la parole après M. Van de Wiele, a envoyé au Secrétariat la note suivante :

A propos de l'origine des secousses sismiques du détroit de Messine.

Depuis le désastre connu de tous, bien des explications ont été fournies, et il n'est pas un journal qui n'ait tenu à avoir sur ce sujet d'actualité l'opinion de personnes plus ou moins compétentes. J'ai lu des versions nombreuses sur l'origine de la catastrophe; les unes émanaient d'intrépides vulgarisateurs scientifiques, les autres étaient formulées par des savants qui, en d'autres domaines, ont acquis une incontestable notoriété, mais les uns et les autres me paraissent avoir été fascinés par une opinion qui, depuis qu'elle a paru dans quelques traités généraux, semble avoir passé pour tous à l'état de dogme. Il s'agit de la prétendue indépendance qui existerait entre les phénomènes sismiques et volcaniques.

Le bizarre classement des sismes en tremblements volcaniques, tectoniques et d'effondrements, n'a pas été étranger à cette tendance à vouloir séparer nettement, quant à leur origine, les sismes et les

phénomènes éruptifs. En maintes circonstances, je me suis élevé contre cette prétention.

En février 1907, je disais notamment ⁽¹⁾ :

« A l'occasion de ma note *Sur l'âge du volcan de Quenast*, je disais : « Il est trois ordres de phénomènes qui, quoique ayant été souvent étudiés séparément les uns des autres, semblent cependant présenter entre eux des relations de causes à effets : ce sont les phénomènes tectoniques, volcaniques et sismiques. »

» Pourtant, dans certains travaux récents, on a semblé laisser croire que cette relation n'existe pas, tout au moins entre les manifestations volcaniques et sismiques, et cette opinion résulterait de l'examen des statistiques de tremblements de terre forcément incomplètes. »

En réponse à un illustre mort dont je partageai rarement les avis et qui propagea surtout cette opinion de la dualité des phénomènes tectoniques et sismiques, j'écrivis ces quelques lignes : « On invoquait, il y a peu de temps encore, l'absence momentanée de tremblements de terre à la Martinique, pour appuyer cette idée de l'indépendance des phénomènes volcaniques et sismiques; or, les tremblements de terre tout récents qui ont ravagé l'île et que tous les journaux nous ont signalés, montrent qu'il ne faut jamais trop se hâter de faire état de ces cas particuliers limités à un territoire exigu et que, de plus, il faut toujours, en géologie, compter avec le facteur temps. »

Ajoutons que, peu de temps auparavant, l'inexistence constatée jusque-là de tremblements à la Martinique avait été invoquée par mes adversaires.

Or, à la dernière séance de la Société, je rappelais encore que l'absence de tremblements dans une région volcanique en travail ou de phénomènes éruptifs dans une région ébranlée ne prouve rien s'il ne s'est passé un temps suffisant après le premier phénomène.

Moins de huit jours se sont écoulés depuis que je prononçai ces paroles, et voici que le télégraphe nous apprend que l'Etna est en pleine éruption. Cela donnera peut-être à réfléchir à ceux qui décident de séparer des phénomènes géologiques connexes en se basant sur des temps que leur indique la faible mesure humaine.

Je ne pensais pas intervenir dans ces explications où régnait tant

(1) Bull. de la Soc. belge de Géol., t. XXI, 1907, Pr.-verb.

d'harmonie quant à l'origine et au mode de classement de ces phénomènes, et si je me décide à dire quelques mots, c'est parce que je ne puis résister au grand plaisir de féliciter mon savant et excellent confrère M. le Dr Van de Wiele de ne pas partager l'avis général et de penser, comme je n'ai cessé de le faire depuis longtemps, qu'il existe une relation étroite entre les sismes et les éruptions volcaniques.

Le point me paraît capital, et je suis on ne peut plus heureux de signaler cette opinion nouvelle de mon savant collègue. Ce n'est du reste pas la première fois que je suis d'accord avec lui, et les divergences de vues qui se sont manifestées entre nous n'ont jamais porté, je me hâte de le dire, que sur des questions de détail, ce qui est encore le cas aujourd'hui.

En effet, si dans les grandes lignes que j'ai indiquées plus haut je partage l'avis de M. Van de Wiele, il n'en est pas de même sur l'origine immédiate des mouvements ayant affecté le détroit de Messine.

M. Van de Wiele se base surtout sur les cotes de niveau que présentent les sédiments pliocènes depuis le bassin du Pô jusqu'en Calabre et il remarque que les cotes ou altitudes vont s'élevant d'une manière assez régulière du Nord au Sud, sauf exception, notamment, le long des rives du golfe de Tarente.

Il en conclut que la surélévation du Pliocène indique un soulèvement continu, et le maximum de ce soulèvement serait précisément dans la région sinistrée; la conclusion qu'il en tire est que le tremblement est dû à une recrudescence de ce phénomène de surrection.

La catastrophe de Messine serait donc un tremblement de soulèvement.

A cette interprétation nouvelle de grand intérêt, je répondrai d'abord en tenant compte des observations de M. Van de Wiele concernant les niveaux du Pliocène; ensuite, en rappelant la relation qui doit exister, en Sicile et en Calabre comme ailleurs, entre la tectonique, les sismes et les volcans.

1° Dans le bassin du Pô, on remarque que le Pliocène se trouve à une altitude assez élevée tout autour de la plaine, où il s'appuie sur les contreforts de la chaîne alpine. De plus, au milieu de celle-ci, surtout dans la région de Turin, le Pliocène se trouve au sommet des collines; sauf quelques exceptions peut-être, je suis porté à croire que cette situation du Pliocène en Piémont, Lombardie, Vénétie et Émilie n'est pas le résultat d'une surrection continue depuis le niveau actuel de la mer Adriatique.

Comme je l'ai démontré pour la Belgique, je considère le Pliocène de la plaine lombarde et piémontaise en place, sauf les endroits où il s'affaisse profondément et où il me paraît être le résultat d'un tassement vertical; donc, loin de supposer que le Pliocène du sommet des collines de la région de Turin ait été porté depuis le niveau de la mer ou plus bas jusqu'à ces hauteurs, je crois que le contraire est vrai et que le Pliocène, là où il se trouve à une cote inférieure, est descendu.

M. Van de Wiele pense que le Pliocène se trouve à une grande profondeur dans la plaine du Pô. Je pense, pour ma part, que dans la majeure partie de cette plaine, les sédiments pliocènes n'existent plus et qu'ils ont été balayés lors de la grande fusion des glaces et peu après leur dépôt, absolument comme cela semble s'être passé chez nous. Je ne pense donc pas que le Pliocène a été surélevé dans tout le bassin du Pô y compris la bordure à des altitudes de 200 à 400 mètres; mais que les sédiments se sont déposés à ces altitudes, que certains paquets sont descendus et que la majeure partie a été déblayée lors de la formation du bassin hydrographique du Nord de l'Italie. Ailleurs, il y a eu soulèvement du Pliocène, mais, encore une fois, au golfe de Tarente, loin de croire que ces roches sont en place, je pense qu'elles sont descendues et j'en vois la preuve dans la fosse de 1 000 mètres du golfe lui-même, que M. Van de Wiele considère avec raison comme étant le prolongement des bas niveaux du Pliocène. Si le prolongement du Pliocène a pu s'effondrer à 1 000 mètres sous la surface de la mer, pourquoi son prolongement au-dessus de la nappe liquide n'aurait-il pu s'effondrer aussi? Je l'ai dit déjà à maintes reprises au cours de mes écrits : la tectonique restera paralysée dans ses progrès aussi longtemps qu'on ne cessera de rapporter les mouvements d'affaissement et de soulèvement au niveau de la mer actuelle.

2° J'ai essayé d'établir dans mes travaux antérieurs l'absolue dépendance des phénomènes tectoniques, volcaniques et sismiques. De plus, j'ai rappelé, ce qui me paraît accepté par tous les géologues ou du moins par la majorité de ceux-ci, que les phénomènes éruptifs sont consécutifs à la formation des montagnes, ils sont les résultats des mouvements du sol. Ceci étant admis, les phénomènes volcaniques paraissent dus aux effondrements qui se manifestent dans les chaînes plissées après la formation de celles-ci. De plus, la position des événements volcaniques semble indiquer qu'ils se localisent non au hasard, mais suivant des cassures qui paraissent bien dues à des effondrements et non à des soulèvements. Du reste, si le soulèvement était le mouvement réel lié au phénomène volcanique, il faudrait voir dans

ce dernier l'origine des phénomènes tectoniques, et c'est le contraire qui paraît admis aujourd'hui.

Les volcans sont greffés sur des cassures dues aux mouvements, on ne peut comprendre l'émission des laves que par un phénomène de descente et d'écrasement vers la profondeur des vousoirs de l'écorce terrestre.

Or il me paraît incontestable que si le phénomène volcanique est le résultat de la descente de certains claveaux du sous-sol, les tremblements de terre ne sont autres que la propagation vers la surface du sol des vibrations occasionnées par ce tassement.

En outre, il paraît admis que les cirques qui se voient le long de la côte italienne du côté de la mer Tyrrhénienne ne sont que des effondrements circulaires de certaines portions de la chaîne des Apennins.

Or il existe vers le Sud de cette côte, un grand cirque qui doit surtout son importance à ce fait que la chaîne y constitue une courbe.

Quand des roches s'incurvent, elles finissent par se fissurer dans une direction perpendiculaire à celle de la courbure. Il paraît incontestable que c'est la courbe même de la chaîne en Calabre et en Sicile qui a déterminé des cassures se dirigeant vers un centre qui a présenté des phénomènes éruptifs et d'affaissement particulièrement intenses et dont les îles Lipari sont les vestiges.

Quand un fragment de chaîne s'effondre, on remarque que les phénomènes non seulement volcanique mais sismiques s'écartent de la chaîne et perpendiculairement à la direction de celle-ci se dirigent comme les cassures vers le bassin d'effondrement. Or en Sicile, la courbure de la chaîne permet de croire que des failles existent perpendiculairement à l'accident longitudinal et que ces cassures se dirigent vers le centre effondré.

Je pense donc que les tremblements de terre de Sicile et de Calabre sont des phénomènes tectoniques dus à l'accentuation des cassures radiales de la région dont certaines passent probablement par Reggio et Messine et de là vers le centre du bassin marin.

Tous les géologues sont d'accord depuis longtemps pour reconnaître que les tremblements sont fonctions de la structure du sol et pourtant il faut des catastrophes de ce genre pour attirer l'attention sur cette vérité que j'ai essayé timidement de mettre en évidence dans ma note : *La sismologie et la tectonique*, présentée à la dernière Conférence sismologique de La Haye.

E. PUTZEYS. — Parallèle entre les eaux sortant des calcaires et les eaux élaborées dans les terrains à mailles fines.

(Réponse à MM. d'Andrimont et van den Broeck, à propos des réflexions de l'auteur sur les eaux de la ville de Marche.)

C'est avec un très vif intérêt que j'ai lu les communications de MM. d'Andrimont et van den Broeck, provoquées par mes réflexions sur les eaux alimentaires de la ville de Marche.

Quoique le travail de M. d'Andrimont ait été publié après la note de M. van den Broeck, il se présente le premier en ordre utile, puisqu'il forme la suite immédiate de mon étude.

Vous avez pu constater, Messieurs, que les recherches de M. d'Andrimont ne font que confirmer mon exposé, en l'appuyant d'une série d'expériences de coloration par la fluorescéine qui m'avaient paru inutiles, étant donné le point de vue exclusivement hygiénique où je me plaçais et étant donné que les faits que j'ai dénoncés sont flagrants. Mais ces expériences, qui ont été faites avec un soin minutieux, étaient indispensables pour fournir aux tribunaux les éléments d'appréciation nécessaires pour juger un procès pendant entre la ville de Marche et un usinier. Il y a lieu de remarquer, en effet, que la dérivation dont je vous ai entretenus aurait, paraît-il, réduit la puissance d'un coup d'eau utilisé par un industriel de Marche, d'où action en justice.

Je ne sais si ce procès, qui dure depuis de longues années, qui a passé par une série de juridictions, a pris fin aujourd'hui. Bornons-nous à dire que de son issue ne pourra résulter qu'une chose, c'est que l'on saura si les habitants de la ville de Marche ont, oui ou non, de par la loi, le droit de s'empoisonner à leur guise.

Pour en terminer avec les eaux alimentaires de la ville de Marche, je dois rectifier une erreur. Il paraîtrait, d'après ce qui m'a été rapporté, que j'ai fait confusion en vous disant que le village de Champlon, dont les eaux résiduaires doivent forcément se mélanger aux eaux alimentaires de la ville de Marche, serait le Champlon où les colonies scolaires de Liège se rendent pendant les vacances. Vous vous souviendrez peut-être, Messieurs, que Champlon avait été signalé par la Commission médicale du Luxembourg comme un foyer permanent de typhoïde et qu'à la suite de la visite d'un médecin délégué par le

comité scolaire, ordre avait été donné à la colonie de réintégrer la ville de Liège.

Il s'agirait d'un autre Champlon.

S'il en est effectivement ainsi, on peut en tirer cette seule conclusion, c'est que, dominée par un village où la fièvre typhoïde n'existe pas à l'état endémique, la ville de Marche a néanmoins été terriblement frappée par cette maladie.

Cette conclusion n'est pas consolante.

M. d'Andrimont est, comme je le suis moi-même, Liégeois de vieille souche; je ne pense pas m'aventurer en disant qu'il doit admirablement connaître les vallées de l'Ourthe, de l'Ambève et de leurs affluents où, certes, les calcaires carbonifères ne font pas défaut. Me permettra-t-il d'exciper du double titre de concitoyen et de confrère de la Société de Géologie, pour le prier de bien vouloir m'indiquer, dans ce vaste champ d'exploration, quelques-unes des sources sortant du calcaire carbonifère qu'il estime offrir la sécurité voulue pour qu'on des dérive sans appréhension en vue de l'alimentation d'une agglomération humaine?

S'il veut bien consentir à répondre à la question que je me permets de lui poser, aura-t-il l'obligeance de dire si ces sources sont ou ne sont pas commandées par un vallon sec et si aucun vallon sec n'existe dans le périmètre de leur bassin d'alimentation probable? Je me vois obligé d'ajouter le mot « probable », car on sait combien sont fréquents les phénomènes de capture en terrains calcaires.

A défaut de sources importantes, M. d'Andrimont pourrait peut-être signaler de petites sources se trouvant dans les conditions dites plus haut. Ce renseignement étant fourni, je pourrai utilement répondre à son affirmation en ce qui touche au bassin considéré, que je connais bien, je crois.

Je passe au communiqué fait par M. van den Broeck en séance du 18 novembre, à la suite de mon travail.

M. van den Broeck nous dit :

« Déjà est assez suggestif à lui seul — s'inscrivant en faux contre une trop catégorique proscription — le cas de l'agglomération bruxelloise, dont les plus importants faubourgs, représentant près de 300,000 habitants, sont depuis neuf ans, et sans aucun inconvénient, alimentés par de nombreuses sources émergeant du calcaire carboniférien de la région du Bocq moyen. »

Je dois vous faire observer que l'argumentation sur laquelle il s'appuie n'est pas d'ordre scientifique, qu'elle est d'un empirisme bien fait

pour surprendre de la part d'un géologue aussi expérimenté. La science n'est évidemment que le résultat synthétique de l'expérience; c'est par l'expérience qu'elle s'est formée peu à peu, car c'est malheureusement la multiplicité des accidents survenus à la suite de l'usage des eaux sortant des calcaires, qui a provoqué la méfiance légitime dont elles sont aujourd'hui l'objet de la part des hygiénistes.

Que, pour le gros public, la sécurité soit représentée par l'absence d'accident, soit, mais dans une assemblée d'hommes de science l'argumentation n'est pas acceptable. Je ne vois pas en quoi l'exemple posé par M. van den Broeck est suggestif; disons plutôt qu'il est suggestionnant pour certains.

Un exemple récent appuiera ma manière de voir.

Vous savez, Messieurs, qu'au début de ma communication sur les eaux de la ville de Marche, je vous disais que cette communication avait été retardée par suite de l'éclosion, dans l'agglomération bruxelloise, d'un certain nombre de cas de fièvre typhoïde qui, frappant principalement la classe aisée, avait provoqué un certain émoi. J'ajoutais que, pour ne pas faire de tort aux marchands d'huîtres, il était convenable d'attendre les conclusions de l'enquête ouverte par le Gouvernement. Aujourd'hui, l'enquête étant terminée, les résultats étant connus, je ne suis plus retenu par le même scrupule. La preuve est faite que ce sont bien les huîtres qui étaient les coupables.

Des accidents analogues s'étaient déjà produits à l'étranger; en Angleterre et en France notamment, on avait, à plusieurs reprises, signalé, non pas des épidémies, car il ne s'agit pas dans l'espèce d'épidémie, mais des cas nombreux de typhoïde dus à l'ingestion d'huîtres.

