

SÉANCE MENSUELLE DU 20 OCTOBRE 1903.

Présidence de M. X. Stainier, Président.

La séance est ouverte à 8 h. 35.

En ouvrant la séance, M. le *Président* annonce à l'assemblée le décès de :

M. MUNIER-CHALMAS, professeur de géologie à la Sorbonne, Faculté des sciences de l'Université de Paris, membre associé étranger de la Société ;

M. DOTREMONT, Victor, sondeur, à Hougaerde ;

M. HEYMANS, Léon, géomètre juré, conducteur de travaux, à Rebecq ;

M. VAN SCHERPENZEEL-THIM, Jules, ingénieur en chef, directeur général des mines, à Liège ; membres effectifs de la Société. (*Condoléances.*)

M. le *Président* fait part ensuite de la nomination de M. A. Lancaster, directeur du Service météorologique à l'Observatoire, en qualité de *membre du Comité météorologique international*. Ce Comité, qui est la représentation officielle de la météorologie dans le monde et qui se réunit tous les deux ou trois ans et jamais dans la même ville, ne comprend que quatorze membres. (*Applaudissements.*)

De son côté, M. le *Secrétaire général* a le plaisir de signaler à ses collègues la nomination de M. Stainier, président, en qualité de professeur de géologie à l'Université de Gand, et celle de M. J. Cornet, vice-président, comme professeur de géographie physique au même établissement. (*Vifs applaudissements.*)

M. le *Président* remercie ses confrères des marques de sympathie qui lui sont témoignées à l'occasion de sa nomination, due aussi, ajoute-t-il, à sa qualité de président de la Société belge de Géologie, et il les assure de son entier dévouement. (*Nouveaux applaudissements.*)

M. le *Secrétaire général* dépose sur le bureau le fascicule III-IV, tome XVII, 1905, du *Bulletin*.

A ce propos, M. le capitaine *Mathieu* fait remarquer, au sujet du procès-verbal de la séance du 28 juillet 1903, que, d'après des renseignements qu'il a reçus après cette date et, contrairement à ce qu'il a dit, le cahier des charges relatif au puits artésien de la nouvelle École militaire laissait au commandant du génie une certaine latitude au sujet de la profondeur finale à donner à ce puits. En conséquence, il faut considérer comme non avenus les motifs donnés par l'auteur de la communication pour justifier la décision prise en ce qui concerne la continuation du puits; les motifs réels de cette décision seront donnés dans la note définitive décrivant le puits.

M. *Van Bogaert* fait remarquer que dans la discussion de la partie hydraulique de la note présentée à l'Académie des sciences par MM. *Fournier* et *Magnin*, sur l'écoulement des eaux dans les canaux souterrains (note dont il est question aux pages 242 et suivantes du tome XVII de 1905), il existe un malentendu sur la question de la vitesse moyenne de l'eau dans une conduite chargée de section variable. Conformément à ce qui se fait en hydraulique, MM. *Fournier* et *Magnin* appellent vitesse moyenne (p. 445) la vitesse moyenne de la section d'écoulement. Cette section restant constante, ainsi que la charge, il est incontestable que la vitesse moyenne, ainsi définie, augmente si on remplace dans cette conduite une notable portion de la longueur par une conduite de section plus considérable. Cependant, cette vitesse moyenne d'écoulement ne croît pas autant qu'on pourrait se l'imaginer.

Ainsi, pour fixer les idées et pour pouvoir appliquer les calculs, nous pouvons déterminer quelle est l'augmentation de la vitesse moyenne d'écoulement produite par le remplacement, dans une conduite de diamètre d et de longueur l , d'une moitié de cette longueur par une autre conduite de diamètre $2d$ et de longueur $\frac{1}{2}l$, les longueurs totales des conduites et les sections d'écoulement restant les mêmes dans les deux cas; on suppose d'ailleurs que la conduite soit assez longue pour pouvoir négliger les pertes de charge, assez faibles d'ailleurs, provenant des changements de la vitesse moyenne de l'eau dans la conduite de diamètre variable.

Tous calculs faits (et l'expérience confirme ces calculs) on trouve que la conduite avec portion dilatée a une vitesse moyenne d'écoulement (ou un débit) 1.4 fois plus grande que la conduite de section uniforme.

Si on augmente le diamètre beaucoup au delà de $2d$ (pour la portion

dilatée) et même indéfiniment, la vitesse moyenne d'écoulement n'augmente que faiblement et tend vers $\sqrt{2}$ fois la vitesse moyenne d'écoulement de la conduite de diamètre constant d .

Cependant, si on calcule quel est le temps que met une molécule d'eau animée de la vitesse moyenne de chaque section pour arriver de la section d'entrée de la conduite à la section de sortie, on trouve que ce temps est 3 fois plus considérable pour la conduite à portion dilatée ($2d$ sur $1/2 l$) que pour celle à diamètre constant d . La *vitesse moyenne de cheminement* de cette molécule depuis l'origine de la conduite jusqu'à la section d'écoulement est donc 3 fois moindre dans la conduite à portion dilatée que dans la conduite à diamètre constant, quoique, ainsi que nous l'avons vu précédemment, la *vitesse moyenne d'écoulement* soit 1.4 fois plus grande dans la première que dans la deuxième.

Correspondance :

M. Louis Chartier, secrétaire de la Société d'Études scientifiques, 5, rue de la Préfecture, à Carcassonne (Aude), fait connaître certaines difficultés qu'il éprouve dans la détermination des fossiles de l'Aude. Il désirerait se mettre en relation avec des paléontologues pouvant l'aider et faire des échanges. (Signalé à ceux des membres que la chose peut intéresser.)

M. Buttgenbach, en exploration au Congo, annonce son retour pour le mois de mai 1904 et compte rapporter de nombreux documents et échantillons minéralogiques de haute valeur.

M. D.-P. Oehlert fait connaître la décision prise au Congrès géologique international de Vienne, 1903, au sujet de *Paleontologia Universalis*; la proposition d'abonnements partiels n'a pu être acceptée dans les conditions actuelles d'organisation de l'œuvre.

M. le Secrétaire général donne lecture de la lettre adressée par le Bureau à M. Isaac-Isaac, directeur du charbonnage de l'Agrappe, pour solliciter son intervention dans la dépense que nécessitera l'entretien matériel des appareils de la station géophysique de Frameries, dont l'installation vient d'être terminée.

La Société géologique du Luxembourg fait connaître qu'elle se rallie à notre avis de remettre à deux ans l'excursion projetée dans le Grand-Duché.

M. le *baron O. van Ertborn* communique à la Société la lettre qu'il a reçue du greffier de la province d'Anvers, annonçant qu'en séance du 24 juillet, le Conseil provincial a voté un subside de 500 francs, payable en 1904, en faveur de la Société belge de Géologie. Le Bureau adresse ses plus sincères remerciements à M. le *baron van Ertborn*, dont les démarches ont surtout contribué au succès de la demande de la Société, et lui exprime sa reconnaissance pour son dévouement aux intérêts de celle-ci.

M. *Bernus* communique à la Société quelques renseignements au sujet d'un puits filtrant creusé à Courtrai par MM. Detroy frères, à Cureghem-Bruxelles. (*Remerciements.*)

M. *Marboutin*, en réponse à M. *Kemna* au sujet de l'appareil destiné à déceler la fluorescéine, fait observer que l'appareil imaginé par Becquerel est un phosphoroscope et non un fluoroscope, nom générique qu'il y a bien lieu de donner à tous les appareils destinés à observer le phénomène de fluorescence.

M. le *Ministre de l'Intérieur*, en réponse à une requête de la Société, fait connaître que le crédit affecté aux encouragements aux sciences ne permet pas la liquidation, en notre faveur, du subside ordinaire de 4,000 francs, malgré la fourniture qui a été faite réglementairement de quinze exemplaires du tome XVI du *Bulletin*.

La *ville d'Anvers* porte à la connaissance de la Société qu'en séance du 18 mai dernier, le Conseil communal a décidé d'allouer à la Société un subside annuel de 500 francs à titre d'intervention dans les frais d'études du bassin houiller de la Campine. (*Remerciements.*)

Le *Gouvernement provincial du Limbourg* fait connaître que, vu l'exiguïté des ressources de la province, le Conseil provincial n'a pu réserver un accueil favorable à notre demande de subside.

Le *Comité du VIII^e Congrès international de Géographie* qui se tiendra à Washington en septembre 1904, invite les sociétés que la chose concerne à participer au Congrès par la nomination de délégués.

Le *Concilium Bibliographicum*, de Zurich, fait parvenir son Rapport sur les travaux de l'année 1903.

La Commission de la *Paleontologia Universalis* envoie son Rapport sur les travaux de la Commission au Congrès géologique international de Vienne de 1905.

M. le capitaine *Mathieu* donne quelques renseignements au sujet de la roche cristalline de Grand-Coo, déposée sur le bureau, à la séance du 14 juillet dernier, par M. G. Cumont. Cette roche, très siliceuse (62 % SiO_2), constitue un banc compact, de direction sensiblement Est-Ouest, intercalé en stratification concordante verticale au milieu des quartzophyllades et phyllades reviniens, et affleurant, sur une épaisseur de 2^m,50 environ, dans le talus du chemin allant de la Cascade de Coo à Grand-Coo, en regard du gué de l'Amblève qui conduit au bois de Lahister. La roche montre un alignement des éléments parallèle à la stratification des quartzophyllades; la partie Nord, d'une couleur gris verdâtre, contient épars des cristaux blanc jaunâtre qui sont sans doute des feldspaths altérés; vers le Sud, la roche devient plus compacte et quartzitoïde, et l'on remarque de nombreux cristaux brillants de pyrite; enfin, la roche est séparée des roches encaissantes par deux salbandes de 5 centimètres environ de roche jaunâtre feuilletée.

M. Mathieu pense, jusque maintenant, qu'on se trouve en présence d'une porphyroïde de roche éruptive, ayant subi fortement les actions métamorphiques. Mais ce diagnostic n'a rien de définitif, car l'étude microscopique est loin d'être achevée. Quoi qu'il en soit, la roche, remarquable par sa dureté (entre 6 et 7), pourrait expliquer, par sa présence, le gué du bois de Lahister ainsi que la formation de la boucle de l'Amblève, qui aurait peut-être rencontré cette couche à l'endroit actuel de la cascade et aurait dû rebrousser chemin. Cette hypothèse mérite confirmation, et M. le capitaine Mathieu compte élucider prochainement le problème.

M. *Stainier* présente des échantillons de sphéroïdes provenant des roches éruptives de Nivelles, recueillis par M. G. Cumont, ainsi qu'un fragment de *palmier fossile* du genre *Nipa*, appartenant à M. *Vanderkelen-Dufour*, trouvé à la surface des sables bruxelliens entre Rixensart et Bierges.

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

4188. **Cornet, J.**, *Les eaux salées du terrain houiller*. Liège, 1903. Extrait in-8° de 32 pages.
4189. **Faidiga, Ad.**, *Mitteilungen der Erdbeben-Commission der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien. Neue Folge. N° XVII : Das Erdbeben von Sinj am 2. Juli 1898*. Vienne, 1903. Extrait in-8° de 162 pages, 3 planches et 14 figures.
4190. **Herz, O.**, *Berichte des Leiters von der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zur Ausgrabung eines Mammuthkadavers an die Kolyma-Beresowka ausgesandten Expedition Otto Herz*. Saint-Pétersbourg, 1902. Volume in-4° de 38 pages, 10 planches.
4191. **Lönborg, Sven**, *Sveriges Karta tiden till Omkring 1850*. Upsala, 1903. Volume grand in-8° de 242 pages.
4192. **Ferrero, E.**, *Osservazioni meteorologiche fatte nell'anno 1902 all'Osservatorio della R. Università di Torino*. Turin, 1903. Extrait in-8° de 53 pages.
4193. ... *Explorations géologiques dans les régions aurifères de la Sibérie. Région aurifère d'Iénisséi*. Livraison III. Saint-Pétersbourg, 1902. Brochure in-8° de 31 pages et 1 carte.
4194. ... *Explorations géologiques dans les régions aurifères de la Sibérie. Région aurifère de l'Amour*. Livraison III. Saint-Pétersbourg, 1902. Volume in-8° de 171 pages et 2 cartes.
4195. **Martel, E.-A.**, *Sur l'application de la fluorescéine à l'hydrologie souterraine*. Paris, 1903. Extrait in-4° de 3 pages.
4196. **Dollot, A.**, et **Ramond, G.**, *Nouvelle voie ferrée d'Issy à Viroflay (section de la ligne des « Invalides à Versailles »)*. Paris, 1903. Extrait in-8° de 2 pages.
4197. **Ramond, G.**, *Notes de géologie parisienne : II. Le chemin de fer d'Issy à Viroflay (R. G.)*. Paris, 1903. Extrait in-8° de 8 pages et 1 planche.
4198. ... *Congrès international d'Hygiène et de Démographie. Bruxelles, 2 au 8 septembre 1903*. Collection du JOURNAL DU CONGRÈS comprenant 7 numéros in-4°, contenant le compte rendu sommaire du Congrès.
4199. **De Foere, Léon**, *Compte rendu du Congrès archéologique et historique tenu à Bruges, du 10 au 14 août 1902, sous la direction de la Société d'Émulation*. Bruges, 1903. Volume in-8° de 516 pages et 17 figures. (Don de M. A. Rutot.)

