

SÉANCE MENSUELLE DU 27 AVRIL 1909.

Présidence de M. A. Rutot, président.

La séance est ouverte à 20 h. 35 (25 membres sont présents).

Décès.

M. le Président annonce la mort du baron van Ertborn, survenue il y a quelques jours. Notre estimé collègue avait publié énormément de travaux sur le Quaternaire et le Tertiaire supérieur; bien que ses opinions fussent parfois très discutées, il avait beaucoup contribué à en éclaircir les problèmes difficiles. Son souvenir restera durable dans notre mémoire, et c'est un regret pour nous tous que personne n'ait été prévenu de ses funérailles.

M. Valère Mabilie, le grand industriel, avait bien voulu nous faire l'honneur de figurer sur nos listes, nous accordant un libéral soutien. La Société sera unanime dans ses regrets vis-à-vis de cet homme d'énergie et de générosité.

La Direction de la « Senckenbergische Naturforschende Gesellschaft » fait part du décès du Directeur de son Musée, le Prof^r Dr Fritz Römer.

Approbation du procès-verbal de la séance de mars.

Ce procès-verbal est adopté sans observations.

Correspondance.

M. le Prof^r ALEXANDRE PAVLOW remercie de son élection au titre de membre honoraire et envoie pour la Bibliothèque plusieurs importantes publications.

M. E. DE MUNCK accepte la délégation de la Société à la réunion des Sociétés savantes convoquée par la Fédération archéologique et historique de Belgique.

La Société des Sciences, des Arts et des Lettres du Hainaut invite notre Président à représenter la Société à la journée jubilaire qu'elle organise pour célébrer ses soixante-quinze années d'existence.

Dons et envois reçus :

1° Périodiques nouveaux :

5815. VARSOVIE. *Société des Sciences (Sprawozdania)* Rok I 1908 Zeszyt 1 à 8; Rok II 1909 Zeszyt 1 et 2.
5816. LANSING. *Michigan Academy of sciences. Report* 1907, 1908.

2° De la part des auteurs :

5817. Helgers, Ed. *Die Lohnerkette. Eine geotektonische Skizze*. Berne, 1909. Brochure in-8° de 20 pages et 2 cartes.
5818. Holland, T.-H. *Sketch of the Mineral Resources of India*. Calcutta, 1908. Brochure in-4° de 97 pages et 3 cartes.
5819. Lamparelli, M. *Sulla Idrografia sotterranea della provincia di Bari e su una possibile alimentazione idrica della regione*. Turin, 1909. Brochure in-8° de 88 pages.
5820. Pavlow, A.-P. *Comparaison du Portlandien de Russie avec celui du Boulonnais*. (2 pages.)
De quelques moyens qui pourraient contribuer à l'élaboration de la classification génétique des fossiles. Paris, 1901. Extrait du Compte rendu du VIII^e Congrès géolog. intern. 1900, 5 pages.
5821. Pavlow, A.-P. *Les éboulements de la région de la Volga*. Saint-Pétersbourg (?), 1903. Brochure in-8° de 69 pages et 29 planches.
5822. Pavlow, A.-P. *Les volcans de la terre et les phénomènes volcaniques dans l'univers*. Saint-Pétersbourg, 1899. Brochure in-8° de 64 pages, 37 figures et 1 planche en couleurs.
5823. Sacco, F. *Le Zone luminose della Luna*. Turin, 1908. Extr. de Riv. DI ASTR. E SC. AFFINI, 8 pages.
5824. Sacco, F. *Cenni geologici sulle Alpi Marittime*. Turin, 1908. Extr. de GUIDA DELLE ALPI MARITTIME, 6 pages.
5825. Sacco, F. *Giovanni Plana. Cenni Biografici*. Turin, 1908. Extr. de Riv. DI ASTR. E SC. AFFINI, mars 1903, 4 pages et 1 photographie.
5826. Sacco, F. *Un Allarme di geologia applicata alle Direttissime Bologna-Firenze e Genova-Milano*. Pérouse, 1908. Extr. de GIORN. DI GEOLOG. PRATICA; VI, fasc. VI, 10 pages.
5827. Sacco, F. *Editizia Sismologica. Norme generali e bibliografia*. Pérouse. 1908. Extr. in-8° de 32 pages.
5828. Sacco, F. *Glacialismo ed Erosioni nella Majella*. Pavie, 1909. Extr. des ATTI DELLA SOC. ITAL. DI SC. NAT., vol. XLVII, pp. 269-279 et 1 planche.

5829. **Sacco, F.** *Il Molise. Schema geologico.* Rome, 1909. Extr. du BULL. DE LA SOC. GEOL. ITAL., vol. XXVII, 1908, fasc. 4, pp. 491-538, 1 carte et 1 planche.
5830. **Sacco, F.** *Il Gruppo della Majella. Studio geologico.* Turin, 1909. Extr. de MEM. DELLA R. ACCAD. DELLE SC., série II, t. LX, 39 pages et 1 carte.
5831. **Sacco, F.** *La Terra è Viva!* Extr. de PRO SICILIA et CALABRIA. Turin, 1909. 8 pages, 19 photographies et 2 cartes.
5832. **Thiullen, A.** *Le Diluvium.* (12 pages.)
- Raymond, P.** *La question des pierres-figures, contribution à l'étude de la sculpture aux temps quaternaires.* (24 pages.)
- Hervé, G.** *Des pierres-figures au point de vue ethnographique* (12 pages).
- Dharvent, J.** *Le criterium des pierres-figures* (3 pages). — Paris, 1909. Broch. in-8° de 48 pages, 4 planches et 2 figures.

Élection d'un nouveau membre.

Est élu membre effectif à l'unanimité :

L'Institut provincial d'hygiène et de bactériologie du Hainaut, à Mons (*délégué* : M. le docteur HERMAN, directeur), présenté par MM. Herman et Greindl.

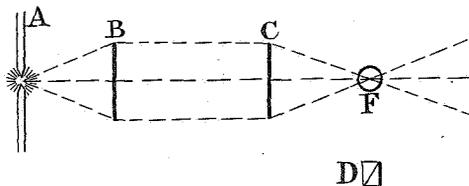
Communications des membres.

F. DIÉNERT. — Des matières fluorescentes contenues dans les eaux

Pour faire cette étude, nous avons employé un dispositif établi sur les indications et les conseils de M. A. Cotton, qui permet d'examiner facilement les substances fluorescentes que contiennent les eaux naturelles.

Ce dispositif simple comprend en *A* un arc électrique placé au foyer d'une lentille convergente *B*. Les rayons parallèles partant de cette lentille sont reçus par une deuxième lentille *C* de 10 centimètres de foyer qui concentre les rayons en *F*. C'est en ce point qu'on place le récipient contenant l'eau dont on veut examiner la fluorescence. Comme l'eau renferme toujours des substances en suspension qui diffusent la lumière et viennent masquer plus ou moins la fluorescence,

on place en *D*, à 20 centimètres au moins de *F* et perpendiculairement à la direction du rayon lumineux, un prisme biréfringent (Rochon). A travers ce prisme on voit deux images du foyer *F*. L'une, l'image ordinaire, est un mélange des rayons de lumière diffusée par les particules et des rayons émis par la substance fluorescente; l'autre, l'image extraordinaire, est en majeure partie formée par les rayons fluorescents, car la lumière diffusée par les particules est en majeure partie polarisée et est, par conséquent, arrêtée par le prisme.



L'arc électrique *A* peut être remplacé par la lumière solaire. Dans ce cas, la lentille *B* est à supprimer.

Le récipient contenant l'eau à examiner peut être une cuve cubique formée de glaces collées, mais en pratique nous préférons employer de petites fioles en verre blanc, forme basse, de 45 centimètres cubes de capacité, qui coûtent bon marché et donnent de bons résultats.

Pour examiner les substances fluorescentes que peuvent contenir les eaux souterraines, il faut laisser au repos, au moins pendant douze heures, les fioles pleines soumises à l'examen. Les bulles d'air comme les particules en suspension se déplaçant au milieu du liquide, masquent à peu près complètement la fluorescence.

À la lumière blanche, certaines substances fluorescentes sont difficilement visibles quand elles sont trop diluées. Par exemple, l'esculine n'est pas facile à voir en lumière blanche à la dilution du $\frac{1}{50\,000\,000}$, tandis que, en interposant un verre violet entre les deux lentilles *B* et *C*, on peut la déceler jusqu'à la dose du $\frac{1}{200\,000\,000}$. Une substance fluorescente bleu verdâtre contenue dans les eaux superficielles, devenant invisible à la lumière blanche quand elle est trop diluée, est facilement visible à la lumière bleue, ou mieux à la lumière rouge violacé. La fluorescéine est, au contraire, moins visible à la lumière rouge violacé qu'en lumière blanche.

Nos études actuelles nous permettent de signaler dans les eaux naturelles la présence de trois substances fluorescentes au minimum :

Une substance fluorescente verdâtre, ayant quelque ressemblance avec la fluorescéine, qu'on rencontre dans les eaux profondes. Cette

substance est facilement détruite par la lumière comme la fluorescéine, mais elle est très résistante quand on évapore à sec l'eau qui la contient, ce qui la différencie nettement de la fluorescéine. Comme cette dernière substance, elle n'est plus fluorescente en milieu acide.

Une autre substance fluorescente de couleur bleu verdâtre, dont la fluorescence augmente à la lumière rouge violacé, est verdâtre en lumière bleue et violette. Elle est nettement différente de la précédente et se trouve communément dans toutes les eaux alimentées par l'eau absorbée provenant des pluies. Cette substance augmente dans les sources au commencement de chaque période pluvieuse, les eaux pluviales lavant le sol et dissolvant cette substance fluorescente qui semble être d'origine végétale. Elle existe en abondance dans toutes les eaux de rivière d'origine tourbeuse comme le Petit-Morin.

Cette substance existe également en abondance dans les purins et eaux fécales. On la retrouve très facilement dans les eaux d'égouts ainsi que dans les eaux usées issues des drains des champs d'épandage. Cette substance est moins sensible que la précédente à la lumière solaire et est à peu près également fluorescente en milieu acide qu'en milieu alcalin.

Cette substance semble en moins grande abondance dans les eaux filtrées à travers un sol sablonneux qu'à travers un sol calcaire. Dans les eaux des drains de Gennevilliers, on constate que les deux tiers de cette substance contenue dans les eaux d'égouts sont retenus ou détruits par les alluvions de la Seine ou par les plantes.