Ces faits se passant à l'étranger, nous laissaient naturellement fort indifférents et nous persistions à avaler le délicieux mollusque sans appréhension. *La preuve était cependant faite depuis longtemps que l'huître peut provoquer la typhoïde en certaines circonstances aujourd'hui bien connues.*

Adoptant les termes de la proposition de M. van den Broeck, on aurait pu dire: Déjà est assez suggestif à lui seul, s'inscrivant en faux contre une trop catégorique proscription, le cas de l'agglomération bruxelloise, représentant près de 700,000 habitants, qui, depuis bien plus de neuf ans et sans aucun inconvénient, avalent et digèrent des quantités énormes d'huîtres.

L'argumentation de M. van den Broeck n'est pas recevable, on le voit. Il n'est pas nécessaire que la fièvre typhoïde et le choléra se déchainent sur une ville pour donner la preuve du danger que présente

son système d'alimentation. A supposer que la ville de Marche n'ait pas été frappée comme elle l'a été, l'étude du terrain permettrait d'affirmer que les eaux qui l'alimentent sont détestables ; c'est sur la science géologique et non sur l'expérience qu'on doit étayer le raisonnement au sein de notre Société.

Dans les termes mêmes du raisonnement de M. van den Broeck, on trouve la preuve de la faiblesse de son argumentation. Il nous dit que certains faubourgs de Bruxelles sont, depuis neuf ans et sans inconvénient, alimentés par des sources émergeant du calcaire carboniférien. J'ai dit précédemment que la distribution d'eau de la ville de Marche date de 1895 Pendant onze ans, donc pendant deux années de plus que la période envisagée par notre savant collègue, tout a bien marché. En 1906, date désormais funèbre pour la population marchoise, une épidémie violente de fièvre typhoïde se déclarait ; si je regrette d'avoir été bon prophète en 1898 lorsque j'exprimais mes appréhensions, je regrette non moins que mon cri d'alarme n'ait pas été entendu.

Lorsqu'en 1882 — il y a de cela près de vingt-sept ans — la ville de Verviers me fit l'honneur de me confier la direction de son Service des travaux publics et de son Service des eaux, j'eus pour la première fois l'occasion d'assister à la disparition d'un cours d'eau dans les calcaires. Le phénomène, sur lequel mon attention fut attirée par le vétéran du service, feu M. Britte, chef fontainier de la ville, avait pour théâtre le ruisseau dit de « Mangombroux ».

C'est sous la conduite de M. Britte que je visitai tous les cours d'eau des environs qui régulièrement mettaient une réelle obstination à disparaître aussitôt que, quittant les zones imperméables, ils abordaient les calcaires.

Feu Britte, très observateur par tempérament et quelque peu ami du merveilleux, me montra ensuite les « trous de sottais » (trous de nuttons) et m'inspira les premiers sentiments de doute qui se glissèrent dans mon esprit au sujet des *eaux de roche*, considérées jusque-là comme le prototype des eaux alimentaires de bonne qualité.

Quelques années plus tard, en 1888, ayant projeté le barrage du ruisseau dit « le Helevy », affluent de la Hoigne, je m'adressai aux lumières de mes savants collègues MM. Rutot et van den Broeck, à l'effet de savoir si l'emplacement proposé pour l'ouvrage pouvait donner tous apaisements.

Ici encore je trouvais, en effet, à la limite du lac artificiel qui devait être créé, une bande calcaire où disparaissait un des bras du petit cours d'eau à barrer.

En 1889, à peine installé à Bruxelles, j'eus à examiner les propositions faites à la ville par le propriétaire des sources du Hoyoux. Après ce que j'avais vu à Verviers, mon esprit était nécessairement mis en éveil, quoique cependant, parmi les documents à l'appui du projet, se trouvât un exposé fait par deux de nos confrères, MM. Rutot et van den Broeck, dont les conclusions étaient fort optimistes.

Je suis certain que l'un des auteurs de cette note, M. Rutot, ne la signerait plus aujourd'hui sans de très sérieuses restrictions, s'il entreprenait une nouvelle étude de la question. Je suis dans l'ignorance du sentiment de M. van den Broeck à ce sujet. En ce qui me concerne, j'ai soumis, en janvier 1894, à la Société, une étude sur les sources des vallées de l'Ourthe, du Hoyoux et du Bocq qui est encore le reflet exact de mon opinion à l'heure présente. Si j'ai varié, c'est plutôt dans le sens pessimiste, attendu que les faits relevés depuis par moi, l'étude magistrale de M. Dupont présentée à la Société de Géologie en mai 1894, les travaux et les découvertes de M. Martel publiés, en 1894 également, sous le titre : *Les Abîmes*, n'ont fait qu'accentuer ce qu'un spirituel journaliste a qualifié de calcarophobie. Le mot est parfaitement juste.

Lorsqu'il s'est agi de la dérivation des sources du Hoyoux, on m'a opposé la science de Belgrand, qui a tracé le programme de l'alimentation de Paris et dont la réputation n'a pas à souffrir de l'erreur qu'il a commise en proposant la dérivation d'eaux que la science bactériologique, non encore née, devait plus tard déclarer douteuses. Quand il s'est agi de capter les sources du Bocq, on m'a donné comme exemple les travaux de dérivation de l'Avre, qui venaient d'être décidés. Cette argumentation devait paraître d'autant plus impressionnante que le Service de l'Intercommunale annonçait qu'il mettrait à profit le système adopté par les services de la ville de Paris, grâce auquel tout danger pouvait être considéré comme écarté.

Personne aujourd'hui, dans le monde des ingénieurs, des hydrologues, des géologues et des hygiénistes, ne peut plus mettre en doute que les sources alimentant Paris ne répondent pas aux exigences de l'hygiène et qu'elles sont une menace permanente pour la santé publique.

S'il est encore des incrédules, je ne puis que livrer à leurs méditations les travaux de la Commission de l'Observatoire de Montsouris sur les eaux alimentant Paris.

Disons encore que M. Schlosing, en terminant sa savante étude : *Les nitrates dans les eaux potables*, publiée en 1896, disait : « Et s'il

m'était permis d'avoir un avis sur le degré relatif de pureté des eaux conduites à Paris, je l'exprimerais en disant que je continuerai à boire de l'eau de la Vanne et celle de la Dhuis sans aucune inquiétude, telles qu'elles sont distribuées, et que je ne voudrais maintenant boire de l'eau de l'Avre qu'après son passage dans un bon filtre. »

Quelques années plus tard, on reconnaissait que l'eau de la Vanne et l'eau de la Dhuis sont également compromises.

Rappelons encore que la question suivante avait été posée au Congrès d'hygiène qui a tenu ses assises à Bruxelles, en 1903 :

Établir, au point de vue des exigences de l'hygiène, les conditions que doivent remplir les eaux issues des terrains calcaires.

Voici les réponses faites par M. E.-M. Martel, auditeur près le Comité consultatif d'hygiène de France, dans le rapport qu'il a présenté comme suite au questionnaire détaillé dressé par les soins de M. van den Broeck, qui nous annonce l'apparition prochaine d'un important travail sur les cavernes et rivières dans une publication faite avec la collaboration de MM. Martel et Rahir.

Quel est le mécanisme de formation des sources sortant des roches calcaires?

R. — En général, les eaux sortant du calcaire ne doivent pas être considérées comme des sources, mais bien comme des réapparitions, des résurgences d'eaux, englouties à des distances plus ou moins grandes et, bien entendu, à un niveau supérieur, par les fissures des calcaires.

Ce mécanisme est-il d'une nature telle qu'il puisse assurer en tout temps une épuration parfaite des eaux, et peut-il être mis en échec?

La réponse est aussi brève que formelle :

R. — Non, l'épuration des eaux du calcaire, loin d'être en tout temps parfaite, est au contraire en tout temps à peu près impossible.

L'extrême fissuration du calcaire, l'extension des cavernes qui en résultent, l'absence à peu près générale de dépôts filtrants dans ces cavernes, trois faits empiriquement et absolument constatés sous TERRE, empêchent en principe et radicalement la purification, le filtrage des eaux qui arrivent contaminées aux points d'absorption.

Le calcaire n'est pas un filtre, ni même une éponge, c'est un crible, un tamis aux mailles des plus irrégulières, mais jamais assez menues pour permettre l'épuration que réalisent seuls les sables fins, à moins que ces mailles ne se trouvent exceptionnellement et complètement colmatées par des sables ou argiles de remplissage.

Certaines dispositions des massifs calcaires ou bien certains types de calcaires sont-ils plus aptes que d'autres à fournir de bonnes eaux? Ou

bièn tous les calcaires, quelle que soit leur disposition géologique et à quelque type qu'ils appartiennent, sont-ils, par essence, dangereux, quand on les considère comme lieu de provenance d'eau destinée à l'alimentation? Pourquoi?

R. Aussi formellement qu'à la précédente question et pour les mêmes raisons, il n'y a point à distinguer entre les divers types de calcaires. Compact en lui-même et perméable uniquement par fissuration (sous réserve de la négligeable eau de carrière), tout calcaire, dès qu'il est aquifère, est nécessairement crevassé et ce crevassement est exclusif de tout filtrage proprement dit.

Y a-t-il lieu de faire, en matière d'utilisation hydrologique, certaines distinctions entre les calcaires anciens rocheux et les calcaires tendres ou crayeux, et lesquelles?

Autre réponse négative.

Est-il parfois des sources sortant des calcaires que l'on puisse conseiller ou tout au moins autoriser, sans trop de restrictions, pour l'alimentation?

Non, jamais sans les plus sérieuses restrictions, à moins que tout le bassin d'alimentation puisse être déterminé avec précision et qu'il se trouve en entier inhabité et inculte, ou recouvert de forêts, ou revêtu de dépôts meubles suffisamment épais pour être filtrants. Ou encore, à moins que, par des dispositions assez exceptionnelles, tout le réseau des fissures du calcaire ou tout au moins celles de la résurgence soient aveuglées par un dépôt meuble que l'eau traverse en s'y filtrant plus ou moins bien.

Que doivent donc être les zones de protection des sources issues des calcaires? Comment peut-on les déterminer? En quoi ces zones se différencient-elles des zones de protection des sources sortant d'autres terrains meubles ou rocheux?

Les zones de protection des résurgences devraient, théoriquement, comprendre tout leur bassin d'alimentation; pratiquement, cela équivaut à une impossibilité, soit à cause de l'étendue de ces bassins, soit à cause de la difficulté absolue de les déterminer.

A-t-on beaucoup d'exemples de villes alimentées en eau de sources issues des calcaires qui ont eu à s'en repentir? Pourquoi?

Oui: ces exemples fourmillent; ils donneraient lieu à une trop longue énumération et surtout ils évoqueraient sans doute trop de questions personnelles ou locales pour qu'il soit permis de citer aucun nom de ville à ce sujet. Quant aux raisons pour lesquelles l'alimentation par les eaux issues des calcaires est condamnable, elles ressortent amplement de ce qui a été dit ci-dessus.

Comment a-t-on remédié au mal? Et la sécurité d'avenir peut-elle être considérée comme assurée?

Le remède formel à ce mal n'est pas encore trouvé.

Dans quelles conditions peut-on, sans trop d'appréhensions, alimenter les villes en eau sortant des calcaires?

« En résumé, la conclusion formelle est, répétons-le, que les eaux issues des calcaires sont la plupart du temps dangereuses, toujours suspectes. »

Quant aux conclusions de M. van den Broeck, elles ont été moins précises et ont réclamé de ma part une rectification sur laquelle je reviendrai tantôt.

On conçoit qu'une foi aussi profondément ébranlée en ce qui touche à la valeur des « eaux de roche » devait, pour être ressaisie, y être incitée par des faits prouvant que mon opinion était mal établie. Tout au contraire, à mesure que mes explorations se multipliaient, il m'était donné de reconnaître que toutes les sources explorées étaient frappées de tares; je me hâte d'ajouter que presque chaque fois on m'a répondu: « C'est une exception. » Cependant, lorsqu'on relit avec toute l'attention qu'il mérite le beau mémoire de Éd. Dupont: *Les phénomènes généraux des cavernes en terrains calcaireux et la circulation souterraine des eaux dans la région Han-Rochefort* (1), on est bien obligé de reconnaître que les phénomènes d'ordre physique et chimique dont il nous entretient sont applicables à tous les calcaires quels qu'ils soient.

Depuis le commencement de la période secondaire, nos calcaires se sont trouvés maintes fois dans les mêmes conditions géologiques qu'aujourd'hui.

Ces calcaires, comprimés et relevés dans l'état où ils se présentent à nous, ont été appelés à subir l'action des eaux superficielles durant la longue période continentale qui a précédé la transgression du Crétacé supérieur dans nos régions; ils ont vu un régime fluvial les traverser à nouveau à l'époque des régressions landenienne et aquitanienne. S'il subsiste une grande incertitude sur la couverture de terrain qui a pu recouvrir depuis lors le Condroz jusqu'à l'époque de la régression diestienne, il n'en reste pas moins acquis que, pendant un énorme espace de temps et à plusieurs reprises, ces roches ont subi la même

(1) *Bull. de la Soc. belge de Géologie*, t. VII, 1893, *Mém.*

action vigoureuse des eaux acidulées, qui s'infiltrant dans leurs diaclases, en dissolvent les parois, les corrodent sur leur trajet, aussi bien que les blocs divers remplissant leurs fentes, et leur action corrosive s'exerce avec plus ou moins d'étendue suivant probablement le plus ou moins grand découpage des roches.

Notre savant collègue M. Cosyns a montré, dans son beau travail (1) que l'altération du calcaire est un phénomène fort complexe résultant de sa dissolution :

1° Par l'acide carbonique qui se trouve en minime quantité dans les eaux météoriques, mais qui se forme en notable quantité par l'oxydation des matières charbonneuses des roches sous l'influence catalytique des composés de fer, ainsi que par l'action des sulfates d'alumine et de fer sur les carbonates;

2° Par les eaux minéralisées sortant des roches pyriteuses ou altérables.

Les données primordiales étant rappelées, supposons que l'eau sortant des calcaires ait 28°; c'est là un chiffre normal; admettons que cette eau, avant de rencontrer la roche, accuse le titre de 3°. Dans son passage en sous-sol, elle aura donc vu son titre augmenter de 25°.

A un degré hydrotimétrique correspond nécessairement par litre d'eau 0^{gr}04 de carbonate de chaux dissous; pour 25° cela nous donne 0^{gr}25 par litre, soit par mètre cube 250 grammes.

On nous a dit qu'en région calcaire le rendement des sources s'élève à 6 mètres cubes par hectare et par jour; réduisons même ce chiffre à 5 mètres cubes pour ne pas forcer la note.

A chaque jour de l'année correspondra donc une ablation de roche représentée par 1 kil. 250; après un an, cela représentera 450 kilogrammes. Le mètre cube de petit granit pesant en moyenne 2,400 kilogrammes, on peut en déduire que, en admettant même une action absolument égale dans toutes les fissures de la roche sous-jacente à la surface de l'hectare considéré, tous les six ans un vide représenté par 1 mètre cube se sera produit. Puisque le phénomène s'accomplit depuis la fin de l'époque secondaire, on peut juger par là de ce que doivent être les vides, quel que soit le type de calcaire considéré.

Dans un travail publié en 1881 par notre ami van den Broeck, ce savant géologue a montré que les dépôts superficiels sont décalcifiés

(1) G. COSYNS, *Essai d'interprétation chimique de l'altération des schistes et calcaires*. BULL. DE LA SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE, t. XXI, 1907, *Mém.*, p. 345.)

par l'infiltration des eaux météoriques. Ce n'est donc pas au résidu meuble et filtrant qui colmate les fentes et les fissures (nous dit-il), mais bien à la roche sous-jacente que l'eau emprunte le carbonate de chaux que, chaque jour, elle entraîne avec elle. Il s'ensuit enfin que, en admettant même une homogénéité idéale, de massive qu'elle était primitivement, la roche comporte des couloirs.

M. van den Broeck a insisté, en effet, « sur la propriété *encore non mise en lumière* jusqu'ici, dit-il, qu'offrent certains niveaux des calcaires à crinoïdes (vulgairement petit granit) de fournir, d'une manière générale, à de très rares exceptions près, par le fait même de l'attaque et de la corrosion des parois de leurs diaclases et joints, un résidu meuble et filtrant, colmatant les fentes et fissures. C'est grâce à ce résidu, analogue à celui qui s'observe très nettement dans les carrières de Spontin, qu'est obtenue si généralement, au sein des calcaires tournaisiens, l'eau élaborée alimentant les réserves souterraines, surtout localisées dans certains des niveaux (T1c, T2b) des deux assises de l'étage tournaisien ».

Cette question de résidu pourrait être aisément et promptement résolue par un chimiste qui nous dirait en même temps si les quantités de roche dissoute et de résidu sont à ce point comparables comme volume, que l'on puisse admettre que les cavités créées peuvent effectivement être comblées par le résidu. Sans rien vouloir nier *a priori*, je me permets d'élever un doute à ce sujet; je crois que le résidu ne représente qu'une *infime partie* de la roche dissoute.