4200. Félix, Jules, *Contribution à la thérapie des eaux minérales naturelles*. Paris, 1903. Extrait in-8° de 26 pages.
4201. Knett, J., *Mitteilungen der Erdbeben-Kommission der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien. Neue Folge. N° XVIII : Das Erdbeben am Böhmischem Pfahl, 26. November 1902*. Vienne, 1903. Extrait in-8° de 22 pages et 2 planches.
4202. von Richthofen, Ferdinand, *Geomorphologische Studien aus Ostasien. IV : Ueber Gebirgskettungen in Ostasien, mit Ausschluss von Japan. V : Gebirgskettungen im japanischen Bogen*. Berlin, 1903. Extraits in-8° de 52 pages et 1 carte.
4203. Rutot, A., *Les « cailloux » de M. Thieullen*. Bruxelles, 1903. Extrait in-8° de 33 pages et 8 figures.
4204. Van den Broeck, E., *XI^e Congrès international d'Hygiène et de Démographie, tenu à Bruxelles du 2 au 8 septembre 1903. Troisième question proposée aux délibérations de la troisième section : Établir, au point de vue des exigences de l'Hygiène, les conditions que doivent remplir les eaux issues des terrains calcaires. Synthèse et conclusions du rapport de M. E. Van den Broeck, délégué pour la Belgique*. Bruxelles, 1903. Extrait in-8° de 4 pages. (2 exemplaires.)

2° Extraits des publications de la Société :

4205. Bradfer, Rob., *Le tuf humique ou Ortstein*. Mémoires de 1903, 29 pages. (2 exemplaires.)
4206. Cornet, J., *Documents sur l'extension souterraine du Maestrichtien et du Montien dans la vallée de la Haine. (Deuxième note.) Procès-verbaux de 1903, 5 pages. (2 exemplaires.)*
4207. Cuvelier, E., et Dubuisson, L., *Note préliminaire concernant le puits artésien de la nouvelle École militaire*. Procès-verbaux de 1903, 4 pages. (2 exemplaires.)
4208. Dienert, F., *Quelques remarques sur les expériences faites avec la fluorescéine et le sel marin*. Procès-verbaux de 1903, 6 pages. (2 exemplaires.)
4209. Harzé, E., *Considérations géométriques et autres sur le bassin houiller du Nord de la Belgique*. Procès-verbaux de 1903, 7 pages. (2 exemplaires.)
4210. Kemna, Ad., *Le Congrès des ingénieurs de gaz et d'eau allemands à Zurich (23 au 26 juin 1903)*. Procès-verbaux de 1903. (2 exemplaires.)

4211. Ad. Kemna, *Les eaux de Paris. Travaux de la Commission de l'Observatoire de Montsouris pour l'année 1902*. Bulletin bibliographique de 1903, 15 pages. (2 exemplaires.)
4212. de Lapparent, A., *Importantes découvertes paléontologiques dans le Soudan français*. Procès-verbaux de 1903, 6 pages. (2 exemplaires.)
4213. Le Couppey de la Forest, Max., *Considérations sur le mode de propagation de la fluorescéine sous terre*. Procès-verbaux de 1903, 13 pages. (2 exemplaires.)
4214. Lorié, J., *Contributions à la géologie des Pays-Bas. Fascicule X : Sondages en Zélande et en Brabant*. Mémoires de 1903, 57 pages. (2 exemplaires.)
4215. Martel, E.-A., *Sur l'emploi de la fluorescéine en hydrologie. Note complémentaire sur la vitesse et les retards de la fluorescéine*. Procès-verbaux de 1903, 12 et 6 pages. (2 exemplaires.)
4216. Murlon, M., « *Bibliographia geologica* ». *Avancement de l'œuvre et referendum au sujet du mode de publication*. Procès-verbaux de 1903. 3 pages (2 exemplaires).
4217. Putzeys, E., *Les sources vauclusiennes et les zones de protection*. Procès-verbaux de 1903. 16 pages (2 exemplaires).
4218. Rutot, A., *Quelques découvertes paléontologiques nouvelles : I. Découverte d'une molaire d' « Elephas antiquus » dans les travaux maritimes de Bruxelles, à Laeken ; II. Découverte d'une tortue du genre « Trionyx » dans le Landenien supérieur du Hainaut ; III. Découvertes d'ossements aux carrières de Quenast*. Procès-verbaux de 1903, 10 pages. (2 exemplaires.)
4219. Rutot, A., *L'état actuel de la question de l'antiquité de l'homme*. Procès-verbaux de 1903, 14 pages. (2 exemplaires.)
4220. Schardt, H., *Notes concernant la vitesse de propagation de la fluorescéine dans les eaux souterraines, à propos de la note de MM. Fournier et Magnin et de la notice de M. Le Couppey de la Forest*. Procès-verbaux de 1903, 8 pages. (2 exemplaires.)
4221. Simoens, G., *Quelques réflexions sur l'allure du Primaire du bassin houiller campinois*. Procès-verbaux de 1903, 6 pages. (2 exemplaires.)
4222. Simoens, G., *A propos des roches rouges du bassin houiller de la Campine*. Procès-verbaux de 1903, 6 pages. (2 exemplaires.)
4223. Stainier, X., *Age des roches rouges du Limbourg belge*. Procès-verbaux de 1903, 5 pages. (2 exemplaires.)

4224. **Stainier, X.**, *Sur les anciennes recherches de terrain houiller à Menin.* Procès-verbaux de 1903, 5 pages. (2 exemplaires.)
4225. **Trillat, A.**, *Essai sur l'emploi des matières colorantes pour la recherche des eaux d'infiltration.* Procès-verbaux de 1903, 8 pages. (2 exemplaires.)
4226. **Fournier, E.**, *Un exemple des phénomènes spéciaux offerts par la circulation souterraine des eaux dans les fissures et cavités des massifs calcaires. Études de M. le professeur Fournier dans la région de la source d'Arcier. (Analyse par M. E. Van den Broeck.)* Procès-verbaux de 1903, 8 pages. (2 exemplaires.)
4227. **Van den Broeck, E.**, *L'indépendance de sources d'origines et de températures différentes infirmée par la fluorescéine. Analyse d'une étude de M. le professeur Schardt consacrée aux sources vauchusiennes du Mont-de-Chamblon et conséquences pratiques à tirer de ces observations.* Procès-verbaux de 1903, 6 pages. (2 exemplaires.)
4228. **Van den Broeck, E.**, *I. Analyse d'une note de MM. E. Fournier et A. Magnin sur la vitesse d'écoulement des eaux souterraines; II. Note rétablissant les conditions réelles des expériences de la Noiraigue.* Procès-verbaux de 1903, 16 pages. (2 exemplaires.)
4229. **Van den Broeck, E.**, et **Rahir, E.**, *Exhibition d'un tholomètre, nouvel appareil pratique destiné à mesurer le degré de transparence des eaux.* Procès-verbaux de 1903, 4 pages. (2 exemplaires.)
4230. **Van den Broeck, E.**, et **Rahir, E.**, *Expérience au sujet du mode de propagation de la fluorescéine. Précautions à prendre pour constater la première apparition et la disparition de la matière colorante.* Procès-verbaux de 1903, 6 pages. (2 exemplaires.)
4231. **van Ertborn, O.**, *Sondages houillers en Campine.* Procès-verbaux de 1903, 8 pages. (2 exemplaires.)
4232. **van Ertborn, O.**, *La distribution d'eau de Vilvorde.* Procès-verbaux de 1903, 5 pages. (2 exemplaires.)
4233. **van Ertborn, O.**, *A propos de la carte géologique de la province d'Anvers et de la partie du Limbourg située au Nord du Démer.* Mémoires de 1903, 6 pages et 1 carte.
4234. **Marboutin, Félix**, *Essai sur la propagation des eaux souterraines.* Procès-verbaux de 1903, 19 pages.
4235. **de Lapparent, A.**, *Le progrès des études sismologiques et rapport présenté à l'Académie des sciences de Paris, à la séance du 3 juillet 1903, au sujet d'un projet d'organisation d'un service sismologique en France.* Traductions et reproductions de 1903, 21 pages.

3° Périodiques nouveaux :

4236. NANCY. *Bulletin de la Société de Géographie de l'Est*. 1879 à 1902 ; 1903, 1^{er} fascicule.
4237. PARIS. *La Revue technique*, 24^e année : 1903, n^{os} 1 à 17.
4238. PARIS. *Bulletin de la Société d'Anthropologie*, 1890 à 1902.
4239. LAVAL. *Palaeontologia Universalis*, fascicule I (13 planches).
4240. FRIBOURG. *Mémoires de la Société fribourgeoise des Sciences naturelles*. I, 1900, et II, 1901-1902.
4241. LIÈGE. *Liège-Exposition. Journal de l'Exposition*, 7^e année, 1903, n^{os} 1 à 30.

Présentation et élection de nouveaux membres :

Sont présentés et élus par le vote unanime de l'Assemblée :

En qualité de membres effectifs :

BESANÇON (la ville de); délégué : M. *Jeannot*, ingénieur-directeur des eaux de la ville, hôtel de ville, à Besançon.

MM. BRYEN, L., ingénieur à l'Administration des Mines, 10, boulevard Léopold, à Namur.

CAMBIER, R., ingénieur aux Charbonnages réunis de Charleroi, 6, rue du Laboratoire, à Charleroi.

DIENERT, Frédéric-Vincent, docteur ès-sciences, chef du service local de surveillance des sources de la ville de Paris, 8, place de la Mairie, à Saint-Mandé (Seine).

DUYK, chimiste au Ministère des Finances, avenue de Solbosch, à Bruxelles.

KONTKOWSKI (de), Eugène, colonel du génie, ingénieur en chef des phares de la mer Baltique et du port de Reval, 56, Fontanza, à Saint-Pétersbourg.

TRULMANS, Henry, ingénieur-inspecteur du service des eaux de la ville, 12, rue d'Arenberg, à Bruxelles.

En qualité de membre associé regnicole :

M. VOITURON, le D^r E.-J., inspecteur au Ministère de l'Agriculture, 54, rue de la Couronne, à Bruxelles.

Communications :

Suite de la discussion sur l'emploi de la fluorescéine et sur la circulation des eaux souterraines.

E. VAN DEN BROECK et E. RAHIR. — **Expériences sur la densité de la fluorescéine dissoute dans l'eau et sur la vitesse de propagation de cette matière colorante.**

Densité de la fluorescéine dissoute dans l'eau.

L'appareil (fig. 1) que nous avons utilisé pour étudier cette question consiste en un flacon *A*, à deux tubulures, rempli d'eau, de même que le tube *B*, qui débouche dans le flacon par la tubulure inférieure, à environ 2 centimètres du fond du récipient. Le tout est laissé au repos pendant une bonne heure, afin que la masse liquide soit aussi immobile que possible.

Par l'extrémité du tube *B*, on laisse tomber alors trois ou quatre gouttes d'une solution *très concentrée* de fluorescéine (1). Cette grande concentration permet à la matière colorante de descendre peu à peu dans le tube, mais avec une extrême lenteur; c'est ainsi qu'il nous a été donné de constater que la fluorescéine mettait plus de trente minutes pour atteindre la partie inférieure du tube (en *B'*), soit une descente de 20 centimètres environ.

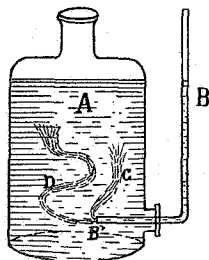


FIG. 1.

Le filet de solution colorée s'échappe alors dans le flacon avec une lenteur telle qu'elle n'est guère appréciable à l'œil. Suivant les différences de température entre l'air ambiant où se trouve l'appareil et le contenu de ce dernier, le filet de fluorescéine prend une direction variable (voir *C* et *D* de la figure).

La direction *D* se constate quand la température est sensiblement en équilibre entre l'air ambiant et l'eau du flacon; la matière colo-

(1) Les quelques gouttes d'ammoniaque ajoutées à la fluorescéine dissoute dans 50 centimètres cubes d'eau n'ont guère pu influencer la densité du liquide et encore moins trois ou quatre gouttes de cette solution colorée n'ont pu modifier la densité du contenu (1 litre) de l'appareil, surtout après une exposition de six semaines à l'air libre (durée de l'expérience).

rante trace alors une spirale ascendante, très fortement repliée sur elle-même.

