

SÉANCE MENSUELLE DU 28 DÉCEMBRE 1897.

Présidence de M. Jottrand, Vice-Président.

La séance est ouverte à 8 h. 40.

Correspondance :

M. A. Rutot, remplaçant M. le Secrétaire, absent, lit une lettre de M. le Président, également empêché d'assister à la séance.

Il ajoute, de plus, que M. E. Van den Broeck et lui-même viennent d'être nommés membres associés de la Société géologique du Nord. — *Applaudissements.*

Dons et envois reçus :

2416. *Andreae, A. Die Foraminiferen des Mitteloligocäns der Umgegend von Lobsann und Pechelbronn im Unter-Elsass und Resultate der neueren Bohrungen in dortiger Gegend.* Strasbourg, 1897. Extrait in-4° de 16 pages.
2417. *Brongniart, Ch. Recherches pour servir à l'histoire des insectes fossiles des temps primaires, précédées d'une étude sur la nervation des ailes des insectes.* Saint-Étienne, 1893. Extrait in-4° de 493 pages et 1 volume de 53 planches.
2418. *Dagincourt. Annuaire géologique universel et guide du géologue.* Paris. Tome I, 1885. 1 volume in-12 de 438 pages.
2419. — *Idem.* Paris. Tome II, 1886. 1 volume in-12 de 468 pages et 1 carte.

2420. **Carez, L. et Douvillé, H.** *Idem.* Paris. Tome III, 1887. 1 volume in-12 de 1012 pages.
2421. — *Idem.* Paris. Tome IV, 1888. 1 volume in-8° de 910 pages.
2422. — *Idem.* Paris. Tome V, 1888. 1 volume in-8° de 1261 pages.
2423. — *Idem.* Paris. Tome VI, 1889. 1 volume in-8° de 1195 pages.
2424. — *Idem.* Paris. Tome VII, 1890. 1 volume in-8° de 1157 pages.
2425. — *Idem.* Paris. Tome VIII, 1891. 1 volume in-8° de 908 pages.
2426. — *Idem.* Paris. Tome IX, 1892. 1 volume in-8° de 975 pages.
2427. — *Idem.* Paris. Tome X, 1893. 1 volume in-8° de 900 pages.
2428. **Carez, L.** *Idem.* Paris. Tome XI, 1894. 1 volume in-8° de 240 pages.
2429. — *Idem.* Paris. Tome XII, 1895. 1 volume in-8° de 378 pages.
2430. — *Idem.* Paris. Tome XIII, 1896. 1 volume in-8° de 339 pages.
2431. **Delebecque, A.** *Les lacs des Vosges.* Paris, 1895. Extrait in-12 de 6 pages.
2432. — *Jura et Vosges : Feuilles de Lons-le-Saulnier, Saint-Claude et Nantua. Les terrains quaternaires et les lacs du Jura français.* Paris, 1897. Extrait in-8° de 3 pages.
2433. — *La Moraine d'Yvoire.* Genève, 1894. Extrait in-16 de 3 pages.
2434. — *Les ravins sous-lacustres des fleuves glaciaires.* Genève, 1896. Extrait in-16 de 3 pages.
2435. — *Sur l'âge des alluvions anciennes du bois de la Bâtie, de Bougy et de la Dranse et leurs relations avec le lac de Genève.* Genève, 1894. Extrait in-16 de 4 pages.
2436. — *Sur l'âge du lac du Bourget et les alluvions anciennes de Chambéry et de la vallée de l'Isère.* Paris, 1894. Extrait in-4° de 3 pages.
2437. — *Sur le carbonate de chaux de l'eau des lacs.* Paris, 1895. Extrait in-4° de 3 pages.
2438. — *Sur les lacs du littoral landais et des environs de Bayonne.* Paris, 1896. Extrait in-4° de 3 pages.
2439. — *Sur l'étang de Berre et les étangs de la côte de Provence situés dans son voisinage.* Paris, 1896. Extrait in-4° de 3 pages.
2440. — *Sur quelques lacs des Alpes, de l'Aubrac et des Pyrénées.* Paris, 1894. Extrait in-4° de 3 pages.
2441. — *Sur les réfractions extraordinaires observées au bord des lacs et connues sous le nom de « Fata Morgana ».* Paris, 1896. Extrait in-4° de 3 pages.
2442. — *Influence de la composition de l'eau des lacs sur la formation des ravins sous-lacustres.* Paris, 1896. Extrait in-4° de 3 pages.