Quoi qu'il en soit, je dois faire remarquer que l'observation n'a pas le caractère de nouveauté que lui attribue M. van den Broeck; elle constitue même l'argument principal qu'ont invoqué les promoteurs de la dérivation des eaux du Bocq et qu'invoquent encore leurs successeurs, aujourd'hui, pour prouver la pureté des eaux dérivées. Il suffit, pour s'en convaincre, de relire la belle conférence que nous a faite ici même M. Walin (1) et d'ouvrir, à la page 30, l'ouvrage de notre collègue M. Deblon, qui, pour rendre la comparaison plus aisée, a suivi, de point en point, le programme de mon étude sur les eaux de Bruxelles. Je ne trouve donc pas, dans le fait signalé par M. van den Broeck, un argument nouveau qui puisse modifier ma manière de voir.

(1) WALIN, *Étude sur le régime hydrologique, sur l'importance et la nature des eaux dans les terrains calcaires du Condroz et de l'Entre-Sambre-et-Meuse*. (BULLETIN DE LA SOC. BELGE DE GÉOL., t. VIII, 1894, Pr.-verb.)

J'avais cru jusqu'ici que le résidu de dissolution des calcaires par l'eau chargée d'acide carbonique est principalement formé d'argile imperméable, et ce n'est certes pas sur l'argile qu'on peut compter pour filtrer l'eau. Quant à la présence d'autres éléments, ne résulte-t-elle pas d'une absorption par les crevasses? N'est-elle pas, en réalité, le témoin d'un entraînement, à telle enseigne qu'on trouve souvent aux débouchés des sources des sables provenant des plateaux?

Mieux vaudrait, pour être rassuré sur la provenance des eaux sortant des calcaires, apprendre que dans telle ou telle région il a été reconnu que dans les vallons, dans les chavées, dans les « sècheval », je n'ose pas dire les « sèchevaux », la roche calcaire est à ce point chargée d'un manteau d'argile que les eaux de ruissellement ne peuvent pénétrer dans les crevasses du calcaire. Ainsi se trouverait accompli par la nature le comblement des bétoires que plusieurs ingénieurs ont proposé, mais n'ont jamais réalisé d'une façon satisfaisante. Il importe peu de savoir si la goutte d'eau qui tombe du ciel trouve ou ne trouve pas, dès son contact avec la terre, un manteau filtrant; le danger n'est pas là; l'*égouttage*, à travers la roche fissurée, donnerait, je suis tenté de le croire, une eau parfaite.

Ce qu'il importe de connaître, c'est s'il existe des régions où nulle part elle ne s'engouffre en masse dans les fissures existantes dans le bassin hydrographique appelé à fournir l'eau que l'on se propose de capter.

J'ignore si une telle région existe dans notre pays, où je vois nos calcaires bordés par des roches imperméables qui, fatalement, y adressent leurs eaux de ruissellement, et où, non moins fatalement, les lignes de contact constituent des lieux d'absorption parce qu'elles sont le siège des dislocations les plus profondes.

Je connais des plissements de contact entièrement comblés par des sables, du détritique et de l'argile, capables de fournir une eau parfaite; mais dans ces cas exceptionnels, ce n'est pas l'eau sortant des calcaires que l'on doit capter, mais bien l'eau filtrée dans les terrains superposés à la roche. De ces exceptions fort rares, on peut conclure qu'en région calcaire on peut recueillir, à la surface de la roche, de bonnes eaux en petite quantité; précisément parce qu'il s'agit d'exceptions, on doit en conclure que de larges dérivations ne sont pas possibles.

Est-ce à dire qu'AU SEIN MÊME DES CALCAIRES on ne puisse rencontrer des eaux parfaites? Il serait puéril de le nier. Ces eaux existent. A telle enseigne que, en temps normal, beaucoup d'eaux sortant des calcaires sont irréfutables. Leur grave, leur unique défaut, pourrait-on dire,

c'est l'inconstance de pureté à la sortie, dont aucun géologue ne se porterait garant en toutes circonstances. Si les travaux de captage pouvaient avec certitude être exécutés de façon à éliminer les eaux d'engouffrement, ou si encore on me donnait la preuve que certains calcaires ne comportent pas de couloirs, que l'éégouttage de l'eau s'y produit partout également par de simples fissures, je m'estimerais trop heureux d'assister à pareille découverte, démontrant, une fois de plus, la fécondité de la science géologique. J'y applaudirais des deux mains et je modifierais du jour au lendemain ma manière de voir, fort systématique, j'en conviens.

Mais dans l'état actuel de nos connaissances, y a-t-il un homme assez confiant dans le hasard pour oser affirmer que ce hasard, auquel il est obligé de se fier, le servira à tel point que, creusant dans la roche calcaire une galerie de 2 kilomètres, par exemple, il ne rencontrera pas, soit un couloir à sec, soit une venue brusque, couloir dont il ignorera à tout jamais les méandres, venue d'eau dont il pourra, à ses dépens, apprendre un jour le danger? J'irai encore plus loin : au lieu d'une galerie de 2,000 mètres, j'en suppose une de 10 mètres. Quel est le géologue qui oserait affirmer que je ne rencontrerai pas les mêmes accidents? Voilà ce que je ne cesse de dire depuis dix-sept ans, et à cette question qui donne le critérium de la valeur des eaux sortant des calcaires, a-t-il jamais été opposé un argument valable?

Je dois encore ajouter quelques mots au sujet du remplissage des crevasses superficielles des calcaires.

Ce remplissage peut se trouver réalisé par de la blocaille, du limon, du sable ou de l'argile. Au point de vue de la filtration, la situation la plus favorable se rencontre évidemment lorsque du sable remplit les crevasses.

Or, vous vous souviendrez, Messieurs, qu'une série de communiqués, que des notes et des brochures ont insisté, comme vient du reste de le faire encore M. van den Broeck, sur l'importance de ce remplissage en ce qui touche à l'élaboration de l'eau.

M. Deblon, dans son beau travail intitulé : *Les eaux alimentaires de l'agglomération bruxelloise*, rédigé à l'occasion du Congrès d'hygiène de 1903, a tenté de démontrer que l'eau sortant des calcaires de la région du Bocq est supérieure comme qualité à l'eau issue des sables tertiaires; plus récemment enfin, en 1907, un tableau a été répandu à profusion dont la tendance était de prouver que, grâce à la supériorité des eaux de l'Intercommunale sur celles de la ville, la fièvre typhoïde avait fait moins de victimes dans les faubourgs, alimentés

en eau du Bocq, que dans Bruxelles et les communes desservies par la ville.

J'ai fait, en son temps, bonne justice de ces affirmations extrêmement hasardées, d'autant plus hasardées que l'on comprend difficilement le raisonnement qui voudrait prouver que l'eau pénétrant dans les crevasses, après son passage à travers une mince couche de sable tertiaire, puisse être plus satisfaisante que l'eau qui traverse 30, 40 ou 50 mètres de ces mêmes sables. Lorsqu'on invoque l'existence de lentilles sableuses dans des crevasses, pour prouver la filtration parfaite de l'eau, on est évidemment mal inspiré d'en arriver à cette conclusion paradoxale, que si l'épaisseur de ces sables devient imposante, l'eau est moins bonne.

On peut donc dire que les personnes qui ont essayé de démontrer que les eaux sortant des calcaires de la vallée du Bocq offrent plus de sécurité que celles sortant des sables tertiaires, n'ont pas péché par excès de logique.

A moins que notre savant collègue n'ait trouvé le moyen de procéder au levé des nappes aquifères des calcaires que, jusqu'ici, lui et moi avions considéré comme impossible parce qu'en fait ces nappes sont discontinues, je ne saisis pas, je l'avoue, la signification que peut avoir la phrase suivante extraite de sa communication :

« L'eau élaborée alimentant les réserves souterraines surtout localisées dans certains des niveaux (*T1c, T2b*) des deux assises de l'étage tournaisien forme, par contraste avec les rivières souterraines courantes, à circulation rapide, de la plupart des autres assises et étages de nos calcaires carbonifériens et surtout dévoniens, des rivières à circulation lente. »

Je me suis permis de souder deux phrases du texte, pour mieux faire saisir la portée de ce qui va suivre; je me plais à croire que, ce faisant, je n'ai en rien modifié la pensée de leur auteur.

Pour apprécier la lenteur de circulation de l'eau, dans le lacis des fentes du calcaire, non seulement le levé est nécessaire, *quoique impossible*, mais encore l'homogénéité des couches est indispensable. Les faits nouveaux recueillis par notre collègue lui permettent-ils d'affirmer que ces données sont, ou bien acquises, ou encore inutiles? Je lui ferai remarquer, d'autre part, que ses paroles ont dû trahir sa pensée lorsqu'il a dit que les rivières filtrées, qu'il envisage, alimentent *ou même constituent* de vastes réservoirs. Les deux termes, rivière et réservoir, me paraissent peu conciliables. Admettons pour un instant que cette incompatibilité n'existe pas.

Que la rivière soit à circulation lente ou à circulation rapide, ce n'en est pas moins une rivière dont la découverte implique nécessairement la preuve de l'existence de canaux souterrains.

Le débit est fonction de la pente, de la largeur et de la profondeur du cours d'eau. Plus la pente sera forte, plus la vitesse de l'eau sera grande, plus la section du canal d'évacuation sera réduite, le débit restant le même. Inversement, le débit restant le même, plus la vitesse de l'eau souterraine, dont nous a entretenus M. van den Broeck, sera faible, plus grande devra nécessairement être la section du canal d'évacuation.

On en arrive à conclure que des calcaires où, suivant lui, les circonstances se présentent comme étant les plus favorables à l'élaboration des eaux, renferment des canaux de faible pente et largement ouverts.

Dans le même ordre d'idées, la présence d'une chute intermédiaire, sur le parcours d'un pareil canal, en déterminant une accélération de vitesse, provoquerait un doute sur la qualité de l'eau, alors que, venue d'amont avec lenteur, elle peut cependant reprendre, après sa chute, sa lenteur primitive.

Telle ne peut être évidemment la manière de voir de M. van den Broeck qui sait, comme moi, que c'est le hasard et non la théorie qui est, jusqu'ici, notre seul guide lorsque nous tentons de découvrir des canaux souterrains dans le calcaire; il sait que ce hasard peut nous conduire à découvrir une chute, un rapide ou un écoulement lent des eaux de drainage de ce terrain. Dans les trois cas, chute, rapide ou écoulement lent, ce sera la même eau qui surgira devant nous. Je ne vois pas dès lors la portée de la phrase qui établit une liaison entre la vitesse et la pureté, *en région calcaire*, bien entendu.

Dans sa note, M. van den Broeck fait observer « qu'en parlant d'eaux élaborées et utilisables comme eaux potables fournies par nos calcaires carbonitériens, il ne conseille nullement de se départir de la règle générale de prudence et de surveillance *spéciale* (1) dont doivent, sans exception aucune, rester l'objet, *toutes* les sources émergeant du calcaire. Mais l'étude *pratique* des éléments du problème actuellement posé montrera que l'on se trouve ici en présence d'un *minimum absolu* d'éventualité de contamination d'origine. Le facteur éventuel du mélange de ces eaux souterraines élaborées avec les eaux superficielles voisines des émergences ou du captage par puits et galeries, réclamera, comme toujours, la très vigilante attention des intéressés ».

(1) Le mot *spéciale* n'est pas souligné dans le texte de M. van den Broeck.

Je constate, tout d'abord, que la note optimiste représentée par les mots *minimum absolu* détonne singulièrement avec la nécessité d'une *très vigilante attention des intéressés*.

Notre savant collègue reconnaîtra, je pense, que ce qu'il nomme *minimum absolu* est plutôt un *minimum relatif*, le *minimum absolu* étant représenté par les sables, puisqu'on ne connaît pas mieux comme appareil d'élaboration de l'eau.

J'ai rappelé plus haut les déclarations de M. Martel en sa qualité de rapporteur au Congrès d'hygiène de 1905 et j'ai dit que je reviendrais ultérieurement sur le travail présenté, au même Congrès, sur la même question, par M. van den Broeck.

Parlant de la surveillance des bassins sourciers, M. van den Broeck avait exposé sa manière de voir dans des termes qui donnaient lieu à une confusion regrettable. J'avais même cru devoir, dans l'intérêt de la science, le lui faire observer, en séance de la Société de Géologie du 15 décembre de la même année.

Je me permettrai, Messieurs, de vous rappeler le fait.

M. van den Broeck avait dit dans ses conclusions :

« En présence des lourdes responsabilités qu'implique l'action néfaste, sur la santé publique, de l'utilisation d'eaux alimentaires de sécurité douteuse ou variable, on peut se demander si l'action directe de l'État ou de la Province, représenté par un service technique spécial, essentiellement géologique dans certains de ses éléments, ne serait pas un objectif des plus hautement désirables. Un tel service d'intérêt public, absolument indépendant de toute société ou administration de travaux d'eau, et qui serait chargé aussi bien de fournir des éclaircissements pendant la phase d'études préalables des projets que d'organiser la surveillance ultérieure continue de toute distribution d'eau, qu'elles émanent du calcaire fissuré ou des sables filtrants, pourrait rendre les services les plus signalés et prévenir soit de regrettables fausses recherches ou de lamentables et coûteux échecs en matière d'entreprises d'eaux alimentaires, soit de graves atteintes à la santé des populations desservies. »

Je répondis que rien n'était plus différent, au point de vue de la nécessité d'une surveillance continue, ultérieure à la création d'une distribution d'eau, que le calcaire et les sables filtrants, et que dire que les mêmes précautions doivent entourer les eaux alimentaires dans ces deux cas opposés, est une hérésie.

J'ai fait observer que l'eau prélevée dans les terrains sableux, dans une zone de protection peu étendue, est nécessairement stérile quand,

entre la nappe aquifère et la surface du sol, on trouve un manteau protecteur de quelques mètres, et qu'il n'en est pas de même dans les régions calcaires.

Dans les terrains calcaires, alors même que la zone de protection immédiate de la source est efficacement et en tout temps mise à l'abri de toute cause de pollution, du jour au lendemain cette source peut être irrémédiablement contaminée par des causes éloignées; ce qui ne peut arriver en terrains sableux.

Ce qui différencie d'une façon radicale les deux types, c'est que pour le premier — terrains sableux — on peut aisément et à peu de frais réaliser des zones de protection efficaces, tandis que pour le second — terrains calcaires — la zone de protection naturelle, pour répondre dans les mêmes conditions au même résultat, devrait comprendre non seulement le bassin calcaire tout entier, mais encore la partie du bassin hydrographique capable d'y amener des eaux de ruissellement.

A la suite de mon observation, M. le Président donna lecture d'un passage d'une lettre de M. van den Broeck, qui, absent du pays, avait pris avant son départ connaissance de ma note.

M. van den Broeck y disait qu'il s'inscrivait pour faire ultérieurement quelques mots de réponse rencontrant mes critiques et mettant les choses mieux au point que dans mon exposé : « *Il n'est jamais entré dans ma pensée*, disait M. van den Broeck, de mettre les eaux de calcaires sur un pied d'égalité comme *sécurité* avec les eaux des terrains meubles et je ne puis que regretter toute tournure de phrase de mon exposé qui pourrait, à aucuns, faire croire le contraire. »

Comme je le disais plus haut, c'est donc avec infiniment de raison que je crois que M. van den Broeck a voulu dire que les captages d'eau dans les calcaires, entrevus par lui, ne seront sujets qu'à un minimum *relatif* d'éventualité de contamination d'origine.

M'est-il permis de demander à mon savant collègue de bien vouloir nous dire comment il comprend l'exercice de la très vigilante attention des intéressés et ce que doit être, dans sa pensée, le programme à remplir pour rendre cette surveillance efficace?

Parmi les espérances qu'implique la découverte que nous annonce M. van den Broeck, il semble, dit-il, « que l'on puisse signaler comme importante application éventuelle de ses constatations, la possibilité de trouver par un système de drainage approprié, et qu'il sera aisé de concevoir pratiquement, aussitôt que sera fait l'exposé complet de la question, une sérieuse base d'alimentation en eau potable, d'origine souterraine, pour les futures agglomérations qu'implique la création

de centres miniers et industriels dans les plaines basses de la Belgique ».

Comme aujourd'hui même, trois de vos confrères, le Prof^r Putzeys, M. Rutot et moi, nous présentons une nouvelle étude sur l'alimentation en eau potable de la Basse-Belgique et du bassin houiller de la Campine, je me permettrai de poser cette simple question :

Serait-il logique de dériver à grands frais de la province de Namur vers les futurs bassins houillers une eau qui réclamera, suivant M. van den Broeck lui-même, la très vigilante attention des intéressés et qui, par conséquent, est d'origine suspecte, alors que sur place on trouve une eau parfaite qui est, *par la nature elle-même*, mise à l'abri de tout soupçon ?

Dussé-je répondre par un lieu commun, je dirai : Poser la question, c'est la résoudre.

Après avoir montré que les arguments présentés par mon savant collègue M. van den Broeck n'autorisent pas l'adoption de toutes ses conclusions relativement optimistes au sujet de la valeur de certaines eaux sortant des calcaires, j'ai hâte d'ajouter que le fait de ne pas accepter ses conclusions ne signifie pas que je rejette la possibilité, je vais plus loin, la probabilité d'une classification que des recherches nouvelles permettront sans doute d'établir un jour.