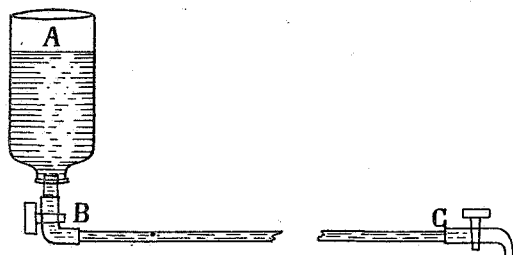
La direction *C* se remarque quand les courants dus à l'échauffement de la masse liquide se manifestent le plus dans le récipient. Ces spirales ou ces tracés plus ou moins rectilignes paraissent être d'une immobilité absolue — en réalité le mouvement ascensionnel existe, mais il est d'une extraordinaire lenteur. La diffusion de la matière colorante est de plus en plus forte à mesure qu'elle s'éloigne de l'extrémité du tube *B'*.

L'un de nous a observé journellement l'appareil pendant plus de six semaines et *jamaïs* il n'a vu la fluorescéine tomber au fond du flacon, ni même s'étaler dans sa partie inférieure. Le récipient *A* a toujours été uniformément coloré en vert (par diffusion), et au sein de la masse liquide très légèrement teintée se remarquait le filet plus coloré provenant du tube *B*. En plaçant l'appareil dans un endroit vivement éclairé par le soleil et en ayant soin d'abriter de la lumière le tube *B*, le flacon *A* reste incolore — la fluorescéine très diluée étant très rapidement décolorée par les rayons solaires — et l'on remarque alors, plus nettement encore, le filet coloré dans le récipient.

Cette expérience démontre d'une façon convaincante, nous semble-t-il, que l'on peut considérer comme pratiquement nulle la variation de densité que la fluorescéine communique à l'eau dans laquelle elle entre en dissolution; ou, du moins, qu'il ne faut pas en tenir compte dans les expériences de coloration des eaux souterraines.

Vitesse de propagation de la fluorescéine dans l'eau.

L'appareil (fig. 2) dont nous nous sommes servi pour étudier la vitesse de propagation de la fluorescéine en solution dans l'eau consiste en un tube de verre d'une longueur de 8 mètres, placé horizontalement,



(Longueur du tube : 8 mètres.)

FIG. 2.

avec une pente très faible. Ce tube, relié à un réservoir *A* d'une capacité au moins égale à celle du tube (voir figure), dont la contenance était de 715 centimètres cubes, est muni à ses deux extrémités de robinets *B* et *C*. Le tube étant rempli d'eau pure, on ferme les robinets *B*, *C*, puis on introduit dans le réservoir *A* une solution de fluorescéine, à raison de 1 à 2 grammes par litre d'eau. On ouvre alors entièrement le robinet *B* et un peu seulement (mais en même temps que le premier) le robinet *C*, de manière que la capacité du tube, autrement dit le volume des 715 centimètres cubes, ne puisse s'écouler à l'extérieur en moins de quatre à cinq minutes, c'est-à-dire avec grande lenteur.

La solution de fluorescéine s'avancant alors en pointe effilée dans l'axe du tube rempli d'eau incolore, c'est-à-dire dans la portion la plus rapide du courant, a atteint (les premières traces visibles à l'œil) l'extrémité du tube (en *C*) après un écoulement de 455 centimètres cubes. Cela correspond à un peu plus des $\frac{6}{10}$ de la capacité du tube.

Pour éliminer la fluorescéine du tube, il a fallu ensuite introduire 5 litres d'eau pure dans le réservoir *A*, soit six fois la capacité du tube, ou onze fois le volume d'eau nécessaire pour amener la fluorescéine de *B* à *C*. (Exemple démonstratif du retard de la queue colorée.) L'eau incolore à l'œil suivait l'axe du tube.

La même expérience a été faite en remplaçant dans le réservoir la solution de fluorescéine par de l'eau amidonnée. Les premières traces d'amidon ont atteint l'extrémité du tube (en *C*) après un écoulement de 595 centimètres cubes, c'est-à-dire avec une vitesse d'environ un quart moins grande que celle de la solution de fluorescéine. En raison de sa densité, l'eau amidonnée se maintenait dans la partie inférieure du tube. Cette propagation est ici précisément intermédiaire entre celle de la plus grande vitesse des molécules d'eau colorées par la fluorescéine et celle de la plus lente évacuation des dernières molécules liquides correspondant à la capacité du tube.

La fluorescéine est arrivée après un écoulement de 455 centimètres cubes et l'amidon après un écoulement de 595 centimètres cubes, le volume d'eau contenu dans le tube étant de 715 centimètres cubes.

Dans une troisième expérience, l'amidon et la fluorescéine étant mélangés dans le réservoir *A*, la fluorescéine s'est immédiatement et nettement séparée de l'amidon et a atteint l'extrémité du tube (en *C*) après un écoulement de 460 centimètres cubes, c'est-à-dire comme si elle était seule.

Pour terminer, il nous reste à signaler très sommairement deux expériences de coloration que nous avons eu l'occasion de faire près de Remouchamps, dans deux chaudières naturelles creusées dans le rocher.

L'une de ces chaudières, ou marmites (fig. 3), a la forme d'une cuvette régulière, dont la profondeur ne dépasse pas 50 à 60 centimètres et qui est large d'environ 2 mètres.

Un ruisseau y arrive assez rapidement par un plan incliné, auquel succède, dans la même direction et suivant la même inclinaison, la paroi du fond d'amont de la cuvette.

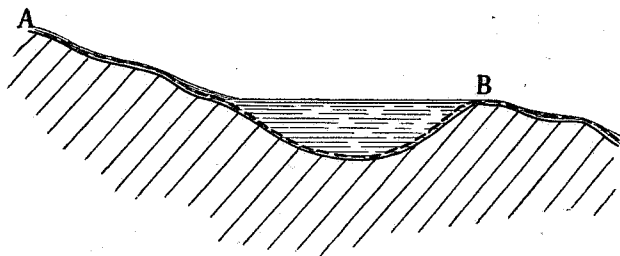


FIG. 3.

Une solution concentrée de fluorescéine versée en amont (en A) a tout d'abord suivi exactement la paroi inférieure de la cuvette, ainsi que le montre la figure ci-dessus. C'est seulement après qu'une partie de la matière colorante en était sortie (en B) que celle-ci s'est ensuite peu à peu mélangée à toute la masse d'eau de la chaudière.

L'autre chaudière (fig. 4), dite « le Bain de Diane », large de 4 à

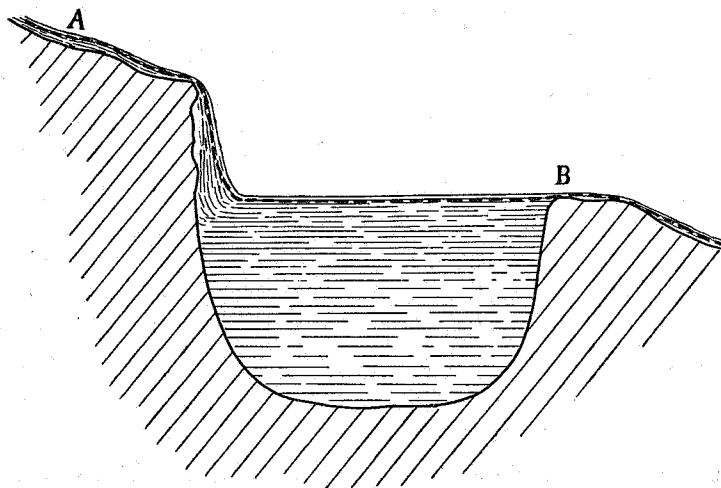


FIG. 4.

5 mètres et profonde de 2^m,50, a très sensiblement la forme hémisphérique; elle est alimentée par un ruisseau plus notable que le précédent, qui y tombe en cascade, de 1 mètre environ de hauteur.

Ici, la matière colorante versée dans le ruisseau (en A) s'est d'abord répandue à la surface de la masse liquide de la cuvette et, marchant en éventail, a gagné assez rapidement le point B, pour se déverser alors à l'extérieur. La masse d'eau de la chaudière, dont le fond est ici très abaissé, n'a nullement, dans ces profondeurs, la rapide vitesse de translation de la surface, et peu à peu elle s'est colorée uniformément.

Comme conclusion à ces expériences, nous croyons pouvoir dire :

1° Qu'on peut considérer comme pratiquement nulle la variation de densité que la fluorescéine communique à l'eau dans laquelle elle entre en dissolution.

2° Que la fluorescéine sert à nous montrer la plus grande vitesse des courants et à étudier ces courants, ainsi que leur répartition.

M. le capitaine *Mathieu* demandant si M. *Martel* n'a pas montré que la fluorescéine allait au fond des ruisseaux expérimentés. M. *Van den Broeck* observe que M. *Martel* n'a pas fait de solution, mais a simplement expérimenté avec de la fluorescéine en poudre, laquelle s'agglomère partiellement en grains, que leur poids fait alors naturellement couler au fond et tapisser les parois inférieures du cours d'eau.

M. *Rutot*, d'autre part, pose la question de savoir si c'est bien la fluorescéine qui convient le mieux pour faire de telles expériences et si un autre colorant ne répondrait pas mieux au but à atteindre.

M. *Van den Broeck* fait remarquer à ce sujet qu'avec la fluorescéine on a toujours pu, non seulement constater mieux qu'avec aucune autre substance la vitesse de l'eau la plus grande, mais encore qu'elle seule permet d'obtenir le phénomène de *dichroïsme*, qui, beaucoup plus que la coloration, est l'objectif dont le fluorescope s'efforce de déceler la présence.

L'existence de ce dernier phénomène est une preuve bien plus décisive de la présence, même à très petite dose, de la fluorescéine que l'apparition d'une coloration verdâtre, qui peut être due à d'autres causes, purement accidentelles.

M. *Stainier* observe enfin qu'avec l'emploi d'une autre substance, le résultat purement colorant serait le même, les mêmes phénomènes, sauf le dichroïsme, se produisant. Lorsqu'on se trouve en présence de substances de densités différentes, le mélange se fait avec une grande lenteur.

Restant dans le même cadre d'études, la parole est donnée à M. J. Du Fief, pour sa communication intitulée :

Action de l'acide carbonique, du limon, du calcaire et de la lumière sur la fluorescéine, par J. DU FIEF.

Les quelques expériences dont l'exposé va suivre ont été entreprises à la suite du désir qu'avait exprimé notre secrétaire, M. Van den Broeck, de voir continuer plus minutieusement l'étude des causes de destruction de la fluorescéine, notamment celle de l'action qu'exerce sur celle-ci l'acide carbonique.

J'ai examiné successivement comment la fluorescéine se comporte en présence de la lumière, au contact du calcaire de Givet, dans lequel on trouve le plus souvent les rivières souterraines, ainsi qu'au contact du limon que ces dernières déposent toujours dans les cavernes et enfin sous l'influence de l'acide carbonique.

Pour l'étude de l'action exercée par la lumière, j'ai préparé trois solutions de fluorescéine à des titres différents : l'une au 1 000 000^e, la seconde au 10 000 000^e et la troisième au 100 000 000^e; les deux premières sont fortement colorées, tandis que la troisième ne l'est que d'une façon très peu sensible examinée dans un ballon en verre de 1 litre; mais sa teinte est bien nette vue au fluorescope.

C'est le fluorescope Trillat-Marboutin qui a servi pour toutes les déterminations qui vont suivre.

Ces différentes solutions, ainsi que celles qui ont servi pour toutes les autres expériences, ont été préparées avec de l'eau privée d'acide carbonique par ébullition prolongée et refroidie à l'abri du contact de l'air.

En même temps que les trois solutions précédentes étaient exposées à la lumière solaire, une partie en était conservée dans l'obscurité complète pour servir de témoin. Ces solutions étaient contenues dans les tubes de verre du fluorescope, complètement remplis et bouchés, de sorte que dans ces conditions l'acide carbonique de l'air ne peut être accusé d'avoir contribué à la destruction de la fluorescéine.

Un premier examen au fluorescope a eu lieu après deux heures d'exposition au soleil.

Dans la solution la plus forte (1 000 000^e), la différence est peu sensible à cause de l'intensité de la teinte, tandis que la solution au 10 000 000^e a passé du vert-jaune très vif au vert-gris que présentent les solutions faibles de fluorescéine.