La présence de cette substance indique donc l'origine superficielle des eaux qui la renferment. Elle était absente dans les eaux de la Source Madeleine (Mont-Dore) analysées, ce qui semble indiquer des eaux profondes.

Comme la précédente, cette substance résiste à la dessiccation. En employant le moyen que nous indiquons dans la note suivante, et en comparant en lumière rouge violacé l'éclat de la fluorescence de cette substance avec celui de l'esculine, on constate que cette matière fluorescente, au maximum, dans les eaux des sources, a un éclat identique à peu près à celui d'une solution d'esculine au $\frac{1}{20\,000\,000}$. La quantité de cette substance se trouve être très probablement dans cet ordre de grandeur, d'où la nécessité, pour l'isoler, d'évaporer 4 mètres cubes d'eau pour en obtenir 1 à 2 décigrammes. Nous avons jusqu'ici reculé devant pareille tâche.

On trouve encore dans les eaux une troisième substance fluorescente, très voisine de la précédente, de fluorescence un peu plus

bleutée, très peu sensible à l'action de la lumière et aux acides, soluble surtout dans l'éther et qui semble provenir de l'air. On la retrouve en abondance dans les brouillards de Paris. On la décèle dans toutes les eaux de pluie ou de neige.

L'étude de ces substances en si faible abondance est très délicate. Nous donnons ici nos premiers résultats et nous poursuivons ces études. D'ores et déjà nous signalons que toutes les eaux naturelles du Mont-Dore (Source Madeleine) analysées par nous étaient pratiquement exemptes de substance fluorescente bleu verdâtre et ne renfermaient uniquement que de la substance fluorescente verte facilement détruite par l'acide chlorhydrique et la lumière.

Pour observer cette substance fluorescente, il faut évaporer 1 litre de l'eau de la Source Madeleine à 50 centimètres cubes, filtrer sur collodion et examiner avec le dispositif ci-dessus (1).

Avant évaporation, cette eau doit n'offrir aucune trace de fluorescence.

Ce moyen pourrait peut-être, à l'occasion, permettre de reconnaître une eau du Mont-Dore naturelle d'une eau fabriquée artificiellement, même si le fabricant avait ajouté de la fluorescéine pour remplacer la substance fluorescente verte naturelle.

En dehors des substances fluorescentes ci-dessus indiquées, nous avons rencontré une fois de l'esculine dans l'eau d'un drain. Il est probable que ces substances fluorescentes sont en plus grand nombre que nous ne le pensons actuellement. Nous nous proposons de continuer ces études afin d'arriver à différencier toutes ces diverses substances fluorescentes.

F. DIÉNERT. — Des procédés employés pour mesurer la fluorescence des eaux.

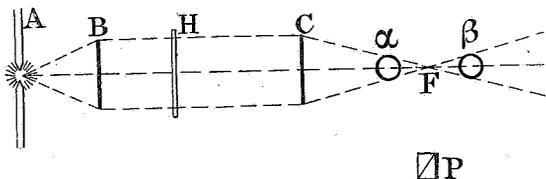
La fluorescence des eaux naturelles d'origine superficielle est très variable. Elle augmente après chaque période pluvieuse, elle diminue en période sèche. Elle peut être intéressante à déceler, car elle augmente d'intensité au moment où les germes dangereux peuvent arriver aux sources.

(1) Pour déceler la substance fluorescente bleu verdâtre des eaux minérales les mieux captées et dans les eaux des sables, il est indispensable de concentrer cette eau au $\frac{1}{10}$, puis après concentration au filtre sous pression sur collodion, afin d'avoir une eau aussi claire que possible.

A l'arc électrique, cette fluorescence est plus ou moins facile à voir suivant l'écartement des charbons, et on ne peut être certain de son augmentation d'intensité qu'en essayant de la doser.

Ce dosage se fait par comparaison avec une gamme de témoins. Comme nous n'avons pu isoler jusqu'ici ces substances fluorescentes, nous nous sommes servi comme témoin d'un échantillon d'eau prélevé dans la rivière du Petit-Morin, dont nous avons comparé l'éclat de la fluorescence en lumière rouge violacé avec l'éclat de la fluorescence d'une solution d'esculine fraîchement préparée au $\frac{1}{16\ 000\ 000}$. La gamme des témoins est obtenue en diluant aux $\frac{1}{10}$, $\frac{2}{10}$, $\frac{3}{10}$, $\frac{4}{10}$, $\frac{5}{10}$, $\frac{6}{10}$, $\frac{7}{10}$, $\frac{8}{10}$, $\frac{9}{10}$ cet échantillon d'eau du Petit-Morin avec de l'eau distillée.

Pour comparer entre elles les eaux peu fluorescentes, nous avons employé le dispositif suivant :



En A est l'arc électrique placé au foyer de la lentille convergente B. En C, une autre lentille convergente, de 0^m10 de foyer, concentre à son foyer F le faisceau lumineux qu'elle reçoit. En P, un prisme biréfringent (Rochon). En H est le vert rouge violet. On place en α le flacon à examiner (flacon de 45 centimètres cubes en verre blanc) et en β un des témoins donnant la même intensité de fluorescence que l'eau du flacon α (1).

Différents essais, faits en plaçant en α et β des eaux du Petit-Morin, diluées à un titre connu, et en faisant varier les dilutions, nous ont donné les résultats suivants :

$$\begin{array}{llll} \alpha = 0.80 \beta & \alpha = 0.83 \beta & \alpha = 0.75 \beta & \alpha = 0.78 \beta \\ \alpha = 0.83 \beta & \alpha = 0.80 \beta & \alpha = 0.75 \beta & \end{array}$$

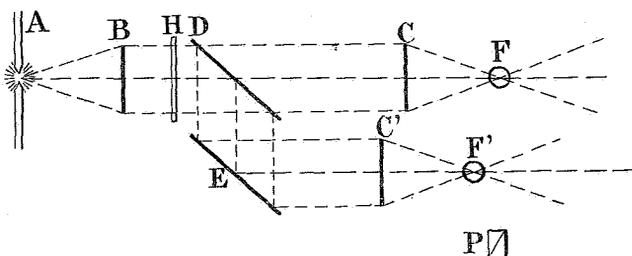
On peut donc admettre qu'en pratique $\alpha = 0.80 \beta$ (2).

(1) Les eaux des flacons α et β doivent être suffisamment claires et reposées pour éviter le déplacement, très gênant pendant l'examen, des bulles d'air et des substances en suspension.

(2) Comme le flacon α arrête une partie des rayons actifs, et comme les substances fluorescentes de l'eau à comparer avec les témoins peuvent n'être pas les mêmes, le coefficient 0.80 doit être pris comme chiffre de comparaison et nullement comme chiffre absolu. Enfin, dans toutes ces mesures, l'eau en α doit être bien claire pour ne pas arrêter une partie des rayons lumineux arrivant en β .

Ces différents essais nous montrent que, malgré la délicatesse de ces mesures qui demandent une grande habitude des examens des substances fluorescentes, on arrive à une approximation suffisante de 10 % au maximum.

Pour les eaux très fluorescentes, on emploie le dispositif suivant : Entre les deux lentilles *B* et *C*, on place une glace en verre platiné qui, très sensiblement, laisse passer la moitié de la lumière de l'arc et réfléchit l'autre moitié. En *H*, on intercale le verre rouge violacé. Ce dernier pourrait, dans le cas de la fluoescéine, être remplacé par une cuve plate contenant une solution de bleu céleste.



En *E*, on reçoit la lumière réfléchie par *D* sur un miroir plan en glace peu épaisse qui renvoie la lumière sur une lentille *C'*, proche de *C*, mais plus rapprochée du miroir *E* que *C* n'est rapproché de *D*. Aux foyers des deux lentilles on place les deux flacons à comparer et on observe comme précédemment la fluorescence à travers un prisme biréfringent (Rochon). Le flacon témoin *F'* est changé jusqu'au moment où on obtient la même fluorescence que *F*. Ce résultat atteint, on remplace le flacon *F*, contenant l'eau à examiner, par un témoin donnant la même fluorescence que *F'*. La fluorescence de *F* est donc la même que celle du flacon qui l'a remplacé au foyer de la lentille *C*.

Comme avec ce dernier dispositif on scinde le faisceau lumineux en deux, ce qui diminue l'intensité de la lumière en *F* et *F'* comparée à celle du premier dispositif, on ne peut l'utiliser pour l'examen des eaux peu fluorescentes.

F. DIÉBERT. — Emploi de l'esculine pour les recherches hydrologiques.

Dans une note à l'Académie des Sciences de Paris (1908), nous avons montré qu'il était souvent nécessaire d'employer une deuxième substance fluorescente dans les recherches hydrologiques, quand on

opère sur un périmètre d'alimentation de sources à la suite d'une ou plusieurs expériences négatives à la fluorescéine.

Nous avons préconisé l'esculine, substance fluorescente bleue qu'on retire de l'écorce des marronniers d'Inde ou du châtaignier.

Nous avons pu nous procurer, dans les différents jardins et parcs de la ville de Paris, environ 4 500 kilogrammes d'écorce de marronnier d'Inde, mais l'hiver peu humide de 1908-1909 ne nous a permis de tenter avec cette écorce qu'une seule expérience aux sources du Sourdon, près d'Épernay.

Les sources du Sourdon sortent du calcaire de Saint-Ouen surmonté du travertin de Champigny, très peu épais, et d'un manteau très hétérogène des marnes à meulière de la Brie. Un certain nombre de bétoires sillonnent ce périmètre et permettent aux eaux superficielles d'arriver à la nappe souterraine. Près de la ferme des Meulière se trouve un bétoire qui fonctionne à peu près toute l'année et est situé à 4 500 mètres des sources. Le 31 décembre 1908, nous fîmes, avec M. Thévenot, couper en petits morceaux 200 kilogrammes d'écorce sèche de marronnier. Nous aspergeâmes celle-ci avec 20 kilogrammes d'ammoniaque, puis nous fîmes tremper le tout dans environ 300 litres d'eau pendant vingt-quatre heures. Le lendemain, cette eau était colorée en bleu foncé par l'esculine, accompagnée de matières végétales de couleur foncée.

Cette décoction d'esculine fut jetée en une heure dans le bétoire en expérience, puis l'écorce fut répandue au fond du gouffre, de façon à être complètement lavée et débarrassée de l'esculine qu'elle contenait. On évalue à 3 % la quantité de substance fluorescente contenue dans l'écorce de marronnier.