2443. — *Atlas des lacs français*, comprenant 11 cartes in-plano. Paris, 1891-1896.
2444. Delebecque, A. et Duparc, L. *Composition des eaux du lac du Bourget et de quelques autres lacs du Jura et du Dauphiné*. Genève, 1892. Extrait in-16 de 4 pages.
2445. Delebecque, A. et Le Royer, A. *Sur les gaz dissous au fond du lac de Genève*. Paris, 1895. Extrait in-4° de 3 pages.
2446. Duparc, L. et Delebecque, A. *Sur les eaux et les vases des lacs d'Aiguebelette, de Paladru, de Nantua et de Sylans*. Paris, 1892. Extrait in-4° de 3 pages.
2447. Fornasini, C. *Le Sabbie gialle bolognesi e le ricerche di J. B. Beccari*. Bologne, 1897. Extrait in-12 de 8 pages et 1 planche.
2448. — *Intorno ad alcuni foraminiferi illustrati da O. G. Costa*. Bologne, 1897. Extrait in-12 de 7 pages et 1 planche.
2449. de Lapparent, A. *Une nouvelle théorie des anciens glaciers*. Louvain, 1897. Extrait in-8° de 24 pages.
2450. Laszczynski, St. V. *Leitfähigkeit von Lösungen einiger Salze in Pyridin*. Halle, 1897. Extrait in-4° de 4 pages.
2451. Martel, E.-A. et Delebecque, A. *Sur les scialets et l'hydrologie souterraine du Vercors (Drôme)*. Paris, 1896. Extrait in-4° de 4 pages.
2452. de Mortillet, A. *Les monuments mégalithiques christianisés*. Paris, 1897. Extrait in-8° de 18 pages et 1 planche.
2453. Mourlon, M. *Sur la découverte d'un gisement de Mammouth en Condroz, dans la tranchée de la station de Sovet, de la nouvelle ligne en construction, dite du Bocq*. Bruxelles, 1897. Extrait in-12 de 7 pages.
2454. — *Bibliographia geologica*. Répertoire des travaux concernant les sciences géologiques parus en 1896-1897. Bruxelles, 1898. Tome 1^{er}. 1 volume in-8° de 215 pages.
2455. de Rouville, P.-G. *L'Hérault géologique*, 2^e partie. Montpellier, 1862-1894. 2 volumes autographiés in-4° de 92 planches.
2456. — *Carte géologique et minéralogique du département de l'Hérault au 80.000^e*, en 4 feuilles. Paris, 1876 : 1^o Arrondissement de Montpellier ; 2^o Arrondissement de Saint-Pons ; 3^o Arrondissement de Béziers ; 4^o Arrondissement de Lodève.

M. le Secrétaire signale tout spécialement le magnifique envoi de l'*Annuaire géologique universel* de MM. L. Carez et Donvillé et des nombreux travaux de M. A. Delebecque. — Des remerciements sont adressés aux donateurs.

Bibliographia Geologica.

M. Michel Murlon, en offrant à la Société un exemplaire du tome I^{er} de la *Bibliographia geologica* ainsi qu'un exemplaire de la notice intitulée : *La classification décimale de Melvil Dewey appliquée aux sciences géologiques pour l'élaboration de la « Bibliographia Geologica » par le Service géologique*, fait la communication suivante :

La *Bibliographia Geologica*, dont le tome I^{er} vient de paraître, donne l'énumération de tous les titres d'ouvrages et d'articles de périodiques parus à partir de 1896.

Les tomes, en préparation, qui vont suivre, tout en faisant connaître la littérature géologique de l'année courante, donneront aussi le complément des années précédentes pour la période commençant à 1896, de sorte qu'après un certain temps on aura une bibliographie très complète pour la dite période. Seulement, on comprend qu'un tel travail ne peut être l'œuvre exclusive d'un homme ni même d'une institution, quelque bien préparée qu'elle soit pour l'entreprendre.

Il faut, pour aboutir dans cette nouvelle voie, faire appel à toutes les bonnes volontés afin de pouvoir compter dans chaque pays, voire même dans chaque région, sur un certain nombre de collaborateurs qui, par la division du travail, soient mis à même de collaborer utilement et sans difficultés à l'œuvre commune.

C'est dans ce but que nous nous sommes adressés à nos éminents collègues des différents services géologiques ainsi qu'à toutes les personnes qui, par leur position ou par la nature de leurs travaux, pourraient nous prêter leur précieux concours.

Nous sommes heureux de pouvoir constater que notre appel a été entendu, et l'on comprendra que le résultat a dépassé toutes nos espérances lorsque nous dirons que nous comptons dès à présent plus de deux cents collaborateurs.

Parmi ces derniers, nous devons accorder une mention toute spéciale au savant directeur général du Service géologique du Japon, à Tokio, qui ne nous a pas seulement offert spontanément de nous donner les titres des publications géologiques de son pays, mais encore de les faire traduire en une langue européenne telle que l'anglais, l'allemand ou le français.

Afin d'éviter les doubles emplois et de réduire au strict nécessaire la tâche de nos collaborateurs, nous publierons prochainement une première liste des périodiques compulsés par notre Service.

Nous ne nous dissimulons pas les lacunes que présentera cette liste, mais nous avons l'espoir que chacun de nos collaborateurs voudra bien, ainsi que tous ceux qui s'intéressent à l'œuvre, nous aider à les faire disparaître en nous signalant les titres des périodiques qui ne s'y trouvent pas renseignés.

En leur réitérant ici nos plus sincères remerciements pour l'empressement qu'ils ont mis à répondre à notre appel, nous avons l'espoir que leur collaboration au répertoire international et, peut-on dire, universel des travaux géologiques, ne sera que le prélude de relations suivies et étendues pour tout ce qui concerne le progrès des sciences géologiques et l'immense développement que comportent leurs applications.

M. le *Président* remercie M. Mourlon et souhaite bon succès à cette publication éminemment utile.

Élection de nouveaux membres :

Sur la présentation faite par M. le *Président* :

MM. le chanoine BOURGEAT, professeur de géologie à la Faculté catholique de Lille, est élu *membre effectif* de la Société.