Enfin, la teinte la plus faible (100 000 000^e) a très fortement diminué d'intensité. Cette dernière, examinée après trois heures, n'est plus que difficilement appréciable par comparaison avec la solution conservée dans l'obscurité, et au bout de quatre à cinq heures la décoloration a été absolue.

Les deux autres ont continué à s'affaiblir graduellement, mais les heures de soleil ont été trop rares pour pouvoir déterminer exactement le temps nécessaire à la décoloration complète.

La disparition de la fluorescéine dans des solutions concentrées offre du reste moins d'intérêt, car dans la pratique des recherches sur le terrain, c'est le plus souvent des solutions très diluées que l'on doit examiner.

Cette expérience a été faite au mois d'octobre, alors que la lumière solaire n'est plus très vive; il n'est pas douteux qu'en été l'action exercée par la lumière serait encore bien plus manifeste, à cause de sa plus grande intensité en cette saison.

Cette influence de la lumière montre toute l'importance qu'il y a, lorsqu'on prélève des échantillons d'eau pouvant contenir de la fluorescéine, à les conserver dans l'obscurité si l'examen au fluorescope ne peut se faire sur place au moment du prélèvement.

Étant donnée l'influence destructive de la lumière sur la matière colorante, toutes les expériences suivantes, faites avec le limon, le calcaire et l'acide carbonique, ont été réalisées dans l'obscurité, de façon à écarter complètement le facteur lumière.

Cette condition d'obscurité devrait toujours être observée dans l'étude de l'action qu'exercent différents agents sur la fluorescéine.

J'ai choisi comme type une solution de fluorescéine au 100 000 000^e parce que, d'une part, la teinte d'une telle dilution vue au fluorescope est parfaitement nette, et que, d'autre part, elle est assez faible pour être facilement influencée par les agents décolorants.

Passons maintenant à l'action exercée par le limon. Cet essai a été fait avec du limon provenant d'une petite grotte creusée dans le Givétien aux environs d'Aywaille; il y est apporté par un ruisseau assez important qui la traverse. C'est du reste de là également que provient l'échantillon de calcaire qui a servi à l'expérience dont je parlerai plus loin.

Dans deux grandes éprouvettes bouchées, j'ai mis 250 grammes de limon sec; dans l'une 400 centimètres cubes de la solution au 100 000 000^e et dans l'autre la même quantité d'eau pure.

Il est indispensable de comparer le liquide coloré avec de l'eau qui

a séjourné le même laps de temps sur une quantité égale de limon, car ce contact donne à l'eau une coloration jaunâtre, qui persiste malgré deux ou trois filtrations et qui rend impossible la comparaison avec de l'eau pure.

Les deux éprouvettes ont été fréquemment agitées; puis, après vingt-quatre heures, le contenu fut filtré à plusieurs reprises et soumis à un premier examen au fluorescope : la fluorescéine n'avait pas diminué d'intensité. Le même examen, recommencé après cinq jours, donne le même résultat : la teinte reste sensiblement la même que le premier jour. Le liquide, examiné une dernière fois au bout de douze jours, n'offre aucun changement appréciable.

Il semble résulter de cela que l'on peut sans danger employer la fluorescéine dans des eaux limoneuses, d'autant plus qu'elles ne sont jamais aussi fortement chargées de terre que dans l'expérience précédente, seulement l'appréciation de la teinte est beaucoup plus difficile dans ces conditions.

Une dilution un peu plus grande pourrait même très facilement faire passer inaperçue la fluorescéine; mais elle n'est pas détruite par le limon.

Voici maintenant dans quelles conditions a été faite l'expérience avec le calcaire. 700 grammes de calcaire de Givet, réduits en fragments de la grosseur du fin gravier, pour multiplier le plus possible les surfaces, et bien lavés, ont été placés dans une éprouvette et recouverts entièrement de la solution de fluorescéine au 100 000 000^e, soit environ 350 centimètres cubes. Au bout de vingt-quatre heures, la solution filtrée a été comparée à la solution type de fluorescéine.

Les deux teintes sont identiques; il en est encore de même après cinq jours de contact avec les fragments de calcaire. Et même après douze jours la teinte est aussi nette et aussi intense qu'au début de l'expérience.

Le calcaire de Givet n'a donc pas d'action sur la fluorescéine, car dans les conditions précédentes il était seul à pouvoir modifier la solution qui était soustraite à l'influence de la lumière et de l'acide carbonique.

Il reste maintenant à examiner comment se comporte la fluorescéine en présence de l'acide carbonique.

Pour cela, dans un demi-litre de solution de fluorescéine au 100 000 000^e, j'ai fait passer très lentement un courant d'acide carbonique; après que 1 litre de gaz eut barboté dans la solution, j'ai examiné au fluorescope : la décoloration était absolument complète. Cette

dissolution décolorée a été conservée ainsi pendant plusieurs jours; mais il a suffi d'y ajouter quelques gouttes d'ammoniaque pour régénérer la teinte, qui est redevenue absolument ce qu'elle était avant la décoloration par l'acide carbonique. J'y ai alors fait de nouveau passer de l'acide carbonique, qui a d'abord neutralisé l'ammoniaque, laquelle avait été ajoutée en excès, puis a de nouveau décoloré la fluorescéine qui du reste a réapparu par l'ammoniaque aussi complètement que la première fois.

L'acide carbonique transforme donc la fluorescéine, mais ne la détruit pas.

J'ai fait une seconde expérience dans des conditions se rapprochant plus de ce que l'on rencontre dans la nature. Dans 1 litre d'eau distillée contenant en dissolution 50 centimètres cubes d'acide carbonique, ce qui est une teneur que l'on trouve dans des eaux de rivière en saison froide, j'ai ajouté de la fluorescéine pour amener le titre à $\frac{1}{100\ 000\ 000}$. Il n'y avait aucune coloration visible, mais un peu d'ammoniaque a donné la teinte exactement semblable à celle de la solution type au $100\ 000\ 000^{\circ}$.

Enfin, j'ai fait une troisième expérience dans les conditions suivantes :

J'ai recueilli de l'eau de pluie pendant une averse; elle renfermait donc de l'acide carbonique dissous par son passage dans l'atmosphère. Une partie en a été conservée comme terme de comparaison, et dans le restant j'ai ajouté une première fois la quantité voulue de fluorescéine pour amener la solution au titre du $100\ 000\ 000^{\circ}$: aucune coloration n'était visible. La même eau renfermant deux fois plus de fluorescéine était toujours aussi incolore. Ce n'est que lorsque la concentration de la solution eut atteint la proportion de $\frac{1}{25\ 000\ 000}$ de matière colorante que la coloration devint bien visible au fluorescope; elle se rapprochait alors très sensiblement de la teinte d'une solution quatre fois moins concentrée, mais ne contenant pas d'acide carbonique. En ajoutant un léger excès d'ammoniaque, l'eau passa de suite au vert vif correspondant à sa teneur réelle en fluorescéine.

La disparition momentanée de la fluorescéine par l'acide carbonique et l'absence d'action exercée sur celle-ci par le calcaire m'ont amené à contrôler, par une expérience, l'action combinée de ces deux agents. Théoriquement, une solution de fluorescéine décolorée à cause de la présence d'acide carbonique, et mise en contact avec du calcaire, devrait reprendre spontanément sa couleur par suite de la combinaison du gaz avec la roche et de sa transformation en carbonate de chaux.

L'expérience confirme absolument la théorie. Un quart de litre de solution au 50 000 000^e, complètement décolorée par un excès d'acide carbonique, a été mis en contact avec 250 grammes de petits fragments de calcaire. Après deux jours, une légère coloration a commencé à réapparaître, et au bout de quatre jours, elle avait repris son intensité première ; seulement, la teinte, légèrement modifiée, était d'un vert plus jaunâtre que celle du tube témoin. Dans ce cas, le calcaire a donc agi vis-à-vis de la fluorescéine comme un véritable contrepoison de l'acide carbonique.

Je crois donc pouvoir conclure de ce qui précède que ni certains limons ni le calcaire de Givet n'ont d'action appréciable sur la fluorescéine, tandis que la lumière exerce sur ses solutions diluées une action destructive irrémédiable, car, naturellement, dans ce cas l'emploi de l'ammoniaque est parfaitement inutile.

Quant à l'acide carbonique, c'est un ennemi facile à combattre, étant donnée la faculté de régénérer la fluorescéine par l'addition d'ammoniaque.

Il serait donc désirable que, chaque fois qu'une recherche faite à l'aide de fluorescéine donne un résultat négatif, on s'assurât, par l'emploi de l'ammoniaque, qu'il n'y a réellement pas de matière colorante dans l'eau que l'on examine ; lorsque ce réactif provoque un précipité, il faut séparer celui-ci par filtration. Cette simple précaution pourrait éviter des erreurs dans l'interprétation des résultats d'une expérience faite sur le terrain.

Ces quelques notes contribueront peut-être à la réhabilitation de la fluorescéine vis-à-vis de ceux qui n'ont pas confiance en son emploi.

M. Fievez rapporte que von Bezold (1) a fait des expériences intéressantes sur les figures produites dans les liquides colorés par des dissolutions d'aniline ou simplement par de l'encre. Il a décrit dans les *Wiedemann's Annalen*, en 1885, les curieuses déformations que subissaient ces figures. Ils les a attribuées aux courants de convection qui règnent dans les liquides à cause des différences de température qui existent toujours dans les chambres. Ces différences produisent dans tous les milieux liquides ou gazeux des différences de densité. Il en résulte que sous l'action de la pesanteur, le liquide ou le gaz ne peut

(1) *Ueber Stromsfiguren in Flüssigkeiten*, reproduit avec les figures dans WIEDEMANN'S ANNALEN, 1885, t. XXIV, p. 569.

rester en équilibre. Les différences de température des parois du vase dans lequel se trouve le gaz ou le liquide renouvellent sans cesse les différences de densité, qui entretiennent un mouvement de giration plus ou moins compliqué au sein de la masse fluide.

Note de M. le capitaine Rabozée sur l'opportunité d'emploi de la Fluorescéine.

En présence des discussions et des divergences de vues qui surgissent au sujet de la fluorescéine, M. le capitaine *Rabozée* croit utile de rappeler sommairement comment, d'après lui, se pose la question de l'emploi de cette matière en vue de l'étude des circonstances du mouvement de l'eau.

La fluorescéine sert de *témoin* dans l'eau dont on étudie le mouvement, de façon à individualiser en quelque sorte un certain nombre de molécules du liquide pour pouvoir les suivre ou les retrouver en aval.

Si l'introduction de la fluorescéine dans l'eau ne modifie pas les conditions du mouvement du liquide et si la matière colorante n'est pas altérée en cours de route, on conçoit que l'observation de la marche de la coloration indiquera, en le rendant sensible à l'œil, comment se produit le mouvement de l'eau non colorée.

Or, il semble *a priori* que les solutions réellement employées dans la pratique sont tellement diluées que les constantes dont dépend le mouvement (densité, coefficient de frottement du liquide sur lui-même et sur les parois) ne peuvent pas être modifiées au point d'avoir pratiquement une influence appréciable sur les lois du mouvement du liquide.

Prétendre que l'introduction de la matière colorante modifie (notamment) les conditions du mouvement revient à admettre que l'on connaît les conditions du mouvement dans l'eau non colorée.

En résumé, pour tirer une conclusion quant à l'influence de la fluorescéine sur le mouvement de l'eau, il faut supposer connue la solution du problème que la matière colorante a pour but de résoudre. Or ce problème, tel qu'il se pose en hydrologie, ne peut pas être résolu par les formules usuelles de l'hydraulique où l'on n'a généralement en vue que la détermination des débits et des vitesses moyennes; l'hydrologie étudie en outre les vitesses maxima, les vitesses minima et la façon dont s'effectuent les mélanges en cours de route. Les matières colorantes et les matières en dissolution susceptibles d'être révélées facilement peuvent seules, à notre avis, fournir ces éléments; et nous pensons que la fluorescéine donne les meilleurs résultats.

Aussi longtemps qu'on n'aura pas prouvé formellement que l'introduction d'une matière colorante modifie le mouvement du liquide dans lequel on l'incorpore, il faudra admettre que les constatations relevées dans la marche de la coloration fournissent des indications exactes sur les circonstances de ce mouvement, à condition, bien entendu, que la matière colorante ne soit pas altérée en route.

Or, dans les essais effectués avec la fluorescéine, nous ne voyons rien qui soit en opposition avec les lois ordinaires de l'hydraulique. Quelques expérimentateurs ont cru découvrir, dans leurs essais, des faits de nature à accuser la fluorescéine d'apporter de notables perturbations dans le mouvement de l'eau; nous croyons que cela est dû à la défec-tuosité des opérations ou à des erreurs d'interprétation; sans doute même ces craintes ne se produiront plus quand de nombreux essais auront fait voir combien est variable l'allure du mouvement des différents filets et auront montré que dans la plupart des cas de la nature, le mouvement d'un flotteur, que l'on considère volontiers comme définissant bien le mouvement, ne donne qu'une idée très inexacte du phénomène de l'écoulement.