Le lendemain, douze heures après, l'eau de deux sources était colorée en bleu, à l'œil nu. La nuit, car cette substance était apparue à 2 heures du matin, l'esculine est visible. Elle le serait encore davantage à la lumière du magnésium comme la fluorescéine. On peut examiner ces eaux au fluorescope ordinaire, comme pour les expériences à la fluorescéine. Pour cela, on n'emplit le tube de verre que sur 0^m60 à 0^m70 de hauteur, et on laisse libres ainsi 0^m40 à 0^m30 à la partie supérieure du fluorescope. On saisit chaque fluorescope à pleine main à sa partie supérieure, et on constate, dans l'eau contenant l'esculine, une fluorescence bleue très nette, surtout sur les parois du tube près de la surface de l'eau. On peut facilement apprécier ainsi la dilution du 100 000 000^e.

Quand on a un mélange d'esculine et de fluorescéine, on peut

décèler l'une et l'autre de ces matières fluorescentes de la façon suivante :

On se sert du dispositif que nous avons indiqué pour reconnaître la fluorescence des eaux et on intercale entre les deux lentilles une cuve parallépipédique contenant une solution au 1 000 000^e de fluorescéine, s'il s'agit de faire disparaître la fluorescence de cette dernière et ne laisser que la fluorescence de l'esculine, ou une solution au 50 000^e d'esculine, pour ne laisser subsister que la fluorescence de la fluorescéine et éliminer celle de l'esculine. Derrière cette cuve, on met un verre violet pour mieux voir l'esculine.

L'esculine est plus altérable à la lumière que la fluorescéine. En solution étendue, elle se décompose lentement en esculitine, substance bien moins fluorescente que l'esculine. Elle ne peut donc servir que pour des expériences de durée inférieure à trois semaines, par exemple pour contrôler une expérience de communication rapide par bétroire, faite dans une région à la suite d'une expérience négative à la fluorescéine.

Il peut être utile, quand les eaux sont troubles, de filtrer sur collodion ces eaux contenant de l'esculine. Celle-ci apparaît mieux à la lumière violette (1).

Les substances fluorescentes bleu verdâtre peuvent gêner également l'examen à la lumière violette. On doit, dans ce cas, contrôler les résultats en laissant un flacon à l'obscurité et un autre à la lumière pendant vingt-quatre heures et en examinant comparativement ces deux flacons à l'arc électrique. Là où il y a de l'esculine, l'éclat de la fluorescence à la lumière violette sera nettement plus fort avec l'échantillon laissé à l'obscurité qu'avec celui placé vingt-quatre heures à la lumière solaire.

F. DIÉNERT. — De l'emploi de l'acoustèle en hydrologie.

Dans les terrains calcaires ou gréseux, l'eau circule à travers des canaux souterrains plus ou moins larges, avec des radiers et des voûtes plus ou moins réguliers.

Lorsque le courant d'eau arrive en un point où le radier du canal

(1) Quelquefois une simple filtration à travers un filtre portatif et à pression de Berkefeld (modèle de voyage) nous a permis d'obtenir des eaux claires sans filtration sur collodion. Ces mêmes filtres nous servent couramment pour nos prises d'échantillons dans nos expériences à la fluorescéine.

souterrain a une solution de continuité, l'eau tombe et forme cataracte. Dans leur chute, les molécules d'eau donnent naissance à un bruit qu'on peut percevoir, en certaines circonstances, à la surface du sol.

Le bruit souterrain sera d'autant plus perceptible que la chute d'eau sera plus importante, soit par la hauteur de chute, soit par le débit d'eau tombé. Il sera encore amplifié si la chute se produit dans une caverne qui constitue une chambre de résonnance.

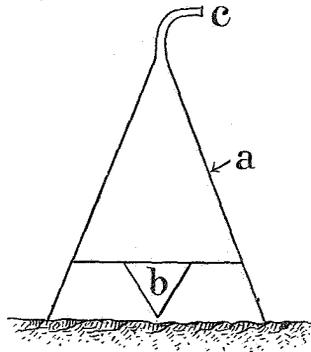
Les conditions ci-dessus énoncées pour percevoir un bruit souterrain montrent dès maintenant que l'absence de ces bruits n'est pas un indice d'absence de courant. Ce dernier peut très bien exister et ne pas donner naissance à des bruits souterrains s'il n'y a sur son parcours aucune chute d'eau, ou encore si cette chute a lieu sous pression à travers un trou creusé dans le radier du canal souterrain. Nous avons eu l'occasion d'écouter le bruit formé par l'engouffrement d'eau à travers un bétoire et nous avons constaté que le bruit perçu était faible quand ce bétoire était complètement noyé et non formé d'un conduit suffisamment vaste pour permettre une chute d'eau à l'air libre.

Le procédé qui consiste à rechercher les courants souterrains au moyen des bruits dont ils sont quelquefois le siège n'est donc pas un moyen infaillible pour déceler ces courants. C'est un procédé qui peut donner des résultats utiles, mais est d'un emploi limité.

La recherche des bruits souterrains, lorsque ces derniers existent, présente quelques difficultés. Le son produit ressemble beaucoup au bruit que fait le vent lorsqu'il souffle contre un obstacle. Il faut alors chercher soit à discerner ces deux bruits, celui de l'air et celui de la chute souterraine, soit à éliminer définitivement le premier de façon à n'entendre aucun bruit dans l'appareil quand il n'y a aucun bruit souterrain. Ce dernier moyen est le plus facile à réaliser et c'est celui que nous avons adopté. Le choix de l'appareil destiné à écouter les bruits souterrains fut assez laborieux. Nous espérions pouvoir nous servir des microphones et obtenir ainsi des résultats intéressants et très certains. On fit, en effet, il y a un an, grand bruit de l'emploi des téléphones et microphones pour la recherche des sources en Piémont. Malheureusement, nos essais ne furent pas couronnés de succès et nous nous aperçûmes rapidement que l'oreille, appliquée sur le sol, était bien plus sensible que tous les microphones les plus sensibles actuellement connus. Ce résultat s'explique assez facilement. Le microphone est une plaque vibrante qui, en se plaçant sous l'influence des vibrations sonores, fait varier l'état électromagnétique d'un système électrique. Mais encore faut-il que cette plaque vibre suffisamment

pour permettre un changement capable de faire résonner le téléphone. Quiconque a employé la méthode de Kohlrausch pour la mesure de la conductibilité électrique des liquides sait que, pour les très petites intensités de courant, le téléphone ne résonne pas. Les bruits souterrains produisent sur les microphones de trop petits déplacements pour être perçus au téléphone. Ceci n'empêche pas les inventeurs de breveter des appareils employant les microphones pour la recherche des sources souterraines (brevet Cartigny du 6 mai 1908), qui n'ont été établis que sur le papier très probablement et nullement utilisables. La marine, pour ses signaux sous-marins, n'a jamais pu remplacer l'oreille par un microphone sensible. Et cependant, ces signaux produisent des sons plus intenses.

Nous basant sur cette remarque que l'oreille est l'instrument le plus sensible pour déceler les bruits souterrains, nous avons songé à employer un cornet acoustique très sensible. Placer l'oreille sur le sol est un procédé peu pratique : on salit son oreille et la position est très inconmode sur le terrain. Au contraire, le cornet acoustique, embrassant une large surface, condense à l'embouchure toutes les vibrations que lui transmet le sol dans son intérieur. Le cornet acoustique n'est guère qu'une oreille auxiliaire dont le pavillon est plus développé qu'une oreille ordinaire.



Le cornet acoustique le plus sensible est l'acoustèle Daguin.

Cet instrument se compose d'un cornet *a* en zinc. Dans son intérieur se trouve un cône en zinc *b*, creux dans son intérieur, la pointe dirigée vers le pavillon du cornet acoustique. On applique l'oreille en *c* pour écouter les bruits recueillis par l'instrument.

On élimine tous les bruits extérieurs, provenant du vent par exem-

ple, en entourant l'acoustèle Daguin d'une boîte conique en bois remplie de coton ou de feutre. Quand on est très près d'une ville ou d'une route fréquentée, l'acoustèle Daguin ne peut être employé que la nuit. Tous les bruits parasites produits par les piétons ou les voitures viennent troubler l'audition et empêchent de percevoir les bruits souterrains.

Pour se servir de l'acoustèle, on creuse dans le sol un trou de 0^m10 dans lequel on enfonce la base de l'instrument. On tasse bien la terre autour et on écoute en *c*. Il faut une certaine habitude pour percevoir ces bruits lorsqu'ils sont assez légers. On déplace l'instrument et on se reporte à 25 mètres du point examiné jusqu'au moment où on entend un bruit. Quand on perçoit quelque chose, on se déplace à droite ou à gauche du point d'où on commence à percevoir le son jusqu'au moment où on se trouve à l'endroit du maximum du bruit. C'est en ce point que la chute d'eau existe.

La chute peut se produire dans une diaclase non complètement remplie d'eau sur une certaine longueur. En déplaçant l'acoustèle, on trace la direction d'une zone le long de laquelle on perçoit le mieux le bruit souterrain.

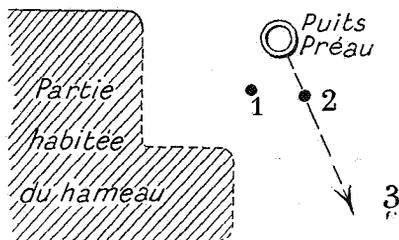
On entend d'autant mieux le bruit de la chute souterraine qu'on dispose l'acoustèle sur le terrain en place. La terre arable amortit considérablement le son. Nous connaissons le cas d'une recherche de direction d'aqueduc dans un terrain sablonneux. La conduite d'eau était à 40 mètres souterrainement dans les sables de Fontainebleau. La terre arable et le sable ne sont donc pas des obstacles insurmontables, mais ils empêchent la perception des bruits souterrains peu importants.

Les courants d'air souterrains produisent également des bruits qui peuvent être confondus avec ceux d'une chute d'eau souterraine. Dans les terrains où nous avons employé l'acoustèle, on ne connaît pas de courants d'air souterrains.

Le premier essai avec l'acoustèle fut fait en 1907 dans le département de l'Yonne, au puits Bottin. Tout contre la cuvette du puits d'une ferme de ce hameau, la ferme Préau, passe un courant souterrain qui ne fut pas retrouvé dans les autres puits voisins. L'eau se trouve à 18 mètres de profondeur dans le sol. M. Le Couppey de La Forest, qui fit en 1901 l'exploration de ce puits, a signalé une chute d'eau, de débit égal à 5 litres environ à la seconde, dans une caverne de 2 mètres de haut, 1^m50 de large et 3 mètres de long, close et dont l'eau s'échappait par une petite diaclase.

