

SÉANCE MENSUELLE SUPPLÉMENTAIRE
DU 30 JUIN 1903.

Présidence de M. A. Rutot, Vice-Président.

La séance est ouverte à 8 h. 40.

En ouvrant la séance, M. le *Président* fait part à la Société du décès de M. le *comte Charles d'Ursel*, gouverneur de la Flandre occidentale, et de celui de M. *C.-T. Moulan*, l'ingénieur hydrologue bien connu, tous deux membres effectifs de la Société. (*Condoléances.*)

Correspondance :

M. le *Général Gallieni*, commandant en chef du corps d'occupation et Gouverneur général de Madagascar, envoie, pour la bibliothèque de la Société un exemplaire du très intéressant *Guide-Annuaire de Madagascar pour 1903*, qui résume, dans une mise à jour particulièrement étudiée, la situation actuelle de la colonie au point de vue géographique, ethnologique, agricole, commercial et industriel. (*Remerciements.*)

M. *Imbeaux* fait connaître en détail les expériences à la fluorescéine qu'il a faites à l'occasion de la galerie captante que l'on établit sur le massif bajocien de la forêt de Haye et dont il avait été question à la séance du 16 juin.

M. *Gollièz* a fait parvenir une note sur ses recherches relativement à la coloration des eaux souterraines. Il en sera donné lecture ultérieurement.

La *Société de Géographie d'Anvers* et le *Cercle africain de Bruxelles*, d'accord avec la *Société belge des ingénieurs et des industriels*, demandent

le concours de la Société pour la défense de l'œuvre du Congo contre les accusations dont elle est l'objet à l'étranger.

M. *Kilian* annonce, dans une lettre reproduite en annexe à la séance, l'heureuse remise en marche des appareils sismologiques de l'Université de Grenoble.

Dons et envois reçus :

1° De la part des auteurs :

4159. ... *Guide-Annuaire de Madagascar et dépendances. Année 1903.* Tananarive, 1903. Volume in-8° de 846 pages, 2 portraits, 3 planches et 16 photographies.
4160. ... *Observations météorologiques faites au Champ-de-l'Air. Tableaux mensuels.* Année 1902.
4161. *Casse, A. Les sables bouillants. Méthodes nouvelles de constructions dans les terrains aquifères.* Bruxelles, 1903. Extrait in-8° de 52 pages.
4162. *Cayeux, L. Notes préliminaires : 1° Existence du Crétacé inférieur en Argolide (Grèce). 3 pages. — 2° Existence du Jurassique supérieur et de l'Infracrétacé dans l'île de Crète. 3 pages. — 3° Phénomènes de charriage dans la Méditerranée orientale. 3 pages. — 4° Les éruptions d'âge secondaire dans l'île de Crète. 3 pages.* Paris, 1903. Extraits in-4°.
4163. *Cayeux, L. Sur la composition et l'âge des terrains métamorphiques de la Crète.* Paris, 1902. Extrait in-4° de 3 pages.
— *Sur les rapports tectoniques entre la Grèce et la Crète occidentale.* Paris, 1902. Extrait in-4° de 3 pages.
4164. *Cayeux, L., et Ardaillon, Ed. Preuve de l'existence du Trias en Grèce. Position stratigraphique du calcaire du Cheli.* Paris, 1901. Extrait in-4° de 3 pages.
4165. *d'Andrimont, R. Étude hydrologique du Littoral belge envisagé au point de vue de l'alimentation en eau potable.* Liège, 1901. Extrait in-4° de 41 pages et 15 figures.
4166. *Matthew, C. F. On batrachian and other footprints from the coal measures of Joggins, N. S. New-Brunswick, 1903.* Extrait in-8° de 6 pages et 1 planche.
4167. *Matthew, C. F. Report on the Cambrian Rocks of Cape Breton.* Ottawa, 1903. Extrait in-8° de 246 pages et 18 planches.

2° Extraits des publications de la Société :

4168. ... *Bulletins bibliographiques des séances des 20 janvier, 10 février, 17 mars et 24 avril 1903*. Procès-verbaux de 1903. 43 pages.
4169. de Brouwer, M. *Le puits artésien des Aciéries de Terneuzen, d'après les documents laissés par feu le capitaine Em. Delvaux*. Procès-verbaux de 1903. 8 pages.
4170. Dollfus, G.-F., et Dautzenberg, Ph. *Conchyliologie du Miocène moyen du bassin de la Loire. Première partie : Description des gisements fossilifères. Pélécytopodes*. Procès-verbaux de 1903. (Bulletin bibliographique, par G. Engerrand.) 5 pages.
4171. Le Couppey de la Forest, M. *Choix de l'emplacement des cimetières. Exemple des services que peuvent rendre la géologie et l'hydrologie. (Commune d'Asquins, Yonne.)* Procès-verbaux de 1903. 7 pages et 2 planches.
4172. Leriche, M. *Les poissons du Paléocène belge*. Procès-verbaux de 1903. 2 planches.
4173. Rutot, A. *Esquisse d'une comparaison des couches pliocènes et quaternaires de la Belgique avec celles du Sud-Est de l'Angleterre*. Mémoires de 1903. 55 pages et 1 tableau.
4174. Simoens, G. *Observations au sujet de la note de MM. Lejeune et de Brouwer sur le Houiller de la Campine*. Procès-verbaux de 1903. 4 pages.

Communications du Conseil :

Le Conseil a examiné la demande adressée à la Société par le *Comité de l'enquête sur les phénomènes géophysiques de l'année 1902* et tendant à ce qu'une demande spéciale de subside extraordinaire soit adressée au Gouvernement pour pouvoir poursuivre et mener à bonne fin les travaux entrepris.

Étant donné l'arriéré qui existe dans les subsides que la Société doit recevoir de l'État, du chef de la fourniture de son *Bulletin*, subsides dont l'obtention reste douteuse, le Conseil a décidé, avec regret, de ne pouvoir accueillir pour le moment la demande qui lui était soumise et dont la réalisation serait de nature à compromettre la rentrée des subventions gouvernementales normales qui lui font défaut jusqu'ici, et sans lesquelles la situation financière de la Société risquerait d'être compromise.

Le Conseil, ensuite de ses délibérations, a chargé le Bureau de présenter la candidature de M. *de Montessus de Ballore* comme membre associé étranger de la Société.

M. de Montessus de Ballore est un savant des plus distingués, en même temps que l'auteur de nombreux et importants travaux sismologiques. Sa collaboration scientifique est, de plus, acquise au *Bulletin*.

L'assemblée ratifie cette présentation, et il sera définitivement statué sur cette nomination lors de l'assemblée générale de fin d'année.

M. *Fievez* propose de charger M. *Eug. Lagrange* de représenter officiellement la Société au *Congrès international de sismologie* qui se tiendra à Strasbourg en juillet prochain. — Adopté à l'unanimité.

Présentation et élection de nouveaux membres effectifs :

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

MM. MOREAU, ingénieur en chef du service technique provincial, rue des Douze-Apôtres, à Bruxelles;

VAN WEYENBERG, ALPHONSE, capitaine commandant du génie, boulevard Charles Sainctelette, à Mons.

Communications :

M. *Kemna* fait la communication suivante :

Le Congrès des ingénieurs de gaz et d'eau allemands à Zurich (23 au 26 juin 1903).

Le programme de la XLIII^e session annonçait une communication sur la purification des eaux par l'ozone. M. le Dr G. Erlwein, chimiste en chef de la firme Siemens et Halske, s'était chargé de traiter la question. On sait que des procédés assez nombreux mis en avant ces dernières années pour cet emploi spécial de l'ozone, un seul avait été l'objet d'une application réelle : une installation a été faite il y a quelques années à Blankenberghe, près d'Ostende, d'après le système Tindal ; elle n'a marché que quelques mois et n'est plus utilisée. Depuis un peu plus d'un an, il a été fait par Siemens et Halske deux installations en Allemagne : Wiesbaden et Paderborn. Elles ont déjà fait

l'objet de plusieurs communications de M. le Dr Erlwein, et nous avons rendu compte ici même de l'une de ses brochures. Il était donc hautement intéressant de savoir, de la bouche autorisée du chimiste responsable, les dernières nouvelles.

M. Erlwein a limité son sujet à la partie descriptive des installations et à l'action sur les microbes pathogènes; il a laissé de côté la question de la purification chimique.

Beaucoup d'ingénieurs et d'hygiénistes font une objection de principe à tout traitement chimique de l'eau : les réactifs employés demandent à être soigneusement dosés. Pour adoucir les eaux calcaires par la chaux (procédé de Clark), — pour décolorer les eaux tourbeuses par le sulfate d'alumine ou le chlorure ferrique, — pour détruire les matières organiques par le permanganate de potasse (comme on l'a essayé à Alexandrie, en Égypte), par le peroxyde de chlore (Bergé, Ostende), par le chlorure ferrique et le chlorure de chaux (procédé Duyck), il faut ajouter assez de la substance pour produire l'effet voulu. Une économie dans l'emploi se traduit en somme par un gaspillage, car la quantité trop minime est alors employée pratiquement en pure perte. De même, il faut éviter d'employer trop, car non seulement la dépense est inutile, mais cet excès peut être fort nuisible quand il s'agit de substances aussi actives que la chaux, l'acide sulfurique ou le chlore. Voilà pourquoi M. Bergé détruisait le chlore remanant par un filtrage à travers du coke, et il est probable que la même précaution s'imposera éventuellement au procédé Duyck.

L'opération du dosage se complique, avec les eaux superficielles, par la nécessité de suivre les variations parfois fort étendues de leur composition. M. le Prof Max Lohest, de Liège, a signalé comme un des inconvénients du filtrage au sable, la nécessité d'un contrôle scientifique permanent, trop coûteux pour les petites localités; or, ce sont surtout ces localités qui sont visées par les exploitants de ces procédés chimiques d'épuration, où fort souvent un contrôle serait nécessaire.

L'ozone présente le très grand avantage qu'un excès ne peut nuire; la combinaison se dissocie spontanément et il ne reste plus que de l'oxygène dissous, ce qui est loin d'être un inconvénient. Mais il y a toujours la possibilité d'une quantité trop faible, par un manquement quelconque au fonctionnement des appareils électriques, assez délicats; et la fausse sécurité pourrait devenir un véritable danger. C'est ce que l'on a fait ressortir il y a quelques années au Congrès de Cassel. Cette discussion semble avoir porté ses fruits, car les deux installations de Wiesbaden et de Paderborn comprennent des dispositifs pour signaler

immédiatement toute insuffisance du courant ozonisateur, pour écarter automatiquement les eaux passant par l'appareil défectueux.

Dans le système Tindal, il y avait une dessiccation préalable de l'air et un refroidissement des électrodes; le rendement en ozone était augmenté, mais ces accessoires compliquaient l'installation et augmentaient le coût. Il n'y avait rien de pareil dans les installations de Siemens et Halske. Mais Tindal ne semble pas avoir eu tout à fait tort, car M. Erlwein a reconnu que la dessiccation préalable de l'air est chose fort utile. On peut donc se demander si la simplicité primitive sera définitive.

La situation à Wiesbaden est la suivante : la ville est alimentée par des sources du Taunus, qui sont, paraît-il, d'excellente qualité, mais en quantité insuffisante. On a donc fait une deuxième canalisation pour de l'eau industrielle, « Nutzwasser » comme disent les Allemands; cette eau est prise au sous-sol par trois séries parallèles de puits le long d'un bras mort du Rhin, près de Schierstein; les variations de niveau du fleuve influent sur la composition chimique et bactériologique de l'eau de ces puits, décrite comme n'étant pas constamment à l'abri de tout reproche. Quelques-uns de ces puits paraissent défavorablement situés et susceptibles de contamination sérieuse.

Il s'est produit à Wiesbaden ce qui se produit un peu partout. Quand on a côte à côte, dans les rues, un tuyau avec peu d'eau, l'autre avec beaucoup, on se demande si on ne pourrait pas supplémenter le déficit de l'un avec le surplus de l'autre. Voilà comment on a songé à ozoniser.

L'installation doit avoir marché convenablement, car la Ville en a fait la réception le 1^{er} août 1902. Mais depuis lors, il y a eu un changement. L'eau du sous-sol est devenue ferrugineuse et l'ozone, précipitant le fer à l'état d'oxyde, la rendait brune et pratiquement inutilisable. Ce résultat aurait pu être prévu, et il est justé de dire que la firme Siemens et Halske avait pris ses précautions; elle s'était fait délivrer une analyse chimique de l'eau par la Ville, renseignant l'absence de fer, et elle avait stipulé que les inconvénients pouvant résulter de la présence de ce métal ne seraient pas à lui imputer. Néanmoins, elle aurait consenti à intervenir dans les frais d'une installation de filtrage, si la Ville n'avait émis des prétentions que la firme a considérées comme exagérées.

Depuis environ la mi-mai 1903, l'installation d'ozonisation ne fonctionne plus, et pour autant que j'interprète bien des renseignements qui m'ont été fournis, l'eau des puits est pourtant employée pour par-

faire le déficit d'eau de source ; mais la qualité de l'eau fournie par les puits doit s'être notablement améliorée, tellement qu'une épuration ultérieure par l'ozone est devenue inutile. Cette mise hors de service sera-t-elle permanente, ou est-elle simplement temporaire, rendue possible par la bonne qualité actuelle des eaux ? En tout cas, les affaires de Wiesbaden sont en des mains compétentes. M. Halbertsma, qui dirige les services techniques depuis environ un an, connaît trop bien la question des eaux et est trop prudent pour risquer quelque chose.

Ainsi, des deux installations en Allemagne, il n'y en a, pour le moment, plus qu'une seule en fonctionnement ; mais il importait de bien préciser que l'installation en repos a cessé de travailler, non à cause de l'inefficacité du système, mais à cause de son inutilité dans des conditions locales spéciales. Voilà pourquoi l'historique de Wiesbaden a été donné avec quelque détail.

Les premiers essais pratiques d'ozonisation remontent déjà au delà de douze ans, dans la première phase des idées microbiennes du grand public, alors que microbe était, pour beaucoup de bonnes gens, synonyme de mort imminente. Des hygiénistes en chambre réclamaient tout simplement la stérilité universelle, obligatoire, malheureusement non gratuite ; superbement, du reste, ils se refusaient à mêler à une question supérieure d'hygiène, cette vulgaire question de gros sous. Les ozoniseurs ont parfois quelque peu exploité ces préventions ; eux aussi prênaient la stérilité absolue et se faisaient fort de la réaliser. M. Vosmaer, qui travaille avec de l'ozone à Schiedam et à Nieuwer-sluis (Hollande), s'est entendu rappeler ses anciennes opinions à propos d'une conférence, donnée le 12 septembre 1902, au Congrès de La Haye des ingénieurs d'eau néerlandais, où il avait fait ressortir l'exagération de demander la destruction de tous les microbes, même les non pathogènes. Le président, M. Vogel (Rotterdam), a fait remarquer que deux ans auparavant, à Haarlem, M. Vosmaer avait parlé tout autrement ; si la question a changé d'aspect, c'est uniquement parce que les ozoniseurs sont devenus plus modestes dans leurs exigences comme hygiénistes et dans leurs promesses comme techniciens, tout juste dans la mesure où la pratique a montré la limitation du pouvoir bactéricide de l'ozone. M. Vosmaer a franchement reconnu qu'il avait varié ; il était un nouveau converti, et ce sont les travaux de Ohlmüller et Prall avec les appareils Siemens qui lui ont montré son chemin de Damas. En Allemagne, du reste, ces exagérations théoriques n'auraient aucune chance de succès.