J'ai trop de confiance dans l'avenir de la science et dans la puissance de la volonté humaine, lorsqu'elle prétend découvrir la vérité, pour penser qu'il puisse en être autrement.

La classification que j'entrevois ne peut être improvisée.

L'esprit d'analyse nous avertit qu'elle existe en fait dans la nature ; en effet, si les phénomènes généraux, à l'interprétation desquels nous devons forcément nous limiter, faute de connaissances plus étendues, sont les mêmes pour tous les calcaires, chaque type de calcaire jouit, par contre, de propriétés spéciales, subordonnées elles-mêmes à des accidents géologiques de natures variables. Il me suffira de rappeler les recherches de M. Cosyns, dont il a été question plus haut, pour montrer par ce seul exemple qu'il en est bien ainsi.

Nous sommes donc obligés d'admettre *a priori* que l'élaboration de l'eau dans les masses calcaires ne peut donner un résultat identique en chacun des points et à toutes les profondeurs, pour un bassin considéré, puisque le laboratoire n'est pas partout le même.

Ce que nous ignorons jusqu'ici, c'est la succession et l'exakte portée des événements dont l'eau est l'objet, entre le moment où elle pénètre dans le sol calcaire sous forme de pluie et le moment où elle en sort

sous forme de source. C'est le motif pour lequel nous ne pouvons, en aucune circonstance, avec le mince bagage scientifique que représentent nos connaissances en matière d'hydrologie des calcaires, formuler une seule conclusion ferme, alors que pour les terrains meubles, la circulation des eaux et leur processus d'élaboration sont suffisamment bien connus pour autoriser des conclusions formelles.

Mais rien ne dit qu'une étude patiente et attentive des lieux et des circonstances dans lesquels s'accomplit l'élaboration de l'eau, tout en fournissant pour un bassin complet le résultat *final* que nous connaissons, — savoir l'insécurité, — ne nous démontrera pas qu'il est possible, par une détermination bien raisonnée des travaux de captage, d'obtenir localement, au sein des masses calcaires, des eaux parfaites en tout temps. Pour que pareils travaux puissent se justifier et puissent être acceptés au même titre que ceux exécutés dans les terrains meubles, il faut nécessairement que le domaine des sciences géologique, hydrologique et chimique ne reste pas dans les limites étroites où il est actuellement confiné.

L'esprit de l'homme est ainsi fait qu'il s'irrite lorsqu'il se trouve en présence d'un problème dont il ne possède pas la clef; c'est ce sentiment, joint à l'esprit d'analyse, qui a provoqué toutes les découvertes dont l'humanité bénéficie.

Comme jusqu'ici nous n'en sommes qu'au prélude, on peut prévoir qu'un jour viendra où nous pourrons traduire ce qui se passe dans les entrailles de la terre, comme le médecin sait, depuis quelques années, traduire par la photographie ce qui se passe dans le squelette humain, en cas de fracture par exemple.

Réunissons patiemment tous les éléments d'étude en nous disant qu'aucun d'eux n'est inutile, puisque nous savons que les découvertes les plus merveilleuses à nos yeux ont toujours eu comme point de départ une simple observation.

D'ici au moment où nous en saurons suffisamment pour aller de l'avant avec la certitude d'un plein succès, nous n'avons pas encore le droit de conseiller des essais dont les résultats peuvent être désastreux.

Discussion.

M. E. VAN DEN BROECK, désireux de répondre immédiatement à M. Putzeys, bien que ce dernier n'ait que résumé sa communication, a envoyé au Secrétariat l'exposé ci-dessous développant son intervention dans le débat.

ERNEST VAN DEN BROECK. — La défense des « rivières souterraines filtrées ». — Réplique à M. E. Putzeys.

En présence du volumineux réquisitoire que, sous la rubrique de « réponse » à MM. d'Andrimont et van den Broeck, vient de dresser contre les eaux des terrains calcaires en général, notre confrère M. E. Putzeys, il est matériellement impossible à M. van den Broeck de répliquer aux multiples points paraissant intéresser sa communication dans cette « réponse » qui n'est que tangente au champ de la discussion, du moins en ce qui concerne la thèse défendue par M. van den Broeck.

Ce dernier se réserve de rencontrer en détail la communication de son estimé confrère, après avoir pris connaissance du contenu des nombreux feuillets dont quelques-uns seulement viennent d'être commentés ou résumés oralement par M. Putzeys. Tout en se défendant de faire à la forme des communications de son confrère une critique qui puisse être taxée de procès de tendance, M. van den Broeck tient à relever que la communication orale de M. Putzeys est — comme d'habitude — très systématiquement agrémentée d'ornements oratoires du style ironiste mais absolument étrangers aux matières traitées; cependant il est de notoriété publique — ce que confirment, d'ailleurs, les travaux et les écrits de M. Putzeys — que la connaissance détaillée des propriétés très spéciales des calcaires *tournaisiens* du bassin de Dinant et de leur hydrologie ne lui est pas encore familière, celle-ci n'ayant jamais fait l'objet d'observations ou de recherches détaillées ou suivies de la part de cet adversaire des résurgences *dévonniennes* et même *viséennes*.

Cette circonstance — indépendamment de toute considération d'ordre personnel — eût pu, à bon droit, inspirer à notre estimé confrère le scrupule de laisser filtrer dans sa « réponse » très élaborée, il en conviendra, la réserve que nous regrettons de n'y rencontrer qu'à l'état très dilué.

Une fois de plus, M. Putzeys, entraîné par le succès, d'ailleurs justifié, de ses vigoureuses campagnes contre les eaux fournies par les calcaires *dévonniens*, ou même *carbonifères viséens*, étend inopportunément ses attaques, d'ailleurs toutes basées sur des faits anciens et déjà

connus, à *toutes* les eaux sortant du calcaire. Sans vérifier s'il n'y a pas, dans l'hydrologie des calcaires belges, des faits diamétralement opposés, comme l'annonce M. van den Broeck, à ceux qu'il a étudiés et justement stigmatisés de sa verve cinglante, sans tenir compte de la diversité ni de l'influence — cependant si grande au point de vue de la pureté des eaux du calcaire — des conditions fournies par les importants facteurs de la tectonique, de la donnée ou spécialisation stratigraphique ni surtout de la nature lithologique et des propriétés de *certain*s niveaux et roches calcaires ni d'autres éléments encore, dont le rôle aurait pu lui échapper, M. Putzeys, qui avoue n'être pas géologue (1), répudie systématiquement toute venue d'eau fournie par le calcaire.

Que n'a-t-il attendu quelque peu avant de risquer ainsi de compromettre le prestige que lui valent les belles et bonnes campagnes où il prenait à partie les eaux des calcaires dévoniens ?

La situation se présente ainsi : Le premier et très sommaire énoncé d'une thèse toute nouvelle, élaborée sur des faits concordants et positifs, confirmée d'autre part par des vérifications de diverse nature, vient d'être tout récemment formulé par M. van den Broeck. Cette thèse s'applique à certains niveaux lithologiques et stratigraphiques, corrélativement à certaines dispositions tectoniques et orographiques de calcaires aquifères belges, et les représente comme aptes à l'élaboration d'eaux potables. Ce sont surtout les horizons bien définis *T1c* et *T2b* des calcaires crinoïdiques tournaisiens qui fournissent le laboratoire essentiellement souterrain de cette épuration et de cette filtration, très générales, des eaux circulant dans les synclinaux carbonifériens du bassin de Dinant.

En présence de cet énoncé, sommaire, mais gros de conséquences éventuelles, il convenait, ou bien d'attendre l'exposé détaillé annoncé par l'auteur de ces observations nouvelles, ou bien de lui répondre dans des limites appropriées à leur objet et, par conséquent, à l'aide d'observations et de constatations faites relativement aux sorties d'eau du CALCAIRE TOURNAISIEN CONSIDÉRÉ.

Que fait M. Putzeys ? Avant de connaître sous toutes ses faces et avec les preuves annoncées la thèse nouvelle, si étrangère au champ ordi-

(1) Cette suggestive déclaration a été faite en séance par M. Putzeys, mais comme au cours de son exposé il dit que « c'est sur la science géologique » et non sur l'expérience qu'on doit étayer le raisonnement au sein de notre Société, il lui eût été difficile de maintenir lui-même une déclaration peu propre à rehausser la valeur de ses arguments.

naire de ses études, notre estimé collègue juge bon, à grand renfort de documentation et de souvenirs pittoresques, mais d'ordre personnel, n'ayant aucune espèce de rapport avec les constatations et faits nouveaux signalés, de rompre, avec la vigueur et l'opportunité du héros de Cervantes, une nouvelle et formidable lance contre les eaux des calcaires.

Pour y arriver sans se mettre en peine d'arguments topiques, M. Putzeys nous fait assister aux diverses étapes de sa carrière d'hydrologue, à la succession navrante de ses constatations personnelles... relatives, sans exception pour ainsi dire, aux eaux de calcaires tout autres que ceux, très spécialisés, représentés par M. van den Broeck comme appelés très généralement à fournir des eaux potables.

De ce que M. Putzeys, dans sa carrière personnelle, n'a guère eu affaire qu'à des calcaires dévoniens ou viséens et à des eaux peu ou point recommandables, — parce que sortant de *tels dépôts* précisément, — il conclut que l'ancienne thèse d'il y a quinze à vingt ans, condamnant systématiquement *toutes* les eaux du calcaire, reste encore vraie et constitue la formule de l'état actuel de la science.

Il faut espérer qu'il reviendra d'une erreur aussi manifeste.

Lorsqu'il s'attaquait, avec raison, comme récemment encore, dans le cas de Marche, aux eaux sortant du calcaire dévonien, M. Putzeys était dans la bonne voie, et il ne sera pas surpris de savoir que les 786 pages du texte constituant le tome I^{er} de l'ouvrage qui doit paraître bientôt sous le titre : *Les cavernes et les rivières souterraines de la Belgique*, par MM. van den Broeck, Martel et Rahir, pages exclusivement consacrées aux calcaires *dévoniens* du bassin de Dinant, se terminent par l'énoncé d'une formelle proscription des sorties d'eau fournies par les *calcaires dévoniens*.

Si dans l'exposé du tome II, en voie d'achèvement, du même ouvrage, tome consacré au *calcaire carbonifère* du bassin de Dinant, les auteurs sont arrivés à établir, avec faits et preuves à l'appui, des conclusions plus optimistes et ont pu, grâce spécialement aux recherches et constatations personnelles de M. van den Broeck, déterminer les régions, sites, dispositions et facteurs divers favorables à l'élaboration d'eaux potables au sein de *certaines niveaux du calcaire tournaisien*, nul ne demandera à M. Putzeys d'être dès aujourd'hui, sur le simple vu de la note préliminaire de M. van den Broeck, au courant de cet important progrès dans nos connaissances sur l'hydrologie des calcaires de la Belgique. Mais une certaine réserve eût été de mise pour aborder — en adversaire — ce sujet dont les éléments d'appréciation échappent encore à ceux qui, comme M. Putzeys, croient pouvoir continuer

à mettre l'hydrologie des calcaires tournaisiens du bassin de Dinant sur le pied de la *proscription générale* atteignant, à juste titre, toutes ou presque toutes les eaux émergeant des calcaires dévonien.

Et ce n'est pas seulement dans les eaux fournies par ces derniers que M. Putzeys puise ses arguments.

Il appelle à la rescousse l'hydrologie des calcaires créacés du bassin de Paris et d'autres éléments analogues sans rapport aucun avec la question et sur lesquels d'ailleurs, en Belgique au moins, tout le monde est parfaitement d'accord.

Dans son arsenal d'arguments connus et essentiellement rétrospectifs, — étrangers au champ actuel du débat, — M. Putzeys recueille complaisamment des déclarations de notre collègue Martel, par lesquelles il croit justifier sa phobie des eaux du calcaire.

Qu'il veuille donc bien apprendre que Martel, lui aussi, a évolué et que, après avoir, comme nous tous, prêché la formelle proscription des eaux du calcaire, il est arrivé, de son côté, à en admettre l'emploi lorsqu'un ensemble de facteurs spéciaux les lui font considérer comme acceptables. *C'est précisément l'existence régionale et très générale de tels facteurs spéciaux qui constitue la base de la thèse actuelle de M. van den Broeck et c'est ce que paraît ne pas vouloir comprendre M. Putzeys.* Celui-ci, d'ailleurs, voudra bien se rappeler que le savant spéléologue et hydrologue parisien, membre du Conseil supérieur d'hygiène, est, dans l'ouvrage précité, signataire responsable avec M. van den Broeck de la thèse nouvelle sur l'hydrologie des calcaires crinoïdiques tournaisiens, fournissant des eaux généralement élaborées et potables..., ce qui fait de ses déclarations de 1903, à Bruxelles, un document marquant plutôt une étape de nos connaissances qu'un élément d'appréciation à utiliser, comme argument *ne varietur*, dans l'état actuel du progrès scientifique (1).

Lorsqu'en faveur de l'innocuité des eaux fournies par certaines roches et dispositions des calcaires crinoïdiques tournaisiens, M. van den

(1) On peut se demander si M. Putzeys a lu avec assez d'attention, avant de les reproduire, les réponses ci-dessous, fournies par M. Martel, au Congrès d'hygiène de Bruxelles, à la deuxième et à la cinquième questions, ainsi conçues :

Ce mécanisme (celui de la circulation de l'eau dans les calcaires) est-il d'une nature telle qu'il puisse assurer en tout temps une épuration parfaite des eaux, et peut-il être mis en échec?

Après une réponse négative, M. Martel fait sagement la réserve suivante, permettant d'admettre parfois, au sein des calcaires, la même épuration que celle réalisée par les sables fins : **à moins que ces mailles (du calcaire) ne se trouvent**

Broeck cite l'exemple favorable de l'agglomération bruxelloise, qui depuis neuf ans les utilise « sans inconvénients », M. Putzeys, relevant à sa manière spéciale cette constatation, — dont il lui serait d'ailleurs difficile de contester la réalité, — cherche à faire croire que c'est *uniquement* dans les résultats de l'expérience du consommateur que M. van den Broeck puise ses arguments. Il s'étend complaisamment sur le prétendu grief qu'il crée ainsi de toutes pièces, accuse son confrère d'empirisme, lui reproche d'employer une argumentation non scientifique et déclare celle-ci non acceptable ni recevable!

Or, M. Putzeys aura sans doute été le *seul* à interpréter ainsi, pour les besoins de sa cause, l'argumentation de M. van den Broeck, qui se base non pas seulement sur le fait de l'absence, pendant neuf ans, d'épi-

exceptionnellement et complètement colmatées par des sables ou argiles de remplissage.

Est-il parfois des sources sortant des calcaires que l'on puisse conseiller, ou tout au moins autoriser sans trop de restrictions pour l'alimentation ?

La réponse de M. Martel fut : « Non, jamais sans les plus sérieuses restrictions, à moins que tout le bassin d'alimentation puisse être déterminé avec précision et qu'il se trouve inhabité et inculte, ou recouvert de forêts, ou revêtu de dépôts meubles suffisamment épais pour être filtrants. Ou encore à moins que par des dispositions assez exceptionnelles, **tout le réseau des fissures du calcaire** ou tout au moins celles de la résurgence soient **aveuglées par un dépôt meuble que l'eau traverse en s'y filtrant plus ou moins bien** ».

Dans les passages qui viennent d'être soulignés. Martel a donc judicieusement prévu le cas offert par le réseau des *diaclasses colmatées* de nos calcaires crinoïdiques tournaisiens, fournisseurs de leur filtre interne, de même qu'en mentionnant les *dépôts meubles* externes formant, régionalement, comme dans de vastes régions carbonifériennes du bassin de Dinant et spécialement sur les plateaux bordant le Hoyoux. dans la région de Modave, un *filtre superficiel*, il a aussi prévu l'existence d'un autre facteur contribuant à l'épuration des eaux en massifs calcaires.

Par ces diverses et sages réserves, dont l'avenir s'est chargé à bref délai de montrer le bien-fondé, Martel décline complètement, dès 1903, le rôle de coadjuteur que voudrait lui faire jouer M. Putzeys, au bénéfice de ses vues toutes personnelles et si *intransigeantes* sur l'hydrologie des calcaires.

Au sujet de l'opinion de Martel, depuis 1903, il convient encore de signaler un fait très suggestif, qui paraît avoir échappé à M. Putzeys. C'est que dans son étude hydrologique intitulée *L'Eau*, qui, publiée en 1906, constitue le fascicule II du beau *Traité d'Hygiène* de Brouardel et Mosny. le savant spéléologue et hydrologue français aujourd'hui membre du Conseil supérieur d'hygiène de France, rappelant les travaux du Congrès d'hygiène à Bruxelles, en 1903, laisse complètement de côté ses réponses, personnelles et reproduit tout au long, dans son étude, le texte de la synthèse et des conclusions du rapport de M. E. van den Broeck, ajoutant « qu'il importe de les reproduire ». Il est à noter que ceci est antérieur aux importantes constatations nouvelles de M. van den Broeck sur la potabilité de certaines eaux du calcaire carboniférien.

démies typhoïdiques chez les consommateurs d'eau des faubourgs de Bruxelles, mais surtout sur les résultats statistiques et scientifiques, concordants et remarquablement constants, des *analyses chimiques et bactériologiques* de ces eaux (1) soumises d'ailleurs à une surveillance constante, ainsi qu'il convient lorsqu'il s'agit d'eaux du calcaire, si parfaites qu'elles puissent être.