Le 15 janvier 1908, on refit les essais en se plaçant aux trois points

reconnus les plus sonores. Deux points se trouvaient à 2 mètres du puits, le troisième en était éloigné de 12 mètres.



En ces trois points, on entend distinctement le courant souterrain, mais on entend plus distinctement en 3 qu'en 2 et en 2 qu'en 1. On déplaça dans le puits un seau métallique. Ce déplacement est perçu très distinctement dans l'acoustèle, surtout en 3. Ces essais montrent qu'il y a en 3 une chute souterraine se produisant dans une caverne plus importante que près du puits Préau. Il y a tout lieu de penser qu'une partie de l'eau passant à ce puits circule sous le point 3, car, en l'absence de communication de la caverne du puits Préau avec la caverne du point 3 par l'air, comme M. Le Couppey de La Forest l'a constaté, le bruit du seau ne peut guère se propager que par l'eau (1). La direction d'une partie du courant paraît donc être celle de 2 → 3.

Et comme les parties habitées de ce hameau sont situées en dehors du sens de la propagation du courant, on s'explique ainsi fort bien pourquoi celui-ci n'a pas été rencontré à nouveau lors de la construction des puits.

Cet essai du 15 janvier, exécuté en période sèche, fut répété le 29 janvier en période humide. Cette fois, on n'entend plus rien au point 3, tandis que les points 1 et 2 furent sonores. Il semble qu'à cette époque la cavité située sous le point 3 était remplie d'eau et que la chute souterraine ne produisait plus un bruit suffisant pour être perçu à l'acoustèle. En juin suivant, une troisième série d'essais nous permit de constater à nouveau la grande sonorité du point 3.

Ces expériences montrent donc qu'il faut opérer à différentes saisons si on veut déceler les chutes souterraines au moyen de l'acoustèle. Certaines chutes seront perceptibles en hiver, au moment de la surélé-

(1) Des expériences complémentaires en cours nous permettront, l'an prochain, de développer plus longuement cette conclusion tirée surtout des propriétés physiques des vibrations sonores.

vation des eaux souterraines, d'autres, au contraire, ne seront décelables qu'en saison sèche.

Un autre essai à l'acoustèle fut fait au voisinage d'une galerie de recherche, à Noë, qui rencontre un courant souterrain. Grâce aux travaux exécutés, ce dernier se déversait en chute de la galerie et produisait un bruit souterrain.

Avec l'acoustèle on entendait très distinctement le bruit de cette chute jusqu'à 50 mètres de part et d'autre de la galerie.

Aux sources de l'Avre, sur la rive gauche de la rivière d'Avre, se trouve le village de Gournay-le-Guérin. Au château de cet endroit, on a découvert un courant souterrain dont la direction d'écoulement est inconnue. Nous nous proposons de la déterminer au moyen de l'acoustèle.

Tandis que les essais précédents furent faits avec l'aide de nos collaborateurs, MM. Guillard et Marrec, l'essai à Gournay fut fait par M. Etrillard.



En opérant comme il a été dit précédemment, M. Etrillard put repérer un certain nombre de points permettant de tracer la zone de perception facile du bruit souterrain. Cette zone est parallèle à la vallée de Gournay se dirigeant vers l'Avre. La direction du courant souterrain est donc celle de la vallée, et comme une expérience à la fluorescéine faite il y a quelques années nous a montré que les eaux au voisinage de ce village ayant cette direction ressortent aux sources de

l'Avre, nous avons tout lieu de penser qu'il en est de même pour l'eau du courant du château de Gournay.

Nos essais se poursuivent actuellement en vue d'utiliser un autre acoustèle, inventé tout dernièrement par M. Abraham, professeur de physique à l'Université de Paris, en vue de percevoir plus facilement à l'oreille les signaux sous-marins. Certaines de nos expériences actuellement en cours nous font espérer que nous pourrions peut-être étendre un peu notre champ d'exploration avec l'acoustèle. Nous nous proposons de revenir sur ces essais dans quelques mois.

ACH. GRÉGOIRE. — Sur une cause possible de la glaciation du globe terrestre.

Dès que l'on eut reconnu que toute une série de phénomènes géologiques récents doit être attribuée à une glaciation locale intense de la surface du globe terrestre, la recherche des causes de cette glaciation exerça activement la sagacité des hommes de science et de nombreuses théories pour expliquer le phénomène furent émises. Cette question a encore gagné en intérêt par suite des dernières découvertes géologiques, qui ont montré, sans aucun doute possible, que les phénomènes de glaciation ne sont pas particuliers aux âges les plus récents de l'histoire de la Terre, âges que l'on considérait comme étant caractérisés par un climat assez semblable au climat actuel. Au contraire, on a retrouvé des traces évidentes de glaciation aux temps géologiques les plus anciens, alors qu'il semblait démontré que le climat des époques reculées était beaucoup plus chaud que le climat actuel, ce qui implique une perturbation climatérique plus considérable.

Une des dernières théories glaciaires émises est celle du célèbre chimiste suédois Arrhénius, qui attribue la glaciation à une augmentation de la teneur de l'atmosphère en acide carbonique. Cette théorie se heurte à différentes objections, dont les principales sont le rôle régulateur des océans sur la teneur de l'atmosphère en acide carbonique et la localisation des phénomènes glaciaires à la surface du globe.

Bien que la science géologique soit assez loin de mes préoccupations habituelles et qu'il puisse être présomptueux de ma part de m'inspirer de l'exemple d'Arrhénius pour intervenir dans la question, je crois qu'il n'est pas inutile de formuler une théorie nouvelle et purement physique du phénomène glaciaire que m'a suggérée la

lecture du magistral traité de Haug (1) et que l'excellent résumé publié ici même par M. Van de Wiele (2) m'a amené à examiner de plus près.

Cette théorie se base sur la perturbation apportée dans la distribution de la chaleur dans l'écorce terrestre par les grands mouvements orogéniques.

Après une période de calme suffisamment longue, on peut considérer que la distribution de la chaleur dans la lithosphère a atteint, entre les limites qui constituent la température du noyau central, d'une part, et celle du milieu cosmique, d'autre part, un équilibre plus ou moins parfait. Cet état d'équilibre est nettement caractérisé par deux points :

1. La surface des continents est à une température moyenne dépassant notablement 0°C. ; cet excès va en augmentant au fur et à mesure qu'on se rapproche de l'équateur ;

2. Le fond des mers, en communication avec les pôles, est à environ 0°C., quelle que soit la latitude.

Si la composition de la lithosphère est la même dans les deux régions, et il est impossible d'admettre le contraire, du moins pour les régions qui sont à envisager ici, il s'ensuit que ces différences de température à la surface se continuent dans la profondeur en s'atténuant lentement pour disparaître aux confins de la croûte solide. Les compartiments de la lithosphère formant les continents renferment donc un excès de calorique comparativement aux compartiments recouverts par les eaux océaniques.

Quel peut être cet excès? Pour l'évaluer par unité de volume, il est nécessaire de connaître la chaleur spécifique des roches et leur densité.

Voici quelques chiffres à cet égard :

	Chaleur spécifique (3)	Densité (4)
Basalte	0.20 — 0.26	2.42
Granite	0.19 — 0.26	2.71
Grès	0.22	2.20
Calcaire	0.22	2.00
Argile	0.22	—

(1) EM. HAUG, *Traité de Géologie*. A. Collin, Paris, 1907.

(2) *Le problème de la récurrence des phases glaciaires au Congrès de Mexico*. (Compte rendu d'après les travaux de la X^e SESSION DU CONGRÈS GÉOLOGIQUE INTERNATIONAL, Mexico, 1906, 2^e fasc.)

(3) LANDOLT, BÖRNSTEIN et MEYERHOFFER, *Physikalisch-Chemische Tabellen*, 388.

(4) A. HALLER, *Memento du chimiste*.

On peut donc prendre comme valeur moyenne 0.20 pour la chaleur spécifique et 2.5 pour la densité. Une différence de température de de 1°C. correspond ainsi à $0.2 \times 2.5 \times 1 = 0.5$ calorie par décimètre cube. Par kilomètre cube, unité à peine suffisante pour évaluer les masses déplacées par les grands mouvements orogéniques, cette quantité de chaleur correspond à 500 000 000 000 calories. Si la température moyenne du sol est de 25°C., il faut multiplier de nouveau cette valeur par 25. Ensuite, on vient de voir que l'excès de température doit se poursuivre sur une épaisseur très considérable de la lithosphère.

Il est inutile d'insister sur la grandeur de cette valeur.

Si, dans ces conditions, il se produit un mouvement de bascule exondant des compartiments marins et immergeant des compartiments continentaux de l'écorce terrestre, l'équilibre thermique sera complètement rompu. Comme, dans ce mouvement, il y a interversion, la perturbation sera égale, par unité de volume, au double de la valeur indiquée ci-dessus.

Le nouveau fond marin sera trop chaud et la nouvelle surface continentale sera trop froide. Il faut ajouter, en ce qui concerne cette dernière, que le déficit est encore aggravé fortement par les phénomènes de plissement et de charriage qui prennent une part si considérable dans la genèse des montagnes, car ils ont pour résultat un empilement de couches trop froides.

Certes, ces mouvements de bascule se font avec lenteur, et cette lenteur est favorable au rétablissement permanent de l'équilibre thermique. Par contre, il faut tenir compte des énormes quantités de chaleur à échanger, de la mauvaise conductibilité des roches et aussi de ce fait que le réchauffement des nouveaux continents doit se faire surtout par conductibilité à partir de la surface interne de la lithosphère et que le refroidissement des fonds marins nouveaux n'a lieu que par la surface supérieure, alors que les quantités de chaleur à échanger sont proportionnelles au cube des terrains.

D'après ceci, le sol des continents récemment exondés serait trop froid. Quelle sera la conséquence de ce fait? Évidemment, une condensation plus abondante de l'eau atmosphérique, un ciel plus brumeux, peu favorable à l'action réchauffante des rayons du soleil.