M. *Kemna* trouve dans l'action décolorante de la lumière et de l'acide carbonique signalée par M. Du Fief, l'explication possible de cette curieuse anomalie du « retard » de la fluorescéine. Le résultat négatif des expériences avec l'argile et le calcaire est assez étonnant; il y a quelques jours à peine, l'orateur a décoloré des eaux jaunes tourbeuses et enlevé une bonne partie du fer dissous, par simple agitation avec du carbonate de chaux précipité. Il y a quelques années, *Klement*, opérant avec du spath pulvérisé sur les eaux brunes du puits de Willebroeck, avait obtenu le même résultat. M. Du Fief a travaillé avec des doses massives de substance solide, pour se mettre dans les conditions réalisées pour les eaux du sous-sol. La fluorescéine a pourtant un poids moléculaire assez élevé pour qu'on eût pu s'attendre à la voir soustraite à la solution par les corps absorbants; il serait intéressant de rechercher si elle résiste aussi à des décolorants plus énergiques, comme le noir animal, l'alumine précipitée (1) ou l'oxyde ferrique.

(1) L'alumine précipitée détruit la coloration, mais ne se charge pas elle-même de la couleur, comme elle le fait avec les matières humiques. Dans le filtrat à peine teinté, l'ammoniaque fait réapparaître une légère fluorescence. Vis-à-vis de la fluorescéine, l'alumine semble donc jouer le rôle d'un acide.

M. Rabozée pense qu'il peut y avoir des causes qui peuvent fausser un peu les expériences, mais il estime que les matières colorantes sont ce qu'il y a de mieux pour reconnaître le mouvement de l'eau.

M. Van den Broeck donne ensuite lecture de la note de M. Dienert : **Étude des courants souterrains au moyen de la boussole et des courants électromagnétiques.**

L'assemblée décide que ce travail sera inséré dans les *Mémoires* et la discussion aura lieu ultérieurement.

A la suite de cette lecture, M. Kemna fait remarquer que l'historique de la méthode utilisant la conductibilité électrique à l'analyse des eaux a été fait tout récemment par M. F. Schoofs, de l'Institut d'hygiène de l'Université de Liège (*Technologie sanitaire*, 15 avril 1902, vol. 7, p. 429, et 1^{er} juillet 1902, p. 559). La même idée semble être venue à plusieurs savants et d'une façon indépendante. Il paraît que dès 1887, on a utilisé le sel et le téléphone pour suivre des courants d'eau souterrains. Le terme nouveau « résistivité » employé pour « résistance » n'a pas un avantage bien appréciable.

M. Rabozée résume en séance la communication suivante envoyée par M. E.-A. Martel :

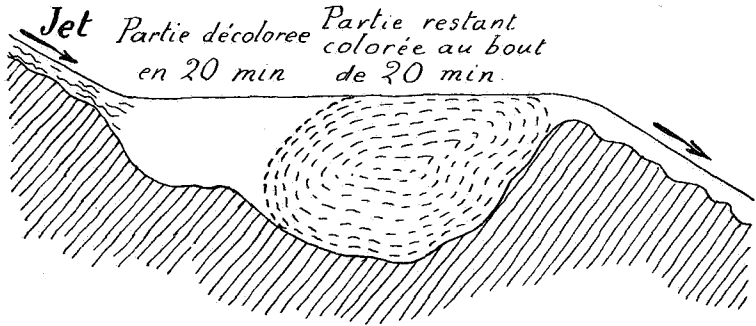
E.-A. MARTEL. — Expériences complémentaires sur la fluorescéine.

Au cours d'une mission d'études officielles dont j'ai été chargé cet été au Caucase occidenta^l par S. Ex. A. Yermoloff, Ministre de l'Agriculture et des Domaines de Russie, j'ai effectué de nouvelles expériences de coloration de cours d'eau à la fluorescéine ; l'absence de localités habitées et le parcours que j'avais à effectuer le long des thalwegs m'ont mis à même de réaliser des observations précises et suivies surtout pendant de longues distances ; j'en donne ci-après les résultats tels qu'ils sont consignés dans mes notes prises sur place, afin de les livrer dans toute leur sincérité aux critiques et discussions qu'ils sont de nature à provoquer.

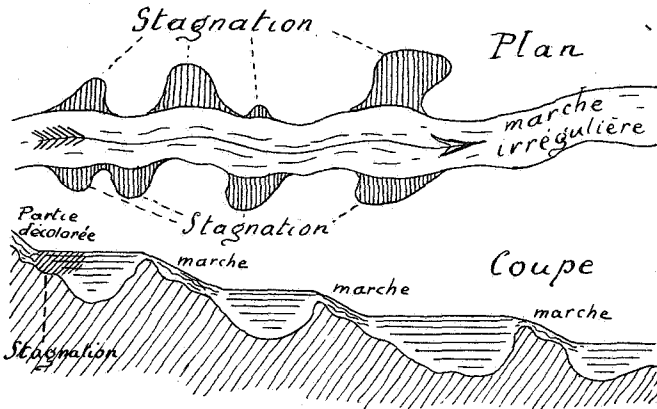
I. 26 août-8 septembre 1902. — Vallée de la Dagomis orientale : 15 kilomètres Nord de Sotchi (littoral caucasien de la mer Noire, entre Novorossiisk et Soukhum).

Torrent de montagne à pente de 8 ‰. Débit évalué (?) : 2 mètres

cubes par seconde; 500 grammes de poudre jetés à 8 h. 40 dans une cascade écumieuse, en amont d'un bassin de 4 à 5 mètres de diamètre et 1 mètre de profondeur. La dilution (disparition de la poudre rouge) est à peu près immédiate et la flèche de tête file rapidement; à 9 heures, le bassin est encore coloré, mais seulement dans sa portion aval et au fond, sans aucune décantation dans la portion amont; en aval, la coloration verte intense s'arrête dans les bassins et dans toutes



les parties latérales sans courant, et n'en est expulsée que très lentement; donc une portion est non pas retardée précisément, mais retenue comme dans des poches; dans ces poches, on remet la coloration en mouvement vers l'aval, soit en agitant l'eau avec un bâton, soit en y jetant des pierres qui font légèrement déborder la poche (comme le font évidemment les crues).



En une heure vingt minutes, la tête n'a pas fait 5 kilomètres.

Conclusions provisoires : La vitesse d'un torrent est faible; et ce genre de courant est un détestable champ d'expérience, à cause de l'irrégularité de sa marche, pour l'étude normale de la vitesse de l'eau;

mais il enseigne peut-être en quoi consiste réellement le retard de la fluorescéine, qui est en grande partie localisée, pour ainsi dire emprisonnée, dans les espèces de culs-de-sac où elle s'engage sur les bords et au fond. Mais pourquoi n'en sort-elle pas aussi rapidement qu'elle y arrive?

II. 30 août-12 septembre 1903. — Vallée de la Matzesta (6 kilomètres Est de Sotchi).

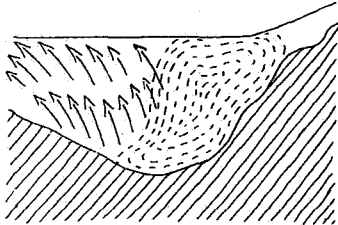
Aussi torrentielle que la précédente et même pente (8 ‰), mais débit plus fort (3 à 4 mètres cubes par seconde).

Un kilogramme, jeté à 4 $\frac{1}{4}$ heures par 125 mètres d'altitude, a fait 3 kilomètres en 1 $\frac{1}{2}$ heure, soit 2 kilomètres à l'heure; cours extrêmement sinueux avec ruptures de vitesse probables à chaque coude.

Peu de bassins de retenue, mais quantité de blocs rocheux et subdivisions de bras ou de passages sans profondeur, avec un lit de galets assez large; c'est-à-dire multiplication des frottements.

III. 31 août-15 septembre 1903. — Vallée de la Khosta orientale (10 kilomètres Est de la précédente).

Torrent comme les autres, pente 9 ‰. Débit : 2 à 3 mètres cubes par



seconde; 1 kilogramme; la coloration met une heure à disparaître du point de jet, où s'observe nettement, dans un bassin *précédé d'un rapide*, l'allure suivante : la poudre rouge commence par tomber au fond, puis la couleur remonte en filets intermittents émanant comme de points émissifs et s'élevant obliquement vers la surface pendant une heure; il y a donc un temps appréciable nécessaire pour que la dilution s'opère, et les facteurs densité et accrochage des particules ne sont pas négligeables. Què se produirait-il si la poudre était au préalable dissoute dans l'eau ou l'ammoniaque? Cette dissolution *complète* est-elle *matériellement* réalisable et dans quel volume de liquide approprié? Avant que toute la rivière soit colorée, la partie la plus rapide du courant refoule latéralement les premières volutes fortement teintées et semble faire obstacle à la dilution. — Constaté 4 kilomètres en 2 $\frac{1}{2}$ heures.

Conclusion à discuter : Le temps nécessaire à la dilution et à la progressivité de celle-ci semble vraiment bien synonyme de *retard réel*, et il paraît qu'une infime partie de la substance épouse la réelle vitesse maximum de l'eau. Si l'on met trop de couleur, on fausse les éléments du problème; si l'on en met moins, on ne distingue plus la coloration.

La question se complique de plus en plus!

IV. 8-12 septembre. — Rivière Sotchi, en amont de Plastunskoje, à 15 kilomètres de l'embouchure. La pente n'est plus que de 5 ‰ et la rivière approche de son profil d'équilibre; petit fleuve mesurant déjà plus de 50 kilomètres depuis ses sources; débit impossible à évaluer, supérieur à 15 ou 20 mètres cubes.

Deux kilogrammes, jetés à 75 mètres d'altitude, produisent une coloration rapidement réalisée, qui s'étend, en une demi-heure, sur plus de 1 1/2 kilomètre de longueur et accuse une vitesse de 3 1/2 à 4 kilomètres à l'heure. La nuit a empêché de voir l'arrivée en mer.

Conclusion : La vitesse dépend beaucoup plus du débit que de la pente (voir mes notes précédentes).

V. 14-27 septembre. — Fleuve Mzimta (à l'Est de Sotchi), long de plus de 100 kilomètres et descendant de cimes de 3000 à 3500 mètres. Débit ignoré; doit arriver à 50 mètres cubes par seconde.

À 8 1/2 heures, par 550 mètres d'altitude, 2 kilogrammes jetés dans le torrent dit « Ruisseau fou », série de cascates rapides et écumeuses, qui provoquent une *dilution à peu près immédiate* sans aucune retenue dans des bassins intermédiaires; la dilution paraît favorisée par la division infinie de filets d'eau très multipliés et très véloces.

À 9 1/2 heures cependant, la coloration est encore visible, mais manifestement affaiblie, 1 kilomètre plus loin et 80 mètres plus bas (pente 80 ‰). Je n'ai pu, en ce point, arriver à temps pour constater la venue de la tête, à cause d'un détour nécessité par les difficultés du terrain. Mais un peu au-dessous dudit point, au confluent de la Mzimta, la coloration du fleuve est intégrale et éclatante; le mélange des eaux des deux courants est donc intime. Dans la Mzimta, la tête a une forte avance sur nous; nous ne la rejoignons (en voiture, par la route qui suit la vallée) qu'à midi, à 14 kilomètres du point de jet; les sinuosités du fleuve atteignent au moins 21 kilomètres, et la coloration au confluent ayant dû commencer vers 9 heures, la vitesse peut être considérée comme de 7 kilomètres à l'heure; la pente, tout à fait torrentielle, est de 11 à 12 ‰.

En aval, la coloration (tête) a été observée jusqu'à la nuit; à 6 heures du soir, elle avait parcouru (sinuosités comprises) au moins 70 kilomètres (descente totale : 420 mètres; pente moyenne 6 ‰) en 9 heures, soit près de 8 à l'heure. Ce chiffre est conforme aux études de M. l'ingénieur Constantinoff qui, lors de la construction du pont de fer de la Mzimta, en amont d'Adler, a dû calculer, par différents autres procédés, la vitesse du fleuve et l'a trouvée égale à 8 à 10 kilomètres par heure en moyenne. Elle s'accélère donc à l'aval, à mesure que la pente diminue et que les affluents (volumineux) accroissent le débit, sans d'ailleurs atténuer beaucoup la coloration. La quantité jetée a été suffisante pour que, au 20^e kilomètre de la route (au moins le 35^e du fleuve), nous ayons vu la coloration s'écouler pendant plus d'une heure de halte (par conséquent plus de 8 kilomètres de longueur).