M. Erlwein, dans sa communication au Congrès de Zurich, n'a même

pas mentionné la stérilisation absolue et s'est borné à citer les expériences démontrant la destruction certaine des espèces pathogènes : choléra, typhus et *coli*, disait un tableau sur lequel mes regards sont tombés de suite en entrant dans la salle. J'ai ressenti une grosse émotion. Tout récemment, Miquel avait déclaré le *coli* pathogène, et, dans mon compte rendu du troisième volume de Montsouris, je l'ai même quelque peu pris à partie pour cette affirmation tout au moins légère. Mais voici les Allemands, les graves Allemands, représentés par un *Herr Doctor* ayant spécialement étudié la question des microbes aquatiques, qui va parler devant des hommes du métier, et qui affirme la même chose. Serait-ce donc vrai ? Dans un rapide ressouvenir passaient devant mes yeux la ville de Zurich avec ses riantes villas, son lac ensoleillé, son cadre de montagnes, et comme Richelieu mourant, contemplant les splendeurs du Palais-Cardinal, je soupirais qu'il faudrait quitter tout cela, non point avec mon billet de retour par chemin de fer, mais dans un linceul, car demain je serais mort ; tous mes co-congrégistes également, qui causaient gaîment dans la salle et n'avaient pas l'air de se douter du sort qui les attendait. Et personne pour nous rendre les derniers devoirs, car l'humanité tout entière y passera ; on ira tous ensemble et ce sera fini. Car enfin, de combien de milliards de *coli* « pathogènes » ne sommes-nous pas, chacun de nous, l'immonde réceptacle ? Ce microbe constant et banal devrait être le tout dernier auquel on pût attribuer des propriétés pathogènes.

J'ai voulu en avoir le cœur net et j'ai, dans la discussion, fait part des tribulations de mon esprit ; j'ai demandé comment le *coli* en était arrivé à être inscrit comme pathogène. M. Erlwein m'a répondu qu'il n'en savait rien, que ce n'était pas son affaire à lui, chimiste, mais bien celle des bactériologistes, dont il s'était contenté de reproduire les bulletins d'analyse ; mais que M. Proskauer, qui avait conduit ces recherches, était présent et me fournirait des explications. M. Proskauer a commencé par déclarer que le *coli* était parfaitement inoffensif et que, pris au pied de la lettre, le tableau pouvait donner une idée inexacte. Pour expérimenter, on a travaillé avec du choléra et du typhus vrais, dans une petite installation ; puis on a utilisé une installation plus grande dont l'eau était employée pour tous les usages. Malgré la plus entière confiance dans l'efficacité de l'ozone, on n'a pourtant pas osé introduire dans l'eau brute des microbes pathogènes ; on a donc substitué au choléra un spirille analogue, mais inoffensif, et de même on a remplacé le typhus par du *coli*, sachant que si on détruit le dernier, on

pourra aussi détruire le premier, un peu moins robuste. Le *coli* doit donc, dans ce tableau, uniquement représenter du typhus.

J'avais bien présumé que telle devait être la raison. En remerciant M. Proskauer, j'ai bien précisé que ma demande d'explications avait uniquement pour but d'éviter tout malentendu ultérieur. Beaucoup de gens ont à s'occuper d'hygiène pratique, par exemple les administrations communales; on ne peut raisonnablement exiger d'elles une compétence absolue, égale à leur zèle; elles courraient le risque de comprendre de travers et de faire ainsi éventuellement beaucoup de mal. Les savants ne sauraient prendre trop de précautions pour être clairs.

Sauf l'exposé sommaire de quelques systèmes de filtration rapide pouvant se combiner avantageusement avec l'ozonisation, il n'y a pas eu d'autres observations sur la communication du D^r Erlwein. La question de coût, notamment, traitée par le conférencier, n'a donné lieu à aucune demande d'explications; elle est pourtant d'une importance majeure. Malheureusement, le temps a fait défaut. La séance qui devait être consacrée, d'après le programme, entièrement à l'hydrologie, a été prise en grande partie par des communications sur le gaz, qui avaient reflué de la veille.

La ville de Zurich est célèbre dans les annales de l'hygiène par l'épidémie de fièvre typhoïde qui, en mars 1884, a frappé en six semaines 2 % de la population. A cette époque, on avait un filtre établi dans le lac même et constamment noyé; l'eau filtrée était amenée aux pompes par un canal en ciment, placé dans le lit de la Limmat, qui traverse la ville. Des travaux de démolition d'anciens quais, pour lesquels on avait employé la dynamite, avaient fissuré ce canal; on trouvait que le filtre donnait un rendement excellent, mais on pompait tout simplement l'eau de la rivière.

La leçon n'a pas été perdue. La conduite en ciment a été remplacée par un tuyau de fonte et l'on a construit des filtres convenables, avec préfiltration ou dégrossissage. Avec une eau aussi claire que celle du lac, ce traitement paraît à première vue une superfétation. Ayant exprimé cette opinion à M. Peter, l'ingénieur, il a fait nettoyer un des filtres dégrossisseurs, marchant depuis vingt-quatre heures seulement; le courant d'eau a été renversé et une injection d'air a mis toute la masse en ébullition: c'était comme du café au lait; on n'aurait jamais cru que tant de matières en suspension pussent être contenues dans une eau aussi limpide.

Comme partout ailleurs, l'introduction d'un filtrage convenable a eu

pour résultat l'amélioration de l'état sanitaire et-tout spécialement une diminution notable de la fièvre typhoïde.

Le prochain congrès se tiendra à Hanovre. Pour 1905, il est question d'aller à Amsterdam ou à Anvers; en 1901, on a été à Vienne; en 1903, on était à Zurich; l'Allemagne du congrès déborde donc au delà des lignes fictives qui constituent les frontières politiques. J'ai du reste été frappé du nombre d'ingénieurs hollandais présents à Zurich, de leur facilité à parler l'allemand, tandis que le français leur est bien moins familier; ce n'est point la littérature, mais bien la science qui impose sa langue véhiculaire à l'esprit.

M. Harzé, après avoir remercié M. le *Secrétaire général* d'avoir bien voulu, vu son état de santé, mettre sa communication en tête de l'ordre du jour de la séance, s'exprime comme suit :

CONSIDÉRATIONS GÉOMÉTRIQUES ET AUTRES

SUR LE

BASSIN HOUILLER DU NORD DE LA BELGIQUE

PAR

ÉMILE HARZÉ

Directeur général honoraire des Mines.

PREMIÈRE PARTIE

M. Harzé rappelle que, dans une note datée du 17 février 1902 et publiée dans les *Annales de la Société géologique de Belgique*, il considérait le bassin houiller de la Campine comme constituant un golfe ou une rade, — ce sont ses propres expressions, — dont l'épaulement occidental se dessinait vers la ligne prolongée de Bruxelles-Malines.

Malgré des opinions contraires, M. Harzé penchait à croire à un relèvement de tout le Primaire vers cette ligne, sinon à une faille considérable dénivellant les diverses assises de toute la formation.

Sans abandonner définitivement sa première hypothèse, M. Harzé est aujourd'hui incliné à croire qu'à l'Est de ladite ligne s'est produite non une seule chute de terrains, mais plusieurs de plus en plus profondes. Celles-ci, limitées par des failles Sud-Nord, constituent ainsi une suite de larges paliers étagés les uns sur les autres. Cette conception, qui se relie à sa seconde hypothèse, est conforme à celle présentée par M. Kersten dans la séance du 16 décembre 1902.

Dans sa conférence du 7 mai 1902 à la Société des ingénieurs et des industriels de Belgique, M. Harzé produisit une carte hypothétique du relief du Primaire dans le Nord du pays à toute profondeur, carte basée sur celle tracée par M. Forir d'après l'étude des affleurements de cette formation et de sa rencontre par d'assez nombreux sondages forés à la recherche des eaux alimentaires.

M. L. Mercier, une personnalité éminente parmi les ingénieurs civils de France, qui assistait à la conférence, ayant demandé communication d'une réduction de la carte, s'en servit comme canevas pour porter les recherches, qui étaient concentrées dans le Limbourg, immédiatement au loin dans la province d'Anvers. Et après avoir consulté M. Harzé, il résolut de foncer trois sondages au voisinage de la ligne énigmatique, l'un à l'Est de Lierre, un autre à Santhoven et un troisième, encore plus au Nord, à Oostmalle.

Des terrains furent même acquis, puis se constitua la Société des Charbonnages du Nord de la Belgique, dont les capitaux sont en très grande partie belges.

Il est à remarquer que ces emplacements étaient à plus grande distance des recherches exécutées jusqu'alors en Campine que les premières de celles-ci se trouvaient éloignées des sondages forés dans le Limbourg hollandais et même en certains points du territoire prussien.

D'autre part, la même société fut la première à entreprendre, après le succès du sondage d'Asch, des recherches actives et fructueuses à distance notable de celui-ci vers la Meuse, où, d'après les idées exprimées et reçues, on appréhendait de grands accidents géologiques. Deux sondages furent établis un peu à l'Ouest du canal de Maestricht, l'un sur la commune de Lanklaer, l'autre sur celle d'Eysden. Ces sondages, placés sensiblement dans un même méridien, et dont par conséquent les résultats s'additionnent, ont traversé 803 mètres de stampes houillères, en faisant reconnaître vingt-six couches de 0^m,40 à 1^m,75 de puissance verticale en charbon. Ces couches représentent ensemble une hauteur globale de 17^m,58 de houille, indépendamment de quelques veinettes en dessous de 0^m,40.

Des trois sondages projetés au voisinage de la ligne prolongée de Bruxelles-Malines, celui de Santhoven, étant de position intermédiaire, fut commencé le premier. Il atteignit au commencement de décembre dernier le terrain houiller à la cote — 701. Poursuivi dans cette formation, il y pénétra de 157 mètres et reconnut deux couches de charbon présentant ensemble une puissance utile de 1^m,90.

Dès la mi-avril 1902, la Société avait commencé à Kessel sa

deuxième recherche; il y eut quelques hésitations sur l'emplacement définitif de cette dernière.

Les deux sondages de Beerigen et de Westerloo paraissaient avoir atteint le Houiller à une même profondeur, d'après des renseignements qui furent reconnus plus tard comme non absolument exacts. La droite passant par ces points, prolongée vers l'Ouest, passe un peu au Sud de la ville de Lierre. Aussi, en plaçant la nouvelle recherche à Kessel, à plus de 3 kilomètres au Nord de cette ligne, on comptait, malgré la déviation prévue du gisement houiller, mais vu la distance de la limite présumée de celui-ci au Sud de ces deux sondages directeurs, atteindre tout au moins les assises inférieures du bassin et réaliser ainsi le desideratum exprimé comme suit dans la notice du 10 juin 1902 de M. Harzé : « La recherche de la limite méridionale du nouveau bassin serait d'autant plus utile que c'est en approchant de cette ligne que l'on atteindra le Houiller à la moindre profondeur ... »

La prévision établie fut en partie déçue, en ce sens qu'à la cote — 615, on eut la conviction que la sonde avait pénétré dans le Calcaire carbonifère, non loin toutefois du bord du gisement houiller. Néanmoins, M. Mercier, appréciant avec raison qu'il y avait un grand intérêt scientifique à poursuivre le sondage, ne l'arrêta qu'à la profondeur de 704 mètres. On était entré dans une roche calcareuse gris-rouge, avec inclusions de pyrite cristallisée.

Certes, ces résultats n'étaient pas de nature à encourager la poursuite du sondage de Santhoven, qui avançait péniblement dans des roches extrêmement dures du Crétacique et d'où émergeait une abondante venue d'eau thermale, fortement salée, à émanations sulfureuses et à action laxative. Une analyse fut faite de cette eau.

Cependant, ayant remarqué que la moyenne des pentes des strates du Primaire rencontré à Kessel augmentait avec la profondeur, M. Harzé fut amené à émettre l'avis que le sondage foré en cette dernière localité avait probablement pénétré dans une ondulation convexe et qu'on pouvait ainsi espérer trouver à Santhoven plus de terrain houiller que la position de la recherche en cours d'exécution ne semblait l'indiquer.

Les résultats ultérieurs de cette dernière recherche vinrent heureusement confirmer cette prévision, puisque, ainsi qu'il a été dit, la sonde rencontra le Houiller à la cote — 701 et amena bientôt la découverte de deux couches de houille, dont l'une en une laie de 1^m,40 de puissance et l'autre en plusieurs lits d'une puissance globale utile de 0^m,80.

La teneur utile en matières volatiles du charbon de ces deux couches ayant été trouvée de 19.42 et de 20.52 %, alors que le sondage se

trouve relativement rapproché du bord du bassin, il était particulièrement intéressant de connaître à quel groupe de veines se rapportent réellement les dites couches.

MM. P. Fourmarier et A. Renier, ingénieurs au Corps des mines, voulurent bien, à la demande de M. Mercier, se charger de cette détermination, en usant du caractère paléontologique.

En attendant le résultat de cet examen, M. Harzé croit devoir ranger provisoirement les deux couches dans le groupe inférieur. La teneur du charbon en matières volatiles augmenterait de l'Est à l'Ouest. Mais ce n'est là qu'une hypothèse, que son auteur serait heureux de voir controuvée au profit de la richesse de cette partie du bassin.

Il a été dit que dans les recherches de Kessel, on s'était reconnu dans le Calcaire carbonifère à la cote de — 615 mètres.

Cette cote se prêtait mal au raccordement du Primaire reconnu aux sondages de Bruxelles, de Malines et de Santhoven. Aussi, M. Harzé recourut à l'obligeance de son savant confrère M. Rutot pour savoir si réellement le Primaire avait été atteint au sondage de Malines à la cote indiquée de — 225 mètres et suspendit-il ses essais de raccordement tant que ce doute ne fut pas levé, en même temps que M. Forir opérait sa détermination géologique précise de toute la série des échantillons recueillis au sondage de Kessel.

A peu près à la même date, il reçut de M. Rutot confirmation de la profondeur du Primaire à Malines, pour autant que le permettait l'état déplorable dans lequel lui étaient parvenus les échantillons du sondage foré en cette ville, et de M. Forir, information du fait considérable que voici : à Kessel, le Calcaire carbonifère avait été atteint, non au niveau de — 615 mètres, mais à la cote de — 564 mètres.

M. Forir ajoutait dans sa lettre d'information que l'existence du calcaire à la cote de — 568 mètres était indiscutable, un *Productus cora* ayant été découvert dans l'échantillon correspondant à ce niveau. Dans la suite, M. Forir trouva le même fossile à des niveaux inférieurs au précédent, ainsi que d'autres espèces caractéristiques. A — 617 mètres, après avoir traversé des assises viséennes et tournaisiennes, la sonde pénétra dans le Famennien supérieur (Devonien). Plus bas encore, d'autres assises ont été de même déterminées au point que la sonde serait arrivée dans le Givetien, très près du Siluro-Cambrien. Ce dernier résultat serait à rattacher au fait de l'assise siluro-cambrienne rencontrée au sondage d'Hoesselt.

La belle coupe de Kessel, ajoute M. Harzé, sagement déterminée par M. Forir, est digne de devenir classique dans les cours de géologie.

Il est à remarquer qu'entre les cotes de — 535 et — 615 mètres, la sonde avait traversé, d'après le journal du sondeur, des bancs de silex, des bancs de calcaire avec quartz, puis une assise de calcaire blanc grisâtre cristallin.

Toutes ces roches étaient également résistantes. Aussi les avancements journaliers étaient faibles et sensiblement les mêmes. Ce n'est qu'à partir de — 615 mètres que cette situation se modifia.

C'est sans doute à cette circonstance et à une similitude d'aspect des boues, constatée par M. Forir, que l'entrée dans la formation carbonifère passa d'abord inaperçue, d'autant plus que l'on s'attendait à ce que le Houiller succédât au Crétacique.

D'après le programme de M. Mercier, un troisième sondage devait être foré à Oostmalle.

En raison des résultats connus et d'une nouvelle étude des faits, la recherche fut transférée un peu à l'Est, à Vlimmeren, et commencée dans les premiers jours de février dernier.

Comme les deux précédents, ce sondage est complètement isolé et constitue, avec ceux-ci, les sondages avant-coureurs et éclaireurs de toute la reconnaissance du bassin houiller vers le Nord de la ville d'Anvers et la Flandre orientale.

Situé à 12 kilomètres à l'Ouest de Turnhout, il est le plus septentrional de ceux exécutés ou en exécution en Campine. Il se trouve à plus de 4 lieues au Nord-Ouest du sondage de Gheel, à peu près à la même distance au Nord de celui de Norderwyck et à 2 lieues au Nord-Est de celui de Santhoven. Située à moins de 3 lieues du Brabant néerlandais, cette recherche intéresse également nos voisins du Nord.