C'est cependant avec de tels errements que l'on transforme la discussion scientifique en polémiques ou en joutes oratoires.

M. Putzeys reproche à M. van den Broeck de présenter comme nouveaux des faits connus, tels que le remplissage des diaclases du Tournaisien, à Spontin et ailleurs. Cette chicane, qui dénote une tendance à déprécier l'intérêt des faits nouveaux signalés par M. van den Broeck, doit comme telle être relevée. Certes, le fait de ce remplissage, qui creève les yeux, n'est pas une notion nouvelle, il s'en faut. Mais ce qui n'avait jamais été fait, c'était de déterminer — preuves chimiques et micrographiques à l'appui — *le processus, l'origine et la matière constitutive de ce colmatage filtrant, formé in situ dans les profondeurs de la roche, et surtout d'établir la généralité du phénomène d'autoformation d'un filtre au sein des assises crinoïdiques du Tournaisien.*

Il semble vraiment exister chez M. Putzeys une tendance, inconsciente bien certainement, à considérer toutes choses par le gros bout de la lorgnette et à rapetisser ainsi tout élément nouveau appelé à nous éclairer sur les progrès que peut encore faire l'hydrologie des calcaires.

Notre estimé confrère, parlant du résidu spécial rocheux attribué par M. van den Broeck aux diaclases du Tournaisien, qui fait de celles-ci des *laboratoires filtrants*, ajoute que de telles affirmations auraient besoin d'être vérifiées et confirmées par un chimiste. Or, à cela M. van den Broeck s'empresse de répliquer que c'est chose faite, deux chimistes, à sa demande, s'étant occupés de la question, et il prie à ce sujet l'un d'eux, présent à la séance, M. Cosyns, de bien vouloir fournir quelques indications préliminaires, résumant les résul-

(1) Voir notamment le dernier paru (1907) des Rapports du Conseil d'administration et du Collège des commissaires de la Compagnie intercommunale des Eaux de l'agglomération bruxelloise; lire spécialement, pages 14-21, le chapitre intitulé : *Situation sanitaire. Laboratoire d'analyses.*

Il est peu probable que M. Putzeys mette en doute l'exactitude des données et conclusions scientifiques de ces Rapports, dont le caractère sommaire de la communication de M. van den Broeck ne comportait nullement le rappel détaillé.

tats de l'intéressante note qu'il vient précisément de remettre à M. van den Broeck, sur les premiers et remarquables résultats de ses recherches.

Celles-ci, comme on le verra en détail plus tard, après achèvement de l'enquête en cours, constituent une *précieuse et irréfutable preuve* du bien-fondé de la thèse défendue par M. van den Broeck. Le contenu des diaclases et des joints colmatés de divers types de calcaires dévoniens et carbonifères est d'ailleurs, en ce moment même, soumis à l'examen de plusieurs spécialistes et, déjà, l'on peut affirmer que l'étude chimique et micrographique conclura dans le même sens.

M. Putzeys croit pouvoir faire état du titre hydrotimétrique élevé des eaux sortant des terrains calcaires carbonifériens pour baser sur cette donnée le calcul des vides — élément fâcheux pour l'hydrologie des eaux potables — qui, d'après lui, existeraient dans les régions sourcières alimentées par les eaux sortant du petit granit.

Tabler sur cette donnée hydrotimétrique pour conclure ainsi, c'est se récuser comme chimiste avec le même à-propos que se récuser comme géologue, ainsi que M. Putzeys vient de le faire en séance.

L'attaque des massifs calcaires par les eaux superficielles et d'infiltration, estivales principalement, s'opère, en effet, dès la rencontre des roches que dissout l'acide carbonique de ces eaux, et M. Putzeys paraît perdre de vue que ce sont surtout les régions *supérieures et d'affleurement*, où dominent souvent les roches *viséennes*, plus pures et aisément solubles, qui constituent le principal laboratoire de dissolution des eaux souterraines. Se trouvant généralement assez éloignés des parages inférieurs à sources tournaisiennes, ces laboratoires subissent les premiers et plus intenses assauts du processus de dissolution, et transmettent ensuite au substratum synclinal formé de calcaire tournaisien des eaux *appauvries* en acide carbonique et déjà *fortement chargées de calcaire*, au point même que, de dissolvantes, elles deviennent souvent, aux émergences, incrustantes, témoin les formations tufacées d'un bon nombre de sources carbonifériennes. D'ailleurs la proportion relativement faible de calcaire pur et aisément soluble de la roche crinoïdique tournaisienne s'oppose à ce que l'on puisse y voir un laboratoire d'intense dissolution, analogue à celui des roches viséennes surincombantes et qu'atteignent les eaux moins froides et fortement chargées d'acide carbonique de la surface.

Et précisément encore ce facteur, si important, de la température dans le degré d'activité de la dissolution du calcaire, est perdu totalement de vue par M. Putzeys.

M. van den Broeck reviendra en détail sur tous ces points et

montrera combien peu est topique l'argumentation de son contradicteur.

M. Putzeys reproche à M. van den Broeck, comme une hérésie scientifique, la différence de vitesse attribuée par ce dernier aux *rivières souterraines filtrées* en comparaison de celle des *rivières souterraines courantes*. Ceci montre qu'il n'a pas compris l'argument et croit sans doute pouvoir rapporter aux régions d'émergence ou de sortie des eaux ce que M. van den Broeck attribue au cours souterrain que retarde le colmatage des diaclases. Ou bien M. Putzeys prétendrait-il, par hasard, que des eaux non décantées ni filtrées sur leur route, circulant librement dans les canaux largement ouverts du calcaire *giétien* par exemple (siège des typiques rivières souterraines courantes), ne circulent pas *considérablement plus vite* que les eaux s'infiltrant au sein des diaclases et joints *colmatés* du calcaire crinoïdique tournaisien? Poser une telle question, c'est la résoudre et montrer qu'ici encore l'honorable M. Putzeys raisonne à côté de la thèse, qu'il n'a d'ailleurs, en aucun point, avec aucun fait ni argument probant abordée de front et dont il n'a pas même effleuré la véritable discussion scientifique.

De même M. Putzeys épilogue à plaisir sur les termes « réservoir » et « rivière filtrée » qu'il voudrait faire considérer comme incompatibles. Il perd de vue qu'un réservoir aquifère peut être représenté par tout autre chose que la cavité d'une caverne ou le réseau de grands canaux communicants. Une masse perméable aux eaux d'infiltration, telle qu'un calcaire très fissuré et à leptoclases colmatées, comme l'est précisément la roche crinoïde tournaisienne, constitue, au même titre qu'une éponge à tissu serré, absorbante et ruisselante, un **RÉSERVOIR** pouvant contenir, puis laisser s'écouler, sous forme de « rivières souterraines », de notables quantités d'eau. Toutefois, au contraire de l'éponge ordinaire, le réservoir crinoïdique tournaisien est filtrant dans ses régions internes.

M. Putzeys s'en est trop exclusivement tenu à la lettre plutôt qu'à l'esprit des éléments en discussion et s'est refusé à tenir compte de la portée spéciale que, faute d'autre expression mieux appropriée, M. van den Broeck s'est vu obligé d'accorder aux mots « réservoir » et « rivière » en parlant des réserves et courants filtrés de certains types rocheux calcaires.

Sur un point toutefois il y a accord parfait entre MM. Putzeys et van den Broeck, c'est sur ce principe que le *véritable minimum absolu* d'éventualité de contamination d'origine des eaux potables est incontestablement représenté par le cas du réservoir sableux, et que dans les calcaires on ne pourra jamais trouver, *par rapport à ce dernier*, qu'un minimum relatif.

Cependant il existe des cas, d'après M. van den Broeck, où ce minimum relatif paraît être plus proche du minimum absolu fourni par les réservoirs sableux que ne semble le croire M. Putzeys.

Ceci n'empêche d'ailleurs pas M. van den Broeck de déclarer très nettement, comme il l'a toujours fait, quoi qu'en pense son collègue, que chaque fois qu'on pourra trouver de *bonnes eaux potables* dans un réservoir sableux, il ne peut être question de s'adresser au terrain calcaire.

Mais encore faut-il s'entendre sur ce que l'on peut appeler : *bonnes eaux potables*, qualification que M. van den Broeck n'est nullement disposé à accorder à des eaux qui, même bactériologiquement pures, auraient la tare originelle de faire partie de la catégorie assez louche des eaux soit ferrugineuses, soit manganésifères. La bonne déferrisation de l'eau constitue un problème très complexe et variable, encore non parfaitement résolu, quoi qu'en puissent penser certains, et les solutions vraiment efficaces, et dont le résultat soit assuré d'avance, restent encore à trouver. L'exemple, bien connu, des ennuis et essais successifs occasionnés par la nature ferrugineuse de l'eau fournie par la distribution de Turnhout, en Campine, établie par M. Putzeys, est suggestif à suffisance (1).

Ceci répond à la question formulée (p. 41) par M. Putzeys et amenée par l'annonce de son projet.

(1) J.-B. ANDRÉ, *Enquête sur les eaux alimentaires de la Belgique*, t. II, 1906. Voir, au sujet des diverses phases par lesquelles a passé, jusqu'en 1908 encore, la distribution d'eau de Turnhout, les pages 133, 184, 440 et 449 de cet important ouvrage, publié par le Ministère de l'Agriculture.

Voir aussi, au sujet des modifications, tentatives et innovations qu'il a fallu apporter successivement aux procédés de déferrisation proposés pour Turnhout, l'intéressant exposé par MM F. et E. Putzeys, publié sous le titre : *Alimentation urbaine en eau potable*, et formant le fascicule XIV du beau TRAITÉ D'HYGIÈNE de Brouardel, Chantemesse et Mosny (1908).

On y trouvera, pages 125 et 128, la reconnaissance faite par M. Putzeys lui-même, au cours de l'année dernière, que le procédé physique de déferrisation, dit de Piefke, primitivement proposé et employé par lui à Turnhout, « ne faisait obtenir qu'une déferrisation incomplète et insuffisante », vu qu'il restait encore, après l'opération, « 3 milligrammes de fer par litre » dans l'eau de la distribution. Quant au procédé chimique Duyk, essayé ensuite pendant un mois et n'ayant porté que sur trente mètres cubes par jour, il n'a fourni de résultat assez satisfaisant que lorsqu'on est très strictement astreint à employer exactement la dose de chlorure de chaux proposée.

Il résulte de ces essais successifs et tâtonnements en divers sens — qui ont aussi eu lieu très souvent à l'étranger pour des cas analogues — que, malgré « la mode régnant parmi les hygiénistes théoriciens en Allemagne », comme le disait, à notre séance du 19 juin 1906, M. Ad. Kemna (*Sur le fer et le manganèse dans les eaux*

Comme suite à sa communication préliminaire du 15 mars 1904 à notre Société, dans laquelle il annonçait le projet élaboré par lui et deux confrères, d'une alimentation en eau potable de la Basse-Belgique par des eaux existant en nappe puissante (mais dont alors il ne signalait pas la teneur parfois élevée en fer) dans les sables de la Campine, M. Putzeys nous annonce aujourd'hui l'apparition du rapport détaillé élaboré sur ce projet, et il demande si l'utilisation de cette eau de réservoir sableux sous-jacent à la région n'est pas préférable de beaucoup à l'amenée d'eau lointaine provenant des calcaires.

Or, il est de notoriété publique — et l'exemple de Turnhout ne le prouve que trop — que les eaux souterraines des sables de la Campine, certes bactériologiquement pures, sont fâcheusement *ferrugineuses* et parfois inutilisables sans une ÉLABORATION SPÉCIALE, souvent aléatoire dans ses résultats. Les eaux souterraines de la Campine ne sont donc nullement des *eaux parfaites*, comme l'affirme à tort M. Putzeys, et l'état actuel de l'importante question d'une efficace déferrisation, garantie d'avance, des eaux de cette catégorie ne permet nullement (témoin la diversité et les variantes des multiples systèmes essayés ou employés en Allemagne et ailleurs) à M. Putzeys et à ses confrères, coauteurs du projet, de nous imposer, dès aujourd'hui, la conviction ou même l'espérance fondée que ce projet sans être géologiquement et hydrologiquement parfait, sera aussi pratiquement et aisément *réalisable*, au point de vue *chimique*, que le pensent ses auteurs.

Cette sérieuse éventualité d'insuccès autorise donc chacun à concourir à la solution de l'alimentation en eau potable des territoires de la Campine.

M. van den Broeck, en se bornant à signaler simplement, sans s'occuper d'aucun projet y relatif, l'existence *insoupçonnée jusqu'ici*,

de Breslau, BULL. SOC. DE GÉOL., t. XX, Pr.-verb., pp. 138-139), et malgré les votes de divers Congrès récents, la question de la *déferrisation pratique et assurée* des eaux souterraines n'est pas encore définitivement résolue. Certes, dans de nombreux cas, *locaux* et corrélatifs à des études chimiques, très spéciales, très élaborées, de l'état et de la nature des sels de fer contenus dans l'eau de régions déterminées, des résultats favorables ont déjà été obtenus, parfois cependant après bien des tâtonnements et modifications de procédés.

Mais le redoutable problème de la déferrisation *assurée et garantie d'avance* des vastes étendues aquifères à *sous-sol lithologiquement variable* de la Campine réclame, avant l'emploi général de ces eaux souterraines, à compositions diverses et variables, des solutions pratiques qui probablement seront *quelque jour* obtenues, mais qui manquent encore et qui cependant représentent l'un des ÉLÉMENTS ESSENTIELS du problème.

dans le Condroz, d'importantes réserves en eau potable inutilisées (sauf en leurs *sources* de trop-plein, comme au Triffoy et à Crupet), croit avoir rendu service tant aux intéressés qu'aux techniciens appelés à l'élaboration des divers projets pouvant être mis en présence.

Certes, s'il pouvait être démontré, contrairement à ce que, avec bien d'autres, en pense M. van den Broeck, que le *problème de la déferrisation efficace des eaux* peut être considéré comme résolu dans tous les cas, spécialement dans celui en vue, alors ce serait vraiment folie que de conseiller de chercher au loin, spécialement dans les calcaires, ce qu'il serait possible de trouver sur place après épuration assurée de ces eaux régionales du réservoir sableux. Mais il ne semble guère que nous en soyons là dans la pratique, en matière de déferrisation. La preuve probable du contraire serait intéressante à obtenir et on est en droit de la réclamer.

Que les eaux potables disponibles dont M. van den Broeck signale l'existence dans certains synclinaux calcaires filtrants de la région condrusienne puissent être utilisées en Campine, en Hesbaye ou dans la région mosane, qu'elles viennent s'ajouter soit aux ressources actuelles de l'agglomération bruxelloise, soit à celles de Modave que l'on se propose d'amener en Flandre et au littoral, peu importe à M. van den Broeck, qui ne patronne, ne propose ni n'élabore aucun projet, d'autant moins que, suivant son habitude, il ne cherche nullement à sortir du domaine de la *science pure* et du progrès de nos connaissances.

S'il abandonne volontiers et gratuitement, aux techniciens comme aux intéressés, des éléments nouveaux d'observations et de découvertes personnelles, permettant de faire de la science appliquée, c'est tout profit pour ceux-ci; quant à lui, il tient à honneur à n'abdiquer jamais le principe de complet désintéressement dont il s'est toujours inspiré dans sa carrière scientifique.

Il convie donc M. Putzeys et, en général, ceux de ses collègues qui seraient désireux d'étudier avec lui la belle question nouvelle d'hydrologie scientifique dont il a offert la primeur à la Société, à la discuter exclusivement dans le domaine des faits adéquats à la question et avec des méthodes exclusivement scientifiques.

La séance est levée à 22 h. 40.

ANNEXE AU PROCÈS-VERBAL.

COMPTE RENDU BIBLIOGRAPHIQUE

Le problème de la récurrence des phases glaciaires au Congrès de Mexico. (*Compte rendu de la X^e session du Congrès géologique international. Mexico, 1906. 2 fasc.*)

Les découvertes plus ou moins récentes de manifestations glaciaires plus anciennes que celles de la période quaternaire se multiplient dans tous les continents et surtout dans ceux de l'hémisphère Sud. Les conclusions qu'elles suggèrent, sont d'une portée si considérable, qu'il ne paraîtra pas hors de propos d'en donner un exposé d'après les nombreux travaux relatifs à la question qui ont été communiqués au Congrès de Mexico. Nous nous baserons surtout sur le mémoire de T.-W. Edgeworth David ⁽¹⁾, qui nous fournit les renseignements les plus complets sur la série de glaciations constatées en Australie, aussi bien que sur celles des autres continents. Nous y joignons quelques vues d'ensemble sur l'origine et les caractères généraux des différentes périodes glaciaires.