GEORGES MOURLON, 107, rue Belliard, à Bruxelles, attaché au Service géologique de Belgique, est élu *membre associé* regnicole.

Communications des membres :

En l'absence de M. A. Renard, M. le Secrétaire donne lecture de la note suivante :

A. RENARD. — **De l'influence qu'exerce la température sur le pouvoir dissolvant de l'eau, d'après les recherches de G. Spezia (1).**

Il arrive que, dans l'étude des problèmes géologiques, on confonde les effets physiques et chimiques produits par la chaleur avec ceux dus

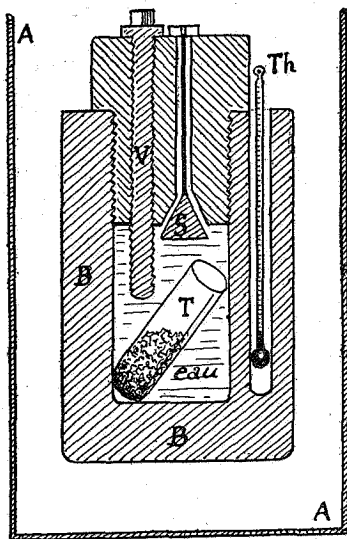
(1) Les travaux de M. Spezia qu'on résume ici, ont paru dans les recueils de l'*Accademia Reale delle Scienze di Torino*, sous les titres : *La pressione nell' azione dell' acqua sull' apopillite et sul vetro* (vol. XXX, 31 mars 1895), et *La pressione nell' azione dell' acqua sul quarzo*.

à la pression, et dans ces derniers temps, on a souvent attribué, même à la pression statique, des modifications chimiques dans les roches. Les expériences que je vais rappeler me paraissent devoir éclairer les questions dont il s'agit, et mieux marquer le rôle que joue, dans les modifications que peuvent subir les minéraux, l'élévation de la température.

On connaît l'expérience de Wöhler, dans laquelle ce savant chimiste est parvenu à dissoudre en tube scellé, à une température de 180° à 190° et à la pression de 10 atmosphères, de l'apophyllite ($2\text{H}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) qui recristallise dès que la température vient à s'abaisser. Von Waltershausen ne tarda pas à appliquer les résultats de cette expérience à l'interprétation de l'origine de la palagonite, et il affirma que sous les pressions considérables qui règnent au fond des océans, les minéraux silicatés peuvent se dissoudre. Bunsen réfuta les assertions de Von Waltershausen et, reprenant l'expérience de Wöhler, il montra qu'à la température de 40° et à la pression de 79 atmosphères, l'apophyllite ne se dissolvait pas. Il montrait donc que c'était essentiellement la chaleur qui provoquait la dissolution dans l'eau de cette zéolithe; il établissait, d'une manière péremptoire, que la solubilité de l'apophyllite dans l'eau surchauffée était obtenue dans l'expérience de Wöhler, par la température de 180° à laquelle on élevait le dissolvant, et non par la pression de 10 atmosphères à laquelle on opérait. Ce qui me paraît prouver aussi d'une manière évidente l'influence peu sensible de la pression dans la dissolution des zéolithes par l'eau, c'est qu'aux plus grandes profondeurs marines, à des points où la pression peut dépasser 800 atmosphères, j'ai montré qu'il se forme d'innombrables cristaux de phillipsite (par exemple, St. 276 du Challenger, 4,295 mètres, température du fond 1°,6); nous reviendrons sur ce point tout à l'heure.

Passons aux expériences de M. Spezia; elles conduisent à la même conclusion que celle formulée par Bunsen : que l'action dissolvante de l'eau est due surtout à l'influence de la température. Ces nouvelles recherches ont été faites, me paraît-il, avec un grand soin; je vais indiquer en quelques mots comment l'auteur opère et résume ses résultats. L'appareil dont il se sert (voir la figure ci-dessous) consiste en un récipient cylindrique en acier, à parois épaisses; dans ces parois, on introduit un thermomètre. Ce vase cylindrique est clos à l'aide d'un solide tampon fermant à vis et percé de deux trous; dans l'un se meut la vis V; l'autre sert à la soupape S. On introduit de l'eau

distillée dans le récipient et la matière à étudier; celle-ci est renfermée dans un tube en argent (T). Après avoir fait remonter la vis V, on place l'appareil dans le récipient d'une pompe à compression; l'eau entre par la soupape et augmente la pression à l'intérieur du vase cylindrique. Quand on a atteint une pression élevée, on retire l'appareil, on fait rentrer la vis V; celle-ci, en s'introduisant dans le récipient, détermine une pression considérable. Pour expérimenter à des températures élevées, l'appareil est placé dans un vase cylindrique en cuivre et l'ensemble est chauffé à l'aide d'un brûleur. Voici quelques-unes des expériences qu'a faites M. Spezia.



Appareil de M. Spezia démontrant l'influence de la température dans l'action dissolvante de l'eau.

1° Des lamelles de clivage d'apophyllite furent exposées pendant six mois et vingt-quatre jours à une pression de 1,750 atmosphères, et à une température de 25°. Il ne constata pas de solution du minéral.

2° De grandes lamelles de clivage d'apophyllite furent exposées pendant treize jours à une température de 195° à 211° (moyenne 197°) à la pression de 14 atmosphères. Ces lamelles subirent une solution partielle.