Force nous est d'attendre les résultats de cette nouvelle et intéressante exploration.

Comme l'indique la coupe tracée au tableau noir pendant cet exposé, la pente du Primaire varie d'un sondage au suivant. De 8° de Bruxelles à Malines, elle est de 18° de Malines à Kessel et de 12°,5 de Kessel à Santhoven.

Il se peut que la pente continue à diminuer vers Vlimmeren, ce qui serait à l'avantage de la recherche en cette dernière localité. Et qui sait si, plus au Nord encore, on n'arrivera pas à une remonte du Primaire. Dans l'état actuel des choses, c'est à une cote intermédiaire entre — 850 et — 900 mètres que le Houiller paraît devoir être rencontré à Vlimmeren.

Quoi qu'il en soit, si l'on peut comparer, comme l'a fait pittores-

quement le baron van Erthorn, la face du Primaire sous les mortsterrains campinois à un pupitre, ce pupitre est gauchi.

M. Harzé déclare ici devoir, à regret, interrompre sa communication.

Lorsque la détermination de MM. Fourmarier et Renier sera terminée et que les résultats du sondage de Vlimmeren, dont l'avancement a été retardé par un accident, aujourd'hui réparé, seront plus complets et pourront être révélés, M. Harzé pourra mieux parler des failles et aussi des ondulations que le nouveau bassin lui paraît devoir présenter, notamment dans le sens transversal.

Il pourra mieux entrer aussi dans quelques considérations au sujet du passage éventuel de la formation houillère au Nord de la ville d'Anvers et dans la Flandre orientale.

Il remet donc la fin de sa communication à une prochaine séance.

M. Rutot remercie vivement M. Harzé de son intéressante communication et croit devoir y ajouter que le sondage de Malines n'a fait qu'éclairer la question de la rencontre du Primaire, sans cependant la résoudre. Sous les derniers échantillons rencontrés et composés d'oxyde de fer et de chalcopryrite, on n'a plus rien trouvé; il croit savoir qu'un approfondissement aurait été fait sous la dernière profondeur acquise, mais M. Schlagmauylder, présent à la séance et interrogé par M. Rutot sur ce point, le détrompe en faisant connaître que les travaux ont été arrêtés et qu'on ne sait rien de plus que lorsqu'on a recueilli les échantillons de chalcopryrite. Tout le monde, dit-il, est d'accord pour reconnaître que la chalcopryrite, dans notre pays, ne se trouve à la surface du terrain primaire; aussi, il pense que c'est bien le cas que l'on a touché à Malines.

baron van Erthorn rapporte qu'au cours de ses sondages dans les environs de Bruxelles, Ruysbroeck et chaussée de Ninove, il a rencontré de la chalcopryrite, ce qui tendrait à montrer que l'affleurement se fait directement dans le Primaire, sans toutefois pouvoir s'y fier; il se rapporte à une affaire à un relèvement du Primaire, à une ride sous-sol de Bruxelles, où une étroite crête cambrienne s'étend du Sud au Nord, presque en coïncidence avec le cours de la vallée. Aussi M. van Erthorn pense que le second sondage en exécution à Malines permettra de vérifier les renseignements fournis par le premier.

M. Rutot donnera connaissance des résultats de ce second sondage

de Malines, car il en obtiendra la série complète des échantillons; il estime que la question du Primaire sera ainsi résolue.

A la suite d'observations présentées par M. G. Simoens, M. Harzé ajoute qu'il ne reviendra pas sur la configuration du bassin houiller de la Campine en forme de golfe, puisque dans sa note du 17 février 1902, il établissait déjà la position approximative de l'épaulement occidental de ce golfe.

Quant à dire qu'il existe des failles dans le bassin campinois, c'est énoncer un fait commun à tous les bassins houillers quelque peu étendus.

L'important, c'est de dire où elles peuvent passer. — Or, jusqu'ici, M. Harzé ne connaît que la faille des roches rouges de M. Stainier, celles de la Meuse, déterminées par MM. Habets d'une part, et par M. Forir d'autre part, la faille salifère de Beeringen de M. Max Lohest, enfin les failles transversales ou obliques représentées par M. Kersten, auxquelles il ajoute quelques autres, notamment celle du sondage de Meerhout. — D'ailleurs, les auteurs des failles ont été, avant la lettre, les sondeurs eux-mêmes, lesquels, malgré la proximité de leurs explorations respectives, arrivaient parfois à des résultats discordants.

En réponse aux observations de M. É. Harzé, M. Van den Broeck fait remarquer que M. Simoens a étudié la Campine au point de vue théorique; il a émis des prévisions découlant de la conception qu'il se faisait de la région, alors que d'autres confrères étudiaient plutôt la région directement au moyen de documents nouveaux, d'après les éléments, encore très aléatoires, que fournissent les sondages. Enfin, ce n'est ni l'existence, ni le nombre ou la situation des failles que M. Simoens a eus en vue, mais leur mode de formation dans notre bassin du Nord : l'affaissement *vertical* de voussoirs, inégalement descendus.

M. G. SIMOENS demande encore à présenter **quelques réflexions sur l'allure du Primaire du bassin houiller campinois**, dont il a fait parvenir la rédaction suivante :

Dans l'intéressant travail de M. le Directeur général des Mines, celui-ci nous apprend qu'une coupe passant par plusieurs sondages forés en Campine ne nous montre pas pour les terrains primaires un plan plongeant uniformément vers le Nord, mais bien au contraire une succession de plans présentant par conséquent à leurs points de contact des différences souvent sensibles d'inclinaison. Ce fait n'a rien d'éton-

nant. Comme j'ai eu l'occasion de l'annoncer (1), j'ai considéré le bassin campinois comme constituant un bassin d'affaissement et non un synclinal plissé dépendant de la chaîne hercynienne; j'ai fait remarquer en outre que ce bassin d'affaissement devait être découpé par une série de failles verticales et transversales, et j'ai attiré l'attention sur le fait, que la présence de ce genre de failles en Campine impliquait nécessairement aussi une succession de dénivellations. On ne peut donc espérer voir le Primaire de nos régions du Nord présenter l'aspect d'une table plane : cela est vrai en partie pour les différents compartiments limités par les failles, mais, dans son ensemble, le sous-sol primaire doit présenter des dénivellations d'autant plus considérables, que la plupart de ces failles, occasionnées par l'affaissement continu du bassin, présentent une importance et une durée de formation en rapport avec l'importance et la durée des affaissements eux-mêmes.

Ces failles ont joué pendant et après le dépôt du Houiller et jusqu'à notre époque, comme je l'ai montré déjà. En effet, le bassin d'effondrement de la Campine n'a pas cessé de s'affaisser depuis le dépôt du Houiller; on en voit la preuve dans l'allure de la base des sédiments correspondant aux grandes transgressions marines, comme par exemple le Crétacé et l'Oligocène. La transgression du Crétacé a nivelé les sédiments antérieurs et, après le dépôt de la craie, l'affaissement, en continuant à se faire sentir, a incliné de plus en plus, vers le Nord, sa base qui, à son origine, devait être sensiblement horizontale.

Les transgressions de l'Éocène ont raboté à leur tour les sédiments antérieurs, dont la base plongeait déjà vers le Nord. L'affaissement persistant toujours, les dépôts horizontaux de l'Éocène se sont inclinés au-dessus de la base de la craie, plus inclinée encore.

La transgression oligocène a nivelé à son tour en une table horizontale les strates antérieures, mais, l'affaissement se continuant, la base de l'Oligocène n'a pas tardé à présenter une pente vers le Nord, surmontant la base plus inclinée des transgressions éocènes et, par conséquent, celle beaucoup plus plongeante encore des sédiments crétacés.

Les inclinaisons moindres que présentent les roches plus récentes prouvent tout simplement qu'elles ont été soumises pendant un temps moins considérable à l'action de descente continue du bassin (2).

(1) G. SIMOENS, *Note préliminaire sur l'allure probable des couches houillères dans le Nord de la Belgique*. BULL. DE LA SOC. BELGE DE GÉOL., DE PALÉONTOL. ET D'HYDROL., t. XVI (1902), *Proc.-Verb.*, pp. 182-189.

(2) G. SIMOENS, *Quelques mots sur le Bassin houiller de la Campine*. BULL. DE LA SOC. BELGE DE GÉOL., DE PALÉONTOL. ET D'HYDROL., t. XVI (1902), *Proc.-Verb.*, pp. 637-640.

Les cassures étant fonction de l'affaissement du bassin et cet affaissement n'ayant pas cessé depuis le dépôt du Primaire, les failles ont donc continué à jouer et le terrain primaire doit présenter des dénivellations destinées à devenir de plus en plus sensibles.

Je suis heureux de voir les précieuses observations de notre très-savant confrère M. É. Harzé confirmer mes prévisions et démontrer une fois de plus (contrairement à ce que l'on pensait naguère) l'utilité que peut présenter l'étude de la Géologie théorique pour la compréhension de la structure des bassins miniers.

On voudra bien reconnaître qu'après l'exposé que j'avais fait de mes idées sur l'allure des couches et des accidents tectoniques du bassin campinois, il devenait de la plus haute importance d'examiner les résultats fournis par les sondages qui se succédèrent rapidement dans la suite, afin de voir si oui ou non les résultats de ces derniers étaient d'accord avec mes prévisions. Ces prévisions étaient l'expression d'une théorie nouvelle, modifiant un peu les idées reçues jusqu'alors pour l'explication des phénomènes dynamiques dont la Belgique fut le théâtre. La théorie nouvelle que je présentais était le résultat d'études entreprises depuis plusieurs années sur la structure comparée de la Belgique et des régions voisines, et, en 1898, j'exposais au Service géologique, en présence du directeur de l'établissement, les premiers résultats de mes recherches que je me décidai à publier, bien à regret, pour répondre aux explications que je croyais erronées et qui furent proposées au sujet du bassin de la Campine.

Mais on voudra bien croire que je n'en étais pas arrivé à concevoir une théorie nouvelle dans le seul but d'expliquer la constitution de notre bassin du Nord.

Bien au contraire, je m'étais proposé d'exposer, d'après des idées neuves, la structure de l'ensemble de notre sol primaire, en commençant par la région plissée de l'Ardenne pour redescendre ensuite insensiblement vers le Nord, et si, après mes études sur les failles d'Haversin et de Walcourt, j'ai momentanément abandonné l'Ardenne pour la Campine, cela ne constitue dans ma pensée qu'une diversion occasionnée par les discussions qui se firent jour à propos du nouveau bassin et qui me mettaient dans la nécessité d'expliquer celui-ci d'après la théorie dont je m'étais efforcé de fournir une première démonstration dans le Condroz et dans l'Entre-Sambre-et-Meuse.

J'ai donc émis au sujet de la Campine, et longtemps avant l'exécution des sondages dont on peut faire état aujourd'hui, une conception qui

n'est qu'une application d'une théorie plus générale embrassant la tectonique de l'ensemble du pays et qui reste aujourd'hui pour moi la quintessence de l'immense labeur de ceux qui nous ont précédés. Aussi peut-on se dispenser de répondre quand des praticiens affectent de parler des théories, le sourire aux lèvres. Toutes les découvertes réalisées dans tous les domaines n'ont jamais eu d'autre but que d'établir des théories ou des lois qui sont en dehors des faits, pour la bonne raison qu'ils les dépassent, tout en s'appuyant sur ceux-ci.

Mais celui qui a proposé une théorie nouvelle a tout intérêt à voir si les faits nouveaux, postérieurs donc à la théorie, confirment ou infirment cette dernière. Toutefois, comme je l'ai dit déjà, la théorie, dans le cas présent, n'englobe pas seulement la Campine, mais aussi le massif du Brabant et l'Ardenne, et l'on comprendra l'importance qu'il y a à démontrer, toutes les fois que l'occasion s'en présente, la concordance qui existe entre les faits et la théorie, surtout si celle-ci est destinée non seulement à expliquer la Campine mais encore le reste du pays.

Aussi, je ne comprends pas la portée des objections que l'on cherche à me faire en me signalant les failles observées avant la lettre par les sondeurs et ensuite par nos confrères. Je suis on ne peut plus heureux de toutes ces découvertes, attendu qu'elles fournissent la confirmation de la théorie que j'ai proposée pour expliquer la Campine. J'ai précisé le genre de faille que l'on trouverait dans le bassin du Nord d'après les classifications connues des mouvements de l'écorce terrestre. J'ai déclaré qu'on ne trouverait pas en Campine des failles ou des accidents résultant de mouvements horizontaux. Or, aucun accident de ce genre n'a été trouvé jusqu'à présent.

D'autre part, j'ai annoncé la découverte de failles et d'accidents résultant de mouvements verticaux. Ces failles ont été trouvées, comme nous l'a montré notre savant collègue précité, par les sondeurs et interprétées dans la suite comme telles par plusieurs de nos confrères.

Je songe d'autant moins à revendiquer pour moi des découvertes de failles, que je n'ai jamais songé à suivre un sondage ou à m'en faire délivrer les résultats; je n'ai donc pu découvrir matériellement la moindre faille en Campine. Je me suis contenté d'annoncer leur découverte en expliquant leur direction, leur nature et leur mode de formation, ce qui a été pleinement confirmé par les faits, et cela me suffit.

MM. *O. van Ertborn* et *Van den Broeck* sont d'accord avec M. G. Si-moens pour dire que l'on rencontre souvent dans notre pays, comme

à l'étranger, ces surfaces planes et tabulaires dont parle M. G. Simoens à propos des transgressions marines. Bien entendu, l'affaissement vertical par paquets, se disloquant en massifs diversement enfoncés, peut, ultérieurement, modifier complètement la disposition tabulaire primitive.

M. *Van den Broeck* fait remarquer qu'on a pu, lors de l'excursion au Caillou-qui-bique, sous la direction de M. J. Cornet, observer un cas semblable : la craie reposait là sur une surface dure et rocheuse, tabulaire, parfaitement rabotée et horizontale, de calcaire devonien.

M. *Habets* signale que M. Forir a fait, à la dernière séance de la Société géologique, à Liège, une conférence sur les failles recoupant le Limbourg belge et le Limbourg hollandais, et il a pu montrer qu'elles ne sont pas dirigées de l'Est à l'Ouest; elles traversent toute la région qui contient des parties surélevées et des parties surbaissées.

M. Forir a fait observer que les mouvements de ces failles se sont poursuivis pendant les périodes secondaire et tertiaire, et se continuent encore maintenant. On ne peut pas les constater aisément dans les terrains récents, ce qui s'explique; le recoupage des roches au moyen de failles a été démontré par Fourmarier par son étude de la flore du Houiller. Il a pu déterminer les couches de deux sondages en regard et a constaté qu'elles n'étaient pas de même nature; il a montré nettement par là qu'il y a eu déplacement et, par conséquent, il a pu déterminer là l'existence de failles.

Dans l'Est, les failles sont beaucoup moins nombreuses que dans l'Ouest; il y a là moins d'irrégularités, ce qui ne semble pas laisser de place à des failles. L'étude paléontologique montre que là les couches seraient absolument régulières.

M. *Van den Broeck* rappelle que lors de son levé, en 1882, de la feuille de Bilsen, il a signalé et figuré une faille coïncidant avec le haut cours, Sud-Nord, du Démer, et maintenant, il croit pouvoir en indiquer une deuxième, formant pour ainsi dire angle droit avec la première : elle accompagne le Démer dans son cours d'aval Est-Ouest.

Il n'est pas impossible non plus que, toujours sur le territoire de la feuille de Bilsen, il en existe encore une autre, parallèle à la première et transversale à la seconde, et qui jalonerait la vallée du Winter-Beek.

M. *Simoens* est heureux d'entendre dire par M. *Habets* que M. H. Forir, à la dernière séance de la Société géologique, à Liège, a reconnu que les failles de la Campine sont des failles ayant continué à jouer

pendant la série des temps secondaires et tertiaires. Cela confirme pleinement tout ce qu'il a dit antérieurement au sujet de cette descente continue du bassin d'affaissement de la Campine, grâce à un vaste réseau de fractures normales.