On sait que pour la phase permo-carbonifère, aussi bien que pour la phase pléistocène, on tend à admettre que c'est grâce à un refroidissement général de l'atmosphère terrestre, que dans certaines régions se sont produites de grandes accumulations de glaces. On avait, en outre, depuis assez longtemps et de différents côtés, signalé, dans des terrains

(¹) 1^o *Conditions of climate at different geological epochs with special reference to glacial epochs.* (C. R. DE LA X^e SESSION DU CONGRÈS GÉOL. DE MEXICO)

2^o *Les conditions du climat aux époques géologiques.* (IBID.)

encore plus anciens, des manifestations glaciaires très caractérisées, de sorte que l'on se trouve amené à la conclusion d'une récurrence plus ou moins régulière des climats glaciaires au cours de l'évolution géologique du globe. Nous présentons ici, comme une esquisse provisoire, le tableau que donne le Prof^r David de ces périodes glaciaires successives :

1. Glaciation précambrienne. probable.
2. Glaciation cambrienne inférieure. démontrée.
3. Glaciation dévonienne démontrée.
4. Glaciation permocarbonifère. démontrée.
5. Glaciation crétacée supérieure. douteuse.
6. Glaciation pleistocène démontrée.

Si on parvient à nous prouver d'une façon satisfaisante la succession des périodes glaciaires à des intervalles assez régulièrement espacés, la signification de ces phases glaciaires devient, par suite de leur répétition, beaucoup plus importante. Nous ne pouvons plus les considérer comme des phénomènes isolés dans le temps ni dans l'espace, il faudra bien admettre qu'elles ont été provoquées successivement par les mêmes causes agissant à des intervalles réguliers. De cette façon nous apparaît plus clairement l'importance du rôle que celles-ci ont joué dans l'évolution du globe, non seulement par le dépôt des formations glaciaires, le plus souvent très épaisses et d'une grande extension géographique, mais aussi par l'influence qu'elles ont exercée sur le développement de la faune et de la flore des mers et des continents qui se sont succédé à la surface du globe.

La phase glaciaire précambrienne aurait, d'après les Prof^{rs} J.-W. Gregory et Garwood, laissé des traces au Spitzberg; et d'après W. Rogers, directeur du Service géologique de la Colonie du Cap, on les retrouve dans l'Afrique du Sud. Seulement on ne constate jusqu'ici dans ces régions que la présence d'un conglomérat de blocs glaciaires (1). On a aussi signalé la présence de ces conglomérats d'âge cambrien dans le Labrador et dans la Sibirie orientale à l'embouchure de la Lena (2).

La glaciation cambrienne inférieure a laissé des formations incon-

(1) On tend aujourd'hui à désigner ce conglomérat sous le nom de tillite, d'après le mot anglais *till*, qui est le nom donné au mélange de boue et de blocs glaciaires.

(2) J.-W. GREGORY, *Climatic variations, their extent and causes*. (C. R. DE LA X^e SESSION DU CONGRÈS INTERNATIONAL DE MEXICO, 1906, 2^e fasc.)

testables dans l'Australie du Sud, dans le bassin du Yang-tse, dans les *Blaini beds* de l'Himalaya du Punjab et aussi dans le Varanger-fjord en Norvège.

Sauf pour les couches de Blaini de l'Inde, on rencontre dans toutes ces régions, outre la tillite, une striation très marquée à la surface des blocs et aussi sur le plancher raboté par les glaciers. C'est au Prof W. Howchin (1), de l'Université d'Adélaïde, que l'on doit la description la plus complète des terrains glaciaires cambriens du Sud et du centre de l'Australie.

Dans l'Afrique du Sud, une communication de A.-W. Rogers annonce une glaciation d'âge cambrien marquée par la présence de tillite, de blocs glaciaires striés et d'une plate-forme striée et moutonnée. On verra plus tard que l'analogie de climat dans les deux continents austraux se retrouve, pour la période permo-carbonifère, lors de la formation de la tillite de Dwyka, et cela ne doit pas nous étonner, si nous nous rappelons la situation des deux continents en face du pôle antarctique, qui a probablement constitué un centre de refroidissement aux différentes époques glaciaires.

Dans l'hémisphère boréal, le Dr Reusch a signalé en Norvège l'existence d'une plate-forme striée recouverte par une tillite épaisse, mais, chose difficile à expliquer, il existe une concordance parfaite entre la plate-forme et la tillite. L'âge cambrien de ces couches de Gaisa est reconnu par la plupart des auteurs; cependant le Prof Tschernjchew les attribue au système dévonien. S'il était permis de parler de contemporanéité dans un recul de temps aussi lointain, on pourrait admettre une glaciation bipolaire à l'époque cambrienne, mais la distribution géographique de la glaciation permo-carbonifère nous montrera combien il faut être réservé dans ce genre d'explication, malgré toute l'importance que pourraient présenter des conclusions définitives au point de vue de l'étude des causes de la récurrence des périodes glaciaires.

C'est dans des régions beaucoup plus rapprochées de l'équateur que nous rencontrons la tillite cambrienne qui constitue les *Blaini beds*: elles sont situées dans la bordure extérieure de l'Himalaya, non loin de Simla. Le Dr Holland, directeur du Service géologique de l'Inde, au lieu de les rattacher à la glaciation permo-carbonifère, comme on le

(1) REV W. HOWCHIN, *Glacial beds of Cambrian age in South Australia.* (QUART. JOURN. GEOL. SOC., may 1908.)

faisait jusqu'ici, leur attribue l'âge cambrien, à cause de la ressemblance lithologique du groupe stratigraphique avec celui du Purana, qui fait partie de la plate-forme ancienne de la péninsule indienne, et dont l'âge cambrien est prouvé par la présence de fossiles. Dans ces régions, on pourrait donc constater une glaciation cambrienne suivie de la glaciation permo-carbonifère, et plus tard, de la glaciation pléistocène, qui dure encore aujourd'hui sur les cimes de l'Himalaya.

La glaciation dévonienne a été reconnue, dans le Sud-Ouest de l'Afrique, dans la série du *Table Mountain sandstone*, grâce à la présence d'une tillite à blocs facettés et striés.

Passons maintenant à la glaciation permo-carbonifère, qui a pu être beaucoup mieux étudiée, et permet par conséquent des conclusions beaucoup plus importantes.

On la retrouve dans l'Inde, dans l'Afrique du Sud, dans l'Australie, dans le Nord de la République Argentine et dans le Sud du Brésil. En Tasmanie, à l'Ouest et au centre, en Australie, au Sud, à l'Est et à l'Ouest, jusqu'au parallèle de 23° latitude Sud, toutes les roches d'âge permo-carbonifère présentent des manifestations glaciaires, sous la forme de plates-formes striées, de roches moutonnées et d'épaisses couches de tillite, séparées par des lits de sable ou de conglomérats, ou par des schistes ardoisiers, qui ont subi des déformations au moment de leur dépôt, mais ont gardé depuis lors un repos presque complet, qui contraste nettement avec les plissements plus anciens subis par les schistes glaciaires cambriens. Des blocs erratiques de volume parfois considérable sont disséminés dans la tillite, que l'on désigne sous le nom de tillite de Bacchus Marsh, depuis le parallèle 44° jusqu'au 56°, mais diminuent de volume vers le Nord. Lorsque la tillite tend à se confondre avec des couches de sédimentation marine plus au Nord encore, des blocs très volumineux réapparaissent.

Il paraît très probable qu'il y a eu plusieurs stades glaciaires, comme l'indique la stratification signalée ci-dessus. Entre deux séries de couches sédimentaires marines, on exploite les *Greta Coal Measures* interstratifiées avec l'argile glaciaire. Il paraît donc prouvé que, dans la période permo-carbonifère, il y avait à la fois des glaciers et des courants de glaces flottantes, dirigés du Sud au Nord. On retrouve les formations glaciaires marines sur les côtes Est et Ouest de l'Australie, ce qui tendrait à faire admettre une disposition géographique analogue à celle d'aujourd'hui. Le centre duquel portaient les transports

glaciaires paraissait se trouver sur une partie du continent qui a disparu sous la mer et était située au Sud-Est d'Adélaïde et au Sud-Ouest de la Tasmanie. Les glaciers descendus d'un plateau peu élevé ont rencontré dans leur marche des vallées dirigées Est-Ouest, dont les deux versants ont été rabotés et striés. Plus au Nord, les glaces ont rencontré la mer à Fusulines dont les dépôts ont été constatés dans les îles de Timor et de Roti. Si l'on parvient, par de nouvelles découvertes, à rattacher l'un à l'autre les dépôts marins glaciaires de la rivière Bowen de la côte Est à ceux de la rivière Gascoyne sur la côte Ouest, de part et d'autre dans le voisinage du 24^e latitude Sud, on se trouverait devant une disposition analogue à celle de l'immense front de glace qui a été signalé dans l'Antarctique par l'expédition anglaise de la *Discovery*.

Cette glaciation paraît avoir déterminé des modifications remarquables dans la faune marine correspondante; les coraux cessent de former des récifs, des types nouveaux apparaissent, parmi lesquels on signale surtout de grands exemplaires d'Aviculopecten.

C'est à l'époque de glaciation permo-carbonifère que nous voyons disparaître l'ancienne flore paléozoïque, pour faire place à une flore nouvelle, surtout caractérisée par les types Glossopteris et Gangamopteris, auxquels se joignent des conifères, dont les restes fossiles sont connus sous le nom d'Araucarioxylon et Dadoxylon, et des Équisétinées d'un type plus voisin de celui des familles actuelles désignés sous le nom de Phyllothea et Asterophyllites. On verra plus loin que la flore ancienne a persisté dans certains districts situés au Nord de la zone de glaciation, et qu'ailleurs on a pu constater le mélange des deux flores. La flore paléozoïque a persisté pendant quelque temps dans les régions où le refroidissement du climat ne s'est fait sentir que par l'augmentation de la quantité des eaux pluviales. Mais elle a fini néanmoins par disparaître, et elle fut remplacée par la flore nouvelle, mieux adaptée au climat nouveau, car on a retrouvé la flore et la faune du Karoo jusque dans le Nord de la Russie, dans les terrains permians du bassin de la Petschora. Le professeur Tschernjchew déclare même avoir rencontré un horizon à conglomérat glaciaire dans le Permo-carbonifère du Sud de la Russie.

Les modifications de la faune terrestre sont tout aussi profondes, et c'est surtout dans le district du Karoo africain qu'on a pu les étudier. Les reptiles prennent alors un développement extraordinaire. Les types nouveaux semblent s'adapter de plus en plus à la vie terrestre, alors que la section des Amphibiens ne paraît pas avoir accéléré son

évolution. C'est au Permo-Carbonifère qu'apparaissent les Théro-morphes qui, au cours des temps mésozoïques, établissent la transition vers les Mammifères. Cette faune doit avoir présenté une puissance d'adaptation et d'expansion considérable, puisqu'on la retrouve, dès le Permo-Carbonifère, dans les districts boréaux de la Petschora. On voit donc que la révolution dans la série des êtres organisés a été complète.

A la fin de l'ère paléozoïque, nous retrouvons la glaciation dans l'Afrique australe, où elle aurait déjà apparu au Cambrien inférieur et au Dévonien. Les formations glaciaires permo-carbonifères occupent toute la région connue sous le nom de Karoo, et s'étendent au Nord jusqu'à la ligne qui rejoint Prétoria à Delagoa-Bay, et même jusqu'à la jonction de la rivière Eland avec l'affluent du Zambèse, la rivière Olifant. La tillite avec les blocs striés repose sur une plate-forme rabotée : c'est la fameuse tillite du Dwyka, épaisse surtout dans la Colonie du Cap, et s'amincissant au Nord, de façon à ne plus former qu'une couche de 9 mètres environ d'épaisseur. On peut délimiter le champ d'extension de la tillite par les parallèles 25° latitude Sud et 32° latitude Sud, et par les longitudes Est 23° et 32°. Les différentes directions de la striation glaciaire montrent que le centre de radiation des glaces occupait un plateau, situé aujourd'hui à une altitude de 1500 mètres, et comprenant l'ancienne République d'Orange, le Transvaal et le Sud de la Rhodésie. Les roches qui constituent les blocs viennent du Nord et sont souvent d'origine locale, ce qui tendrait à établir que la circulation des glaces n'avait pas une grande extension horizontale.

Ici également on rencontre une couche de houille, qui provient de la flore à Gangamopteris. Comme elle recouvre simplement les conglomérats, on ne peut pas parler ici d'une suite de stades interglaciaires. En outre, on ne rencontre pas de formations marines associées à la tillite du Dwyka ; si elles ont existé, elles devaient se trouver à l'Est, et elles ont disparu sous la mer, qui recouvrait, pendant la période crétacée, le Nord du Natal et la Colonie portugaise. Enfin, nulle part on n'a retrouvé de traces glaciaires à l'Ouest de la jonction du Vaal et du fleuve Orange. Donc, contrairement aux glaciations cambrienne et dévonienne, celle du Permo-Carbonifère aurait occupé surtout la partie orientale de l'Afrique australe. Ce continent était alors plus largement relié à celui de l'Inde péninsulaire, et aussi plus rapproché du continent australien, mais nous avons vu que la mer de l'océan Indien existait déjà alors. Il est probable qu'elle n'occupait que la partie méri-

dionale de la mer actuelle, et se trouvait par conséquent beaucoup plus soumise aux influences venant du pôle antarctique.

Il est permis de croire que la glaciation permo-carbonifère s'étendait sur le pourtour du pôle Sud, car on vient de constater la présence d'une phase glaciaire ancienne dans le Sud du Brésil, à Minas, dans la province de Santa-Catarina, et celle-ci se caractérise également par la présence d'une flore permo-carbonifère. Le massif continental brésilien, qui probablement s'étendait beaucoup plus au Sud qu'actuellement, complétait donc, à la fin du Paléozoïque, le cercle glaciaire antarctique, et la glaciation paléozoïque du pôle Sud paraît probable.

La tillite d'Orléans du continent brésilien correspond exactement à la tillite du Dwyka, à celle de Bacchus Marsh et aussi à celle de Talchir que nous signalerons tantôt, mais elle s'en distingue par sa flore, qui est composée à la fois par les types nouveaux de la flore à *Glossopteris* et par ceux de l'ancienne flore carboniférienne. D'un autre côté, l'on a rencontré dans la Rhodesia, sur les rives du Zambèze, des gisements de houille carboniférienne qui nous prouvent que l'ancienne flore occupait encore à ce moment les districts septentrionaux voisins de la région glaciaire permo-carbonifère.

Mais cette phase glaciaire n'est pas restée limitée à l'hémisphère Sud, elle occupait également une grande partie de l'Inde. On en retrouve les traces dans les régions qui s'étendent, d'un côté, depuis le fleuve Godavery et le fleuve Mahanadi, à l'Ouest de Calcutta, et de l'autre côté, jusqu'à Jaisalmer, dans le désert de Rajputana, et enfin, au Nord, jusqu'à la Salt Range, chaîne de montagnes qui occupe l'angle formé actuellement par la chaîne de Soliman sur la rive droite de l'Indus, et par l'Himalaya du Punjab. Il est probable que les formations glaciaires, séparées aujourd'hui par de si grandes étendues, ne sont que les fragments, conservés jusqu'à nos jours, d'une surface glaciaire recouverte par la tillite de Talchir, contemporaine des formations glaciaires antarctiques. On voit donc que la glaciation permo-carbonifère a régné aussi bien au Nord qu'au Sud de l'équateur; elle s'en rapprochait, d'un côté, jusqu'au 24° latitude Sud, et de l'autre, jusqu'au 18° latitude Nord. Les glaces qui, par leur transport, ont produit la tillite ainsi que la striation des blocs et de la plate-forme glaciaire, se dirigeaient du Sud-Sud-Ouest au Nord-Nord-Est, dans le district de Chanda situé sur un affluent du Godavery. C'est grâce à des modifications d'ordre tectonique que la tillite nous a été conservée. On la retrouve sous des dépôts houillers que l'on exploite aujourd'hui au fond de fosses plus ou moins étroites et allongées, comme on les observe souvent à la surface

d'anciennes masses continentales, qui émergent depuis une durée géologiquement assez prolongée. C'est dans la houille de l'ancien continent du Gondwana que l'on a trouvé en premier lieu les fossiles végétaux qui ont servi à reconstituer la flore à *Glossopteris* ; on y retrouve aussi les types de reptiles si abondants dans les couches du Karoo africain.

Dans le district de Jaisalmer, situé dans la partie du désert de Rajputana qui confine à l'Indus, on retrouve les mêmes formations glaciaires reposant sur une surface de roches moutonnées. La direction des stries et la nature des roches qui constituent les blocs striés indiquent que les glaciers descendaient du Sud au Nord, vers une mer dont les sédiments constituent aujourd'hui les montagnes du Salt Range, et qui par ses fossiles montre qu'elle faisait partie de la mer à *Fusulines* dont nous avons déjà signalé les traces à Timor et à Roti, au Nord de l'Australie. Les dépôts glaciaires sont interstratifiés avec les couches marines, ou reposent directement sur les roches anciennes, et dans ce cas ils sont simplement recouverts par les sédiments marins. De même que sur la limite septentrionale de la formation glaciaire australienne, nous rencontrons ici des blocs erratiques qui peuvent atteindre le volume de plusieurs mètres cubes.