Ces deux expériences conduisent à la conclusion que c'est bien à la

température que revient la grande part d'influence sur la solubilité et que la pression n'intervient pas d'une manière essentielle.

Une seconde série d'expériences furent faites par l'auteur en substituant à l'apophyllite des lamelles de verre. Les résultats qu'il obtint sont résumés ci-dessous :

Première expérience :

Température = 238°; pression = 33 atmosphères; 11 jours de durée, la plaque de verre avait perdu 1^{mm},4 de son épaisseur.

Deuxième expérience :

Température = 139°; pression = 1025 atmosphères; 11 jours de durée, la plaque n'était que superficiellement attaquée.

Troisième expérience :

Température = 143°; pression répondant à celle de l'eau à 143°; 4 jours de durée, la plaque était décomposée, mais moins que dans l'expérience 2.

Quatrième expérience :

Température = 118°; pression = 117 atmosphères; 4 jours de durée, la plaque était très peu décomposée.

Cinquième expérience :

Température = 116°; pression = 1400 atmosphères; 4 jours de durée, la plaque était très peu décomposée, mais un peu plus que dans l'expérience 4.

Il ressort de ces expériences qu'à une température donnée, une augmentation de la pression peut exercer une certaine influence sur la solubilité; mais que cette influence n'est pas à mettre en comparaison avec celle exercée par l'élévation de la température.

La troisième série d'expériences fut instituée par M. Spezia pour contrôler les observations de Pfaff sur la solubilité du quartz dans l'eau. Étant donné le rôle considérable de ce minéral dans la nature et son importance lithologique, cette série de recherches est surtout intéressante pour la géologie. Tous les traités répètent que Pfaff a montré qu'à la température de 18° et à la pression de 290 atmosphères, une partie de quartz est soluble dans 4,700 parties d'eau. Les essais de Pfaff manquent d'exactitude; ils sont contredits par les recherches dont nous exposons les résultats :

1° Une plaque de quartz du poids de 11^{gr}6641, dont la surface était de 2,206 millimètres carrés, fut exposée à une pression de 1,750 atmo-

sphères et à une température de 25° pendant cinq mois et trois jours : on ne constata pas de perte de poids;

2° Une plaque de quartz taillée parallèlement à l'axe cristallographique, du poids de 1^{er}5545, dont la surface était de 994 millimètres carrés, fut exposée à une pression de 1,850 atmosphères et à une température de 27° pendant cinq mois et quatre jours : on ne constata ni pertes de poids ni de figures de corrosion;

3° Une plaque de quartz polie fut maintenue dans l'appareil pendant quinze jours à la température de 250° à 240° avec la pression qui correspond à la tension de vapeur pour cette température : les figures de corrosion nettement prononcées furent produites sur la plaque.

Ces expériences prouvent qu'en ce qui concerne la solubilité du quartz dans l'eau, la cause essentielle n'est pas la pression, mais bien la température.

Je ne m'arrête pas à énumérer toutes les conclusions de haut intérêt géologique qu'on peut faire découler de ces recherches : on voit d'un coup d'œil quelles applications nombreuses elles trouvent dans les questions relatives au métamorphisme des rochers, à la formation des filons métallifères et lithoïdes, à celle des sources minérales, etc.; qu'il me suffise d'indiquer la grande portée qu'ont, à mon avis, ces résultats au point de vue du mode de formation des dépôts pélagiques. En commençant l'analyse des travaux de M. Spezia, j'ai fait observer que la cristallisation *in situ*, dans les vases argileuses du Pacifique et de l'Océan Indien, d'innombrables petits cristaux de zéolithe, prouve d'une manière incontestable que les énormes pressions auxquelles les microlithes de phillipsite sont soumis, n'empêchent pas leur cristallisation, et qu'elles n'agissent donc pas comme force dissolvante. Mais il y a plus, si l'on tient compte de cette constatation et des faits que nous avons exposés, on en vient à se demander si l'interprétation donnée pour expliquer l'absence de dépôts organiques aux plus grandes profondeurs océaniques est bien vraie. On sait qu'on explique généralement cette absence de restes organiques calcaireux et même siliceux, en admettant que ces substances sont dissoutes durant leur chute depuis la surface jusqu'au fond de l'Océan, et que cette dissolution est provoquée en grande partie par la pression. J'ai toujours eu des doutes sur cette interprétation, l'une des plus importantes que nous offrent les phénomènes de la sédimentation marine actuelle, et je me propose de répéter les expériences de M. Spezia en les appliquant d'une manière directe à l'étude du problème que je viens de rappeler.

M. le *Président* donne la parole à M. C. *Klement* pour sa communication annoncée à l'ordre du jour :

C. KLEMENT. — **Exposé de quelques vues générales sur la formation de gîtes métallifères.**

La question relative à la formation des gîtes métallifères est incontestablement un des problèmes géologiques les plus difficiles et les moins résolus, et bien nombreux sont encore les cas où les explications les plus contradictoires ont été données par les divers auteurs sur un seul et même gisement. Je n'ai point l'intention d'exposer ici cette question dans tous ses détails, — ce serait tout un cours à donner, — mais je me propose de choisir parmi les théories émises sous ce rapport, quelques-unes qui me semblent présenter un intérêt un peu plus général. Un travail récent de M. L. de *Launay*, paru dans le tome XII des *Annales des Mines* et intitulé : *Contribution à l'étude des gîtes métallifères*, traite le même sujet d'une manière beaucoup plus générale, tant au point de vue théorique qu'en ce qui concerne l'application de ces théories à de nombreux cas particuliers. J'aurai à revenir plusieurs fois, dans le cours de mon exposé, à cet important travail.