M. Harzé. — Alors vous n'admettez pas en Campine un soulèvement venant du Midi?

M. Simoens. — En aucune façon; les failles verticales, donnent suivant une coupe horizontale, l'illusion de décrochements horizontaux; les couches étant obliques, il suffit d'une descente d'une des lèvres de la faille pour donner, après l'érosion, l'apparence d'un refoulement. Il ne peut dans tous les cas être question d'un soulèvement.

M. Habets croit que *M. Simoens* fait une confusion; le nivellement de la chaîne hercynienne montre que les failles se sont poursuivies dans le Nord. Un bassin d'affaissement peut exister en Campine, mais pas pour le Primaire. Si les bassins se sont séparés, après avoir été faits en même temps, c'est par un soulèvement du Brabant.

Contestation de *M. Simoens*.

M. Habets ajoute que si l'on fait une coupe Sud-Nord, on voit que le second bassin, celui de la Campine, est bien la continuation du premier, c'est-à-dire celui du Hainaut. Il est possible que l'on retrouve une grande ondulation vers la Westphalie. Au dépôt du Primaire, tout cela était en forme de table; il y a eu plissement au Nord, mais rien ne donne raison à *M. Simoens* pour dire que, dans le Nord, on se trouve en présence d'un bassin d'effondrement.

C'est ce que *M. Simoens* conteste formellement, et il demande que la chose soit actée, et afin qu'il ne puisse y avoir la moindre équivoque, il rappelle ce que vient de dire *M. Habets*. La Campine serait, d'après ce confrère, un simple pli de la chaîne hercynienne, et le Brabant, intermédiaire entre les deux synclinaux (celui de la Campine et celui du pays wallon), serait un anticlinal soulevé. Tout le système faisant partie de la chaîne hercynienne serait (pays wallon, Brabant et Campine) refoulé vers le Nord.

M. Simoens est d'un avis tout opposé; la chaîne hercynienne s'est écrasée contre le Brabant, formant horst. A l'abri du butoir brabançon, le bassin de la Campine a échappé au plissement. Mais, dès la disparition de l'obstacle, c'est-à-dire du massif siluro-cambrien du Brabant, la chaîne hercynienne a pu, à l'Est et à l'Ouest, se reporter rapidement vers le Nord et s'y étaler en plis largement ondulés par rapport aux plis étroits et écrasés retenus plus au Sud contre le massif rigide.

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

Il est donné lecture de la note suivante de M. le Prof^r H. Golliez :

NOTE

SUR LES

ESSAIS DE COLORATION DES EAUX

de l'écoulement souterrain des lacs de la vallée de Joux

(JURA, SUISSE)

par le Prof^r GOLLIEZ

Le Jura central, dont l'altitude moyenne gravite autour d'un millier de mètres, constitue un plateau plus ou moins accidenté, que découpent profondément trois vallées collectrices, qui sont : le Doubs, l'Orbe et l'Areuse.

Les émissaires conduisent les eaux de ces régions, d'une part dans la Méditerranée par le Rhône, d'autre part, dans la mer du Nord par le Rhin.

Ces parages fournissent de nombreux et remarquables exemples de bassins hydrologiques donnant naissance à des sources d'un caractère spécial, formant rivières dès leur arrivée au jour, sources que le prof^r A. Jaccard demandait que l'on désignât sous le nom de sources jurassiennes.

La vallée de Joux, région d'amont et collectrice de la source de l'Orbe, est, comme je l'ai dit ailleurs, ainsi qu'il suit, avec M. le Prof^r Renévier (1), un type des vallées évasées du Haut-Jura.

Elle est formée de deux synclinaux néocomiens, parallèles, séparés par une mince crête anticlinale de Portlandien, en bancs presque verticaux, qui borde au Nord-Ouest le lac de Joux, et se prolonge en ligne droite jusqu'au fort des Rousses. Dans le plus large de ces synclinaux,

(1) E. RENEVIER et H. GOLLIEZ, *Voyage géologique dans tout le Jura suisse, de la perte du Rhône au Hohentwiel, etc.* — Voir LIVRET-GUIDE GÉOLOGIQUE : *Jura et Alpes de la Suisse*. (Congrès géologique international de Zurich, 1894.)

qui comprend le lac de Joux, il y a des lambeaux de Rhodanien et de Gault. L'Erratique ou l'alluvion occupent le centre de cette vallée.

L'autre synclinal, plus étroit, comprend le lac Brenet et le petit lac Ter, voisin du lambeau de calcaire d'eau douce éocène.

Les eaux de la vallée de Joux n'ont point d'émissaire superficiel, mais s'écoulent souterrainement par une quinzaine d'entonnoirs petits et grands, dont les deux principaux sont celui de *Bonport*, au bord du lac Brenet, et celui de *Rocheray*, vers l'extrémité Nord du lac de Joux. Ces entonnoirs sont alignés le long de la crête anticlinale jurassique et s'enfoncent dans les bancs plus ou moins verticaux du Portlandien.

Les travaux de déblaiement, accomplis récemment à l'entonnoir de Bonport, ont montré que les eaux se frayent un passage, tantôt à travers bancs, tantôt entre les bancs en délayant les couches marneuses de manière à former un cours d'eau souterrain. Elles réapparaissent à 3 kilomètres de là, au fond des vallées de Vallorbe, où elles forment la *source vaclusienne de l'Orbe*, située au point bas du synclinal de Brenet-Vallorbe.

Cette communication souterraine était admise depuis longtemps, en raison des conditions orographiques et thermiques de cette source. D'une part, l'écoulement souterrain doit naturellement se produire dans la direction même du plissement des couches. D'autre part, tandis que les sources ordinaires de la contrée ont une température quasi constante d'environ 7°C., MM. Burnier, Ch. Dufour et Yersin (*Bull. Sc. Vaud., Sc. Nat.*, IV, p. 226) ont démontré, en 1854, que la température de la source de l'Orbe varie de 3°,5 à 14°,7C., en corrélation avec la variation de température des eaux du lac Brenet, mais avec une amplitude de 11°C. seulement, au lieu de 20°.

La démonstration expérimentale de cette connexion souterraine a été fournie définitivement par M. le Prof^r J. Piccard, qui a versé dans l'entonnoir de Bonport un flacon de fluorescéine en août 1893; cinquante heures après, les eaux de l'Orbe se trouvèrent fortement teintées en vert (*Actes helv.*, p. 36).

A notre tour, M. le Prof^r F.-A. Forel et moi avons entrepris une série d'expériences plus détaillées encore sur ces intéressantes questions d'écoulement souterrain.

En 1903, nous avons fait ensemble des recherches sur les écoulements souterrains des eaux de ces lacs de la vallée de Joux, dont on peut extraire pour la discussion actuelle quelques données utiles.

La vallée de Joux, qui est une vallée longitudinale synclinale du Jura, possède, comme il est dit plus haut, deux lacs dits : lac de Joux et lac Brenet. Leur altitude à la cote moyenne du miroir des lacs est

de 1 007 mètres. Suivant les crues et décrues, ce niveau varie de 1 006 mètres à 1 009 mètres.

Ces lacs sont, comme il est dit plus haut, sans écoulements superficiels; leurs eaux s'enfoncent dans le sol par les effluents précités, qu'on nomme, dans la contrée, des *entonnoirs*. Ceux-ci sont distribués autour des lacs, sur leurs bords, et l'on a des raisons de croire qu'il y en a encore quelques-uns sous-lacustres, mais leur importance est faible par rapport aux entonnoirs des bords.

Toutes ces eaux viennent s'écouler à Vallorbe, à la source vaudoisienne de la rivière de l'Orbe, à la cote 785.

Le débit moyen de la source de l'Orbe est de 4^{m^3} ,70 par seconde.

Le débit moyen des entonnoirs des lacs est de 2^{m^3} ,80 par seconde.

Il y a donc à la source un apport d'autres sources représentant 1^{m^3} ,90.

La source de l'Orbe jaillit en un point bas du grand synclinal qui contient les lacs de Joux.

Ce synclinal comprend les terrains englobés entre l'Oxfordien et le Gault. C'est lui qui sert de cuvette pour la circulation de l'eau.

Les eaux des entonnoirs s'infiltrent tous dans le Jurassique supérieur, dans le terrain dit le « Portlandien » sur notre carte géologique de la région. Le niveau imperméable est fourni par les marnes et calcaires marneux de l'Oxfordien.

Toute la circulation souterraine de l'eau est donc comprise dans le Jurassique supérieur, qui représente des calcaires compacts très fissurés de petites fissures capillaires jusqu'à de larges fentes. Ce sont les conditions ordinaires des calcaires du Jura, qui sont trop connues pour que j'insiste.

Nos expériences ont été les suivantes sur deux des plus grands entonnoirs.

I. *Entonnoir de Bonport*, situé au bord du lac Brenet. Distance de l'entonnoir à la source de l'Orbe, 3 kilomètres. Débit de l'entonnoir, en moyenne 1 mètre cube par seconde.

Cet entonnoir a servi de prise de force motrice pour un moulin, grâce à sa grande profondeur. L'eau du lac Brenet peut donc y être réglée par suite de l'installation d'un canal d'aménée et de ses vannes.

Le 28 décembre 1893, les vannes de l'entonnoir ayant toutes été ouvertes, il y fut versé, à 12^h10^m, une bonbonne contenant 13 litres de fluorescéine à 35 %.

Le limnographe, établi à 500 mètres à l'aval de la source de l'Orbe, annonçait la crue de la source deux heures huit minutes plus tard.

Le 29 décembre, à 10 heures du matin, la fluorescéine apparaissait à la source de l'Orbe.

Durée du trajet : vingt-deux heures pour un parcours de 3 kilomètres, soit sept heures vingt minutes par kilomètre.

II. *Entonnoir de Rocheray*, situé au bord du lac de Joux. Distance de l'entonnoir à la source : 11 kilomètres. Débit moyen : 0^m3,400 par seconde.

Expérience sans manœuvre de vannes.

Le 6 janvier 1894, à 11 heures du matin, il y fut versé 17 litres de fluorescéine à 55 %.

Le 18 janvier, à 4 heures après-midi, la fluorescéine apparaissait à la source.

Durée du trajet : douze jours et cinq heures, soit deux cent quatre-vingt-treize heures, c'est-à-dire vingt-six heures trente-six minutes par kilomètre.

Remarque. — Les conditions de cheminement souterrain étant identiques pour les deux entonnoirs, il y a, malgré cela, une grande différence dans la durée du trajet kilométrique. Cela s'explique probablement par la masse d'eau en circulation.

Notre première expérience représente le cas de la circulation de l'eau lors d'une grande crue par abondantes pluies d'été ou par rapide fonte de neiges, qui sont les deux cas extrêmes de cette région.

Lorsque dans l'entonnoir de Bonport on verse de la fluorescéine sans ouvrir les vannes et par un temps d'écoulement normal de l'eau, la durée du trajet de 3 kilomètres est de cinquante heures, soit seize heures quarante minutes par kilomètre, ce qui cependant est très différent des vingt-six heures trente-six minutes de l'expérience de Rocheray.

Dans les deux cas, la coloration de l'eau à la source a duré dix-huit heures.

Écoulement de la fluorescéine dans la rivière de l'Orbe. — Il était intéressant de mesurer l'écoulement de la coloration dans la rivière de l'Orbe le long de son trajet à l'air libre.

Pour cela, les observations de la coloration furent établies à l'embouchure de l'Orbe dans le lac de Neuchâtel, à la petite ville d'Yverdon.

Le trajet kilométrique de la source de l'Orbe jusqu'à Yverdon est de 23 kilomètres. Le débit de l'Orbe à la source est de 4 mètres cubes ; il est un peu augmenté jusqu'à Yverdon par de petits affluents.

Le trajet de ces 25 kilomètres s'est accompli en vingt-cinq heures, soit un peu plus de une heure par kilomètre.

Nous reproduisons ici en annexe le texte d'une communication intitulée : *Le lac de l'Orbe souterraine*, faite par M. le Prof^r F.-A. Forel, le 7 décembre 1898, à la Société vaudoise des Sciences naturelles (t. XXXIV, pp. VII-VIII), et qui fournit des données complémentaires sur les expériences de 1893 relatées ci-dessus et faites en commun par MM. Forel et Golliez.

LE LAC DE L'ORBE SOUTERRAINE

PAR

F.-A. FOREL (1)

M. F.-A. FOREL étudie l'écoulement des eaux des lacs de Joux dans l'Orbe de Vallorbes. Il se base sur les faits suivants, résultant en partie des expériences faites en 1893 par M. le Prof^r H. GOLLIEZ et lui-même (*Bull.*, XXX, XIV et XVII, Lausanne, 1894).

1° Le 28 décembre 1893, à 12 heures, les vannes de l'entonnoir de Bonport au lac Brenet, jusqu'alors entièrement fermées, furent ouvertes et versèrent dans l'entonnoir une quantité d'eau que des expériences précédentes de M. l'ingénieur Ch. Guiguer-de Prangins font évaluer à environ 0^m3,8 par seconde. Cette masse d'eau s'écoulant par les fissures de la montagne, arriva dans le cours de l'Orbe souterraine et y détermina une crue.

2° M. Forel avait établi sur le cours de l'Orbe, vis-à-vis des usines de la Dernier, à 500 mètres en aval de la source, un limnographe enregistreur qui inscrivit cette crue. Celle-ci commença à 1 h. 30, atteignit rapidement une valeur de 5 centimètres à 3 h. 20, et continua ensuite lentement, pour atteindre une valeur totale de 6 centimètres à 7 heures du soir.

3° La lenteur du développement de la crue, qui n'a atteint son point culminant qu'au bout de cent dix minutes (ou 330 minutes si on la poursuit jusqu'à 7 heures), s'explique par l'hypothèse d'un *lac souterrain* venant aboutir à la source de l'Orbe. L'eau, partie à midi des entonnoirs de Bonport, aura circulé dans des canaux à l'état d'eau courante jusqu'à 1 h. 30, moment où elle a atteint la tête du lac souterrain. Alors a commencé la crue du lac, qui s'est traduite par le plus grand débit de la source

(1) C'est M. le Prof^r F.-A. Forel qui a bien voulu envoyer, comme contribution à la discussion engagée à la Société, cet intéressant document, qui constitue un précieux complément d'information à la Notice envoyée par M. le Prof^r Golliez.

de l'Orbe. Ce débit exagéré n'a d'abord pas égalé l'apport supplémentaire des eaux venant de Bonport ; le niveau du lac souterrain s'est élevé jusqu'à ce que le débit de la source ait été augmenté d'une valeur de $0^m3,8$ par seconde, et alors seulement la crue est restée stationnaire.

4° L'exploration du scaphandrier Pfund, le 20 octobre 1893, a montré que la source de l'Orbe est le déversoir d'un canal d'eau qui remonte des profondeurs de la montagne. Cet homme est descendu jusqu'à 11 mètres au-dessous de la nappe de déversement de la source, et il a constaté que le canal continuait à descendre. La source de l'Orbe est donc sur la branche ascendante d'un siphon renversé dont l'autre branche aboutit à un lac souterrain. La superficie de ce lac est assez considérable pour que la crue du 28 décembre ait employé au moins cent dix minutes avant d'atteindre sa valeur totale, malgré l'importance du débit supplémentaire de $0^m3,8$ par seconde versé par l'entonnoir de Bonport.

5° Tandis que la crue de notre lac souterrain commençait déjà à se manifester au bout de nonante minutes, l'eau employait un temps beaucoup plus grand pour arriver à la source de l'Orbe. C'est ce que nous apprend l'expérience. Le même 28 décembre, à 12 h. 10, en même temps qu'on avait ouvert les vannes de Bonport, nous avons versé dans l'entonnoir une quantité de $3^kg,2$ de fluorescéine en solution sodique. Les premiers indices de coloration de l'eau ont été reconnus par nous à la source de l'Orbe le 29 décembre, à 10 heures du matin, soit vingt-deux heures après l'opération de Bonport. Ainsi, tandis que l'eau de Bonport arrivait à la tête de notre lac souterrain en nonante minutes, elle n'arrivait à la source qu'au bout de vingt-deux heures. La différence entre ces deux chiffres, soit 1 230 minutes, est le temps qu'avait employé l'eau colorée pour traverser la longueur du lac souterrain.