Les glaces descendues du continent de Gondwana atteignaient, sur la ligne du Salt Range, la mer méditerranéenne permo-carbonifère, plus connue sous le nom de mer à *Fusulines* ; celle-ci occupait les régions constituées aujourd'hui par les chaînes parallèles s'étendant depuis l'Himalaya jusqu'au Kuen-Lun, et communiquait par la voie du Japon, de l'Indo-Chine et de l'Océanie avec l'océan par excellence, qui paraît avoir persisté à travers tous les temps géologiques, l'océan Pacifique. Nous avons déjà signalé les *Fusulines* de Timor et de Roti, ainsi que la présence de la mer à cette époque sur la côte orientale de l'Australie. Nous savons, d'autre part, que la faune marine qui accompagne les *Fusulines* se retrouve en Espagne, en Sicile, dans les Alpes Orientales, en Russie, et dans les couches anciennes qui forment l'immense plateau de l'Iran. Nous pouvons ainsi reconstituer une des phases géologiques par lesquelles la Méditerranée est parvenue jusqu'à nos temps. Il semble que, déjà alors, elle communique avec l'océan Pacifique aussi bien par les régions de l'Amérique que par celles de l'Asie, puisque les dépôts à *Fusulines* se retrouvent aujourd'hui au Sud et au Nord de la Méditerranée des Antilles.

Si nous avons insisté sur la présence d'une mer très étendue au Nord du continent du Gondwana, c'est que nous croyons pouvoir ainsi trouver une indication des conditions qui ont présidé à la genèse de la

glaciation de ce continent. Il s'étendait depuis le Sud de l'Afrique jusqu'aux régions himalayennes, en passant par Madagascar, où peut-être on découvrira un jour les formations glaciaires intermédiaires. Il se trouvait séparé de l'Australie par une mer relativement étroite. Celle-ci, esquisse première de l'océan Indien actuel, présentait une température relativement basse, puisque les continents qu'elle baignait passaient tous par la même phase glaciaire. Peut-être la mer n'atteignait-elle pas l'équateur et ne constituait-elle qu'un golfe plus ou moins large d'une mer périantarctique. Nous savons, par l'état des Andes et des volcans neigeux le Kenya et le Kilimandjaro, que les vapeurs peuvent se déposer sous l'équateur à l'état de neiges et former des glaciers, dès que l'altitude est suffisante. Il est dès lors facile d'admettre que les neiges aient traversé l'équateur pour se déposer sur le versant Nord du plateau du Gondwana. D'un autre côté, l'état de glaciation extrême du Groenland actuel, situé entre deux mers froides, nous permet de supposer que, de son côté, la mer qui baignait au Nord le continent du Gondwana, contribuait à sa glaciation, et que les vapeurs d'eau lui étaient amenées à l'état de neiges, successivement du Nord et du Sud, selon les saisons et la direction des vents alizés.

L'énorme étendue des régions soumises à la glaciation nous permet d'entrevoir que les conditions qui ont provoqué cet état de choses ont régné pendant une durée de temps considérable, pendant laquelle a pu se produire une évolution complète des organismes vivant à cette époque.

Les animaux et les végétaux ont été détruits dans les régions glaciaires, et on voit apparaître au pourtour de celles-ci, peut-être même jusque dans le voisinage des centres de radiation glaciaire durant les stades interglaciaires, des organismes nouveaux pouvant offrir une résistance plus grande au froid, et remplacer peu à peu la flore et la faune anciennes. Dans certaines parties de celles-ci, isolées par des mers et par les régions de glaciation, ces organismes nouveaux ont pu se reproduire, et grâce à leur isolement, consolider suffisamment leur évolution nouvelle pour envahir plus tard le reste du globe et y soutenir victorieusement la lutte pour la vie contre les organismes anciens. En tout cas, nous pouvons conclure que la phase glaciaire permo-carbonifère, que nous qualifierons de positive pour indiquer qu'il n'est pas impossible qu'un minimum de glaciation ou phase négative ait continué à persister dans certaines parties du globe depuis les temps les plus reculés, que cette phase glaciaire positive donc a été très intense et très longue, qu'elle a exercé sur les organismes contem-

porains une influence qui dépasse en importance tout ce que nous avons pu constater aux autres époques glaciaires, et qu'elle constitue par conséquent un des principaux événements de l'histoire géologique du globe.

La phase glaciaire cambrienne inférieure présente une certaine analogie avec la phase permo-carbonifère, mais à cause des temps infiniment longs qui la séparent de nous, elle ne nous fournit par des conclusions aussi instructives; et c'est plutôt par l'histoire mieux connue de la période de la fin du Paléozoïque que nous pouvons nous faire une idée de celle de la phase ancienne. D'un autre côté, comparée aux phases plus récentes et surtout à la phase pléistocène, la glaciation permo-carbonifère continue à nous apparaître comme de loin la plus importante, à cause du rôle considérable qu'elle a joué dans l'évolution du monde organique. Il est vrai que la phase pléistocène paraît avoir présenté une extension géographique beaucoup plus considérable, puisque nous la retrouvons dans les deux hémisphères, et que même sous l'équateur, aux hautes altitudes, on retrouve les traces d'oscillations de la limite inférieure des glaciers, rendant probable l'existence de stades interglaciaires plus ou moins longs. Mais nous savons que son influence sur l'évolution organique a été relativement faible, surtout dans les régions intertropicales. Peut-être la durée de la dernière phase glaciaire positive a-t-elle été relativement courte.

Il se peut aussi que la disposition géographique des régions atteintes explique le retour d'une grande partie des organismes anciens dans les régions qui venaient d'être soumises à la glaciation. Par contre, pendant la phase permo-carbonifère, la glaciation a peu sévi dans l'hémisphère Nord, et peut-être faut-il attribuer à des modifications dans le climat, provoquant des conditions désertiques des régions septentrionales, d'ailleurs encore peu étudiées, la disparition des organismes anciens et la rapide occupation de l'hémisphère septentrional par la flore et la faune nouvelles.

Les formations géologiques de l'ère mésozoïque ne présentent dans aucune contrée du globe des traces indiscutables de climats glaciaires. L'évolution continue et régulière de la faune marine et des organismes terrestres rend peu probable un refroidissement marqué de l'atmosphère. On avait cru qu'une formation géologique qui recouvre une grande partie du centre de l'Australie, le *Désert Sandstone*, indiquait une époque glaciaire d'âge crétacé supérieur, parce que ce grès du désert australien renferme une masse de blocs plus ou moins arrondis, provenant de roches cristallines primaires de provenance lointaine.

Mais les géologues australiens les considèrent plutôt comme des blocs remaniés provenant des tillites cambrienne et permo-carbonifère du centre du continent australien.

Si cependant la glaciation crétacée de l'Australie paraît peu probable, il convient de rappeler ici que dans l'hémisphère septentrional on voit apparaître dans la faune et dans la flore des indications de différences de climat d'après les latitudes. C'est ainsi que la faune à Hippurites des régions méditerranéennes n'est guère représentée dans le Nord, où elle est remplacée par une faune assez différente. Il paraît en être de même pour l'Amérique, et sans aucun doute des découvertes nouvelles permettront plus tard de délimiter encore plus nettement les zones climatiques du globe à la fin de l'ère mésozoïque.

Nous devons cependant mentionner que le Prof J.-W. Gregory considère les blocs accompagnant la Craie en Angleterre, comme des erratiques glaciaires, et le Prof Garwood aurait trouvé un galet strié dans un conglomérat du même âge, qu'il a examiné au Spitzberg. Le professeur de l'Université de Glasgow veut réagir contre la tendance actuelle à exagérer la variation des climats au cours des temps géologiques. Il est porté à admettre que la distribution géographique des climats est toujours restée analogue à celle d'aujourd'hui, avec des variations relativement faibles dans l'ensemble des conditions météorologiques. S'il faut admettre que des causes d'ordre général et d'origine extraterrestre ont présidé à l'apparition des différentes phases glaciaires, il ne faut pas oublier que des variations dans la distribution relative des terres et des mers peuvent avoir empêché ou favorisé leur apparition dans certaines parties du globe, de même qu'elles ont dirigé le sens de l'évolution de chacune d'entre elles.

Ce n'est que vers la fin du Tertiaire que l'on peut constater un nouveau refroidissement de l'atmosphère, qui aboutit à une nouvelle phase glaciaire positive, et celle-ci a atteint dans les deux hémisphères toutes les régions suffisamment rapprochées des pôles ainsi que les chaînes de montagnes suffisamment élevées pour rencontrer le niveau de persistance des neiges à cette époque.

L'histoire de la glaciation pléistocène dans l'Europe et dans l'Amérique septentrionale est trop connue pour que nous nous y arrêtions ici. Il nous suffira, pour nous permettre de mieux apprécier la genèse de cette révolution climatique, de donner quelques détails sur les manifestations glaciaires qui se sont produites alors dans l'hémisphère austral.

Les expéditions polaires antarctiques de ces dernières années nous

montrent toutes que la calotte glaciaire qui recouvre ce continent, a été autrefois beaucoup plus considérable qu'elle ne l'est actuellement, mais jusqu'ici il n'est pas possible de fixer exactement l'âge géologique précis de ce stade glaciaire. Il paraît cependant tout à fait probable qu'il correspond à l'évolution que nous constatons en Nouvelle-Zélande, en Australie, dans l'Amérique méridionale, ainsi que dans les îles océaniques australes.

Dans l'Afrique du Sud, la glaciation pléistocène n'a pas laissé de traces, probablement parce que cette région ne se trouve pas assez rapprochée du pôle; d'ailleurs, elle paraît avoir subi, de même que la partie de l'Afrique située sous l'équateur et au delà, les effets d'une période pluviale correspondante. En outre, les volcans situés dans ces latitudes, tels le Kenya et le Kilimandjaro, nous présentent des traces de variation de la ligne de persistance des neiges, ayant déterminé autrefois un développement plus considérable des glaciers.

La Tasmanie et la Nouvelle-Zélande ont été affectées à un plus haut degré que dans l'état actuel. Dans la Nouvelle-Zélande méridionale, la surface recouverte par les glaces était beaucoup plus étendue que de nos jours. Le grand glacier, le Tasman, qui mesure aujourd'hui 25.6 kilomètres de longueur, atteignait alors 48 kilomètres. Les fjords de la côte occidentale étaient remplis par de la glace qui descendait vers la mer.

Toutefois, Hutton ne parle que d'une extension des glaciers, alors que les autres géologues qui ont étudié la question sont d'accord pour admettre l'existence d'un stade glaciaire positif. En Tasmanie, les glaces ont recouvert le centre et l'Ouest de l'île. Enfin, de même qu'à la fin de la période cambrienne ainsi qu'à la fin de la période paléozoïque, la glaciation pléistocène atteint le Sud de l'Australie; mais cette fois le continent a été moins affecté que les îles voisines. Le mont Kosciusko, situé à l'angle formé par la chaîne des Alpes australiennes, et qui se trouve aujourd'hui en dessous de la ligne des neiges, nous présente toutes les manifestations d'une glaciation, dans laquelle on peut même établir l'existence de deux stades glaciaires successifs, et que les géologues croient pouvoir rattacher à la fin du Tertiaire.

Mais c'est surtout dans l'Amérique du Sud que les manifestations de la dernière époque glaciaire se retrouvent sur de vastes étendues. Ce continent, grâce à la direction méridienne des Andes et au prolongement de son extrémité australe dans la direction du pôle, a été le siège de manifestations glaciaires beaucoup plus marquées et plus étendues que celles des autres continents austraux. D'un autre côté, la phase

ancienne glaciaire qu'il a traversée a été beaucoup plus intense que celle d'aujourd'hui. Le professeur Steinmann (1), qui a étudié sur place les manifestations glaciaires des Andes, les considère comme contemporaines de la phase glaciaire positive de l'hémisphère boréal.

Non seulement les glaciers des Andes étaient alors en plus grand nombre, et descendaient beaucoup plus bas que ceux d'aujourd'hui, mais ils ont enterré la chaîne dans un vaste manteau de dépôts glaciaires. La ligne de persistance des neiges descendait de plus en plus bas dans la direction des pôles, de sorte que les Andes patagoniennes ont été entièrement recouvertes par le manteau de glaces; même celui-ci descendait dans les Pampas de la Patagonie, où il se trouvait limité par une ligne oblique depuis le 40° de latitude Sud jusqu'au détroit de Magellan. Du côté de l'océan Pacifique, les neiges atteignaient jusqu'au delà de l'île Chiloë, et elles ont contribué au creusement des fjords, qui se retrouvent ici comme dans la Nouvelle-Zélande, sur la côte occidentale.

D'après les conclusions du Dr Moreno (2), un immense manteau de glaces recouvrait la partie méridionale du continent; il descendait principalement vers l'Est, et s'étendait jusqu'au delà du rivage actuel de l'Atlantique pendant une première époque glaciaire, celle qui fut la plus marquée.

Puis, après un premier retrait des glaces, elles ont de nouveau poussé leurs moraines jusqu'à 50 milles au Sud-Est de la crête actuelle de la chaîne patagonienne, en y creusant les lacs glaciaires ainsi que les vallées fluviales qui s'y rattachent, et dans lesquelles les rivières ont étendu un vaste manteau de gravier provenant des roches transportées par les glaciers.

La glaciation pléistocène a également affecté toutes les îles océaniques qui entourent l'extrémité méridionale de l'Afrique, mais elle ne s'est pas étendue jusqu'aux latitudes occupées par ce continent. Elle n'a pu atteindre que les pics volcaniques équatoriaux, qui grâce à leur altitude, se trouvaient dans la limite des neiges persistantes. Les parties basses du continent paraissent cependant avoir été soumises à une période pluviale, dont on retrouve les traces jusqu'en Égypte.

D'une façon générale, nous pouvons dire que la distribution géographique des districts glaciaires pléistocènes n'est qu'une reproduction exagérée des formations glaciaires actuelles. Nous pouvons en con-

(1) *Diluvium in Sud Amerika*. (ZEITSCHR. DEUTSCH. GEOL. GESELLSCH., 1906.)

(2) *Geog. Journal*, 1899, nos 3 et 4.

clure que la situation relative des mers et des terres était à peu près la même que celle d'aujourd'hui, et surtout, que le climat actuel pris dans son ensemble se présente avec les mêmes conditions météorologiques que celui de la phase glaciaire pléistocène. La seule différence dont il faut tenir compte, c'est que la température moyenne de l'atmosphère paraît avoir été plus basse de quelques degrés, et par conséquent que le niveau de persistance des neiges était descendu beaucoup plus bas dans les régions polaires surtout, et à un degré moindre dans les régions inter-tropicales.

Les savants se sont donné beaucoup de peine pour établir la genèse des phases glaciaires, mais la solution du problème reste toujours hypothétique. Celle-ci, en effet, ne dépend pas seulement des observations des géologues; plusieurs autres sciences doivent y contribuer, et, parmi celles-ci, nous attendons toujours les indications fournies par la météorologie, qui doit nous renseigner sur la circulation atmosphérique et ses variations, et, d'un autre côté, les données océanographiques ne sont pas suffisantes pour déterminer la circulation des eaux froides à la surface des mers et au fond des océans. Jusqu'ici on a vu varier la nature des hypothèses invoquées pour expliquer l'abaissement de température de l'atmosphère terrestre, cause prépondérante des phases glaciaires, selon que les auteurs partent de données géologiques ou qu'ils ont recours à l'action des lois de l'astronomie ou de la physique cosmique. D'autres, pour expliquer les phases glaciaires anciennes, ont cru pouvoir invoquer un déplacement suffisant des pôles terrestres pour provoquer des modifications dans la situation géographique des continents, et la transformation complète de la circulation atmosphérique. Les auteurs de cette théorie ne paraissent pas se douter des formidables catastrophes tectoniques qu'un changement quelque peu considérable de l'axe de rotation de la Terre devrait provoquer. Il semble que l'écorce si peu épaisse sur laquelle nous vivons, ne pourrait résister aux tensions nouvelles, et la dislocation complète de notre astre en serait nécessairement la conséquence. Aussi la plupart des géologues sont-ils d'accord pour admettre une constance relative dans les conditions de l'évolution géologique de la Terre. Depuis que l'aplatissement des pôles a commencé, c'est-à-dire depuis la cessation des temps où l'écorce terrestre conservait encore un degré notable de plasticité, la période des catastrophes a pris fin, et la régularité a régné dans l'évolution. Les variations qui ont encore pu se produire, ont suivi un rythme cyclique dont les oscillations se sont succédé plus ou moins régulièrement.

C'est ce que nous avons essayé de faire ressortir, en exposant la marche des phases glaciaires connues jusqu'ici et en insistant surtout sur les ressemblances frappantes dans la distribution géographique des manifestations glaciaires au cours des phases les mieux connues. Nous avons même relevé les indices assez vagues, il est vrai, de la persistance des continents et des océans à travers les temps géologiques.