Avant de commencer cet exposé, je dois dire d'abord quelques mots sur la *terminologie* et la *classification* des gîtes métallifères. Cette classification est basée en premier lieu sur la *genèse* de ces gisements et en second lieu sur leur *forme*. Au point de vue génétique, on distingue d'abord si les gîtes métallifères sont *contemporains* ou *postérieurs* aux roches qui les renferment. Dans le premier cas, leur division d'après la nature de ces roches est tout indiquée, et l'on distingue des *gîtes éruptifs* (ou *massifs*) et des *gîtes sédimentaires* (ou *stratifiés*). Dans le second cas, — formation postérieure aux roches encaissantes, — ils se sont déposés dans des creux formés d'une manière ou d'une autre à l'intérieur de roches préexistantes, et on les appelle *gîtes filoniens*. Enfin les gisements tels que nous les voyons actuellement ne se trouvent plus dans leur état primitif, mais ont déjà subi une altération plus ou moins profonde, soit par l'action des eaux météoriques ou par toute autre influence : ce sont les *gîtes métamorphiques*.

Ces quatre catégories de gisements — *éruptifs*, *sédimentaires*, *filoniens* et *métamorphiques* — se retrouvent à peu près dans tous les systèmes

de classification. Il n'en est plus de même quand il s'agit des subdivisions et de leur nomenclature, qui diffèrent souvent d'auteur à auteur.

Pour les subdivisions, on se base généralement sur la forme des gîtes et l'on parle, selon leur extension plus ou moins inégale suivant les trois directions principales et selon leurs contours plus ou moins réguliers, de gîtes en *amas*, en *nodules*, en *rognons*, en *lentilles*, en *couches*, en *veines*, en *veinules*, etc. D'après leur origine, les différents gîtes métallifères ont une disposition plus ou moins prononcée pour l'une ou pour l'autre de ces formes. Ainsi, par exemple, les gîtes sédimentaires se présentent ordinairement en couches — ce mot indique déjà en lui-même le mode de formation — ou en lentilles; plus rarement ils sont à l'état de rognons ou de nodules, tandis que les gîtes éruptifs affectent de préférence la forme d'amas irréguliers. Quant aux gîtes filoniens, leur forme est naturellement déterminée par celle des creux qu'ils remplissent. Ces creux sont ou des fissures de retrait ou des fentes résultant de la dislocation des terrains et affectant souvent tout un système de couches, d'âge et de composition différents. Dans ce cas, les gîtes métallifères y déposés ont généralement la forme de grosses lames très étendues et d'ordinaire plus ou moins redressées : *filons* proprement dits. Les fentes qui renferment les filons peuvent dans certains cas coïncider avec le plan de séparation de deux strates successives; il en résulte alors ce qu'on appelle des *filons-couches*. Si les fissures remplies de matières métallifères sont, au contraire, de petites dimensions, étendues surtout dans une seule direction, on parle de *veines* ou de *veinules*. Les filons métallifères ne sont presque jamais isolés; ils se concentrent habituellement dans certaines régions et forment souvent toute une série enchevêtrée de cassures; on appelle *stockwerk* un grand nombre de veines ramifiées, formant un réseau irrégulier dans un massif. Outre les fissures de retrait et de dislocation, les creux qui renferment les gîtes filoniens peuvent encore dériver de la dissolution d'une partie plus ou moins considérable du terrain encaissant, comme c'est le cas, par exemple, en grand, pour les cavernes des roches calcaires. Dans ce cas, les gîtes y formés ont en général des formes fort irrégulières, le plus souvent sans dimension prépondérante, et on les désigne sous le nom de *poches* ou de *pochettes*.

En ce qui concerne enfin les gîtes métamorphiques, ils présenteront des formes très variées selon l'origine éruptive, sédimentaire ou filonienne des gisements originaux dont ils dérivent.

Tels sont les principaux types d'origine et de forme des gîtes métal-

lifères. Mais il existe, en outre, un certain nombre de formes intermédiaires entre ces divers types, de sorte qu'en pratique il n'est pas toujours facile de classer avec certitude un gisement donné. Ces difficultés de classement sont encore augmentées par le fait que des actions secondaires peuvent avoir altéré ou effacé les caractères d'abord bien marqués de ces gîtes.

Si nous nous demandons maintenant d'où proviennent les métaux renfermés dans les gîtes métallifères, on peut dire d'une manière générale que, d'après les idées de géogénie admises aujourd'hui, ces métaux ont leur point de départ dans les profondeurs de la terre, d'où ils ont été amenés, à un moment donné, vers les points superficiels où nous les trouvons aujourd'hui, soit que cette amenée se soit faite directement vers leurs gîtes actuels, soit qu'ils y aient été concentrés par un remaniement postérieur après avoir été répartis préalablement en d'autres endroits de la surface. Nous allons maintenant examiner de quelle manière cette amenée peut s'opérer pour les divers types de gisements.