6° Nous n'avons pas mesuré le débit de la source de l'Orbe le 28-29 décembre 1893. Il était probablement entre 2 et 3 mètres cubes par seconde. Suivant que nous prenons l'un ou l'autre chiffre et que nous le multiplions par 1 230 minutes, nous arrivons à un volume du lac souterrain de 145 000 à 220 000 mètres cubes.

7° Une preuve de l'existence d'un lac souterrain est donnée par l'apparition, sur le tracé de notre appareil enregistreur, d'oscillations rythmiques que nous devons considérer comme des seiches, analogues à celles des lacs ouverts. Il y en a eu le 27 décembre de 2 à 7 heures du soir, environ six oscillations, et le 28 décembre de 8 heures du matin à 2 heures du soir, environ sept oscillations. Elles sont trop irrégulières pour que j'essaie d'en préciser la durée, qui est supérieure à trente minutes et inférieure à soixante minutes.

8° Le lac souterrain qui se termine à la source de l'Orbe n'est probablement pas le seul bassin d'eau interposé sur le cours de l'Orbe souterraine. Dans une seconde expérience, le 6 janvier 1894, nous avons fait verser à

11 heures du matin 4^{kg},2 de fluorescéine dans l'entonnoir de Rocheray, vers la tête du lac de Joux. La couleur n'a apparu à la source de l'Orbe que le 18 janvier à 4 heures du soir. La très longue durée de ce voyage souterrain de 11 kilomètres qui a employé deux cent nonante-trois heures, ne s'explique que si l'on admet, en amont de notre lac de la source de l'Orbe, une série d'autres bassins étagés sur le cours de l'Orbe souterraine qui s'attarde et y laisse reposer ses eaux.

De ces faits, je conclus que l'Orbe souterraine, la rivière qui recueille le drainage de la vallée de Joux, présente une série de lacs étroits, dont le dernier, de longueur probablement fort grande et de grand volume, aboutit à la source de l'Orbe par la branche ascendante d'un siphon renversé.

M. le capitaine *Rabozée*, à la prière de M. le *Secrétaire général*, assez souffrant, résume en séance la note ci-dessous, de M. *E.-A. Martel* :

S U R

L'EMPLOI DE LA FLUORESCÉINE EN HYDROLOGIE

PAR

E.-A. MARTEL

L'application de la fluorescéine à la recherche des relations entre les pertes de rivières et leurs résurgences, imaginée, je crois, en 1877 par Ten Brink, pour démontrer la communication des points d'absorption du Danube à Immendingen (duché de Bade) avec la *pseudo-source* de l'Aach (tributaire du lac de Constance), a été depuis lors développée par de nombreux expérimentateurs français et étrangers (Ferray, Vincent Doria, Piccard, Forel, Golliez, Agostini, Marinelli, Vallot, Fournier, Magnin, Van den Broeck, Rahir, etc.) en vue d'étudier la vitesse *d'écoulement des rivières* ou de *propagation des nappes d'eau* tant souterraines que subaériennes.

L'invention du fluoscopes par M. Trillat et son perfectionnement par M. Marboutin ont permis, depuis 1899, d'étendre ce mode d'investigation aux travaux relatifs à l'origine et à la protection des sources ou résurgences qui alimentent la ville de Paris; et les trois volumes déjà publiés (1901, 1902, 1903) par la Commission scientifique de perfectionnement de l'Observatoire municipal de Montsouris

relatent les détails de tous les essais de coloration entrepris, en ces quatre dernières années, dans les bassins alimentaires de l'Avre, de l'Iton, du Loing, du Lunain, de la Laignes, du Loiret, de la Cure, de l'Yonne, de la Vanne, de la Dhuis, etc., par MM. Marboutin, Dienert, Le Couppey de la Forest, Guillerd, etc.

En 1896, j'avais commencé moi-même une longue série de recherches méthodiques sur ce sujet, pour lesquelles, dès 1897, la direction de l'hydraulique agricole de France voulait bien m'accréditer auprès des autorités locales, ingénieurs et agents du service hydraulique. J'ai réalisé jusqu'à présent plus de deux cents expériences (voire même à l'étranger), dont quelques-unes ont été mentionnées aux *Comptes rendus* de l'Académie des sciences. Ces recherches sont de trois sortes : sur les cours d'eau extérieurs, sur les courants souterrains reconnus et accessibles, sur les courants souterrains ignorés ou inaccessibles, de façon à procéder rationnellement du connu à l'inconnu. Je ne me suis pas occupé des nappes phréatiques.

Et l'objet de la présente note est de montrer comment, malgré le grand nombre des essais effectués de toutes parts à l'heure actuelle, il faut considérer la question de la *vitesse de transmission de la fluorescéine* comme non encore résolue, et comment il y a lieu de mettre tous les praticiens qui s'en occupent en garde contre le danger de conclusions trop hâtives tirées de résultats douteux ou incomplets. Le sujet est à peine ébauché.

Tout en renvoyant à plus tard, à un travail d'ensemble en préparation, la discussion complète et l'enseignement définitif à tirer des expériences à la fluorescéine déjà faites ou restant encore à faire, je crois opportun d'indiquer maintenant, d'après quelques exemples formels, ce que l'on doit considérer comme définitivement acquis ou comme demeurant incertain.

1° La solution de fluorescéine se décolore au soleil en moins de vingt-quatre heures dans les bassins d'eau stagnante.

2° A la lumière du jour, sans soleil, la coloration persiste bien davantage et d'autant plus longtemps qu'elle est plus forte. J'ai pu conserver, en plein air et à l'abri du soleil seulement, une solution au 20 000 000^e pendant plus d'une semaine sans décoloration sensible; celle-ci n'est survenue nettement qu'au cours de la deuxième semaine d'observation et a mis plusieurs jours à s'accomplir.

3° Dans l'obscurité complète, telle que la réalisent les cavernes, la conservation paraît indéfinie, au moins dans des tubes de verre et pourvu que la solution originaire soit nettement colorée à l'œil nu.

J'ai ainsi, depuis 1897, des éprouvettes, enfermées, d'échantillons qui n'ont subi aucune altération.

4° Quant à la décoloration de la fluorescéine par le contact ou la traversée des divers terrains, je rappelle que M. Trillat a reconnu (*Comptes rendus*, 13 mars 1899) que la fluorescéine est décolorée par les sols tourbeux, — qu'elle ne l'est point par les sols calcaires pour une solution au 1 000 000^e, — que l'argile donne des résultats intermédiaires, — et que l'eau très dure, à 40° hydrotimétriques, très chargée de carbonate, fait perdre à la fluorescéine un tiers de son pouvoir. Personnellement, je viens de constater, par des expériences de laboratoire, que l'argile alluvionnaire, mêlée, calcaire (d'apport extérieur ou de décalcification locale) de la rivière souterraine de Padirac (Lot), très fortement comprimée, tout en se laissant traverser par l'eau (avec une lenteur extrême, bien entendu), atténuée considérablement la coloration fluorescente (même très vive). Sous la pression de 1 atmosphère, l'argile est traversée bien plus rapidement et la décoloration est bien moindre. Il semble donc que celle-ci soit d'autant plus forte que le contact avec l'argile est plus intime et plus prolongé.

Et, d'ailleurs, dans une eau très chargée d'argile jusqu'à être complètement opaque quand on l'agite, l'argile se dépose par décantation, au fond du vase, bien avant que la décoloration ait commencé. Ainsi, la fluorescéine ne se décante pas. Quant au calcaire, mes expériences sont en cours et m'indiquent déjà que l'action décolorante de cette roche est extrêmement faible.

5° La fluorescéine diluée traverse complètement et le simple filtre de papier et même la bougie de porcelaine du filtre Chamberland, système Pasteur, qui arrête les moindres particules d'argile. Il serait intéressant de voir si la coloration n'est pas arrêtée non plus par les systèmes filtrants actuellement préconisés et employés par plusieurs grandes villes.

6° La décoloration (d'après 3°) ne peut donc pas être considérée comme nulle, même en terrains argileux ou calcaires. Et il y a, par suite, inconvénient à employer de trop faibles doses de matière colorante, même si l'on fait usage du fluoscopes : beaucoup de résultats négatifs doivent être attribués à l'insuffisance de ces doses; il est nécessaire que la coloration des eaux souterraines à étudier soit portée à un très haut degré, à cause des risques de dilution excessive, qui sont d'autant plus grands que le séjour dans des bassins de retenue plus ou moins vastes se prolonge davantage (voir ci-dessous). L'objection tirée — contre la coloration forte — des réclamations ou frayeurs des

riverains de résurgences doit céder le pas à la nécessité de procéder pratiquement, maintenant surtout que l'usage de la fluorescéine se répand de plus en plus et que son innocuité est partout reconnue.

7° La vitesse de propagation de l'eau entraînant l'avant-garde invisible à l'œil nu de la fluorescéine ne peut pas être encore l'objet de déterminations précises : il paraît acquis seulement qu'elle éprouve une certaine avance, impossible à évaluer quant à présent, sur l'eau qui véhicule la partie nettement visible à l'œil nu, de la fluorescéine. C'est l'invisibilité des premières molécules de couleur participant à cette avance qui a fait croire, jusqu'à présent, au « retard » de la fluorescéine sur l'eau même, mais MM. Rabozée, Van den Broeck, Schardt et Marbottin m'ont, au cours du débat actuel, rallié à leur opinion sur ce point et je pense maintenant avec eux que le retard n'est qu'une *apparence*. Sous terre, les causes de retard dans la circulation de l'eau sont les suivantes : éboulements rocheux, amas de sables, dépôts d'argile, rétrécissements, siphonnements ou conduites forcées, expansions en bassins ou petits lacs ; en somme, les diminutions de section, les multiplications de frottement et les stagnations prolongées. Combinés dans les cavernes, ces divers facteurs semblent multiplier le retard de la marche de la fluorescéine visible par des coefficients qui demeurent ignorés. Comme minimum de vitesse de l'eau colorée, j'ai trouvé 5^m,50 à l'heure dans la rivière plane de Padirac (Lot), comme maximum 1 050 mètres à Brambiau (Gard) (soit 150 mètres à 25 kilomètres par jour). Et ce ne sont pas là les extrêmes connus.

Ainsi, il faut bien se garder de généraliser la remarque faite dans le Jura, par MM. Fournier et Magnin (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 6 avril 1903), que la propagation de la fluorescéine « reste en général inférieure à 1 kilomètre par jour ». M. Le Couppéy de la Forest a trouvé maintes fois des vitesses de 7 kilomètres par jour. Et il faut avoir soin de distinguer complètement la vitesse de l'avant-garde invisible (de plus en plus diluée au cours de sa marche en avant) de la vitesse du gros bataillon coloré, visible à l'œil nu ; c'est-à-dire que l'on arrivera à des résultats entièrement différents suivant que l'on observera avec ou sans le fluorescope.

8° La manière de jeter la fluorescéine (quelle qu'en soit la sorte employée) dans l'eau et d'en assurer le mélange avec le courant qui doit l'emporter est tout naturellement dictée par la considération qui précède : selon quelques expérimentateurs, il vaudrait mieux projeter la matière lentement, par toutes petites quantités à la fois, quitte à prolonger l'opération pendant des heures pour obtenir une dissolution

plus complète; selon d'autres, au contraire, il y a lieu de verser la fluorescéine par paquets très rapprochés, dans le minimum de temps nécessaire pour obtenir la disparition complète des grains rouges et un bon brassage de la poudre. Ou bien encore, comme le fait M. Marboutin, en déversant très rapidement une solution très concentrée de fluorescéine, préalablement dissoute dans un seau ou baril d'eau.

Il n'y a pas d'hésitation à préconiser ces derniers modes opératoires : ils produisent au début de l'expérience une coloration évidemment excessive, mais que la diffusion de la fluorescéine en marche atténue progressivement, et qui est rendue nécessaire par la dilution croissante, due au volume toujours grandissant des eaux d'aval par rapport à celui de la fluorescéine. C'est la seule manière d'augmenter les chances de réussite des expériences à longue distance.

9° Il y a deux facteurs d'accélération à l'écoulement des courants souterrains : leur volume et leur pente, celle-ci bien moins active que celui-là, ainsi que le montrent les observations suivantes, établissant nettement que l'accroissement du débit (4) est la principale cause de l'augmentation de vitesse des courants, soit souterrains, soit subaériens :

Le Rhin, à Ragaz (Suisse), avec un débit de 200 mètres cubes par seconde et une pente inférieure à 4 ‰, m'a montré (juillet-août 1900) une vitesse d'entraînement de la fluorescéine de près de 8 kilomètres à l'heure.

Tandis que la Tamina (même localité et même époque), avec 50 ‰ de pente et 9 mètres cubes par seconde, n'arrivait qu'à 50 mètres de vitesse par minute (à cause des obstacles de son lit) et qu'une cascade voisine *verticale* descendait à 23 mètres par minute (à cause de la subdivision de l'eau et de la résistance de l'air).

Sous terre, Bramabiau, dont on connaît tout le parcours interne et où les obstacles sont assez faibles, m'a donné, le 18 septembre 1897, 17^m,50 par minute pour un débit de 3 mètres cubes par seconde et une pente de 15 ‰ (soit 1 050 mètres à l'heure), — et le 13 septembre 1900 seulement 5^m,18 par minute pour un débit trois ou quatre fois plus faible.

10° La majoration de vitesse attribuée par MM. Fournier et Magnin (*loc. cit.*) à l'amidon et au sel, en regard de la fluorescéine, me paraît considérablement exagérée, sujette à vérification minutieuse et dès maintenant contredite par l'expérience saline de Knop à

(4) Conformément aux observations faites sur l'Arve, dès 1890, par M. B. BAËFF. (*Les eaux de l'Arve*, Genève, in-8°, 1891.)

l'Aach (1) et par celles au sel marin et à la levure de bière exécutées par MM. Miquel, Marboutin et Dienert (voir les volumes de la Commission de Montsouris, *loc. cit.*), lesquelles n'ont révélé aucune majoration de ce genre.

11° Avant d'emprunter des conclusions hypothétiques sur la marche des eaux souterraines (soit en nappes, soit en rivières) aux observations *extérieures* faites aux points de perte et de résurgence, il importerait de s'instruire empiriquement, à l'*intérieur* des cours d'eau accessibles, sur les éléments encore mal définis du problème; l'examen détaillé d'une de mes dernières expériences (Padirac), exécutée dans des conditions topographiques et hydrologiques spécialement choisies et favorables, montrera comment on doit procéder pour parvenir à des déductions positives; on y trouvera, en passant, la preuve de plusieurs des remarques précédentes.

C'est toute la série de ces expériences que je me réserve de discuter et analyser ultérieurement, lorsque je les aurai complétées pour mettre la question au point.

12° Le dépôt dans des bassins de décantation, expliqué par M. Le Couppey de la Forest, se trouve complètement contredit par l'étude faite à Padirac et que j'analyse ci-dessous. D'ailleurs, l'absence de décantation n'est pas incompatible avec les faits établis de remise en marche, car certaines causes (une baisse des eaux, par exemple, ou un dédoublement inégal de parcours ou un amoncellement de sable et d'argile, comme celui qui, à Padirac, à la galerie de la Fatigue, émerge complètement en étiage à 1 400 mètres de l'orifice) peuvent isoler un dépôt d'eau colorée dans un bassin momentanément sans écoulement; et alors une *chasse* peut être provoquée ensuite par une de ces véritables *crues souterraines* dues aux subites et abondantes précipitations atmosphériques. Depuis plusieurs années, j'ai reconnu et expliqué le mécanisme de ces crues (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, *passim*), en établissant qu'elles communiquent aux résurgences des variations beaucoup plus brusques et bien plus faciles à comprendre qu'on ne l'avait pensé jusqu'alors.