C'est dans le même sens que conclut le Prof J.-W. Gregory dans le travail qu'il a communiqué au Congrès de Mexico. Il réagit contre l'idée généralement reçue d'une diminution régulière et constante de la température du climat terrestre depuis l'ère cambrienne jusqu'à nos jours. De même il n'admet pas l'existence d'un climat chaud dans les régions polaires boréales à une époque relativement aussi récente que le Miocène. Les déterminations de fossiles végétaux du Prof Heer, aujourd'hui reconnues fautives, ne peuvent plus fournir une base suffisamment solide pour cette hypothèse. Il faudrait plutôt admettre que la température est restée sensiblement constante pour tous les climats géologiques, ou plutôt qu'ils n'ont varié que dans des proportions assez réduites mais suffisantes pour produire la série des phases glaciaires; celles-ci d'ailleurs ont été probablement facilitées par des dispositions géographiques spéciales.

Nous avons essayé de faire ressortir, dans la description des différentes phases glaciaires, que ce fut surtout autour des pôles que le refroidissement s'est le plus manifesté, pour s'étendre parfois jusque dans les régions plus ou moins voisines de l'équateur. Il nous paraît prouvé par là que le froid a rayonné, soit simultanément, soit successivement, des deux extrémités de l'axe de rotation. Les courants froids supposent des courants plus chauds dirigés en sens contraire de l'équateur vers les pôles, et de cette façon se trouverait constitué le cercle d'une circulation complète.

Cette notion de la circulation de la chaleur et du froid à l'aide des courants atmosphériques et des courants océaniques se perfectionne aujourd'hui rapidement, grâce aux découvertes qui s'accumulent par les progrès de l'océanographie et de la météorologie. Quand cette circulation sera mieux connue pour les temps actuels, nous pourrons nous faire une idée un peu plus précise des conditions de circulation atmosphérique et océanique qui ont présidé à la genèse des phases glaciaires. On commence à entrevoir, grâce à M. Teisserenc de Bort, que l'atmosphère ne continue pas à se refroidir dans les couches de plus en plus élevées. A partir d'une certaine hauteur, la température se relève légèrement, et la limite de ce changement peut se fixer

approximativement, pour les régions équatoriales, entre 8 et 15 kilomètres; par contre, cette limite est beaucoup plus basse dans les régions polaires. Sans insister outre mesure sur l'importance de ces découvertes toutes récentes, il paraît cependant permis d'y voir la promesse d'indications plus précises sur la variation de la température atmosphérique de l'équateur vers les pôles et sur les limites qui lui sont fixées par les conditions actuelles du climat.

D'un autre côté, les travaux de M. O. Pettersson ⁽¹⁾ nous renseignent sur l'importance du rôle joué par la fusion des glaces dans la circulation océanique. Elles déterminent des courants dirigés du pôle vers l'équateur, alors que les courants océaniques chauds sont dirigés d'une façon générale en sens contraire. Nous voyons ainsi apparaître graduellement les traits généraux d'une esquisse de la circulation des fluides de l'atmosphère et de l'océan, qui tient sous sa dépendance la distribution des zones froides et des zones chaudes à la surface de la terre. Si ces courants ne suffisent pas pour expliquer la récurrence et l'évolution des phases glaciaires, et s'il faut admettre des causes d'ordre général, qui refroidissent l'ensemble de l'atmosphère, il n'en reste pas moins évident que ce n'est que par l'intermédiaire de cette double circulation, atmosphérique et océanique, que la cause générale pourra agir, et que, lorsque la circulation sera mieux connue, nous nous trouverons avoir franchi une nouvelle étape dans l'étude de la genèse des phases glaciaires.

Les études océanographiques de M. O. Pettersson nous ont montré la transformation de la chaleur des eaux équatoriales au contact des glaces polaires en forces mécaniques qui entretiennent l'ensemble de la circulation océanique, et nous savons que celle-ci, à son tour, réagit sur la circulation atmosphérique. On croyait généralement que les grands courants océaniques suivaient presque exclusivement la direction des vents et étaient en relation avec les marées, mais les expériences basées sur la fusion des blocs de glace, nageant dans de grands bassins remplis d'un liquide de composition analogue à celle de l'eau de mer, ont montré au savant suédois la formation de courants, les uns superficiels, les autres ayant une tendance à descendre au fond du bassin. La profondeur du bassin de fusion aura donc une grande influence sur l'établissement d'une circulation tendant à ramener à la même composition chimique et à la même température toute l'eau

(1) *On the influence of ice melting upon oceanic circulation.* (GEOGR. JOURN., XXX, n° 3, 1907.)

contenue dans le bassin. En outre, la circulation sera d'autant plus intense et la fusion de la glace par conséquent d'autant plus rapide, que le bassin sera plus profond. Si nous appliquons ces données expérimentales aux conditions géographiques, la fusion des glaces sera plus rapide au-dessus des profondeurs de l'océan que dans les mers peu profondes situées au voisinage des continents. Celles-ci deviendront le siège de grandes accumulations de glaces, et ne tarderont pas à provoquer le refroidissement complet des terres voisines, en même temps que leur recouvrement par des chutes de neige fréquentes et considérables.

Les études expérimentales de M. Pettersson semblent indiquer aux géologues le chemin à suivre pour s'attaquer à la question des climats glaciaires. Ils devront chercher à déterminer les conditions géographiques qui ont pu influencer sur la circulation océanique, et provoquer ainsi le refroidissement de certaines régions du globe. Leur meilleur point de départ restera toujours la situation glaciaire actuelle. C'est ainsi que le Groenland nous présente aujourd'hui la meilleure image d'un pays complètement glacié. Cette île, à moins que, la réunissant à l'archipel situé au Nord du Canada, on ne tende à la considérer comme un continent arctique, se trouve sur le trajet d'un vaste transport de glaces venant de la Sibérie et du pôle Nord. Celles-ci, grâce aux mers qui l'entourent de tous les côtés, forment autour de la grande île une ceinture complète, pendant la plus grande partie de l'année, et la recouvrent de neiges dont la chute entretient le grand manteau glaciaire que l'on a désigné du nom d'*inlandsis*. Le rôle de la circulation des glaces marines devient évident si nous comparons l'état du Groenland à celui de la Sibérie, qui ne présente pas plus de traces de la glaciation pléistocène, qu'elle ne nous offre des glaciers à notre époque.

Un travail très intéressant du Dr A. von Bunge ⁽¹⁾ nous indique que la marche des phénomènes glaciaires a été tout autre au Nord du grand continent asiatique. Les chutes de neige paraissent y avoir été beaucoup moins abondantes qu'en Europe et dans l'Amérique du Nord. Aujourd'hui encore, malgré le froid extrême de la Sibérie, la glace ne recouvre nulle part la surface du sol de façon permanente. Par contre, la gelée envahit celui-ci jusqu'à une profondeur dont la limite inférieure n'a pas encore pu être établie. Un froid intense ne suffit donc pas pour provoquer la persistance des glaces sous forme de glaciers. Il

(1) *Einige Worte zur Bodeneisfrage.* (VERH. RUSS. MINERAL. GESELLSCH., 1902, I. Lief.)

faut la circulation de courants atmosphériques humides refroidis, et se répétant assez régulièrement, surtout pendant l'été, pour entretenir la formation des glaciers. Le Dr von Bunge a observé, à l'embouchure de la Lena, la fusion de la neige et des couches de glace superficielles par les chaleurs de l'été. L'eau formant des mares peu profondes peut atteindre des températures relativement élevées, qu'il a vues monter jusque 17° C. Cette eau de fusion pénètre dans le sol gelé, qui se rétracte et se fendille, surtout aux premiers froids de l'automne. C'est alors que la production de ces fentes s'accompagne d'un bruit qui ressemble à une canonnade lointaine; de sorte que la chaleur de l'été contribue à entretenir la gelée profonde du sol, et que l'absence de neiges pendant l'été, due à une circulation atmosphérique continentale, fournit pour la Sibérie une évolution glaciaire tout autre que celle du Groenland, enterré sous un épais manteau de glace. Il en a été probablement ainsi depuis la fin du Tertiaire.

En suivant ce même ordre d'idées, il y aurait lieu de rechercher jusqu'à quel point la glaciation de la Grande-Bretagne d'abord, et ensuite celle de la péninsule scandinave et du Nord de la Russie, ont été provoquées par la formation de la mer de Norvège vers la fin du Miocène, ainsi que par l'établissement de larges communications entre celle-ci et l'océan Arctique. Cette mer, encore séparée aujourd'hui de l'océan Atlantique par un relèvement du fond qui s'étend depuis l'Islande jusqu'à l'Écosse, s'est trouvée encombrée par les montagnes de glace venues du Nord; et celles-ci ont formé, autour de l'Angleterre d'abord, et de la Norvège ensuite, une ceinture de glace analogue à celle qui entoure aujourd'hui le Groenland. Il se peut en outre que la mer Baltique ait communiqué avec la mer Blanche par l'intermédiaire du golfe de Finlande vers la fin du Tertiaire. De même la glaciation de l'Amérique du Nord peut se rattacher à des modifications tectoniques suivies de transgression marine, qui se sont produites dans les passages étroits qui séparent les îles joignant le Canada au Groenland.

Nous avons insisté sur l'importance qu'il faut attacher aux formations glaciaires marines du Permo-Carbonifère dans l'Australie et dans la Salt Range, parce qu'elles nous permettent de soupçonner le transport de glaces antarctiques vers l'équateur, sur une mer moins large que l'océan Indien actuel, et autour de laquelle la glaciation a sévi sur tous les continents qu'elle baignait. De plus, au lieu d'admettre une révolution complète du globe pour expliquer la glaciation du Gondwana et de la Salt Range, nous avons fait ressortir que le

plateau indien était baigné par la mer à la fois au Nord et au Sud. Il se trouvait ainsi soumis à un régime de vents qui, selon les saisons, lui amenaient, tantôt de l'une, tantôt de l'autre direction, les vapeurs d'eau transformées en neige. Dans ces conditions, il ne fallait pas un très grand abaissement de la température de l'atmosphère pour provoquer la glaciation d'un plateau situé à une altitude un peu plus élevée que celle d'aujourd'hui.

On a cherché à expliquer cet abaissement de la température de différentes façons.

La théorie astronomique de Croll suppose des phases glaciaires plus fréquentes et d'une durée moindre que celles des récurrences établies par les observations géologiques.

Luigi de Marchi a cru trouver l'explication des phases glaciaires dans l'augmentation de la quantité de vapeur d'eau dans l'atmosphère, qui aurait déterminé des chutes de neige plus fréquentes et plus abondantes.

Svante Arrhenius admet une variation dans la teneur de l'atmosphère en acide carbonique. Ce gaz s'opposant à l'émission vers l'extérieur des rayons de basse température provenant des couches inférieures de l'atmosphère et de la surface de la terre, la chaleur de l'atmosphère augmenterait ou diminuerait d'après l'augmentation ou la diminution de la proportion de ce gaz. Partant de cette théorie, le Prof^r Frech cherche à nous montrer que chaque période glaciaire a été précédée par des éruptions volcaniques considérables. Celles-ci auraient déterminé l'accumulation de l'acide carbonique dans l'atmosphère, et favorisé ainsi une végétation abondante, origine des dépôts de houille qui auraient précédé chaque phase glaciaire. Le Prof^r Dubois, s'inspirant des découvertes récentes de la physique, croit avoir trouvé la cause des glaciations dans l'ionisation de l'atmosphère, laquelle fournirait une infinité de centres de condensation pour l'humidité de l'atmosphère. Mais ce sont là toutes explications qui demandent elles-mêmes une explication, avant qu'elles ne puissent contribuer à la solution du problème de la récurrence des phases glaciaires.

Peut-être les géologues devront-ils se contenter encore longtemps d'hypothèses pour chercher à expliquer l'abaissement de la température de l'atmosphère aux différentes phases glaciaires. Celles qui ont recours à des modifications des conditions terrestres nous paraissent insuffisantes ; il faudra toujours, en fin de compte, recourir à l'action de l'astre central de notre système planétaire. L'étude du Soleil fait chaque jour de nouveaux progrès, et plus elle avance, plus on se rend compte de la marche cyclique des phénomènes dont l'atmosphère

solaire est le siège. D'un autre côté, ces phénomènes se déroulent sur une échelle d'espace et de temps incomparablement plus vaste que celle des phénomènes terrestres. Nous nous étions habitués à considérer comme constant le rayonnement calorifique du Soleil; les études modernes montrent que celui-ci subit des variations périodiques, et la récurrence des phases glaciaires suggère l'idée que ces périodes ont pu prendre, à certains intervalles dans les temps géologiques, une amplitude beaucoup plus considérable. C'est alors que ces oscillations se seraient traduites par les phases glaciaires. L'humanité, encore dans l'enfance, a pu résister à une de ces périodes de refroidissement de la surface du globe solaire, mais si jamais, au cours des temps à venir, elle est appelée à traverser une nouvelle phase de refroidissement aboutissant à une période glaciaire, il ne paraît pas probable que notre civilisation si avancée, mais si compliquée, puisse lui survivre.

D^r C. VAN DE WIELE.

Régions naturelles et noms de pays. — Étude sur la région parisienne, par L. GALLOIS, professeur adjoint à la Faculté des lettres de l'Université de Paris. Un volume in-8° de 336 pages et 8 planches hors texte. Librairie Armand Colin.

Il pourrait sembler que ce livre n'intéresse pas les sciences géologiques, et cependant il en est beaucoup plus rapproché qu'on ne pourrait croire.

L'ouvrage cherche à élucider une question délicate : Quand des géographes ont emprunté un nom vulgaire pour définir une région naturelle, l'ont-ils fait à bon escient? Nous ajouterons que ces géographes étaient généralement des géologues; ceux-ci ont toujours le plus grand intérêt à connaître les régions naturelles d'un pays, régions qui sont basées directement sur la géologie.

André Dumont, en divisant le condrusien quartzo-schisteux (Dévonien supérieur actuel *pro parte*) en schistes de la Famenne et psammites du Condroz, n'a-t-il pas pris deux noms de pays pour spécifier des étages stratigraphiques?

Or, si dans une aire délimitée les caractères géologiques et morphologiques du sol déterminent des régions naturelles, est-il exact qu'on puisse leur appliquer rigoureusement ces noms de pays, usités dans le langage populaire, aux limites flottantes et imprécises. « Est-il vrai,

comme on l'a dit, qu'il suffirait de recueillir avec soin les noms de pays pour retrouver du même coup les divisions rationnelles du sol, que l'instinct populaire, devançant la science, aurait depuis longtemps aperçues? »

L'auteur a donc voulu étudier ce problème, et il a trouvé rationnel de vérifier expérimentalement dans le bassin tertiaire parisien la correspondance entre les régions naturelles, si variées, grâce à l'alternance des couches de la série tertiaire de ce bassin, et le pays de ce terroir si riche en noms locaux.

Le terrain d'expérience est heureusement choisi; l'allure de plaine de toute cette région, malgré quelques traits fortement accusés, grâce aux calcaires compacts, y a rendu les communications aisées de tous temps.

Qu'une région encadrée de forêts se soit individualisée dans son isolement d'autrefois, elle aura reçu un nom; comme les forêts continues sont souvent le propre des terrasses sèches ou des terrains siliceux, il y a aussi beaucoup de chances pour que la région agricole située entre ces formations corresponde également à une assise géologique, en tous cas c'est une région naturelle; donc il y a énormément de présomptions d'accord.

De même, en pays de montagnes, les vallées s'isolent d'une vie particulière et forment de petites régions fermées; là le trait hypsométrique l'emporte sur tous les autres; le problème est résolu d'avance.

Mais en région ouverte? L'historique, très étudié par l'auteur, de la naissance de l'idée de région naturelle, montre que c'est une conception de géologue, qui a eu quelque peine à se dégager.

Quant aux noms de pays, ils répondent à un besoin naturel et prennent naissance dans le langage populaire, pour suppléer aux divisions administratives.

Nous ne suivrons pas l'auteur dans son enquête sur les divers noms de pays de la région parisienne; elle montre une diversité extraordinaire d'origine, la plus grande variété dans la précision des limites et aussi, ce qui est bien morfondant, que beaucoup de noms dits de pays sont totalement ignorés des habitants!

Bien souvent aussi, les géologues-géographes ont dénaturé un nom de pays pour l'appliquer à une région définie géologiquement.

Ainsi Belgrand a défini Champagne humide la zone des affleurements de marnes et sables glauconieux du Crétacé inférieur du bassin parisien; or, le nom de Champagne évoque la plaine crayeuse, assoiffée et déserte; donc la définition est malheureuse; de plus, cette zone

couverte de forêts marécageuses est interrompue deux fois par les placages limoneux, quaternaires et agricoles des plaines de Troyes et de Saint-Dizier; elle ne constitue donc pas un pays unique.

La plus grande prudence s'impose, par conséquent, dans l'emploi des noms de pays pour définir des régions naturelles. Beaucoup d'assimilations un peu hâtives ont besoin de revisions; quant aux régions distinguées par les géologues, mieux vaut créer une appellation nouvelle que de déformer le nom d'origine historique ou populaire.

L. G.