Que cette action puisse être considérable, deux faits le démontrent. Tout le monde sait que les massifs boisés agissent d'une façon très marquée sur la température de l'air et sur l'importance des précipita-

tions météoriques. Cependant, en l'occurrence, il n'intervient qu'une mince couche de litière et un couvert de quelques mètres d'épaisseur. Les sylviculteurs savent également que les formations fangeuses ont une action profonde sur le climat local et qu'elles ont une tendance à s'étendre par leur périphérie pour peu que le sol leur soit favorable. Il faut reconnaître cependant que ces deux phénomènes sont bien peu de chose comparativement au vaste bouleversement thermique qui accompagne les grands mouvements orogéniques.

Néanmoins, ce qui se passe en Sibérie, où le sol, congelé profondément, se réchauffe à la surface, grâce à la pureté de l'atmosphère, suffisamment pour permettre le développement de la végétation, doit nous engager à ne pas exagérer le rôle réfrigérant du sol nouvellement exondé. Il est certain que le rôle réfrigérant d'un sol trop froid par rapport à la situation qu'il occupe à la superficie de la terre ne peut s'exercer à la surface que quand l'action réchauffante du soleil est entravée; mais dès que cette condition est réalisée, il s'exerce pleinement. En second lieu, il faut reconnaître également que le simple refroidissement ne pourrait suffire pour amener une augmentation considérable des précipitations atmosphériques, celles-ci étant fonction de l'apport de vapeurs d'eau provenant des surfaces marines.

Aussi faut-il attribuer, semble-t-il, plus d'importance à l'excès de chaleur des terrains immergés. Cet excès est de nature à augmenter la température des eaux et conséquemment l'évaporation.

La tension de la vapeur d'eau croît, en effet, rapidement avec la température, comme l'indiquent les chiffres suivants de Broch (1).

Température.	Tension de la vapeur d'eau.
1°	4.57
10°	9.1
20°	17.4
30°	31.5
40°	54.9

Il suffit d'une très faible élévation de température des eaux pour produire une augmentation considérable de l'évaporation.

L'atmosphère doit donc être rendue plus humide d'une façon absolue aussi bien que relative. Il faut, au surplus, noter qu'ici la lenteur du mouvement d'immersion n'est pas défavorable à l'action

(1) A. HALLER et CH. GIRARD, *Memento du chimiste*, p. 26.

qui vient d'être indiquée, que la chaleur soit cédée directement à la surface qui évapore ou à l'eau glacée du fond qui remonte ensuite à la surface pour former les courants chauds après nouvel échauffement.

Il est évident que ce phénomène du réchauffement des mers venant occuper un compartiment immergé sera surtout considérable dans la région méridionale, où l'excès thermique du sol continental est considérable. Il faut toutefois remarquer que, par suite des mouvements de convection qui se passent dans l'atmosphère, la région équatoriale doit être envisagée à part, car, dans cette région, les produits de l'évaporation sont saisis par le courant de convection vertical et retombent en majeure partie sur place. L'effet de l'augmentation de l'évaporation marine doit donc être maximum lorsqu'elle se produit dans la région tempérée avoisinant les tropiques. La vapeur d'eau déversée dans l'atmosphère dans ces régions est enlevée par le courant de convection horizontal et entraînée par ce courant vers les régions septentrionales.

L'examen des phénomènes orogéniques au point de vue thermique nous amène à admettre, comme conséquence de ces phénomènes, un climat plus humide coïncidant avec un sol trop froid à certains endroits. Ces conditions sont éminemment favorables à la formation de glaciers fortement alimentés dans les régions élevées et dans les régions septentrionales exposées directement aux courants aériens venant de la mer. En fait, ces contrées doivent accumuler peu à peu, sous forme de neige, une forte partie de l'excès d'eau évaporée à la surface de l'océan. Par suite, ces glaciers doivent grandir par leur périphérie et recouvrir petit à petit des contrées où ils ne pourraient se développer d'une façon autochtone. Il a d'ailleurs fallu une accumulation énorme de glace en Suède et en Finlande pour « forcer » la moraine de fond jusque dans l'Allemagne du Nord et dans la Russie centrale.

D'après ce qui précède, l'établissement du régime glaciaire ne serait qu'une conséquence directe des mouvements orogéniques.

Il faut toutefois remarquer une conséquence du processus indiqué précédemment. La glaciation doit se produire avec un retard considérable comparativement aux mouvements de l'écorce terrestre, cause du phénomène. On retrouve donc ici le retard de la réaction sur l'action, règle bien connue, mais trop souvent oubliée, bien qu'elle soit d'application très générale.

D'après ceci, les grands mouvements orogéniques affectant les

régions tempérées ont chance d'être suivis d'une période glaciaire plus ou moins importante, frappant la même région ou les régions voisines qui en dépendent climatériquement. Il semble, à première vue, qu'il en est bien ainsi, du moins pour les périodes pléistocène et permo-carbonifère.

Et ne doit-on pas mentionner à ce sujet le contraste, si bien mis en lumière par Suess, entre les contours de l'océan Pacifique et ceux des autres océans (1)? Dans l'Atlantique, la chaîne alpine est coupée par l'océan, bien qu'elle soit en relation avec la chaîne américaine. Un géosynclinal existe en travers de l'océan, et ce géosynclinal a dû être, comme les autres géosynclinaux, le siège de mouvements considérables. On peut ajouter que son emplacement, à proximité de l'équateur, remplit les conditions qui viennent d'être indiquées pour la production de l'effet maximum sur l'évaporation marine due à l'immersion de territoires continentaux. D'où la glaciation pléistocène qui a frappé précisément les territoires dépendant climatériquement de cette zone.

Les conditions sont les mêmes dans l'océan Indien, et la glaciation permo-carbonifère s'expliquerait tout aussi facilement que la glaciation pléistocène, par un processus analogue.

Il est nécessaire de mentionner un dernier argument en faveur de la théorie qui vient d'être émise. Le pendule, abandonné à lui-même en dehors de sa position d'équilibre, ne revient à cette position qu'après un certain nombre d'oscillations. Il en est de même dans tous les phénomènes qu'étudie la physique du globe; chaque rupture d'équilibre n'est effacée qu'après un certain nombre d'oscillations. Il ne peut évidemment en être autrement en ce qui concerne le retrait du globe terrestre et le comblement des géosynclinaux, et le nouvel équilibre ne peut être atteint qu'après quelques oscillations. Ainsi s'explique simplement la répétition, coup sur coup peut-on dire, de la glaciation pendant la période pléistocène. Cette répétition des phénomènes glaciaires pendant cette période est bien démontrée; elle devrait également exister pour les anciennes glaciations.

A première vue, la théorie esquissée ci-dessus n'est pas en désaccord avec les données géologiques. Je n'ai malheureusement pas les moyens de l'étudier plus profondément, c'est-à-dire de soumettre le problème physique qu'elle comporte à une analyse complète et de poursuivre

(1) SUSS, *La face de la Terre*. Collin et Cie, Paris.

ensuite l'examen entier des faits géologiques qui s'y rapportent. Je dois donc me borner à l'énoncé qui précède dont je soumets l'idée à la discussion des spécialistes.

A. RUTOT. — Sur un tronc de palmier silicifié avec entailles paraissant artificielles.

J'ai rencontré, parmi les collections préhistoriques de l'étranger conservées au Musée royal d'Histoire naturelle, deux objets provenant de l'île de Java et trouvés à plusieurs mètres de profondeur, mais dans des conditions inconnues, près du village de Baros, province de Tegal.

Ces deux objets sont : l'un un tronçon de jeune palmier entièrement pétrifié, l'autre une molette à broyer, en pierre.

Le fragment de tronc de palmier est intéressant parce qu'il porte en son milieu, et sur tout son pourtour, une profonde dépression qui répond absolument à l'idée que l'arbre aurait été entamé à coups de hache.

La rainure est plus ou moins déchiquetée et montre des entailles horizontales juxtaposées, donnant l'impression d'une tentative d'abatage de l'arbre, de son vivant.

La molette a une forme spéciale, elle semble être en grès et peut dériver d'un rognon possédant déjà la forme voulue, mais améliorée par le polissage.

Les deux objets ont-ils entre eux une relation étroite? je l'ignore; ils sont donnés comme ayant été trouvés ensemble, à plusieurs mètres de profondeur.

La molette paraît indiquer l'âge de la pierre, probablement le Néolithique; dans ce cas, l'arbre aurait pu être entamé à coups de hache de pierre, telles qu'il en existe à Java; mais alors, comme conséquence, il faudrait que le fragment de tronc ait pu se silicifier complètement depuis lors.

Cela est-il possible?

Je ne suis certainement pas à même de résoudre la question, mais je la pose, dans le cas où l'un ou l'autre de nos confrères pourrait nous donner la solution.

Dans son traité *Le Préhistorique*, G. de Mortillet parle, à propos de l'Homme tertiaire, de bois silicifiés avec entailles.

Il rapporte qu'en 1875 M. Charnaux a présenté à la Société d'Anthropologie de Paris un gros fragment de bois silicifié portant

une entaille assez profonde et provenant du département de l'Allier.

Ce bois silicifié se trouvait dans un gravier quaternaire ayant remanié des couches tertiaires.

M. Leguay, présent à la séance, a démontré, après l'examen de l'entaille, qu'elle n'a pu être faite par un instrument de pierre et qu'elle est due à un retrait opéré dans le bois en décomposition, avant la silicification.

D'autre part, M. G. de Mortillet fait encore mention d'un cas analogue, signalé par M. Marchesetti. Il serait question d'une forêt pétrifiée, d'âge crétacé, trouvée dans l'Inde sous une coulée de basalte.

M. Marchesetti prétendait remarquer, sur certains troncs, des traces de travail humain.

Cette manière de voir n'a, naturellement, pas prévalu et, depuis longtemps, la question des bois silicifiés travaillés par l'homme, avant la silicification, ne s'était plus représentée devant la science.

Voici qu'elle réapparaît à l'occasion du fragment de tronc de palmier de Java, mais avec cette différence qu'ici les entailles, multiples au même point, ne paraissent pas être dues à une cause naturelle et, d'autre part, que l'âge de ces entailles ne semble pas fort ancien.

Nous pouvons raisonnablement attribuer au broyeur en grès quelques milliers d'années; la question serait de savoir si ce laps de temps suffirait pour permettre la silicification complète du bois.

Quant aux entailles, elles paraissent véritablement intentionnelles et faites au moyen d'un outil analogue à la hache.

Pour terminer, je rappellerai que notre ancien collègue M. Purves, dans une étude sur des bois et des coquilles d'eau douce silicifiées, d'âge miocène et provenant de l'île d'Antigoa (Antilles) ⁽¹⁾, a conclu que ces organismes, étant en rapport direct avec des produits volcaniques aisément décomposables par les infiltrations d'eaux de pluie, ont pu être rapidement silicifiés, et la preuve en est que des coquilles d'eau douce silicifiées montrent encore visiblement, à l'intérieur, des traces, également silicifiées, de l'animal.