Il va sans dire que la subite arrivée des infiltrations d'orages parmi les bassins stagnants d'une rivière souterraine fera sur ceux-ci l'effet d'un coup de piston rendant à la circulation la fluorescéine bloquée en

(1) En 1877, transmission en soixante heures, aussi bien pour la fluorescéine de Ten Brink que pour le sel marin de Knop. — Distance : 12 kilomètres; différence de niveau : 173 mètres; vitesse horaire : 200 mètres.

route, et pouvant parfaitement, si la coloration du liquide a été suffisante, l'amener vers une résurgence subordonnée, — soit pour la seconde fois après un intervalle plus ou moins grand si une première portion de couleur, une *préface* ou *avant-garde* en quelque sorte, avait déjà réussi à parvenir jusqu'au dehors (c'est le fait souvent observé des colorations consécutives espacées), — soit pour la première fois si les causes de retenue ont été assez multipliées pour maintenir la fluorescéine prisonnière jusqu'au coup de piston de la prochaine crue. Il n'est pas nécessaire, pour cette remise en marche, que la galerie d'écoulement s'amorce en conduite forcée; l'aménée brusque d'un fort volume d'eau suffit pour la provoquer, même en conduite libre, à condition que son activité l'emporte sur la passivité de l'obstacle.

15° Comme conséquence directe de ce qui précède, il faudrait recommander d'exécuter les expériences à la fluorescéine lors des crues, plutôt qu'à l'étiage, afin d'accroître les chances de résultats positifs : on aurait ainsi l'avantage d'une durée moins prolongée de l'écoulement au débouché; mais il est vrai que de plus grandes et plus dispendieuses quantités de substance devraient être employées et que, parfois, le trouble des eaux d'orage pourrait contrarier l'observation de sortie. En pratique utilitaire, toute recherche devrait être faite dans les trois états : des eaux basses, moyennes et hautes, qui doivent présenter partout des conditions d'écoulement essentiellement différentes.

14° En 1899, M. et M^{me} Vallot, à Chamonix, et moi-même, à Ragaz, nous avons simultanément constaté que les eaux troubles, soit de torrents de glaciers, soit de crues limoneuses, diminuent dans une proportion énorme le pouvoir colorant de la fluorescéine, très probablement à cause de l'opacité communiquée par les particules argileuses entraînées. Mais la décantation, préconisée par M. Trillat, pallie cet inconvénient, puisque l'argile, dans l'éprouvette, se dépose avant la décoloration, même à la lumière du jour (voir 4°).

15° Conformément à la judicieuse observation de MM. Fournier et Magnin, la remise en marche par les crues d'orage peut agir moins rapidement sur la fluorescéine que sur les microbes ou ptomaines accumulés dans les bassins de retenue, — si bien que les germes épidémiques peuvent parfaitement atteindre une résurgence (et par conséquent la contaminer) plus rapidement que les colorations destinées à les faire prévoir, surtout si ces colorations n'ont pas été observées au fluorescope (v. ci-dessus).

Voici maintenant ce que peut apprendre, à titre d'exemple, une expérience détaillée exécutée et suivie sous terre.

Le 21 mai 1903, j'ai procédé à Padirac à une complexe recherche en plusieurs parties, que j'ai faite moi-même pendant deux jours consécutifs et dont l'examen a été continué sans arrêt jusqu'au 9 juin par M. Tournié, garde principal du gouffre. L'essai a porté sur une longueur de la rivière souterraine égale à 935 mètres, particulièrement bien appropriée par la divergence d'allure des diverses sections qui la composent, et qui sont au nombre de six, ayant donné chacune une vitesse différente :

A. 80 mètres de talus d'effondrement avec dénivellation de 5 mètres dont la disposition intérieure est inconnue; vitesse horaire : 32 mètres.

B. 230 mètres de cours rapide sans profondeur et presque sans obstacle, dans la galerie de la Fontaine, avec dénivellation de 1 mètre; vitesse : 230 mètres par heure.

C. 330 mètres de propagation sans obstacle et sans dénivellation, dans la rivière plane, sur une largeur moyenne de 4 mètres, une profondeur de 3 mètres et un volume approximatif d'environ 4,000 mètres cubes; vitesse : 11^m,60 à 12 mètres par heure.

D. 100 mètres dans un véritable lac atteignant jusqu'à 12 mètres de largeur et 2 mètres de profondeur moyenne (cubant environ 1 000 à 2 000 mètres cubes) en amont d'une *vanne de retenue artificielle*; vitesse : 5^m,50 par heure.

E. 70 mètres d'écoulement en partie siphonnant en partie rapide en aval de la vanne; vitesse : 11^m,66 par heure.

F. 125 mètres dans un lac de 12 à 27 mètres de largeur et 5 mètres de profondeur maximum, composé de plusieurs cuvettes se déversant l'une dans l'autre; vitesse : 7 mètres par heure.

La vitesse de la fluorescéine a donc varié sur près de 1 kilomètre observé entre 5^m,50 et 230 mètres à l'heure et sa marche donne les résultats suivants :

1° La vitesse augmente avec le débit, le talus A n'ayant été traversé qu'en cinq heures (16 mètres à l'heure) avec un débit de 7 à 10 litres par seconde (dans les expériences de 1896 et 1899) au lieu de 32 mètres pour un débit de 20 à 30 litres par seconde en mai 1903 (voir ci-dessous 9°).

2° Son maximum (230 mètres par heure) est dans l'écoulement en ruisseau.

3° Son minimum dans les passages en lacs calmes et points siphonnants (3, 7 et 12 mètres par heure).

4° La diffusion de la fluorescéine et la dilution croissante qui en résulte sont doublement prouvées :

I. Par la plus grande lenteur de la queue (60 mètres en quinze heures, ou 4 mètres à l'heure) dans la section *C*, au lieu de 12 mètres à l'heure pour la tête, soit un ralentissement de deux tiers;

II. Par cette constatation que, jetée en quatre points respectivement distants de 80 mètres (*A-B*), 280 mètres (*B-C*) et 450 mètres (*C-D*), les quatre fractions de fluorescéine, d'abord séparées sur ces distances, se sont rejointes l'une l'autre au bout de trois heures et demie à vingt-deux heures, et se trouvaient, au bout de ces vingt-deux heures, réunies en une seule coloration continue, les intervalles séparatifs étant comblés par la jonction de la tête de chaque section colorée avec la queue de la section suivante.

5° Dans la rivière plane et le lac suivant, sur 450 mètres d'étendue (sections *C* et *D*), la coloration de la queue sous la poussée du courant d'amont a disparu (à l'œil nu et à la lueur du magnésium) sur 60 mètres en quinze heures (1); sur les 370 mètres suivants (en amont d'une vanne), la coloration a persisté, sans changement appréciable, pendant quatre jours; puis elle a diminué, d'abord dans les parties sans profondeur, puis dans les bassins, même creux de 3 à 4 mètres, où la décoloration s'est effectuée progressivement. Elle n'est devenue tout à fait invisible que le 7 juin, c'est-à-dire que la couleur s'est maintenue pendant quinze jours dans un réservoir de 5 000 à 6 000 mètres cubes rempli par elle en trente-six heures environ; — que la décoloration a été progressive, lente et régulière à partir du quatrième jour; — et qu'elle s'est effectuée complètement, *aucun dépôt de matière colorante ne s'étant formé dans le fond et la décantation ne s'étant pas manifestée, malgré l'extrême lenteur du courant.*

6° Pour la section *F*, les bassins étagés qui la composent ont donné le même résultat, mais ont retenu la coloration deux jours plus longtemps (jusqu'au 9 juin), sans accuser non plus, après cette date, aucune trace de dépôt au fond.

7° L'écoulement en quinze jours à raison de 20 à 30 litres par seconde (à supposer que le débit n'ait pas varié dans ce laps de temps) a été de 28 000 à 42 000 mètres cubes. La quantité de fluorescéine employée (750 grammes en tout) correspond donc à un pouvoir colorant (à l'œil nu) de 40 à 60 millions de fois son poids, ce qui est bien conforme aux données admises.

(1) On comprend qu'en cas d'orage et de crue subite, l'augmentation de l'eau d'amont eût accéléré la marche de la queue et maintenu la coloration plus *massée* sur elle-même.

8° En examinant la marche de la tête de la coloration dans les parties les moins rapides (de 7 mètres à 5^m,50 à l'heure), j'ai constaté qu'une fois jetée dans l'eau et bien dissoute par un fort brassage à grands coups d'aviron, la couleur verte se propage en minces ramifications vasculaires et filamenteuses, *tendant plutôt à remonter à la surface*, en tout cas se maintenant entre deux eaux; ce fait corrobore l'absence de dépôt notée ci-dessus, 5°.

Toute cette expérience de Padirac a été faite sur les données à l'œil nu; au fluorescope, elle eût certainement fourni des résultats différents, et M. Marboutin m'a fait espérer qu'il irait prochainement, dans cette rivière souterraine, reprendre les recherches avec le fluorescope, ce qui ne manquera pas d'être fort instructif.

On voit d'après tout ce qui précède — et qu'il faut considérer comme des notes documentaires, pour partie même provisoires, — combien je suis d'accord (sous réserve de la question de la décantation) avec M. Le Couppey de la Forest quant aux restrictions à apporter aux conclusions de MM. Fournier et Magnin. Je répète que je ne me considérais pas encore comme suffisamment renseigné pour traiter une question qui est loin d'être mûre, et que la présente note a pour double but de donner date aux remarques qu'elle contient et de mettre les expérimentateurs en garde contre toutes déductions précipitées.

Note de M. Rabozée.

En donnant lecture de la Note de M. Martel, M. le capitaine *Rabozée* commente quelques-uns des résultats signalés et discute certaines des conclusions formulées par l'auteur (1). Il ajoute que le retard de la fluorescéine sur l'eau qui la véhicule ne lui paraît nullement prouvé par les faits observés à Padirac. Il pense, au contraire, que ce retard ne peut exister et que la matière colorante doit marcher comme l'eau qui la tient en dissolution. Si l'on a pu croire que la fluorescéine marche moins vite que l'eau, cela doit résulter d'erreurs d'observation et surtout d'une mauvaise interprétation de la définition de la vitesse. L'expression « *vitesse de l'eau* » est en effet vide de sens si l'on ne spécifie pas formellement ce qu'on entend dire par là. Il faudrait

(1) Il est de ces conclusions qui avaient été présentées lors de la lecture en séance, sous une forme et avec des tendances quelque peu différentes de celles de la rédaction définitive de la Note de M. Martel, qui, à la correction des épreuves, a utilement fait profiter son exposé des points acquis par la discussion. Ceci explique ici certaines critiques devenues, par le fait, moins justifiées. (Note du Secrétariat.)

définir — conventionnellement — la *vitesse maximum*, la *vitesse minimum*, la *vitesse moyenne*. Dans un cours d'eau, la vitesse des particules varie en effet non seulement d'une section transversale à l'autre, mais aux différents points d'une même section transversale. Par des dessins faits au tableau, M. Rabozée montre que les différents points situés à un moment donné dans une section transversale ne se retrouvent pas tous en même temps dans une autre section transversale d'aval ; ils se trouvent, au contraire, répartis sur une surface — supposée conique pour la facilité de la représentation — dont la pointe se trouve à l'aval, vers le milieu, et un peu au-dessous du plan d'eau, et dont la base est restée en arrière, traînant sur le périmètre mouillé : c'est que les filets d'eau ont, comme on le sait depuis longtemps, des vitesses qui diminuent à mesure qu'on s'approche du périmètre mouillé. C'est précisément parce que la fluorescéine marche avec l'eau, et comme l'eau, qu'il faut s'attendre à voir le liquide coloré pousser vers l'aval une pointe plus ou moins aiguë suivant les circonstances particulières.

De sorte que si l'on colore à un moment donné la partie comprise entre deux sections transversales du cours d'eau, cette colonne ne marchera pas d'un seul bloc ; elle s'allongera, la tête prenant de l'avance sur la queue. Si l'on remarque d'ailleurs que, par suite surtout des étranglements, élargissements, coudes, obstacles de toute espèce, certains filets liquides situés dans la zone de maximum de vitesse et prenant ainsi de l'avance sur les voisins, passent, à un moment donné, dans une région de vitesse réduite, on comprendra que la masse colorée se mélange constamment avec l'eau claire qui la précède et avec celle qui la suit.

On conçoit ainsi toute la complication que présente le phénomène de l'écoulement dans les cours d'eau naturels. Mais il paraît certain que les variations d'intensité dans la coloration de l'eau à l'endroit où on l'observe correspondent à des variations de même sens dans les quantités d'eau qui, issues de la masse colorée en amont, passent au point d'observation.

Il est donc nécessaire que les relevés d'expériences se fassent en tenant compte de ces considérations et que les expérimentateurs se mettent parfaitement d'accord sur la signification — plus ou moins conventionnelle peut-être — des termes qui serviront à exprimer les résultats de leurs observations.

Au cours de la discussion qui suit le commentaire ci-dessus de la note de M. Martel, plusieurs membres s'élèvent, au nom des lois de

la physique et de l'hydrodynamique, contre la thèse, si répandue encore, que la fluorescéine pourrait arriver en retard réel sur l'eau.

M. Masson, entre autres, fait connaître que tous les chimistes sont d'accord pour dire qu'une matière en dissolution ne peut être séparée de son véhicule; donc, pour qu'il y ait retard de la fluorescéine, celle-ci devrait se séparer de l'eau, ce qui ne peut avoir lieu. Conséquemment, il ne peut y avoir ni retard ni avance, mais simplement *erreur d'observation* ou sans doute *insuffisance des procédés de perception* du passage de tête de la fluorescéine.

Les données suivantes ont été fournies par M. Imbeaux comme complément aux indications de sa lettre, insérée dans le procès-verbal de la séance du 16 juin.

Note de M. Imbeaux sur une expérience à la fluorescéine dans le plateau de Haye.

Puisque notre cas vous intéresse, voici les détails. Vous savez que nous faisons une galerie captante sous le massif bajocien de la forêt de Haye : elle est représentée par le trait OAB sur le bout de carte ci-joint (voir fig. 1) et elle a près de 2 800 mètres de long, donnant en ce moment (où tous les travaux de descente de l'eau ne sont pas finis) environ 2 000 mètres cubes d'eau aseptique par jour.

En G, près de la ferme de Clairlieu, l'eau de quelques sources amenées dans un petit étang, rentre dans le sol et se perd, à 700 mètres environ à l'amont du passage de notre galerie. Désirant savoir si cette eau arrivait dans la galerie filtrée ou non, nous avons fait trois expériences à la fluorescéine.

Premier essai. — Le 11 octobre 1901, on a versé 100 grammes seulement dans le petit étang, mais pendant cinq jours d'observation, rien n'est apparu dans l'eau des sources rencontrées par la galerie, à 50 mètres en dessous de la surface, ni dans celle des venues plus profondes, au niveau de la galerie elle-même. Le débit des eaux en cet endroit n'est guère que de 6 litres par seconde.

Deuxième essai. — Le 21 octobre 1901. Avec 500 grammes de fluorescéine (dans alcool ammoniacal); prélèvement chaque demi-heure pendant cinq jours; pas de fluorescéine reconnaissable.

Troisième essai. — 18 novembre 1902, en très basses eaux. On avait découvert le canal qui sort de l'étang et se perd à 50 mètres de ce dernier. On s'était ainsi rapproché de la galerie, et c'est là qu'on a versé

100 grammes de fluorescéine lentement, au point de perte. Il n'y avait même pas 1 litre par seconde. On a observé huit jours : rien n'est apparu.

Enfin nous avons fait un *autre essai* sur un puits P, situé à 350 mètres de la galerie et descendant à 60 mètres de profondeur, c'est-à-dire au même niveau que la galerie. Le 15 décembre 1902 (basses eaux), on y jette 100 grammes de fluorescéine : elle persiste dix-huit jours dans l'eau du puits, mais on n'en retrouve aucune trace dans la galerie.