En ce qui concerne les gîtes éruptifs, il est évident que les métaux y contenus sont venus à la surface avec les roches encaissantes mêmes, lors de leur éruption à l'état d'un magma en fusion. Il est un fait bien connu que toutes ces roches éruptives renferment, outre les traces de métaux lourds contenus dans leurs éléments essentiels, de petites quantités de minerais, c'est-à-dire de minéraux composés principalement de métaux utiles. Je ne citerai, comme exemples sous ce rapport, que la magnétite, l'oligiste, l'ilménite, le spinelle, la picotite, la pyrite, etc., qui sont tous très répandus un peu partout, la cassitérite qui se trouve comme élément primaire dans certains granits, la pyrrhotine ordinairement nickelifère des gabbros et péridotites, le fer métallique de certains basaltes, l'or des roches granitiques et trachytiques, le platine de certaines péridotites, etc.

Mais ces minerais s'y trouvent, d'une manière générale, en quantités trop peu considérables pour permettre une extraction technique, sauf le cas des métaux précieux, comme l'or et le platine.

Dans certains cas particuliers, il se peut cependant que la quantité de minerai réparti dans toute la masse de la roche soit assez grande pour permettre une utilisation, surtout quand la roche est plus ou moins altérée et rendue plus friable de cette manière. Ainsi, par exemple, on extrait, d'après M. Sevoz, dans le district de Sisso, province de Harima, au Japon, une magnétite titanifère, répartie en tout petits grains dans un granite altéré, et cette extraction se fait par

simple lavage. Ce sont ces sortes de gîtes que M. de Launay appelle les *gîtes d'inclusion*.

Mais il se peut que les minerais renfermés dans une roche éruptive se soient accumulés, d'une manière ou d'une autre, à un endroit déterminé, soit dans les parties centrales de cette roche, soit à sa périphérie, de façon à y former un amas considérable et exploitable : *gîtes de ségrégation et de départ* de M. de Launay.

De quelle manière des amas de cette nature peuvent se former à l'intérieur d'un magma en fusion, j'ai l'intention de l'exposer à une prochaine occasion.

Quant aux gîtes sédimentaires, ils forment évidemment un des termes de la série géologique de leur époque, c'est-à-dire qu'ils sont plus anciens que les couches d'en-dessus et plus récents que celles d'en-dessous. Les métaux qu'on y trouve ont donc fait partie, à un moment donné, des matériaux qui ont servi à la formation des strates successives, et l'étude géologique de ces strates fournira en même temps l'histoire des gîtes métallifères y contenus, qui proviendront, d'une manière générale, de la destruction de terrains préexistants.

En ce qui concerne enfin les gîtes filoniens, c'est-à-dire ceux qui se sont formés postérieurement aux roches encaissantes par remplissage de creux y existants, leur formation est plus difficile à établir et sa recherche a donné lieu à des hypothèses multiples. *A priori*, on peut dire que le remplissage de fentes peut s'opérer de trois manières différentes : 1° par *injection* directe; 2° par *sublimation* ou *pneumatolyse* et 3° par *infiltration aqueuse*.

Le premier cas ne semble guère être réalisé. Des roches éruptives injectées dans des fentes renferment souvent, sans doute, des substances métallifères, et celles-ci peuvent s'accumuler à certains endroits du filon, mais ce cas rentre évidemment dans notre première catégorie : les gîtes éruptifs. L'injection de minerais seuls dans une fente ne pourrait être qu'un cas tout à fait exceptionnel.

Le second cas de remplissage de filons, celui s'opérant par voie de sublimation, rappelle ce que nous observons encore actuellement dans les émanations volcaniques.

Les gaz et vapeurs dont on a constaté la présence dans les fumerolles sont, outre la vapeur d'eau, principalement les suivants : acide chlorhydrique et chlorures, acide fluorhydrique et fluorures, hydrogène sulfuré, acide sulfureux, sulfates, acide carbonique et carbonates, hydrocarbures, acide borique, etc.

Par analogie, on a supposé que d'autres sels encore, oxydes ou sulfures

métalliques, à points de sublimation relativement bas, peuvent se déposer dans les fentes et fissures accessibles aux émanations volcaniques. Ce mode de formation est admis, par exemple, par la plupart des géologues, pour les filons d'étain de certains granites (et autres roches acides).

D'après une théorie déjà ancienne, émise par E. de Beaumont et par Daubrée, on croit que ces filons ont été formés par des émanations acides qui ont suivi l'éruption du granite, et dont l'action s'est fait encore sentir par une métamorphose de cette roche même en greisen (hyalomicté), avec topazosème, tourmalinite et autres modifications analogues. Les minéraux qui accompagnent le minerai d'étain, la cassitérite, sont surtout caractérisés par leur teneur en fluor et en acide borique, substances très répandues dans les fumerolles.