Conclusion : Le jet rapide d'une forte quantité de substance, en un point bien choisi pour précipiter la dilution et hâter le brassage, assure donc une longue durée et une puissante extension de la coloration, même à l'œil nu, même en plein soleil et malgré l'apport latéral constant d'abondantes eaux affluentes. La pratique du jet à intervalles séparés semble définitivement moins recommandable. La coloration d'un fleuve de moyenne puissance serait intéressante à exécuter (la Meuse, de Givet à Namur, par exemple) en notant par cinq séries de postes observateurs la vitesse respective : 1^o de la tête extrême de coloration visible au fluorescope; 2^o de la tête visible à l'œil nu; 3^o du noyau ou portion la plus colorée; 4^o de la queue visible à l'œil nu; 5^o de la queue visible au fluorescope.

VI. 2-15 octobre. — Rivière Sotchi (voir n^o IV), à 1^{km}7 en amont de l'embouchure; la pente ne doit pas dépasser 1 à 2 ‰ et le débit, après de fortes pluies, atteignait au moins 50 mètres cubes; 2 kilogrammes jetés à 2 h. 45; la tête de la coloration atteint la mer à 3 h. 10, soit 1700 mètres en 25 minutes, correspondant à 3 1/2 à 4 kilomètres à l'heure, exactement comme dans l'expérience IV, exécutée avec moindre débit et pente plus forte. Faute de rapides et cascades, la dissolution de la poudre s'est très mal opérée; une partie s'est absolument *accrochée* aux berges d'un îlot dont le pourtour continue à émettre des filets colorés longtemps après que le courant même est revenu à sa teinte normale (d'ailleurs bourbeuse ce jour-là).

Dans ce courant, la tête forme d'abord une flèche mince, suivie d'un filet qui se maintient sur la rive droite, côté où a eu lieu la projection de poudre; ce n'est qu'au bout de 800 mètres de parcours et 15 minutes

de temps, en amont du pont de la route, que tout le fleuve est coloré à la suite du brassage dans un fort rapide qui occupe toute la largeur du courant; immédiatement en aval, entre le pont et la mer, une île donne lieu à deux bras inégaux : le plus petit et le moins rapide des deux n'est que très faiblement coloré. Un bassin latéral sans courant et avec léger remous retient la couleur un certain temps, comme les berges de l'îlot d'amont : plusieurs épis ou petites digues transversales, destinés à briser le courant lors des crues, arrêtent aussi quelque peu la coloration.

Conclusions : Nécessité de la dilution préalable ou du jet dans un fort courant, très subdivisé (voir V); paresse de la poudre à s'assimiler complètement au courant entraîneur; compensation de la diminution de pente par l'accroissement de débit; adhérence de la poudre aux rives; inégalité de coloration autour d'une île, et retenue par les bassins ou obstacles.

En résumé, les essais dont je viens de rendre compte ne m'encouragent guère à continuer les recherches sur ce sujet; car ils m'amènent à croire que nous perdons quelque peu notre temps en voulant appliquer la fluorescéine à l'étude de la vitesse réelle ou moyenne de l'eau, à cause des accidents variés qui rendent la plupart de ses indications illusoire. Et je pose la question de savoir s'il ne serait pas sage de se borner à employer cette substance pour constater uniquement la communication souterraine de telles pertes données avec telles résurgences connues; et si nous ne cherchons pas midi à quatorze heures en demandant à la fluorescéine des déductions plus précises, qu'elle est peut-être incapable de nous fournir!

Discussion de la théorie Stübel sur le Volcanisme.

Il est donné lecture des communications ci-après, reçues à l'occasion des vues de M. Stübel, récemment exposées devant la Société par M. le professeur W. Prinz et auxquelles a également fait allusion une récente note de M. Van den Broeck. (Voir séances des 18 novembre 1902 et 20 janvier 1903.)

Communications reçues de M. A. de Lapparent au sujet des vues de M. Stübel.

MON CHER COLLÈGUE,

En ce qui concerne l'exposé de la thèse du volcanisme, je vous avouerai que je me sens effrayé par l'excès de précision, qu'à la suite de MM. Stübel, Prinz et autres, vous cherchez à mettre dans une matière où l'on ne peut entrevoir que les grandes lignes. Je reste en grande

défiance devant les conceptions de M. Stübel. Elles me paraissent en contradiction avec ce fait indéniable, si bien constaté en Scandinavie, en Amérique, en Asie, que partout où il y a de l'Archéen authentique, cet Archéen est effroyablement disloqué et injecté de roches granitoïdes, non par l'effet de dérangements ultérieurs, mais comme condition normale de sa formation. Exemple : l'Archéen si disloqué de Finlande, qui supporte du Cambrien, demeuré horizontal depuis lors.

Jamais une pareille condition n'eût pu se produire, à mon sens, si, à l'époque archéenne, il y avait déjà eu, sur le globe, l'écorce planétaire et l'énorme cuirasse imaginées par M. Stübel. Sur un pareil support, les couches archéennes n'auraient jamais eu la mobilité que trahit leur allure actuelle.

La question des *foyers isolés* ne soulève de ma part aucune objection. Vous avez reconnu vous-même que je ne comprenais pas autrement le volcanisme. Le feu central subsiste; mais il est évident que l'on ne saurait, sans enfantillage, vouloir le tenir partout en communication directe et facile avec la surface; sur ce point, nous nous entendrons aisément.

En revanche, je n'admettrai jamais la prétention de nier les actions tangentielles, ou de n'y voir que l'effet des changements de volume d'un laccolithe. Les grands traits de la surface du globe ont été fixés *dès le début*. L'océan Pacifique et la grande trainée des dépressions méditerranéennes n'ont pas cessé d'exister dès les âges les plus anciens, leurs limites marquant le contact des zones résistantes de l'écorce avec celles qui continuaient à s'affaisser. Quand on voit la netteté des contours du Pacifique et la raideur de la pente moyenne des rivages, c'est, à mes yeux, de l'enfantillage de ne vouloir pas y reconnaître un phénomène de premier ordre, embrassant toute l'écorce et non pas seulement le voisinage de tel ou tel foyer volcanique.

J'applaudis à vos efforts pour exclure l'eau marine de toute action directe dans le volcanisme, et je vous accorde volontiers qu'à la haute température des laves, les éléments de l'eau sont dissociés (comme le prouve d'ailleurs l'examen des fumerolles sèches).

En ce qui concerne les tremblements de terre, permettez-moi de vous renvoyer à l'article si suggestif que leur a consacré M. John Milne dans le *Geographical Journal* de janvier 1903 (article dont j'ai donné une analyse dans un des numéros du *Journal des Savants*, ainsi que dans une livraison du *Correspondant*) (1).

(1) Cette analyse de M. A. de Lapparent, jointe à celle de deux articles de M. Oldham, se trouve reproduite aux pages 77-90 de nos *Traductions et Reproductions* du BULLETIN de cette année et y porte le titre de : *Le progrès des études sismologiques*.

La liaison de la sismicité avec les dislocations de l'écorce y éclate avec une évidence convaincante. Par conséquent, il est permis de condamner toute conception, comme celle de M. Stübel, qui ne fait *aucune part* à cette indéniable mobilité, ou du moins qui n'y veut voir qu'un phénomène local et presque négligeable. Lisez l'article de Milne, consultez la carte si suggestive qui l'accompagne, et je suis sûr que l'évidence vous sautera aux yeux.

En résumé, voici les données fondamentales que je considère comme acquises :

Mobilité, prouvée à travers tous les âges géologiques, de certaines parties de l'écorce terrestre, dessinant de bonne heure des compartiments, dont les bords disloqués deviennent les voies de communication de l'extérieur avec l'énergie interne.

Action permanente de cette énergie qui, vraisemblablement, à mesure que l'écorce augmente d'épaisseur, tend à se manifester de plus en plus par des foyers distincts.

Élaboration progressive de ces foyers avec départ des gaz se produisant à des époques critiques et engendrant la *volcanicité* sous toutes ses formes.

Tassement continu des compartiments disloqués, engendrant la *sismicité*.

En dehors de ces données générales, tout essai de plus grande précision me paraît prématuré.

(s.) A. DE LAPPARENT.

Notre éminent confrère nous a encore envoyé la lettre suivante, consacrée au même sujet :

MON CHER COLLÈGUE,

J'ajoute ce qui suit pour que vous en fassiez l'usage qu'il vous plaira, quand, comme et où vous voudrez.

On s'en prend souvent à la figure schématique rappelée par vous, (fig. 1, p. 21 du Procès-verbal de la séance du 20 janvier 1903) qui montre la relation entre les dislocations de l'écorce et le phénomène volcanique; et on a beau jeu pour faire ressortir que le manque de proportion entre les longueurs et les hauteurs lui donne une vertu démonstrative qu'elle ne devrait pas avoir.

Cet argument garderait toute sa portée *si le phénomène volcanique*

avait attendu, pour se produire, que l'écorce eût 50 ou 60 kilomètres d'épaisseur.

Or, l'observation nous apprend qu'il y avait d'importantes éruptions *sur les rivages* dès l'époque précambrienne (lac Supérieur, Jersey, Trégorrois) et à l'époque silurienne (laves et cinérites du Pays de Galles).

Alors l'écorce devait être quatre ou cinq fois plus mince (sinon davantage) qu'aujourd'hui, et la figure théorique pouvait s'y appliquer sans exagération.

D'autre part, c'est à ces époques anciennes que se sont constituées les lignes faibles de l'écorce, dont la plupart n'ont fait que s'accroître depuis lors.

En outre, en ce qui concerne la disposition des foyers périphériques, que la thèse de M. Stübel fait naître à peu près partout et sans ordre, comment concilier cela avec la répartition si remarquable des volcans *sur toute la ceinture du Pacifique*, cet océan qui, *dès l'époque carboniférienne*, était déjà constitué à peu près dans son dessin actuel? Il ne s'agirait plus alors d'une série de foyers, mais d'une *ride périphérique continue*, embrassant plus du tiers de la superficie terrestre et manifestant, *tout le long de son côté interne*, la même tendance à l'affaissement!!

Ajoutez à cela que nous nous faisons encore des idées très fausses sur l'épaisseur de l'écorce en ses différents points. L'observation nous enseigne que les dépôts sédimentaires ont, en moyenne, une cinquantaine de kilomètres d'épaisseur. Mais où cela? *Uniquement contre les anciens rivages*; car nous savons que tout dépôt sédimentaire *détritique* fait défaut à 300 kilomètres des côtes.

Donc, si l'océan Pacifique est très ancien, comme j'en suis persuadé, il ne doit presque pas y avoir de croûte sédimentaire sur son fond, au moins dans le milieu; et là, l'épaisseur de la croûte n'a pu augmenter que *par le bas*, comme elle devait faire aussi sous les continents.

En résumé, nous sommes encore dans *l'enfance* de nos connaissances à l'égard de la croûte terrestre. Raison de plus pour se défier de ceux qui vous la décrivent comme s'ils étaient allés l'explorer jusqu'au fond. Souvenons-nous toujours que *nous ne connaissons absolument rien au-dessous de l'archéen*. Par conséquent, c'est de *l'imagination pure* quand, avec Stübel, on décrit et on figure une écorce terrestre où la partie connue est d'épaisseur *négligeable* relativement aux carapaces hypothétiques sur lesquelles on s'amuse à l'asseoir.

Bien à vous.

(s.) A. DE LAPPARENT.

Il est donné lecture de la communication ci-après envoyée par M. le professeur *Bergeron* :

Le Volcanisme et ses théories, par J. BERGERON.

MON CHER CONFRÈRE,

Comme je vous l'ai déjà écrit, c'est avec un très grand intérêt que j'ai lu les notes que vous m'avez envoyées, et puisque vous me faites l'amitié de me demander mon avis sur les hypothèses qui y sont exposées, je vais vous le dire en toute franchise.