Fig. 1. — CROQUIS GÉOLOGIQUE ET TOPOGRAPHIQUE DE LA RÉGION DU PLATEAU DE LA FORÊT DE HAYE, PRÈS NANCY, OÙ SE TROUVE LA GALERIE DRAINANTE D'EAUX ALIMENTAIRES, OBJET D'EXPÉRIENCES A LA FLUORESCÉINE.

OAB Galerie drainante, longue de 280 mètres.

G Perte des eaux superficielles près la ferme de Clairlieu (700 mètres à l'amont de la galerie).

P Puits descendant au niveau de la galerie (60 mètres) et situé à 350 mètres de celle-ci.

8. Alluvions graveleuses de la vallée de la Meurthe.

7. Bathonien moyen et inférieur (Calcaire).

6. Bathonien inférieur (Calcaire).

5. Bajocien (Calcaire).

4. Toarcien (minerai de fer).

3. — Marnes supraliasiques supérieures.

2. — — — moyennes (et grès médioliasiques).

1. — — — inférieures (et calcaires ocreux).

+++++ Faille.

Ces quatre expériences, jointes au fait que plusieurs analyses bactériologiques trouvent l'eau à peu près aseptique, nous font penser que la filtration se fait bien dans nos calcaires bajociens, ce que je m'explique par le fait que les fissures sont généralement remplies (colmatées) par le produit de désagrégation de la roche, sorte de bouillie de débris rocheux.

M. le Prof^r FOURNIER, de Besançon, donne quelques détails sur une tournée qu'il vient d'effectuer et pendant laquelle il a fait plusieurs expériences de coloration. Dans un ruisseau à l'air libre, la fluorescéine s'est propagée avec une vitesse de 1 kilomètre à l'heure, tandis que la vitesse moyenne de l'eau à la surface, calculée, puis mesurée directement, donnait 3 kilomètres 200 mètres à l'heure.

Dans une autre expérience, le passage de la fluorescéine dans des produits de décalcification du Jurassique a exigé deux heures pour une distance franchie de 50 mètres.

Études de M. le Prof^r Fournier dans la région de la source d'Arcier.

(Analyse par M. E. VAN DEN BROECK.)

En réponse à une demande de renseignements de M. le Secrétaire général au sujet de la source d'Arcier, M. E. Fournier fait parvenir le petit croquis inédit ci-après de la constitution géologique de la région. Il fournit, de plus, une série de données extraites de ses travaux (1) et qui, complétées pour la publication au *Bulletin* par quelques renseignements qu'a extraits desdits travaux M. Van den Broeck, permettent de se rendre compte des éléments, si exceptionnels et si aberrants, qu'offrent dans ces parages la circulation des eaux souterraines et leurs variations, non soupçonnables sans l'investigation à l'aide des méthodes récentes d'étude par la fluorescéine.

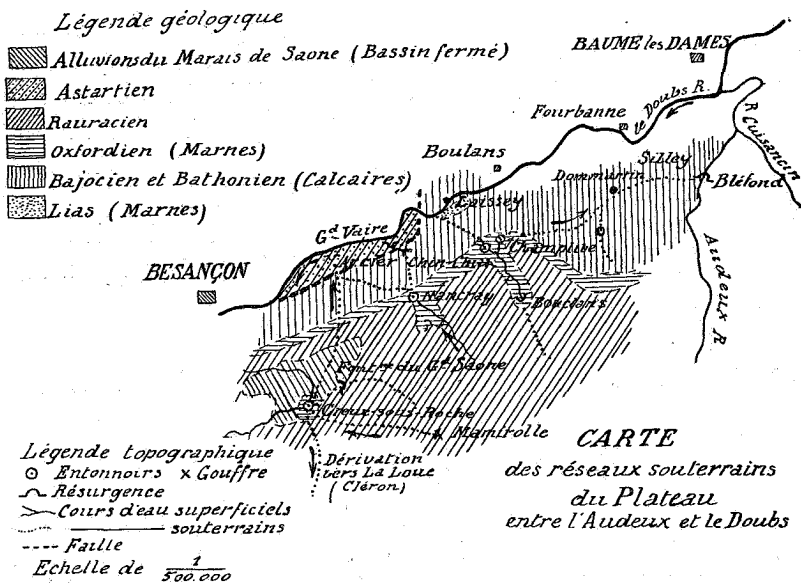
Il s'agit en l'espèce (voir la fig. 1 ci-jointe) d'un plateau jurassique, situé au Sud-Ouest de Baume-les-Dames et compris entre les vallées du Doubs et de l'Audeux, et qui englobe les localités de Nancray, Champlive et Arcier, etc.

Besançon, surtout alimenté par la source d'Arcier, se trouve au Nord et dans une boucle du Doubs, à l'extrémité occidentale de la petite carte.

Le plateau susdit est constitué par une série de dépressions peu

(1) Voir notamment : *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences de Paris* (13 janvier 1903). E. FOURNIER, *Sur la structure des réseaux hydrographiques souterrains dans les régions calcaires.*

étendues, dépourvues d'écoulement superficiel. En effet, un horizon de marnes imperméables oxfordiennes y forme collecteur de bas niveau pour les eaux météoriques ou fluviales, qui ne s'écoulent que par des entonnoirs traversant les marnes et viennent atteindre, dans le sous-sol, les calcaires fissurés et très perméables du Bathonien et du Bajocien.



Nota. — Ni l'Astartien ni le Rauracien ne sont exclusivement localisés, comme tend à le laisser croire la petite échelle de la carte : le premier terme est toutefois amplement développé dans la région Nord, de même que le Rauracien l'est dans le Sud, sur un espace considérable.

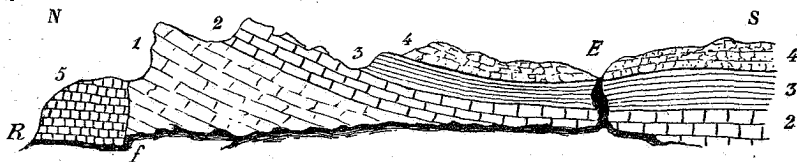


Fig. 2. — COUPE GÉOLOGIQUE N.-S. DE LA RÉGION DES BASSINS FERMÉS AU SUD DU DOUBS, ENTRE BAUME-LES-DAMES ET BESANÇON.

R Résurgence ou fausse source.
E Entonnoir d'absorption.
f Faille.

- 5. Jurassique supérieur. Astartien. (Calcaire).
- 4. — Rauracien (Calcaire).
- 3. Marnes oxfordiennes imperméables (J. sup.).
- 2. Calcaire bathonien. } Dogger (J. sup.).
- 1. — bajocien. }

Du côté du Nord-Ouest, cette série de bassins fermés vient s'appuyer sur les collines de Montfaucon et de la côte de Joux, limitées elles-mêmes du côté de la vallée du Doubs par une grande faille polygonale, qui n'est que le prolongement de la faille de Montfaucon. Cette faille forme une ligne de drainage susceptible de jouer, par rapport aux eaux des bassins fermés, ou du moins par rapport à une partie de ces eaux, le rôle de collecteur.

De l'autre côté de la faille se trouve une bande de terrain plus ou moins plissée, bordée au Nord-Ouest par une faille sinueuse qui peut être considérée comme le prolongement de la faille des Trois-Châtelers.

C'est entre ces deux failles et dans un point correspondant à un abaissement marqué des couches que jaillissent les *sources d'Arcier*, qui sortent de galeries creusées dans le calcaire et présentent tous les caractères des sources dites *vauchusiennes*, qui, comme l'a fait depuis longtemps remarquer M. Martel, doivent être désignées, plus exactement, sous le nom de *résurgences*, puisqu'elles ne sont que la réapparition d'eaux ayant déjà présenté un parcours superficiel plus ou moins long (1).

Dans le rapport officiel d'où est extrait l'exposé général qui précède, M. Fournier signale l'existence, au Sud-Est de la faille d'Arcier (ou de Montfaucon), de quatre bassins fermés : bassin de Saône, bassin de Gennes, bassin de Nancray et bassin de Champlive. Le premier d'entre eux, qui déjà à l'époque quaternaire était constitué par des tourbières entourant un lac peu profond, est indiqué très nettement dans le petit croquis ci-joint, par la zone en forme de pointe de flèche des « alluvions du marais de Saône ».

Un vaste entonnoir d'absorption englutit trois cours d'eau principaux. Deux d'entre eux sont indiqués sur la carte en traits pleins ; le troisième, souterrain dans sa partie d'amont (vers l'Est), n'apparaît au jour que sous forme de résurgence : la fontaine du Grand-Saône.

Le rapport de M. Fournier signale que les deux premiers cours d'eau sont contaminés par des moulins, villages et étangs stagnants. Quant au troisième, dit l'auteur de cette étude, « il passe sous une partie du village de Saône (non marqué sur la carte) et reçoit directement les purins et les infiltrations des fosses d'aisances ». Au Château notamment, les *fosses d'aisances sont placées directement sur le trajet du cours d'eau souterrain*. Après la résurgence de la fontaine du Grand-Saône, ce troisième cours d'eau devient, pendant quelque temps, souterrain, pour venir ressortir près du Creux-sous-Roche, dans lequel il s'en-

(1) Rapport de M. FOURNIER, professeur de géologie à la Faculté des sciences de Besançon, *Sur les causes de contamination de la source d'Arcier* (Rapport adressé au préfet du Doubs, daté du 12 mars 1902, 12 pages in-4° avec figures et planches).

gloutit. M. Fournier a pu s'assurer, non seulement par des expériences de coloration, mais aussi par l'exploration de cavités intermédiaires, de la continuité du cours d'eau souterrain, entre le village du Grand-Saône et le Creux-sous-Roche.

Si l'on consulte maintenant la petite carte, qui montre la *source d'Arcier*, base d'alimentation de la ville de Besançon, située à 7 kilomètres au Nord-Nord-Ouest du Creux-sous-Roche, et si l'on note qu'une série d'expériences de coloration exécutées récemment en hautes eaux par M. Jeannot a montré, comme nous l'apprend M. Fournier, qu'une partie des eaux absorbées par le Creux-sous-Roche *allaient ressortir à Arcier*, on sera déjà édifié. Et le réseau souterrain de décharge de cet entonnoir absorbant du Creux-sous-Roche ne donne pas seulement lieu à un écoulement partiel vers le Nord, car en 1899, en basses eaux, M. Fournier avait déjà établi, par une expérience effectuée en une période de régime différent des eaux, qu'il y avait, du même point d'absorption, une dérivation souterraine contribuant, à 15 kilomètres vers le Sud, à la constitution de la « source » du Maine, dans la vallée de la Loue, près Cléron : il fallut quinze jours environ pour que ce cheminement vers le Sud pût s'opérer, et pendant tout ce temps les sources d'Arcier, soigneusement observées, ne présentèrent aucune trace de coloration.

La connaissance du réseau s'est enrichie d'un élément nouveau, que le croquis ci-joint figure pour la première fois, d'après les indications de M. Fournier. C'est un cours souterrain assez développé vers l'Est et en communication avec l'entonnoir de Mamirolle et déversant ses eaux dans les profondeurs du Creux-sous-Roche. On voit ainsi la zone de contamination possible s'étendre de plus en plus en des régions qu'à première vue on ne jugeait guère pouvoir se trouver en relation, même partielle, avec la source *alimentaire* d'Arcier.

Le bassin fermé de Gennes, relié pour ainsi dire à la lisière du « marais de Saône », comprend, entre autres entonnoirs et grottes, une profonde cavité en forme de V renversé, ou d'éteignoir, dans lequel en 1871, à la suite d'une épizootie, nous apprend M. Fournier, on a jeté une quantité si considérable de chevaux et de bœufs que les cadavres de ces animaux avaient fini par le combler complètement. Or, les infiltrations de ce gouffre rejoignent souterrainement les eaux de la « source d'Arcier ». Au bout de quelques mois, lorsque les animaux commencèrent à entrer en putréfaction, une épidémie de *fièvre typhoïde* éclata à Besançon ; l'autorité s'en émut et un entrepreneur fut chargé de combler le gouffre.

Dans le premier de ses mémoires exposant ses recherches spéléolo-

giques dans la chaîne du Jura (1), M. E. Fournier rappelle en détail les déboires qui accompagnèrent ces travaux, dont l'importance ressort de ce fait que lors de la descente qu'il fit ultérieurement au gouffre susdit, l'auteur mesura une hauteur verticale de 25 mètres pour le cône d'éboulis s'élevant de la base du gouffre vers son orifice rétréci. Dans son rapport officiel sur la source d'Arcier, M. Fournier dit qu'il ne pourrait malheureusement pas affirmer qu'on ait cessé, d'une façon complète, d'y jeter des cadavres de bestiaux morts, et il ajoute que les eaux du village de Gennes lui-même s'infiltrèrent dans des entonnoirs et dans des fissures qui vont en définitive rejoindre le réseau souterrain d'Arcier, ces pertes étant situées dans le secteur de drainage compris entre le Creux-sous-Roche et l'entonnoir de Nancray, dont il va être question à l'instant.

Le bassin fermé de Nancray (voir la carte) renferme des entonnoirs et des fissures d'absorption dont la communication avec les eaux de la source d'Arcier est connue depuis 1886, à la suite des recherches de M. Jeannot, directeur des eaux de la ville de Besançon. Mille kilogrammes de sel furent jetés par ses soins dans l'entonnoir principal. Après neuf heures et demie, la solution, qui avait apparu après quatre heures à des résurgences différentes (au Grand-Vaire, à environ 4 kilomètres au Nord), était constatée à Arcier (environ 6 kilomètres à vol d'oiseau au Nord-Ouest). Vers la fin d'avril 1894, s'adjoignant trois collaborateurs, dont M. Magnin, le même expérimentateur exécuta une expérience à la fluorescéine et quatre-vingt-treize heures après, l'eau arrivait visiblement verte à Besançon, et les résurgences partielles intermédiaires du Grand-Vaire et de Corcelles furent aussi, dit M. Fournier, légèrement colorées.

Le Dr Prieur a fait un historique éloquent des nombreuses épidémies de fièvre typhoïde qui ont sévi à Besançon et cette étude met en évidence les relations de ces épidémies avec de multiples causes émanant régulièrement de la région des infiltrations souterraines à distance. Ainsi l'épidémie de novembre 1893 fut précédée de dix-sept cas de fièvre typhoïde à Nancray. C'est exclusivement dans la zone des habitations de Besançon qui est alimentée par Arcier, — où l'analyse a d'ailleurs fait rencontrer jusqu'à des matières fécales, — qu'est localisée l'épidémie. La récente épidémie de 1904, à Besançon, a coïncidé, M. Maréchal l'a démontré, avec d'intenses précipitations pluviales dans le bassin de Nancray.

Que penser, en présence de faits si précis, de l'indifférence des pou-

(1) E. FOURNIER et MAGNIN, *Recherches spéléologiques dans la chaîne du Jura* (2^e campagne 1899-1900). Première partie : *Grottes, Résurgences et Gouffres*, par E. FOURNIER. *Mém. de la Société de Spéléologie*, t. IV, n^o 23, pp. 22-52.

voirs publics, dont le rapport officiel de M. Fournier donne d'étourdisants exemples? Tout d'abord, le collaborateur de M. Fournier, le professeur *Magnin*, avait depuis longtemps signalé la situation, même depuis une époque où l'origine hydrique de la fièvre typhoïde était encore fortement contestée. Ses observations, transmises au Conseil central d'Hygiène, furent tronquées et même supprimées! Une demande d'établissement, à Nancray, d'une porcherie de quarante animaux fut appuyée avec une déconcertante sérénité, non seulement par le conseil municipal de cette localité-crible, mais approuvée par le Conseil d'Hygiène. L'année suivante, une Commission envoyée à Nancray dut constater qu'aucune des prescriptions relatives au déversement des purins et résidus divers n'était observée dans cette localité. Mis en demeure, en 1899, d'exécuter les travaux nécessaires, le maire de Nancray répondit par de simples dénégations et déclarations contraires à la réalité des faits les plus déplorables.