Certaines cendres volcaniques auraient donc la propriété de provoquer, par les infiltrations d'eau, une silicification rapide des organismes animaux et végétaux qu'elles recouvrent, et comme Java est une région volcanique par excellence, si — ce que j'ignore — les deux

(1) J.-C. PURVES, *Esquisse géologique de l'île d'Antigoa*. (BULL. DU MUS. ROY. D'HIST. NAT. DE BELG., t. III, 1884-1885.)

objets dont il est ici question furent recouverts de cendres volcaniques, le problème de la rencontre d'un tronc de palmier avec entailles intentionnelles pourrait sans doute être ainsi considéré comme résolu.

P. CHOFFAT. — Note sur les filons de phosphorite de Logrosan dans la province de Caceres.

Inséré aux *Mémoires*.

H. SCHWERS. — L'état actuel de la question de la déferrisation des eaux potables.

Nul n'ignore que l'alimentation en eau potable par l'eau souterraine de terrains meubles, à laquelle les hygiénistes actuels accordent toute confiance au point de vue bactériologique, est intimement liée à la déferrisation des eaux. On sait, en effet, que les eaux souterraines donnent fréquemment des dépôts ferrugineux qui doivent être éliminés avant que l'eau puisse servir à la consommation, que de telles eaux sont fréquentes dans la Basse-Belgique, spécialement dans la Campine, et que tout projet d'utilisation des eaux doit envisager la déferrisation.

C'est ce que M. van den Broeck faisait ressortir dans sa communication (1), où il était question de l'alimentation de la Basse-Belgique en eau souterraine prise dans la Campine anversoise et où M. van den Broeck disait que, si le problème de la déferrisation efficace pouvait être considéré comme résolu dans tous les cas, ce serait folie de conseiller de rechercher au loin, spécialement dans les calcaires, ce qu'il est possible de trouver sur place.

Seulement, M. van den Broeck a été, en ce qui concerne la déferrisation, d'un scepticisme injustifié que je ne puis partager, et qui m'a amené à faire la présente communication à la Société.

Il ne peut pas être question d'exposer ici dans tous ses détails le problème de la déferrisation, et je dois me borner à signaler les faits principaux destinés à montrer aux hydrologues qu'ils peuvent, en toute confiance, compter sur la déferrisation des eaux.

Vous connaissez les inconvénients des eaux ferrugineuses : leur trouble, leur mauvais goût, leur odeur désagréable, bref, un ensemble de caractères qui les rendent peu appétissantes et suscitent la défiance

(1) E. VAN DEN BROECK, *La défense des rivières souterraines (Réplique à M. E. Putzeys)*. (BULL. SOC. BELGE DE GÉOL., t. XXIII, *Proc.-verb.*, pp. 51-53.)

du public qui les considère comme contaminées alors qu'elles sont stériles. Vous savez aussi que, utilisées telles quelles, elles produisent des dépôts très gênants dans les canalisations et peuvent, dans certains cas, attaquer les conduites en plomb. Mais ces eaux, qui de prime abord paraissent inutilisables, deviennent parfaitement potables par la déferrisation. Il suffit d'enlever le fer, ainsi que les petites quantités de manganèse et de matières humiques qui l'accompagnent ordinairement, dont la présence est la seule cause des inconvénients qui viennent d'être signalés.

Je n'entrerai pas dans la description des méthodes de déferrisation : leur exposé seul prendrait une séance. Je rappellerai seulement que tous les dispositifs mettent en usage l'aération et la filtration, et y ajoutent, dans certains cas, la décantation et la coagulation préalables à la filtration, et que l'on emploie l'un ou l'autre de ces procédés suivant la nature des eaux à traiter. Je suis forcé de renvoyer, pour les détails, à mes travaux sur la question : « Le fer dans les eaux souterraines » et « La déferrisation des eaux potables en Allemagne et aux Pays-Bas », tous deux publiés par la *Revue d'hygiène et de police sanitaire* (de Paris), en 1908.

La déferrisation, qui élimine de l'eau non seulement le fer, mais aussi les petites quantités de manganèse et de matières humiques qui lui sont associées, constitue une opération facile, peu coûteuse, qui réussit dans tous les cas, et c'est ce qui explique son succès dans tous les pays qui y ont eu recours.

La déferrisation est actuellement employée couramment en Allemagne, en Autriche, en Hollande, au Danemark, en Angleterre et aux États-Unis; en Belgique, les premières installations ont donné de brillants résultats (distribution de Turnhout, Bains anversois, Hôpital civil de Gand, etc.). Il en est de même en Italie et dans la principauté de Monaco. Mais c'est dans la plaine allemande que le traitement des eaux ferrugineuses a pris une extension particulièrement remarquable; il y fournit la preuve du succès de la déferrisation. Près de cent villes ont une distribution d'eau communale utilisant l'eau souterraine déferrisée; l'agglomération berlinoise, à elle seule, déferrise près de 500 000 mètres cubes par jour, et on peut évaluer à près de 1 million de mètres cubes la quantité d'eau potable journalièrement déferrisée en Allemagne. La plupart des villes du Nord abandonnent peu à peu l'eau superficielle pour l'eau souterraine même ferrugineuse, et bon nombre de villes du Sud, telles que Nuremberg, Trèves, Wiesbaden, Hombourg v. d. H., Worms, etc., préfèrent l'eau souterraine, même ferrugineuse, des

alluvions à l'eau de surface et à l'eau suspecte de terrains fissurés. Tout aussi remarquable est la multiplication des petites usines de déferrisation d'eau potable, tant officielles que privées, pour les établissements et habitations qui ne peuvent se raccorder à une distribution générale à cause de leur éloignement ou ne veulent pas le faire pour des raisons d'économie. C'est ainsi qu'ont été établies des installations de déferrisation pour châteaux, fermes, fontaines publiques, bains, écoles, crèches, colonies agricoles, colonies de vacances, hôpitaux, sanatoriums, asiles d'aliénés, maisons de correction, gares, bureaux de douane, forteresses, camps militaires, parcs aérostatiques, etc.

En outre, les installations industrielles ne se comptent plus. On veut empêcher les dépôts dans les chaudières, éviter les taches de rouille dans les teintureries, les blanchisseries, les fabriques de papier, les usines travaillant la soie naturelle et artificielle, le coton. Enfin, il existe de nombreuses fabriques qui déferrisent l'eau destinée au travail des produits alimentaires, bière, eau minérale, malt, amidon, fécule de pomme de terre, fromage, margarine, biscuits.

En présence de ce magnifique développement de la déferrisation, on ne peut nier qu'elle soit entrée dans la pratique courante, applicable dans tous les cas et assurée d'avance malgré deux incidents de son histoire sur lesquels il est bon d'être renseigné.

Parmi les centaines d'installations existantes, il en est deux, en effet, où l'on a eu des difficultés sérieuses résultant de la présence, à côté du fer, d'une part, d'une grande quantité de manganèse, d'autre part, d'une forte teneur en matières humiques : je veux parler des installations de Breslau et de Turnhout. En ce qui concerne la première ville, il faut savoir que les recherches hydrologiques ont démontré que l'arrivée dans l'eau de Breslau de grandes quantités de fer et de manganèse a été déterminée par un pompage trop intensif, et que la faute ne peut en être attribuée à l'hygiéniste Fluegge, qui a proposé de remplacer l'eau de surface par l'eau souterraine, mais bien aux hydrologues chargés de l'exécution du projet ; que la déferrisation a été obtenue alors même que l'eau contenait une centaine de milligrammes de fer par litre (mgr Fe/L) et que seul le manganèse n'était que partiellement retenu ; que jamais l'usine n'a complètement cessé de fonctionner, mais qu'on a continué à traiter avec succès 12 000-16 000 mètres cubes par jour ; que les puits les plus manganésifères n'ont été mis que provisoirement hors d'usage et qu'une petite installation d'essai a montré qu'on pouvait démantaniser à peu de frais l'eau de Breslau, en la traitant par un lait de chaux et en la filtrant

sur les zéolithes de Harm. Voilà l'histoire de ce qui s'est passé à Breslau, rapportée par quelqu'un qui a été sur place et qui a vu ; j'espère qu'elle détruira la légende et les exagérations que se plaisent à entretenir ceux qui préconisent le traitement coûteux et aléatoire des eaux de surface et l'usage des eaux des terrains fissurés, qui leur sont assimilables.

Pour ce qui concerne la distribution de Turnhout, au début de l'exploitation le système Piefke n'a donné qu'une déferrisation incomplète, mais la situation originelle s'est complètement modifiée depuis un an et demi. En juillet 1907, des expériences ont démontré que si l'eau de Turnhout résistait au traitement physique ordinaire, c'était à cause de la présence, en quantité anormale, de matières humiques et de leur combinaison au fer, et qu'il suffisait d'ajouter un peu de coagulant avant filtration pour s'en débarrasser. C'est ce qui fut fait, et, dès novembre 1907, le chimiste Daels put s'assurer que la déferrisation était devenue parfaite et le déclara dans un rapport au Ministère de l'Agriculture, qui fut publié en janvier 1908. Depuis lors, l'installation a été l'objet d'un contrôle régulier qui a fait constater l'excellence des résultats obtenus.

On ne peut donc plus tabler sur Breslau et Turnhout pour mettre en doute l'efficacité de la déferrisation ; au contraire, ces deux cas resteront un titre de gloire pour la chimie appliquée aux eaux potables ; on peut dire que la déferrisation a réussi dans les cas particuliers les plus difficiles et qu'il n'y a plus de raison pour douter d'elle à l'avenir.

D'autres événements aussi récents que ceux de Breslau et de Turnhout viennent encore confirmer la possibilité d'enlever des eaux le manganèse et les matières humiques au même titre que le fer. En 1906, la ville de Stettin a vu brusquement apparaître le manganèse dans l'eau souterraine qu'elle utilisait à l'état brut ; il a suffi d'aérer et de filtrer sur sable pour supprimer complètement les boues noires manganésifères ; ce beau résultat s'est maintenu depuis près de trois ans. Plus récemment encore, les recherches de l'Institut d'hygiène de Posen ont montré quel parti on pouvait tirer des eaux humiques que la ville venait de découvrir par un forage dans le Tertiaire ; il a suffi d'y mélanger de l'eau ferrugineuse des alluvions pour précipiter la matière brune et le fer, et d'enlever par filtrage au sable le précipité formé. Telles sont les bases du traitement des eaux humiques qui vient d'être appliqué en grand à Posen, suivant les vues du professeur Wernicke.