Le troisième mode de remplissage de filons est, comme nous l'avons dit, celui par voie de dissolutions aqueuses. Les métaux de ces filons peuvent être amenés directement des profondeurs du globe par des sources minérales, surtout thermales, phénomène qu'on peut appeler *infiltration ascensionnelle*, et dont les geysers nous offrent un cas particulier. Dans les dépôts de ces sources, on peut constater souvent la présence de petites quantités de métaux de toutes sortes. Ainsi, par exemple, les incrustations des célèbres thermes de Karlsbad, le *Sprudelstein*, renferment des traces de fer, de manganèse, de zinc, d'arsenic, d'antimoine et d'autres métaux. Les dépôts geysériens sont souvent aurifères, comme ceux de la Mount Morgan Mine, au Queensland; dans d'autres, au Steamboat-Valley au Nevada, par exemple, on a trouvé, outre l'or, encore de l'argent, du mercure et du plomb. Ni l'or ni le mercure ne peut provenir, dans le cas cité, des roches traversées par les geysers, puisque ces roches, des granites plus ou moins altérés, ne renferment pas de traces de ces métaux; ceux-ci doivent donc bien avoir leur origine dans les profondeurs. D'un autre côté, on peut souvent constater une relation intime entre des filons métallifères et des sources thermales, comme c'est le cas, par exemple, dans la région de Plombières, en Bohême, en Californie et ailleurs, et il n'y a pas de doute que ce sont, en effet, bien souvent, les sources minérales qui ont déposé les métaux dans les filons. Mais on avait un peu abusé, surtout au commencement des études géologiques, de l'intervention de cette action hydrothermale pour expliquer les phénomènes les plus divers, et une forte réaction s'est faite contre cette manière de voir. Sous l'influence de cette réaction, une nouvelle théorie a pris naissance, qui admet que les minerais des filons métallifères sont simplement le

produit d'un lessivage des roches encaissantes par les eaux d'infiltration. C'est la fameuse théorie de la *sécrétion latérale*, qui a été développée surtout par M. *Sandberger* et ses élèves, et que M. de Launay qualifie de théorie de l'école allemande, quoiqu'il y ait loin qu'elle soit unanimement admise en Allemagne. J'y reviendrai plus longuement à une prochaine séance.

M. *Jottrand* prend ensuite la parole pour présenter à la Société une *série de végétaux fossiles récemment recueillis au Spitzberg*.

Trois jeunes Bruxellois, MM. A. Wendelen, V. Péchère et L. Jottrand, ont passé, l'été dernier, au Spitzberg les quelques jours pendant lesquels ces régions glacées sont en communication assurée avec la Norvège, ils en ont rapporté des échantillons de végétaux fossiles, que j'ai l'honneur de vous exhiber.

Ce sont d'abord des fragments d'une houille très légère que l'on trouve en abondance sur la plage de l'*Advent Bay*, où l'on a établi la hutte en planches qui sert d'hôtel aux quelques touristes à qui le soleil de minuit ne suffit pas et qui veulent absolument connaître des jours sans nuit. Cette houille provient d'une veine assez puissante, qui parcourt comme un long ruban noir la falaise grisâtre formant la côte. Cette houille est très légère et ressemble à du lignite.

Viennent ensuite de nombreuses plaques du schiste friable de cette région et qui paraissent pétries de feuilles d'arbres superposées, dont il ne reste plus que l'empreinte. On croirait voir un de ces amas pressés de feuilles mortes que le vent d'automne entasse au fond des mares au milieu des bois. Ces restes datent d'une époque géologique où le Spitzberg jouissait d'une végétation semblable à celle de la Belgique actuelle : hêtres, noisetiers, tilleuls et érables de toute sorte, qui sans doute a été quelque peu postérieure à celle où les palmiers nipa poussaient sur le territoire actuel de Bruxelles.

Les huit expéditions scientifiques dirigées par Nordenskiöld aux frais du Gouvernement suédois de 1858 à 1892 ont fourni de nombreux détails sur les différents gîtes charbonniers et fossilifères du Spitzberg; *Rabot* les a bien résumés dans le récit de l'expédition de *La Manche* organisée par le Gouvernement français en 1892. (Voir le *Tour du Monde*, 1895, vol. II.) Le gîte d'où viennent les échantillons exhibés aujourd'hui est de l'époque tertiaire miocène. D'autres gîtes remontent jusqu'à l'époque jurassique.

Des gîtes charbonniers importants ont été rencontrés également dans les régions polaires, entre autres sur la côte occidentale du

Groenland et au nord de la terre de Grant, mais les steamers les dédaignent comme de qualité inférieure.

L'assemblée accueille avec grand intérêt la communication des végétaux fossiles du Spitzberg et examine les empreintes végétales, qui se détachent très nettement sur un schiste gris verdâtre.

M. Cumont dépose un pli cacheté à ouvrir lorsqu'il en fera la demande.

M. le Secrétaire résume un mémoire de M. l'ingénieur L. Losseau, dont le texte suit :

L. LOSSEAU. — Recherches sur la gélivité des matériaux de construction.

Il y a quelques mois, à la demande de mon ami Van Bogaert, j'ai fait quelques essais relatifs à la résistance à la gelée de certains matériaux de construction.

Le problème à résoudre était celui-ci :

« De diverses briques émaillées, quelles sont les moins gélives? »

Il fallait donc déterminer un mode d'essai, puis essayer les divers échantillons.

Je croyais alors que le bris des pierres était dû à l'augmentation de volume de l'eau contenue dans les pores, augmentation provenant de la congélation.

Il fallait donc produire cette congélation.

Je possédais une source de froid assez considérable : c'était un courant d'eau glycerineuse provenant d'une machine frigorifique et refroidie à 10° sous zéro.