En 1901, à la suite de plaintes motivées par la porcherie, une nouvelle Commission constata que les fumiers de cet établissement ne se trouvaient nullement en fosses étanches et que les immondices allaient, sinon droit, du moins sûrement au ruisseau de Nancray. On reconnut du même coup que la laiterie de Nancray était « tout à fait déplorable » au point de vue de la contamination des eaux. C'est seulement dans le dernier trimestre de 1901 que des mesures d'amélioration, très relatives, furent prises d'office, malgré les protestations du maire, qui écrivait au préfet « que l'eau restant neuf heures pour faire la traversée jusqu'à la source d'Arcier, a assez de temps, *selon l'avis des médecins*, pour se dépouiller de toute souillure ». On croit rêver!

Le petit croquis fourni par M. Fournier montre au Nord de Nancray, et indépendamment de la communication souterraine vers la source d'Arcier, le gouffre de Chin-Chin, près du village et de la résurgence de Grand-Vaire. C'est une cavité verticale d'environ 35 mètres de profondeur, vers le bas de laquelle s'ouvre dans la roche une sorte d'aqueduc avec ruisseau souterrain, siphonné après une cinquantaine de mètres. Suivant l'usage, on jette quantité de bêtes mortes dans ce puits, et, lors des pluies, les eaux s'élèvent, entrent dans l'aqueduc et, chargées d'extraits de charognes, vont contaminer le ruisseau souterrain.

Une récente exploration, en mars 1901, pendant laquelle M. Fournier, accompagné de nombreux élèves, étudia le mécanisme d'arrivée et de disparition du ruisseau, eut pour résultat de faire apparaître, après quatre heures et demie de trajet souterrain, la fluorescéine jetée dans le ruisseau souterrain du gouffre, à 6 ou 700 mètres de là, dans des sources... captées pour l'alimentation de la commune de Grand-Vaire. Les

habitants qui ont alors vu l'eau verte couler pendant trente-six heures dans leurs fontaines, ont pu s'assurer ainsi qu'en période de pluies et crue tout au moins, leurs eaux alimentaires constituent un bouillon nutritif dont les éléments sont constitués par les charognes qu'ils jettent eux-mêmes avec désinvolture dans le gouffre de Chin-Chin. Aussi le maire s'est-il empressé, devant cette leçon de choses, de prendre un arrêté interdisant de jeter des animaux ou des immondices quelconques dans le gouffre. Le bassin fermé de Champlive renferme notamment les deux entonnoirs figurés sur la petite carte ci-annexée et dans lesquels viennent se perdre les eaux d'un ruisseau partie souterrain partie aérien, dont la résurgence est indiquée à Bouclans. On utilise les eaux de l'un de ces entonnoirs à l'aide d'une machine élévatrice, les faisant remonter jusqu'au village de Dom-martin (voir la carte). Une expérience à la fluorescéine, ayant affecté 280 000 mètres cubes d'eau, n'a fourni aucune coloration à Arcier. Ce résultat négatif ne veut pas dire toutefois qu'il n'y ait pas communication dans de certaines conditions.

Dans l'édition de sa petite carte jointe au rapport officiel sur la source d'Arcier, M. Fournier adoptait, de même que dans son texte, l'idée d'une communication, restée un peu douteuse cependant, entre l'entonnoir occidental de Champlive et le gouffre de Chin-Chin. Mais dans la carte remaniée en vue de sa publication dans notre *Bulletin*, M. Fournier croit plus correct d'abandonner l'hypothèse de cette communication et de n'admettre de déversement souterrain démontré de l'entonnoir Ouest de Champlive, que vers le Doubs, en aval de Guissey.

L'exposé qui précède des observations, recherches et expériences de M. Fournier et de ses amis, et la petite carte qui l'accompagne, montrent combien sont, en réalité, compliqués, anastomosés et *variables* les courants souterrains qui parcourent les cavités et fissures des terrains calcaires.

Dans sa note du 13 janvier 1902 à l'Académie des Sciences de Paris, M. Fournier, après avoir sommairement rappelé ses expériences dans les bassins fermés de Saône et de Nancray, en tire des conclusions qui sont assurément d'application très générale.

Il résulte de ces constatations, dit l'auteur :

1° Qu'une même perte d'eau peut alimenter des ruisseaux souterrains appartenant à deux bassins différents ou ayant des exutoires éloignés. Exemple : le Creux-sous-Roche, qui déverse ses eaux vers la Loue et vers Arcier ; l'entonnoir de Nancray, qui les déverse vers Arcier et vers le Grand-Vaire ;

2° Qu'une dérivation vers un exutoire peut se produire en eaux fortes et eaux moyennes, et ne pas se produire en eaux basses ;

3° Que les réseaux hydrographiques souterrains des terrains calcaires sont anastomosés d'une manière parfois très complexe, comme le montre d'ailleurs le croquis topographique ci-annexé.

La même note de janvier 1902, à l'Académie, fournit encore des preuves complémentaires de cette complexité et de ces variations. Ainsi le gouffre du Gros-Gadeau, près de Salins, qui engloutit un ruisseau, a reçu, le 26 mai 1901, 1 500 grammes de fluorescéine en temps de fort débit. Deux jours après, les eaux nettement colorées s'observaient dans les fontaines de Saizenay, à quelques kilomètres de là, vers le Nord-Est.

En eaux basses, une expérience similaire n'a pas coloré les eaux de Saizenay, mais par contre a fortement affecté les eaux d'un ruisseau situé en aval.

Le phénomène des réapparitions de la fluorescéine au moment des crues a aussi été net pour M. Fournier et est rappelé dans la même note. « L'entonnoir de Clucy, près Salins, ayant été coloré une première fois en eaux basses, la coloration ressortit très faible à la source de Gouaille, située en aval. Une huitaine de jours après, à la suite d'une crue, la coloration réapparaissait à Gouaille avec une intensité beaucoup plus grande. Une deuxième expérience permet de constater le même phénomène. Enfin, tout récemment, dans les expériences de coloration de Saône, nous avons pu constater la réapparition de la coloration au bout de dix jours, à la suite d'une crue. »

« Ces constatations, ajoute l'auteur, ont une importance capitale au point de vue de l'hygiène; elles démontrent qu'en basses eaux les produits des infiltrations de surface s'accumulent dans des galeries réservoirs, momentanément isolés du réseau souterrain. Dès que les eaux augmentent, ces galeries réservoirs viennent déverser leurs produits, dangereusement contaminés, dans l'émissaire principal du réseau.

» *Conclusions.* — Les réseaux hydrographiques souterrains des régions calcaires sont donc tous dans un cycle *excessivement instable*, ils sont *anastomosés*, leur régime varie constamment, en même temps que varie l'intensité des précipitations atmosphériques; les phénomènes de capture peuvent s'y produire avec une grande facilité; en outre, il existe dans ces réseaux des cavités réservoirs qui ne se déversent dans le réseau principal que pendant les crues. La qualité des eaux d'origine vaclusienne est donc essentiellement variable comme leur régime, et, dans la plupart des cas, on doit les écarter d'une façon absolue dans tous les projets d'alimentation en eau potable. »

La séance est levée à 10 h. 40.

ANNEXE A LA SÉANCE DU 30 JUIN 1903

La station sismique de Grenoble (1).

UNIVERSITÉ DE GRENOBLE
FACULTÉ DES SCIENCES
DE GRENOBLE
LABORATOIRE
de Géologie et de Minéralogie.

Je suis heureux de vous faire connaître que les appareils sismologiques de la Faculté des sciences de Grenoble viennent d'être remis en marche; j'ai appris, en effet, que des bonnes volontés privées se sont émues de l'état de choses actuel et je pense qu'elles me permettraient de réunir les sommes nécessaires au fonctionnement de ces appareils. D'autre part, l'Université de Grenoble ne me refusera certainement pas son appui, si je crois devoir y recourir.

Le Conseil de l'Université de Grenoble verrait en effet avec peine se produire une interruption dans les observations sismiques faites dans mon laboratoire. L'Université ne m'a refusé aucun crédit à ce sujet; je n'avais pas cru devoir en solliciter d'elle et m'étais adressé seulement aux corps savants de la capitale.

Le fonctionnement du laboratoire de Géologie de l'Université de Grenoble, l'entretien et l'accroissement de ses collections constituent la partie normale du service que je dirige et qui a produit déjà de nombreux travaux. Le Conseil de l'Université a toujours, dans la faible mesure où il le pouvait et tout en regrettant vivement de n'être pas à même de le faire d'une façon plus large, soutenu de ses subsides l'enseignement et les recherches faites dans ce laboratoire. Estimant que l'entretien du service sismologique ne constituait pas une dépendance nécessaire et normale de la chaire de Géologie, que son utilité était plutôt nationale que régionale, au même titre que les observations météorologiques par exemple, et qu'à l'étranger les stations sismologiques ont une organisa-

(1) Voir les procès-verbaux des séances des 21 avril 1903 (Annexe), pp. 142-145, 16 juin 1903, p. 217, et 30 juin, p. 316.

tion spéciale et indépendante, je n'ai pas cru devoir ni pouvoir demander au Conseil de l'Université de Grenoble de consacrer à ce service une partie des ressources déjà si restreintes dont il dispose, et j'ai pensé pouvoir intéresser d'une façon effective au maintien d'observations dont l'intérêt a été mis en lumière dans le cours de ces dernières années, les milieux scientifiques de la capitale. Devant l'insuccès de mes démarches, j'avais dû cesser d'entretenir le sismographe de la Faculté, pour ne pas engager des crédits dont je n'avais pas la disposition.

W. KILIAN,

Professeur de Géologie à l'Université de Grenoble.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE

ÉMILE HAUG. — Sur deux horizons à Céphalopodes du Devonien supérieur dans le Sahara oranais.

On connaît aujourd'hui, dans le Sahara oranais, grâce aux explorations de M. Gautier, deux niveaux fossilifères du Devonien supérieur, nettement définis par des faunes riches et bien caractéristiques. Leurs affinités paléontologiques avec des couches du même âge de l'Allemagne centrale sont tout à fait remarquables et accentuent encore le caractère « hercynien » ou mieux « armorico-varisque » des chaînes paléozoïques du Sahara septentrional, sur lequel plusieurs auteurs ont déjà insisté.

V. DE W.

(*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 6 juillet 1903.)

W. BOYD-DAWKINS. — Une caverne ossifère d'âge pliocène à Dorcholes, Buxton (Derbyshire).

La caverne de Dorcholes se trouve dans une carrière de Calcaire carbonifère située sur un plateau dont les eaux coulent d'un côté vers le Mersey, de l'autre vers le Derwent. Le calcaire présente des cavités (*swallow holes* ou *swallets*) qui sont pour la plupart remplies d'argile et de limon, avec des débris d'ossements de mammifères. Ceux fournis par la caverne de Dorcholes appartiennent aux espèces suivantes : *Machairodus crenatidens* Fabrini, qui se rencontre aussi dans le Pliocène supérieur du Val d'Arno et dans celui de l'Auvergne. M. le Prof. Boule considère le *Machairodus crenatidens* comme l'ancêtre

pliocène du *Machairodus latidens*, qui a vécu pendant le Quaternaire. *Machairodus crenatidens* n'avait pas été rencontré jusqu'ici dans les terrains pliocènes de l'Angleterre. *Felis spelea*, *Hyæna* probablement *arvernensis* Croizet et Jobert, *Mastodon arvernensis* Croizet et Jobert. Des dents molaires indiquent les espèces suivantes : *Mastodon arvernensis*, *Elephas meridionalis* Nesti, *Rhinoceros Etruscus* Falconer, *Equus Stenonis* Nesti, *Cervus Aueriarium* (?) Croizet et Jobert.

Toutes ces espèces se retrouvent dans les dépôts d'eaux douces du Pliocène supérieur d'Auvergne et du Val d'Arno. En Angleterre, *Mastodon arvernensis*, *Elephas meridionalis*, *Equus Stenonis*, *Rhinoceros Etruscus* (?) se retrouvent aussi dans le Red Crag. Par contre, cette faune se distingue de la faune quaternaire par l'absence des animaux qui ont occupé l'Europe pendant le Quaternaire, tels l'Ours des cavernes, le Mammouth, le Rhinocéros poilu et les espèces paléarctiques encore vivantes actuellement. Dans le *Forest Bed*, on retrouve les deux catégories mélangées.

Une carte instructive accompagne ce travail. L'Irlande, l'Angleterre, les Feroë et les Shetland sont réunies et forment une presqu'île rattachée au continent par le pays occupé actuellement par le Pas-de-Calais et la Manche. Cette presqu'île s'étendait beaucoup plus à l'Ouest que la côte irlandaise actuelle, de même que la côte atlantique pliocène des contrées dont la partie encore émergée aujourd'hui forme maintenant la France et l'Espagne.

V. DE W.

(*Quart. Journ. of the Geological Society*, vol. 59, n° 234, mai 1903.)

Commandant O. BARRÉ. — **L'architecture du sol de la France, essai de géographie tectonique** (librairie Armand Colin, Paris, 1903).

Le livre du commandant Barré se distingue par les qualités éminemment françaises de clarté et d'élégance dans l'exposition des questions les plus complexes. Il nous présente un tableau de la tectonique du sol de la France, afin de nous permettre de comprendre les dispositions géographiques actuelles du pays. Malgré l'aridité et la complication du sujet, la lecture du livre est réellement attachante, et de plus elle est des plus instructives. Ce résultat doit être attribué aussi aux nombreuses et excellentes cartes qu'on a fait figurer dans le livre. Sans elles, la lecture du travail serait difficile, sinon impossible, à

moins qu'on ne possède à fond la géographie physique du pays, ce qui n'est pas toujours le cas, surtout pour le lecteur étranger. Nous nous faisons un plaisir de déclarer que la lecture de ce livre de géologie géographique nous a initié, mieux que tout autre, au sujet, passablement compliqué, de la géographie physique de la France, et qu'il sera de la plus grande utilité à propos de l'étude des travaux spéciaux de géologie de la France, surtout pour le lecteur étranger, qui n'a pas toujours le moyen de s'orienter dans les détails de géographie trop locaux pour qu'on les retrouve dans les atlas ordinaires.

L'auteur commence par exposer d'une façon générale l'état de l'Europe occidentale au moment de la formation des plissements hercyniens, et à ce sujet nous devons signaler les cartes 33 et 39, où ces plissements sont représentés, et qui figureraient avec utilité dans tout traité de géologie générale devant paraître en Europe. Partant des affleurements superficiels de l'ancienne Europe hercynienne et des modifications que le ridement alpin y a apportées, en donnant à l'Europe son relief actuel, l'auteur étudie successivement : 1° la région du Nord et du Nord-Ouest; 2° la région du Nord-Est; 3° la région du Sud et du Sud-Est; 4° la région du Sud et du Sud-Ouest; 5° la région de l'Ouest; 6° la région centrale, et enfin 7° la région des côtes, à laquelle un chapitre spécial a été consacré.

Au lecteur belge, nous recommandons surtout les chapitres II et III, qui traitent des régions de la France confinant à notre pays, et qui prouvent une fois de plus que, pour faire la géologie de la Belgique, il faut se garder de localiser les études à notre petit domaine, au risque de se perdre dans une spécialisation étroite et stérile. Nous nous plaçons aussi à signaler le chapitre du Sud et du Sud-Est, qui traite de la géologie du Rhône et des Alpes françaises. Nous y trouverons plus d'une indication intéressante sur une question encore obscure, celle de l'ancienne *Tyrrhénide*, dont les fragments encore accolés à la Basse-Provence constituent les chaînes anciennes des Marnes et de l'Estérel, et dont les parties effondrées à une époque récente ont donné naissance à la partie de la Méditerranée qui baigne la côte méridionale de la France et la côte occidentale de l'Italie.

Du reste, tous les chapitres du livre sont traités avec la plus grande compétence, et le lecteur qui voudra l'étudier y trouvera autant de plaisir que d'instruction, et il y retournera souvent pour le consulter, ou pour remettre au point sa mémoire géologique, en jetant un coup d'œil sur les nombreuses esquisses géologiques qui ont été réunies dans cet ouvrage.