En résumé, si l'on prend en considération toutes les éventualités qui peuvent se présenter, on doit reconnaître que l'emploi des eaux souterraines pour l'alimentation ne rencontre pas un seul obstacle attribuable à la présence du fer ou du manganèse et des matières humiques.

En ce qui concerne particulièrement les eaux de la Campine, les nombreuses analyses d'un des puits, surtout celles qui ont été faites par l'Institut de bactériologie de la province d'Anvers, ainsi que les nombreux points où l'on a observé des dépôts ferrugineux naturels (ocres) à l'émergence de la nappe souterraine, montrent à l'évidence combien les eaux ferrugineuses se rencontrent fréquemment dans cette région, mais on avouera que les conditions exceptionnelles que je signalais tout à l'heure, c'est-à-dire la présence de beaucoup de manganèse et de beaucoup de matières humiques, n'ont guère de chance de se réaliser. Le manganèse est surtout caractéristique dans certaines eaux d'alluvions. L'eau des plaines sablonneuses allemandes n'en renferme que des traces; de même les eaux des trente installations de déferrisation de Hollande n'en ont éprouvé aucun inconvénient. On peut espérer qu'il en sera de même en Belgique, surtout que la recherche du manganèse dans un grand nombre d'eaux belges n'a rien fait découvrir d'inquiétant, au contraire : le manganèse est absent (exemples : Overpelt et Moll), ou existe en quantité minime, ainsi dans les eaux ferrugineuses de Middelkerke, Gand, Esschen, Turnhout, Anvers, Diest, Diepenbeek, Tongres, Cheratte, Fexhe-Slins, Liège, Seraing, Stavelot, My, Athus; je n'en ai jamais observé de fortes quantités. On peut donc dire que la situation est, en Belgique, la même qu'en Allemagne et en Hollande : les eaux manganésifères sont l'exception. Qui plus est, les eaux provenant de vastes bancs sablonneux de Moll contiennent des quantités de fer tellement faibles qu'on peut même espérer se passer de la déferrisation. En ce qui concerne les matières humiques, elles n'existent qu'exceptionnellement en quantité suffisante pour qu'il soit nécessaire, comme à Turnhout, de recourir aux coagulants. Voyez toutes les installations allemandes qui se passent de procédés chimiques. En Belgique même, j'ai pu étudier des eaux ferrugineuses des provenances les plus différentes, de Middelkerke, Heyst, Gand, Anvers, Esschen, Moll, Diest, Tongres, Rosoux, Waremme, Cheratte, Liège, Seraing, Kinkempois, la Rochette, Olne, Stavelot, My, Athus, etc., et j'ai pu constater qu'aucune d'elles ne se rattache au type de l'eau de la distribution de Turnhout.

En résumé, les eaux souterraines de la Campine seront souvent

ferrugineuses, exceptionnellement manganésifères et humiques, et dans tous les cas on pourra les épurer complètement, même si l'on rencontre des cas aussi exceptionnels que ceux qui se sont produits à Stettin et à Breslau, à Posen et à Turnhout.

Le problème de la déferrisation, de la démanganisation et de la déshumification, spécialement des eaux de la Campine, est donc résolu d'avance. Ce n'est pas la présence du fer, du manganèse et de matières humiques qui empêchera d'utiliser des eaux souterraines partout où elles se présenteront en quantité suffisante.

Il nous reste encore à faire tomber quelques objections formulées par certains contre la déferrisation.

On a affirmé que la grande variabilité des eaux souterraines suscitera des difficultés. Or, en Allemagne, en Hollande, en Belgique, il n'y a pas deux installations qui traitent la même eau. Qui plus est, dans une même installation, la teneur en fer (et en électrolytes : manganèse, matières humiques, chaux, etc.) varie d'un puits à l'autre et d'un jour à l'autre pour un même puits. Cette variabilité de la teneur en fer, un des caractères essentiels des eaux ferrugineuses, n'entraîne aucun inconvénient. Il suffira de signaler qu'à Braunschweig (Brunswick), où le taux du fer varie actuellement d'un puits à l'autre dans le rapport de 1 à 200 (0.3 à 60 mgr. Fe/L) et où la teneur moyenne en fer de l'eau brute a varié en six ans dans le rapport de 1 à 22 (0.2 à 4.5 mgr. Fe/L), la même installation a toujours réalisé la déferrisation complète de 12 000 mètres cubes par jour. J'ajouterai que dans cette installation les variations ont atteint les électrolytes autres que le fer, et que la déferrisation ne s'en est pas ressentie. Il n'y a donc pas de difficulté de ce côté-là.

On a vu aussi dans la multiplicité des procédés de déferrisation une preuve de leur inefficacité. Celui qui s'est occupé de la déferrisation y voit une preuve des perfectionnements progressifs apportés à l'application des principes fondamentaux de la déferrisation : aération et filtration, décantation et coagulation.

On a cru encore que toutes les installations de déferrisation nécessitent de laborieux travaux scientifiques, très spéciaux et très élaborés. Mais nous avons en Belgique un exemple qui détruit la portée générale de cette affirmation.

Aux Bains anversois, le directeur, M. le Dr Descamps, a établi lui-même sur les principes allemands, sans recherches spéciales préalables, il y a déjà huit ans, une installation de déferrisation pour 100 mètres cubes par jour qui a enlevé par aération et filtration plus

de 99 % du taux du fer. Je dois signaler, d'autre part, qu'en Allemagne et en Hollande nombre de petites installations remplissant parfaitement leur but ont été créées en dehors de toute intervention d'une institution scientifique. D'ailleurs, quel mal y aurait-il, surtout pour les grandes installations, à consulter les hygiénistes sur les moyens les plus pratiques et les plus économiques applicables à la déferrisation d'une eau déterminée? Les hygiénistes ne restent-ils pas dans leur rôle quand ils donnent des conseils pratiques basés non pas seulement sur l'expérience acquise par d'autres, mais sur des recherches personnelles portant sur les eaux qu'il s'agit de traiter?

On se demande aussi quel argument contre la déferrisation on veut tirer des tâtonnements par lesquels elle a passé. Mais quel est donc l'édifice scientifique qui s'est élevé du jour au lendemain? Quelle est donc la branche de l'activité humaine qui prétend pouvoir se passer de perfectionnements incessants? Puis, au point de vue pratique, ce qui importe, ce n'est pas le passé, c'est le présent : aujourd'hui on n'hésite plus. Moi-même, j'ai revécu dans le laboratoire toute l'histoire de la déferrisation.

Au début, j'ai tâtonné, mais actuellement je suis orienté; je sais qu'il suffit d'établir la courbe de la déferrisation naturelle, de faire un essai de filtrage du sable et, éventuellement, un essai aux coagulants pour pouvoir résoudre n'importe quel problème de déferrisation.

En somme, je ne puis pas, avec M. van den Broeck, me rallier à une expression de M. Kemna et croire avec lui que la déferrisation est « une mode régnant parmi les hygiénistes théoriciens allemands » (1). La mode, c'est quelque chose qui passe, et l'on viendrait appliquer ce mot à la déferrisation qui se développe depuis quarante ans en Allemagne! Depuis vingt ans, tous les hygiénistes allemands indistinctement ont basé sur elle la campagne qu'ils mènent contre les eaux de surface et celles qui leur sont assimilables, et, à moins que les mots n'aient changé de sens, on serait bien mal venu d'appeler théoriciens des hygiénistes comme le professeur Dunbar, de Hambourg, qui, en 1892, combattit le choléra en cette ville en créant quinze installations de déferrisation et qui, dans les années suivantes, fit placer par dizaines, aux frais de l'Institut d'hygiène de Hambourg, des appareils de déferrisation dans les maisons de campagne où l'on ne pouvait disposer que

(1) AD. KEMNA, *Sur le fer et le manganèse dans les eaux de Breslau.* (BULL. SOC. DE GÉOL., t. XX, *Pr.-verb.*, pp. 138-139.)

d'eau ferrugineuse et qui, depuis plusieurs années, a préconisé et réalisé en partie le remplacement des eaux de rivière filtrées de Hambourg par les eaux souterraines ferrugineuses. Théoriciens, les hygiénistes comme le professeur Fischer qui fit construire, en 1901, l'installation de déferrisation de Kiel, un modèle; comme le professeur Hoffmann, sur les conseils duquel on alla, dès 1880, à l'eau souterraine pour la distribution de Leipzig, où l'on établit, en 1897, une installation de déferrisation pour 50 000 mètres cubes par jour; comme le professeur Proskauer, de Berlin, dont les travaux des vingt dernières années contribuèrent pour une large part à faire entrer la déferrisation dans la pratique courante!

Théoriciens, les ingénieurs municipaux ou privés, tels que Salbach, qui déferrisait à Halle dès 1868; tel que Anklam, qui proposait la déferrisation pour Berlin dès 1888, et qui se trouve aujourd'hui à la tête de l'installation de Muegglesee où l'on déferrise 150 000 mètres cubes par jour; tels que Thiem dont les installations allemandes ne se comptent plus et dont le projet d'alimentation en eau souterraine ferrugineuse de l'agglomération de Prague (120 000 mètres cubes par jour) vient d'être admis en entier, en dépit des incidents de Breslau exploités par ceux qui voulaient filtrer l'eau de la Moldau, malgré l'opposition que les Tchèques fanatiques firent au projet présenté par un Allemand!

Théoriciens, les Oesten, les Piefke et tant d'autres qui ont établi des installations par dizaines!

Non, Messieurs, la déferrisation ce n'est pas de la théorie, c'est de la pratique de tous les jours, non seulement pour l'Allemagne, mais pour l'Europe, et non seulement pour l'ancien, mais aussi pour le nouveau monde.

Non, Messieurs, la déferrisation ce n'est pas un rêve qui se réalisera peut-être un jour, c'est la réalité d'aujourd'hui, et ceux qui ne le reconnaissent pas, ce sont ceux qui ignorent ou qui veulent ignorer.

L'auteur avait apporté à l'appui de sa communication les matériaux de démonstration ci-dessous :

Eaux ferrugineuses.

BELGIQUE.