Dans l'hypothèse de M. Stanislas Meunier (que je ne puis accepter en ce qui concerne l'eau de carrière) comme dans celle de M. A. Gautier, il faut admettre que pour une cause ou une autre, les roches arrivent brusquement, et non déjà échauffées, en contact avec la masse en fusion; sinon, si elles ont subi progressivement l'action calorifique de cette roche, soit par leur descente, soit par la montée de la lave, les vapeurs et les gaz s'en sont déjà dégagés quand elles arrivent à son contact, et dès lors il ne peut y avoir explosion par suite du départ brusque de ces derniers. Comment maintenant expliquer cette mise en contact brusque? Par une chute dans une cavité au fond de laquelle serait la matière en fusion? Les cavités existant dans les calcaires ne peuvent être comparées à celles qui seraient nécessaires pour que le phénomène en question pût se produire, et je ne vois pas par quel processus elles se seraient formées. Par l'affaissement d'un vousoir de l'écorce terrestre dans la masse en fusion? Il semble bien que les laves actuelles aient une densité supérieure, même à l'état de fusion, à celle de la plupart des roches anciennes; dès lors comment expliquer le *plongeon* que devraient faire ces dernières au milieu du bain fondu pour y pénétrer brusquement? — Par l'arrivée brusque d'une roche éruptive? Celle-ci, si elle n'arrive pas par une faille, doit s'élever lentement en dissolvant les roches auxquelles elle va se substituer pour former les laccolithes de Stübel. Dès lors, son action doit se faire sentir progressivement, et lorsqu'une roche se trouve en contact avec la matière en fusion, elle a perdu tous ses éléments volatils. — Il ne reste plus que l'hypothèse des failles. Dans les régions où les éruptions ont été nombreuses, les failles devraient être multiples et correspondre à des dénivellations d'âges différents. Or je ne sache pas qu'il en soit ainsi.

Les phénomènes éruptifs seraient dus, pour moi, à des dégagements

spontanés de vapeurs et de gaz dissous dans la matière en fusion. Tous les métaux fondus dissolvent les gaz en contact : l'argent dissout de l'oxygène, le cuivre de l'azote, le fer des carbures et des oxydes de carbone, etc. Lorsqu'ils sont solidifiés, ils en renferment encore de grandes quantités (la pièce de 5 francs contiendrait son volume d'oxygène). Il en est de même pour les roches; les expériences de M. A. Gautier ont mis le fait en évidence et leur grand intérêt consiste en ce qu'elles ont démontré que les gaz et les vapeurs y étaient nombreux et en quantités vraiment considérables. Ils dateraient de l'époque où toute la terre était à l'état de masse fondue, entourée d'une atmosphère où se trouvaient un grand nombre de corps à l'état de vapeurs. Une chose m'étonne dans ces expériences, c'est qu'elles n'aient pas décelé la présence du chlore ni du fluor. Ces vapeurs et ces gaz se dégagent brusquement par le phénomène de rochage connu pour l'argent, la fonte, etc.

C'est ce dégagement brusque qui serait cause aussi de l'ascension de la lave. Ici j'accepte la comparaison de M. van Erthorn avec ce qui se passe dans le compresseur à air, mais non sa théorie. Je ne crois pas que l'ascension de l'eau soit due à une différence de densité, mais plutôt à un entrainement de l'eau par l'air, entrainement susceptible de donner à l'eau une force vive lui permettant de s'élever à une hauteur qui est en relation avec la force ascensionnelle de l'air. Il en serait de même pour la lave qui suivrait les gaz et les vapeurs passant par le cratère; ici, cependant, la force ascensionnelle du liquide dépend non seulement de celle des gaz, mais encore de l'état de la lave, de sa température, de sa composition chimique, etc. C'est un phénomène analogue à celui qui se passe dans l'injecteur Giffard. C'est la comparaison que je fais à mes élèves pour leur faire comprendre comment la lave peut monter dans un cratère, même quand s'est déjà produit le maximum de dégagement de gaz et de vapeurs. Comme vous le dites très bien, une partie de l'eau doit provenir de la combinaison de l'hydrogène des roches avec l'oxygène de l'air, et votre explication de l'absence de l'hydrogène dans les fumerolles me semble très plausible. Néanmoins, il doit y avoir de l'eau dans les roches mêmes; le fait est du moins certain pour les roches à structure granitoïde, d'après les travaux de M. A. Gautier, comme d'après les inclusions observées dans le quartz.

Si, aux îles Hawaï, les phénomènes explosifs sont peu importants, c'est sans doute que les gaz et vapeurs se sont déjà dégagés en grande partie; c'est ce qui expliquerait comment le mouvement ascensionnel

de la lave y est très faible. Ce ne sont que de simples oscillations, les montées pouvant correspondre aux dégagements d'hydrogène auxquels vous faites allusion. Si la pression de l'océan entourant les îles Hawaï était cause de l'ascension de la lave, il devrait y avoir quelque relation entre les mouvements de la roche éruptive et ceux de la mer; or, cette relation n'a pas été mise en évidence.

La théorie de Suess ne me paraît pas expliquer les phénomènes volcaniques; mais je n'ose en parler, vu que je ne la connais que par des analyses. Je n'ai pu trouver la communication dans laquelle il l'expose dans aucune des bibliothèques qui me soient facilement accessibles.

Je reconnais que j'oppose hypothèse à hypothèse; par suite je n'ai pas la prétention de vous convaincre. Mais il me semble (peut-être aveuglement d'auteur) que cette théorie se tient bien et qu'elle a l'avantage de bien relier les faits entre eux.

(s.) J. BERGERON.

L'hydrogène des volcans. — Extrait d'une lettre de M. A. Brun, de Genève.

Je ferai, pour ce qui concerne la quantité soi-disant minime d'hydrogène dégagée par certains volcans, une restriction au sujet des îles Hawaï. Si l'on collectait tout l'hydrogène qui s'allume en une heure sur cet immense lac de lave, l'on ferait une éruption formidable, à condition de collecter cet hydrogène dans une cheminée pas plus large que celle du Vésuve par exemple.

On s'exagère beaucoup la dimension de la bouche vomissante de la lave; toutes celles que j'ai pu voir sont réellement *bien petites* (Stromboli, Etna, Vésuve), sans compter celles éteintes. Ce qui trompe, c'est que la coulée s'étale assez vite. Le Kilauea, lui, est vraiment immense.

Je ne sais pas si je vous ai envoyé mes notes sur le Stromboli. Ma conviction au sujet de l'hydrogène était faite en mars 1901, durant la période que j'ai passée auprès du cratère du Stromboli. J'ai surveillé là de près les explosions et je puis assurer qu'à ce volcan, le gaz, au moment de l'explosion, ne donne pas de flamme et est *invisible*. C'est particulièrement net lorsqu'il n'y a pas de pulvérisation trop intense de la lave par l'explosion et que les blocs sont rejetés un peu gros. C'est bien le caractère de l'hydrogène qui brûle. Je vous dirai encore que je suis artilleur et que j'ai tiré pas mal de coups de canon de tout

calibre et fait sauter des mines; eh bien, je me souviendrai toujours de l'impression que me fit la première explosion du Stromboli. C'était le son du *fulmicoton*. Or l'hydrogène seul, absolument seul, peut donner ce son brusque et déchirant lors de l'explosion. (La foudre éclatant sans écho à 4 000 mètres d'altitude donne seule le son analogue. Je l'ai pu contrôler lors d'un orage qui m'a pris au Cervin, près de l'Épaule suisse, à un peu plus de 4 000 mètres.)

Ce dernier raisonnement n'est peut-être pas scientifique. Mais dans ce domaine, où toutes les observations doivent se peser, je crois que celle-ci peut entrer aussi en ligne de compte. Au retour du Stromboli, je relisais les premières notes de M. A. Gautier et ma conviction se forma inébranlable.

(s.) A. BRUN.

Théorie des volcans, par ARMAND GAUTIER, Membre de l'Académie des Sciences de Paris.

1. — Vous me faites l'honneur de me demander mon opinion sur la théorie des volcans de Stübel. Je la trouve confuse et très hypothétique. Ce qui a surtout préoccupé ce savant, c'est la difficulté d'expliquer que les foyers volcaniques soient locaux, isolés, souvent très différenciés entre eux dans la même localité par la nature de leurs déjections, et par conséquent sans communication directe avec un foyer commun, ou avec un amas de lave fondue formant depuis un temps immémorial le noyau central; condition qui semble devoir donner partout à peu près les mêmes laves et les mêmes gaz. Mais cette localisation des volcans est la conséquence nécessaire de l'ascension des fluides incandescents à travers les fractures des roches, les failles de moindre résistance, où la lave est poussée par la pression même des couches solides qu'elle supporte, aussi bien, comme nous le verrons tout à l'heure, que par celle des gaz qu'elle fait naître grâce au simple réchauffement des parois des canaux qu'elle parcourt. Là où se sont faites les grandes cassures, et en particulier au bord des mers profondes, la lave parcourt les roches qu'elle transforme, comme on va le voir. Elle trouve son chemin là où sont les grandes fractures du globe, et c'est la vraie raison qui fait que les volcans sont généralement au bord des mers.

Les grands amas incandescents ou *laccolithes* de lave qui, d'après Stübel, forment chacun séparément un foyer volcanique, auraient, pense-t-il, gardé depuis des centaines de siècles leur chaleur et leur

liquidité, alors que le noyau terrestre sous-jacent, dont ils proviennent certainement, serait déjà arrivé à une température plus basse. N'est-ce pas bien difficile à admettre? Et si l'on admet, au contraire, que le noyau terrestre est encore incandescent, les laccolithes de la *cuirasse* de Stübel sont tout à fait inutiles à supposer. Son hypothèse n'est donc ni probable ni nécessaire, et ne repose que sur une idée hypothétique invraisemblable.

2. — Sa deuxième objection, à savoir qu'il y aurait une vraie marée de lave sensible sur tous les points du globe, si le centre de notre Terre était fondu, ou même s'il existait une sorte de mer périphérique intérieure de roches fondues sous le sol terrestre solide; cette objection, dis-je, n'a pas lieu de nous arrêter longtemps. Cette marée dont il parle, n'exercerait, en effet, d'autre pression sous les couches solides superposées des roches terrestres que celle qui correspondrait à l'action de la lune et du soleil qui les attire. Or, cette attraction peut être mesurée en chaque lieu par la hauteur de la colonne d'eau de mer soulevée dans les marées ordinaires. Elle est donc mesurée par une colonne d'eau d'une hauteur égale, au *maximum*, à la différence entre les deux niveaux de la mer au flux et au reflux. Cette pression de la marée des laves internes, si elle se produisait, serait donc très facilement équilibrée, et au delà, par la résistance des roches solidifiées, et même par les frottements de la lave à travers les canaux souterrains et fissures qu'elle parcourt avant d'arriver à la surface.

Rien n'empêche d'ailleurs que les choses se passent à peu près comme l'indique la coupe de l'écorce terrestre, d'après les vues de Stübel, schématisées à la page 597 de vos procès-verbaux de 1903, mais à la condition cependant que les laves centrales du noyau soient en communication avec les canaux internes et ceux-ci avec les failles qui vont jusqu'à la surface; canaux et fissures que parcourt la lave, avec frottements et production de gaz qui tendent à s'écouler au dehors avec la lave.

3. — Les différences d'altitudes que les laves atteignent en des points qui peuvent être très rapprochés, et la différence de nature des gaz que ces laves émettent sont, suivant moi, les conséquences nécessaires de la différence de nature des roches traversées, et de leur variable échauffement. Il en résulte plus ou moins de gaz produits aux dépens de ces roches mêmes et, par conséquent, une pression différente

de ces gaz qui, agissant sur ces laves, les éjectent au dehors avec plus ou moins de force ou les portent à une plus ou moins grande altitude.

J'en dirai autant du degré géothermique, qui ne peut qu'être variable suivant la nature des roches et le niveau d'ascension des laves profondes à travers leurs fissures. C'est bien la conséquence nécessaire de mes vues et de mes expériences, qu'en chaque point où la roche peut, grâce à l'ascension de la lave sous-jacente, atteindre 400° au moins, il se fasse une ascension d'eau et de gaz, ceux-ci différant chaque fois avec la nature de la roche au contact de la lave qui monte à travers ses failles et fissures.

4. — Veuillez remarquer que mes vues sont uniquement basées sur des expériences relatives au réchauffement des roches anciennes en vase clos. Mon premier mémoire sur l'origine de l'hydrogène de l'air est du 22 octobre 1900 (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. CXXVII, p. 693), et je donnais déjà à cette époque les réactions qui permettent d'expliquer, par la distillation des roches, l'origine de cet hydrogène et celle des phénomènes volcaniques qui s'y rattachent. Toutes les théories analogues (y compris celle de M. St. Meunier, sur l'eau de carrière) sont postérieures aux miennes de plusieurs années.

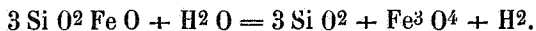
A plus forte raison n'ai-je pas été amené à ces considérations par l'examen de l'analyse des gaz du *Mont Pelé*, due à mon confrère et ami Moissan. Mais j'ai trouvé, dans la publication de cette analyse de gaz volcaniques, si conformes de composition avec ceux que j'avais obtenus en portant au rouge les roches granitiques, porphyriques, etc., l'occasion de rappeler et de compléter ma thèse, si tant est qu'on puisse donner ce nom à une série de considérations qui découlent logiquement et nécessairement d'un ensemble d'études expérimentales sur l'action que la chaleur exerce sur les roches anciennes, et particulièrement sur les granits, gneiss, porphyres, etc., roches avec ou sans inclusions gazeuses, et surtout sur celles qui sont riches à la fois en micas, zéolithes et silicates ferreux.