Je déterminai d'abord le temps nécessaire pour que le froid pénétrât jusqu'au centre des pierres soumises à l'examen; pour cela, je pris un bloc de pierre de 10 centimètres de côté, je fis forer au centre un trou de 1 centimètre de large et 7 centimètres de profondeur, je remplis le trou de glycérine concentrée à la température ordinaire, je plongeai dans la glycérine un thermomètre, je plaçai le bloc dans un bassin où circulait un courant d'eau glycerineuse à — 10°, de façon que le niveau de l'eau glycerineuse restât à 1 centimètre au-dessous du niveau supérieur de la pierre.

Je relevai toutes les quinze minutes la température au thermomètre.

La moyenne des essais faits, sur le petit granite, la pierre blanche, une brique réfractaire, a donné après :

0 minute	:	température intérieure de la pierre	+ 17°	:	eau extérieure	— 10°
15 minutes		»	»		0°	» — 10°
30	»	»	»		— 5°	» — 10°
45	»	»	»		— 6°	» — 10°
60	»	»	»		— 7°	» — 10°
75	»	»	»		— 8°	» — 10°
90	»	»	»		— 9° 1/2	» — 10°

Pour reprendre la température ambiante, il ne fallait que quinze minutes.

On peut donc dire que le froid doit agir au moins une heure pour la congélation, et la chaleur un quart d'heure pour le réchauffement.

Comme je l'ai déjà dit, croyant la gélivité due à la congélation de l'eau, je pensais qu'il fallait produire la congélation sur des matériaux humides.

Je fis construire un tonneau de 75 centimètres de haut sur 60 de large, avec une prise d'eau froide en bas et un trop-plein en haut.

Au centre je mis un bac en zinc de 25 centimètres de côté sur 80 de haut, je le remplis d'eau et plaçai en son centre un tube rempli de glycérine concentrée, avec un thermomètre.

Il me fallut quatorze à quinze heures pour avoir au centre la température de — 10°, qui était celle de l'eau glycérineuse enveloppante.

L'essai après enlèvement de l'eau, donc dans l'air (j'avais mis un couvercle avec feutre, afin d'éviter l'action de la température sur le haut), donna comme temps les mêmes résultats.

L'air et la glace sont en effet de mauvais conducteurs; la glace forme assez rapidement une mince couche contre la paroi du zinc, et cette couche protège le reste contre le refroidissement.

Je fis quelques essais sur des briques que M. Van Bogaert croyait mauvaises, et en effet dans l'air et dans l'eau j'eus des bris.

L'ennui de ces expériences est le temps extraordinairement long qui est nécessaire pour un essai, car on ne peut se prononcer qu'après vingt congélations au moins, et chacune d'elles demande un jour; c'était donc peu pratique.

J'essayai alors d'enrober les briques dans de la paraffine fondue et de les plonger directement dans l'eau glycérineuse; chaque essai n'aurait plus demandé qu'une couple d'heures.

Seulement, pour que la paraffine collât aux briques, il fallait les dessécher. Je constatai alors que les briques se brisaient, même quand elles étaient desséchées.

L'explication des bris n'était donc pas bonne.

Je desséchai des briques par l'action d'une température de 150° pendant trois jours, puis je les plongeai (après refroidissement) directement dans l'eau glycériqueuse incongelable : ces briques éclatèrent. La congélation de l'eau d'imbibition n'a donc rien à voir à la gélivité. Pour moi, on doit attribuer l'éclatement à des dilatations et contractions inégales.

Partant de ces connaissances, j'ai essayé les diverses briques, soumises par M. Van Bogaert, de la façon suivante :

Je les plongeai toutes dans le courant d'eau glycériqueuse à — 10°, pendant une heure, puis je remplaçai l'eau glycériqueuse par de l'eau ordinaire à 50° pendant une seconde heure, et ainsi de suite.

Voici les résultats obtenus :

Briques de fabrication allemande et anglaise à grain très fin ; sur dix briques, après vingt-deux congélations, aucune rupture.

Briques de provenance belge, grain grossier, peu homogène :

Sur 81 briques, après 7 congélations, 20 ont éclaté ;

» » » 16 » 7 nouvelles ont éclaté ;

» » » 22 » 25 » »

En résumé, 50 briques ont éclaté, 31 ont résisté.

L'éclatement n'est pas limité à l'émail, mais la brique entière éclate en morceaux.

Les conclusions à tirer de ces essais sont :

1° *Qu'il faut au moins 20 congélations successives ;*

2° *Pour les briques émaillées, l'éclatement n'est pas dû à l'augmentation de volume de l'eau d'imbibition, mais bien à des dilatations et contractions successives inégales.*

L'essai consiste simplement à plonger pendant une heure les briques dans l'eau glycériqueuse à — 10°, puis dans l'eau à la température ordinaire, et cela vingt fois de suite.

J'avais projeté, avec mon ami M. Van Bogaert, d'étudier successivement tous les matériaux de construction belges ; un changement de position m'empêche de faire ce travail, qui sera continué, j'espère, par un autre membre de la Société.

N. B. M. Van Bogaert vient de m'informer qu'il a continué à faire les essais sur de fortes quantités de briques (4 à 500) en suivant la méthode que je lui avais indiquée précédemment. Les résultats sont, paraît-il, concordants, et l'État belge vient de l'insérer dans son cahier de charges.

La séance est levée à 10 h. 50.