- | | |
|---------------------------------------|--|
| 1. Distribution de Turnhout. . . | Eau brute; eau aérée; eau filtrée; sable du filtre; incrustation de chaudière. |
| 2. Puits des Bains anversois. . . | Eau brute; eau filtrée. |
| 3. Puits de l'Hôpital civil, à Gand . | Eau brute; eau filtrée; coke de l'aérateur; sable et boue du filtre. |

- | | |
|--------------------------------------|----------------------|
| 4. Puits Monard, à Cheratte | Eau brute. |
| 5. Source Sauvenière, à Spa | Eau brute. |
| 6. Distribution de Diest | Dépôt d'une citerne. |
| 7. Distribution de Seraing | Boue du filtre. |

ALLEMAGNE.

- | | |
|---|--|
| 8. Distribution de Breslau | Eau brute; eau filtrée; sable et boue du filtre. |
| 9. Distribution de Lueneburg | Dépôt des conduites. |
| 10. Distribution de M. Gladbach | Gravier du filtre. |
| 11. Distribution de Trèves | Gravier et lave des filtres. |
| 12. Distribution de Hanovre | Boue des filtres. |

Eaux manganésifères.

ALLEMAGNE.

- | | |
|---------------------------------------|---|
| 13. Distribution de Stettin | Eau filtrée; gravier et boue des filtres. |
|---------------------------------------|---|

BOHÈME.

- | | |
|---------------------------------------|---|
| 14. Distribution de Smichov | Eau brute; boue de la canalisation; incrustations des chaudières. |
|---------------------------------------|---|

Discussion.

M. VAN DEN BROECK remercie M. Schwers d'avoir contribué à l'éclairer sur le problème complexe de la déferrisation, qu'il n'avait d'ailleurs soulevé que de façon incidente.

Néanmoins, il n'a pas tous ses apaisements, quant au traitement des eaux contenant du fer en combinaisons humiques, surtout quand celles-ci se présentent en quantité variable.

Plusieurs membres, dont MM. Schwers, Gérard, etc., prennent part à la discussion, mais le Secrétaire général rappelle qu'il est préférable de la différer à la prochaine séance, se conformant à la récente décision du Bureau.

La séance est levée à 25 h. 55.

ANNEXE AU PROCÈS-VERBAL.

COMPTE RENDU BIBLIOGRAPHIQUE

F. DIÉNERT. — Hydrologie agricole.

Ce livre, qui a paru dans le courant de 1907, fait partie de la collection de l'*Encyclopédie agricole française*. Comme le dit le D^r Paul Regnard, dans une introduction à ce livre, l'idée directrice de l'œuvre de l'encyclopédie agricole a été d'extraire de l'enseignement supérieur agricole la partie immédiatement utilisable pour l'exploitation du domaine rural et faire connaître du même coup les données scientifiques définitivement acquises sur lesquelles la pratique actuelle est basée.

L'auteur divise son travail en cinq parties. La première partie traite de l'origine et de la circulation des eaux souterraines. Dans les deux premiers chapitres, l'auteur commence par donner quelques généralités sur l'utilité de l'eau, sur le sol au point de vue géologique et sur la manière de lire et de tirer parti de la Carte géologique française. Le troisième chapitre est consacré à l'origine des eaux souterraines; l'auteur y étudie successivement les causes de la pluie, la répartition des eaux de pluie dans un sol sableux ou sur différents sols, l'alimentation des nappes souterraines par les eaux de condensation de l'air atmosphérique et les eaux d'origine géologique. Il termine ce chapitre en concluant qu'il est suffisamment prouvé que la pluie est le facteur le plus important de l'alimentation des nappes.

Dans son quatrième chapitre, il traite de la circulation des eaux souterraines, il définit la composition des couches imperméables et perméables et explique la circulation des eaux dans les terrains perméables en petit, en s'aidant de plusieurs schémas très instructifs. Parmi ces schémas, nous avons remarqué à la page 64 une coupe ver-

ticale dans la forêt de Soignes; l'auteur, dans son texte page 63, nous dit que, dans cette forêt, on trouve des lentilles argileuses au milieu des sables bruxelliens, et qui retiennent les eaux.

Nous ne connaissons aucun phénomène semblable dans les sables de cet étage, mais cette disposition se présente dans les sables yprésiens en beaucoup d'endroits, notamment sous la ville de Bruxelles.

Nous pensons que l'auteur a dû confondre ces deux étages.

D'autre part, dans ce même chapitre, l'auteur donne une classification des sables par degré de finesse en commençant par les plus fins : sables de Fontainebleau, sables landeniens, sables yprésiens, etc.

Nous faisons observer qu'en Belgique les sables yprésiens sont beaucoup plus fins que les sables landeniens et doivent les précéder dans ce tableau. Nous ne connaissons pas de sable plus fin que le sable yprésien (*Yd* de la légende de la Carte géologique belge).

L'auteur continue par l'examen des sols perméables en grand ; ce sujet est illustré de diverses vues et schémas très intéressants représentant l'allure des eaux dans les terrains fissurés, calcaires, grottes, etc.

Dans le chapitre V, l'auteur parle de la formation des sources dans les terrains perméables en grand ; il explique également le fonctionnement des sources intermittentes.

Le chapitre VI traite des nappes ; après avoir examiné les nappes artésiennes, l'auteur passe en revue quelques types de nappes aquifères dans les différents terrains géologiques ; pour les terrains quaternaires, il examine les nappes de l'Allemagne du Nord ; pour les terrains tertiaires et secondaires supérieurs, les nappes du Nord de la France ; pour les terrains secondaires, les nappes du département de Meurthe-et-Moselle et, pour les terrains primaires, les nappes de l'Ardenne.

Dans la deuxième partie de son ouvrage, l'auteur traite de l'hydrologie spéciale. La quantité d'eau qu'une source ou un puits peut donner dépend beaucoup de l'étendue du bassin d'alimentation ; aussi l'auteur commence par examiner le moyen de déterminer le périmètre d'alimentation dans les terrains perméables en petit et en grand. Il accorde un chapitre spécial à la détermination du périmètre d'alimentation par l'emploi des matières solubles et en suspension ; en quelques pages, il donne la manière pratique de se servir de diverses solutions préconisées. C'est un des rares livres qui traitent pratiquement de ce sujet qui joue cependant de nos jours un rôle très grand dans l'art hydrologique.

La température et le débit des sources peuvent également déterminer un périmètre d'alimentation ; aussi l'auteur s'étend-il assez longuement sur ces deux derniers éléments.

Dans cette deuxième partie, l'auteur consacre son sixième chapitre aux recherches d'eaux.

Il examine d'abord les signes extérieurs, tels que les bruits et bruissements, fonte plus rapide des neiges, les buées matinales, végétation des terrains humides, formes des couches souterraines voisines de la surface du sol, l'aspect de la flore des terrains perméables et imperméables qui permettent de connaître les endroits où se produisent les affleurements.

Le chapitre VII est un des plus importants de la deuxième partie; il traite, en effet, du rôle des caractères géologiques dans les recherches d'eau; l'auteur envisage huit cas différents dans la disposition des terrains géologiques, il étudie chacun de ces cas en particulier et montre, avec des exemples à l'appui, la manière pratique de rechercher l'eau dans chacun d'eux.

Nous rencontrons un passage très captivant dans ce livre et qui devrait être noté par tous les agriculteurs: l'auteur nous dit que toutes les méthodes exposées par lui dans ce chapitre ne sont qu'approximatives, elles sont surtout basées sur les résultats des études hydrologiques et sur les idées que nous nous faisons sur la circulation souterraine. Elles sont plus naturelles et scientifiques que les plus belles promesses de certains empiriques qui promettent beaucoup d'eau, se font payer très cher et disparaissent avant que leurs dupes se soient aperçues de l'abus de confiance dont elles venaient d'être victimes. Quand un de ces prétendus hydrologues vient affirmer qu'en un point déterminé et très restreint on trouvera un courant souterrain, on peut être convaincu qu'il avance des conclusions incertaines.

Nous avons eu l'occasion, dit l'auteur, de constater les effets de telles consultations; il est bon de mettre en garde les agriculteurs contre de pareils fléaux.

L'auteur examine aussi longuement l'influence des forêts sur la nappe aquifère.

Passons maintenant à la troisième partie de l'ouvrage, qui traite de la qualité des eaux, un des points les plus essentiels pour l'hygiène des hommes et des animaux.

L'auteur examine dans cette partie les propriétés physiques d'une eau, la manière d'estimer la nature des eaux qu'on peut trouver dans différents terrains, la recherche des contaminations pouvant atteindre les eaux qu'on se propose de capter et celles déjà captées, les procédés pour rendre la potabilité à l'eau d'un puits.

Il s'étend longuement sur l'épuration naturelle des eaux par les

actions physiques (filtration, action solaire, la radio-activité, la décantation, l'agitation), les actions chimiques (oxygène et ozone) et l'action biologique.

Dans la quatrième partie de son ouvrage, l'auteur traite du captage des eaux; il examine d'abord celui des eaux superficielles par des citernes et réservoirs, il donne d'utiles indications pour le calcul des dimensions à donner aux citernes et pour l'épuration des eaux qui y coulent.

Il examine ensuite les différents moyens de capter les eaux souterraines ainsi que le renforcement des débits dans le cas d'insuffisance de l'eau.

Dans la cinquième et dernière partie de son ouvrage, il traite de la stérilisation et de l'amélioration des eaux potables, il fait une étude intéressante de divers systèmes de filtrage, de purification chimique et d'amélioration des qualités physiques d'une eau. Il termine son ouvrage en donnant un aperçu de quelques moyens pratiques pour effectuer l'épuration des eaux usées.

A la lecture de ce livre, nous avons pu nous rendre compte qu'il envisage d'une façon détaillée les différents problèmes qui se présentent dans la science hydrologique, et nous ne doutons pas qu'il sera d'une grande utilité pour tous ceux qui pratiquent l'agriculture et l'hydrologie; il a l'avantage de réunir sous un petit volume toutes les données essentielles que doit posséder tout hydrologue. Nous pourrions ajouter que l'auteur a comblé d'une façon heureuse et inespérée une grande lacune des bibliothèques agricoles et hydrologiques.

Nous ne voulons point terminer ce compte rendu sommaire sans faire remarquer que la publication d'un erratum s'imposait; nous avons pu relever un grand nombre d'incorrections, surtout en ce qui concerne les chiffres et les noms de diverses personnes et localités. C'est une lacune regrettable surtout quand le livre est destiné, comme celui-ci, à être mis entre les mains d'étudiants.

F. HALET.