5. — Pour qu'une théorie des volcans soit acceptable, il ne suffit pas qu'elle puisse expliquer l'émission des laves et des gaz et vapeurs avec leur pression et leur masse formidables. Il faut aussi qu'elle montre d'où vient l'énorme quantité d'eau projetée par les volcans, qu'elle précise la nature des gaz émis, et qu'elle dise pourquoi, dans une même éruption et souvent dans des lieux très rapprochés, cette

nature peut varier considérablement. C'est, je pense, ce que seules mes expériences peuvent clairement expliquer.

J'ai établi, en effet, que, contrairement à une hypothèse, gratuite d'ailleurs, mais très généralement admise, l'eau volcanique qui entre dans la constitution de toutes les roches cristallines profondes, ne vient pas de la surface du sol, que ce n'est pas une eau de transsudation ni de carrière, mais une *eau de constitution* des roches cristallines. Elle est combinée dans ces roches à la silice; elle y joue le rôle de base et elle est si fortement unie aux autres constituants qu'elle ne s'échappe, en général, qu'à une température de 300° à 400° ou plus. Cette eau existe dans les roches profondes, granitiques ou autres, en quantité souvent très grande (16 et 20 grammes par kilog.). Elle s'échappe de la roche dès que celle-ci est chauffée au rouge et même au-dessous, et il n'y a pas lieu, pour s'expliquer les énormes volumes d'eau rejetés par les volcans, d'invoquer la pénétration des eaux superficielles ou des eaux de mer jusqu'aux couches centrales incandescentes.

Dès que par l'ascension de la lave à travers les canaux souterrains où la font circuler la pression des gaz qui la saturent et le poids des couches terrestres superposées, dès que les laves peuvent parcourir les fissures et dislocations de ces terrains, elles échauffent les roches encaissantes. Aussitôt qu'elles arrivent à une température de 400 à 450°, ces roches sont comme *distillées*. Il en sort d'abord une énorme quantité d'eau. D'après mes expériences, cette quantité ne s'élève pas à moins de 27 à 50 millions de tonnes pour un seul kilomètre cube de granit. Ainsi mise en liberté, cette eau réagit alors sur les sels ferreux, manganoux, etc., qu'elle rencontre dans ces roches. En particulier, les silicates ferreux (hornblende, diallage, péridot, pyroxène, etc.), sont transformés, d'après mes recherches, en silicates et oxydes ferriques et ferroso-ferriques, tandis qu'il se dégage de l'hydrogène :

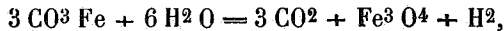


J'ai montré que les sulfures, préexistant toujours en faible quantité dans ces roches, sont décomposés avec dégagement de H^2 et H^2S :



Les carbonates ferreux, que j'ai trouvés aussi à l'état de petites

inclusions cristallines (1) dans les granits et les porphyres eux-mêmes, sont aussi décomposés semblablement :

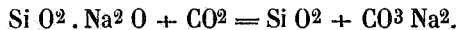


et cet hydrogène naissant, réduisant un peu du CO_2 , donne aussi de l'oxyde de carbone.

Il en est de même des sulfates alcalins, dont j'ai trouvé 1 à 1.5 pour 1 000 dans les granits, et que l'hydrogène qui se forme réduit, à chaud, à l'état de sulfures :

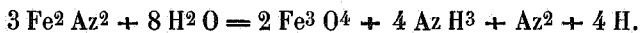
- 1° $\text{SO}_4 \text{ Na}_2 + 4\text{H}_2 = \text{Na}_2 \text{ S} + 4\text{H}_2 \text{ O}$;
- 2° $\text{Na}_2 \text{ S} + \text{Si O}_2 + \text{H}_2 \text{ O} = \text{Si O}_2 \text{ Na}_2 \text{ O} + \text{H}_2 \text{ S}$;
- 3° (A l'air) $\text{H}_2 \text{ S} + \text{O} = \text{H}_2 \text{ O} + \text{S}$.

On voit que ces réactions expliquent à la fois la formation de l'hydrogène sulfuré et du soufre par tous les volcans, la production des sulfures de sodium des eaux sulfureuses sodiques (les granits ne contiennent à l'état de sulfate que du sulfate de soude à l'exclusion de celui de potasse, comme je l'ai montré); enfin, la formation des eaux minérales alcalines elles-mêmes :



L'explication si naturelle de tous ces faits, si difficile à déduire de toute autre théorie, explication uniquement fondée sur mes expériences, donne à son tour une nouvelle preuve de l'exactitude de ces vues.

Bien plus, les roches cristalliniennes renferment, comme je l'ai montré, des azotures (et probablement des argonures) de fer ou de manganèse, qui, décomposés par la vapeur d'eau mise en liberté lors du réchauffement de la roche, même au-dessous du rouge, grâce à la circulation des laves, donnent l'azote, l'argon et l'ammoniaque qu'on trouve aussi dans les gaz volcaniques :



Toutes ces réactions (sauf celle des argonures où je ne raisonne que par analogie avec les azotures) ont été établies par moi expérimentalement (2). *Toutes ces réactions se produisent lorsqu'on chauffe simplement*

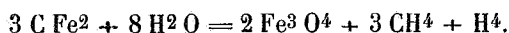
(1) Ils ont été formés et maintenus à l'état de carbonates sous l'énorme pression qu'ils supportaient au moment de la cristallisation de la roche.

(2) Encore ai-je trouvé l'argon dans le gaz dégagé de mes roches.

dans le vide le granit, le gneiss, le porphyre, les ophites, etc., au rouge à peine naissant. Elles dérivent toutes de la mise en liberté, par la chaleur, de l'eau de constitution de ces roches, et de l'action de cette eau sur les silicates, sulfures, carbures, azotures de fer en présence.

Ce qui se produit en petit au laboratoire quand on chauffe des fragments de ces roches, *ne peut pas ne pas se passer en grand* lorsque, étant en place, grâce aux éboulements des assises profondes, aux fractures, aux pressions énormes qu'elle supporte, l'ascension de la lave à travers les failles permet à celle-ci d'échauffer ces roches et d'en dégager l'eau de constitution.

En ce qui regarde le gaz méthane, que tantôt l'on trouve, tantôt l'on ne trouve pas dans les gaz volcaniques d'une même éruption et souvent de même régime, sa production est liée à l'existence fortuite et locale, dans les roches ainsi réchauffées par les laves, des carbures métalliques d'où ce gaz dérive, toujours grâce à la décomposition de ces carbures par l'eau mise en liberté à chaud :



6. — En somme, les roches primitives, si passives en apparence, les granits, les gneiss, les porphyres, etc., *sont des roches explosives* dès qu'on les porte au rouge naissant. Chauffées dans un canon de fusil bien vissé, elles le feront éclater avant le rouge.

Un kilomètre cube de granit, ainsi chauffé à 400-450°, donne, d'après mes expériences, la quantité formidable de 27 millions de tonnes d'eau, et en plus, 7 milliards de mètres cubes de gaz, en partie combustibles, calculés à 13°, et plus de trois fois ce volume calculé à 1000°.

Ces nombres expliquent les pressions incroyables que ces dégagements gazeux dus au seul échauffement de ces roches et à la décomposition de leurs sels ferreux produisent au sein des couches terrestres que réchauffe la lave même au-dessous du rouge.

Lorsque je parle d'un kilomètre cube de granit, j'entends le volume d'un kilomètre cube, c'est-à-dire une couche d'une épaisseur aussi mince qu'on voudra, mais assez étendue pour faire ce volume, en somme assez faible vis-à-vis des masses fondues ou projetées par certains volcans.

7. — La lenteur des phénomènes de sédimentation marine ne s'oppose nullement à la brusque évolution des éruptions volcaniques. Le phénomène de sédimentation dont elles dérivent en partie est lent et continu, mais la brusquerie apparente des éruptions n'éclate qu'au

moment où les pressions produites arrivent à surmonter tous les obstacles.

8. — Il est évident que la masse d'acide carbonique émise continuellement par les roches profondes et par les fissures et cratères volcaniques est immense et dépasse tout ce qu'on pourrait d'abord imaginer. Ce dégagement d'acide carbonique, en raison de cette immensité même, ne me paraît pas pouvoir provenir seulement de la décomposition par l'eau des carbonates alcalins et terreux ou des carbures contenus dans les roches déjà solidifiées. Il provient certainement, pour une grande partie, du noyau central, où il a été produit et inclus avant la cristallisation des roches elles-mêmes. Dans ce noyau il était maintenu en sursaturation grâce à la pression exercée sur elle-même par l'énorme masse au sein de laquelle ce gaz carbonique se formait. Il doit en être ainsi de plusieurs autres gaz, et de l'hydrogène lui-même issu de l'action de la vapeur d'eau incandescente sur les matières métalliques ferrugineuses du noyau terrestre. Ces divers gaz dissous à très haute pression dans les matériaux fondus du noyau terrestre y sont donc comprimés et en sursaturation; ils tendent à s'en dégager et à presser sur les parties fondues pour les faire remonter et circuler à travers les fissures et failles des roches superposées. De là comme conséquence, et à mesure des variations d'épaisseur et de la production de failles nouvelles dans l'écorce terrestre, la circulation des laves et l'échauffement consécutif des roches disloquées qu'elles parcourent. La mise en liberté de l'eau de constitution de ces roches est la suite nécessaire et immédiate de cet échauffement. La décomposition partielle de cette eau par les matériaux ferrugineux de la roche et la formation de gaz hydrogène, hydrogènes sulfurés et carburés, azote, argon, ammoniacque, acide carbonique, chlorhydrique, etc., qui résultent de ce réchauffement, produit des pressions toujours croissantes et finalement fait remonter les laves jusqu'à l'ouverture des cratères d'où ces gaz, mélangés à l'eau excédente, s'échappent sous une énorme pression.

9. Je me résume. Des masses de matériaux fondus existent encore sous le sol et sous les roches solidifiées qui nous portent. Elles tendent, d'une part, à les réchauffer, de l'autre à remonter par toutes les failles ou cassures des terrains solidifiés.

L'existence du fluide carbonique et d'autres gaz, tels que l'hydrogène maintenu sous très haute pression et sursaturation dans le noyau central et le poids des terrains superposés sont les causes de cette ascension

des matériaux fondus à travers les fissures des couches terrestres.

Elle a pour effet de réchauffer localement les roches encaissantes, et d'en chasser, même avant le rouge, leur eau de constitution.

En agissant sur les sels ferreux présents dans toutes ces roches, cette eau les transforme en sels ferriques et oxyde magnétique, et forme du gaz hydrogène. Avec les silicates, les carbonates, les sulfates, sulfures, azotures, argonures de la roche, l'eau, vers 450°, donne de la silice, des acides carbonique, chlorhydrique, des sulfures, de l'hydrogène sulfuré, du soufre, des carbonates alcalins, de l'azote, de l'ammoniaque, de l'argon... c'est-à-dire tous les gaz et produits volcaniques.

Ces gaz, en pressant sur les laves, tendent à les faire jaillir par les cratères volcaniques.

La variation de nature des roches encaissantes est la cause des variations locales des gaz et émissions volcaniques qui proviennent *en partie de ces roches*.

Comme suite à ces lectures, la parole est donnée à M. le professeur *W. Prinz*, qui répond sommairement à quelques-unes des objections présentées dans les lettres qui précèdent et démontre sa manière de voir sur une grande coupe schématique de l'écorce terrestre, à l'échelle du millionième. Sa note paraîtra ultérieurement aux *Mémoires*.

Il pense que les divergences de vues entre nos savants correspondants et M. Stübel s'atténueront beaucoup lorsqu'ils liront le mémoire de ce dernier sur la genèse des volcans, dont M. Prinz achève la traduction et qui est destiné aux nouveaux mémoires de la Société. A cette occasion, M. Prinz donne quelques renseignements préliminaires au sujet de cette œuvre et expose l'état d'avancement de son travail. La grande planche en couleurs qui y est jointe est présentée, ainsi que les reproductions photographiques, qui seront réunies en un atlas.

M. le *Secrétaire général* se fait l'interprète de l'assemblée pour féliciter vivement M. *Prinz* sur la manière claire et limpide dont il expose ses idées et vote des remerciements à M. *Stübel* pour sa précieuse intervention dans les frais d'*illustration* du travail de traduction destiné au *Bulletin*.

La première partie du mémoire, comprenant l'exposé principal de l'étude de M. Stübel, sera prochainement livrée à l'impression, sous réserve de l'examen des possibilités financières de cette coûteuse impression.

La séance est levée à 10 h. 50.
