

PROCÈS-VERBAL

DE LA

PREMIÈRE SÉANCE D'HYDROLOGIE

tenue le jeudi 15 novembre 1888

A L'HOTEL DE VILLE DE BRUXELLES

Présidence de M. A. Houzeau de Lehaie

La séance est ouverte à 2 h. 20.

La liste de présence porte les noms de 47 personnes : invités et membres de la Société.

Parmi les personnes invitées, MM. *Devaux*, inspecteur de l'hygiène au ministère de l'Intérieur, *A. Cappelle*, ingénieur provincial; *Goffin*, conseiller communal, tous trois membres de la Commission gouvernementale des eaux alimentaires de l'agglomération bruxelloise, ainsi que MM. *Bergé*, *G. Fuss*, *Gobert* et *M. Pagnoul*, de Jumet, assistent à la séance.

MM. *Vergote*, gouverneur du Brabant, *Buls*, bourgmestre de Bruxelles, *André* et *Dustin*, membres de la Commission gouvernementale des eaux alimentaires, *Frick*, échevin de l'instruction publique à Saint-Josse-ten-Noode; *Janssen*, échevin des travaux publics de la ville de Bruxelles; *Hector Denis*, professeur à l'Université de Bruxelles; le Major *Dusart*; le Capitaine *Combarz*, ainsi que MM. *Delevoy*, *Kemna*, *Van Scherpenzeel-Thim*, membres de la Société, font excuser leur absence et manifestent leurs regrets de ne pouvoir assister à la séance.

M. le Président prie Messieurs les membres de la Commission gouvernementale des eaux alimentaires, présents à la séance, de bien vouloir prendre place au bureau.

L'ordre du jour appelle l'approbation du Procès-Verbal de la séance du 25 juillet dernier.

Ce Procès-Verbal est adopté par l'Assemblée, sans modifications.

Correspondance.

M. le Secrétaire donne lecture de la correspondance, dont le résumé suit :

M. le Gouverneur du Brabant « appréciant l'utilité des études pratiques auxquelles la Société se propose de soumettre la question si importante des eaux alimentaires de la Belgique, suivra avec intérêt ses travaux et regrette que ses occupations ne lui permettent pas d'assister à ses séances. » Il annonce son intention « d'attirer sur la Société l'attention de la Commission gouvernementale des eaux alimentaires, dont la séance d'installation aura lieu le 19 courant ».

M. F.-M. Stapff, à Weissensee, près Berlin, exprime le regret de ne pouvoir assister à la séance, dont le programme l'intéresse d'une manière toute particulière. Il aurait désiré présenter quelques observations sur la circulation des eaux dans l'intérieur du St Gothard et annonce l'envoi de six diagrammes en partie inédits, résumant la distribution des venues d'eaux et des écoulements dans le Tunnel. Si la Société trouvait quelque intérêt à publier son travail, dont il achève en ce moment le manuscrit, il le lui enverrait volontiers pour l'impression au Bulletin.

M. le Président fait savoir que les diagrammes de *M. Stapff* ne sont pas parvenus en temps pour être montrés à la séance, suivant le vœu de leur auteur ; ils le seront à la prochaine réunion. En attendant, la Société se montre certainement désireuse de recevoir le travail dont il est fait mention. *M. le Secrétaire* est chargé de le demander, puis de le soumettre au Bureau afin de juger de l'opportunité de la publication.

M. Léon Cossoux, à peine de retour d'un voyage en Sicile, s'excuse de n'avoir pu terminer à temps pour la séance son travail, annoncé, sur les infiltrations dans la vallée de la Senne.

M. Van Scherpenzeel-Thim, de Liège, regrette que l'état de sa santé ne lui permette pas, comme il l'espérait, d'assister à la séance. Il compte, aussitôt après la publication du Procès-Verbal, profiter de ce qu'il a eu l'occasion d'étudier le régime des sources minérales de Spa et de ses environs, pour nous envoyer quelques observations utiles pour l'étude hydrologique que s'est proposée la Société. (*Remerciements.*)

M. Kemna, d'Anvers, annonce par dépêche la mort d'un proche parent ; ce qui le met dans l'impossibilité d'assister à la séance et de présenter les communications qu'il avait annoncées.

M. le Secrétaire de la *Société royale de médecine publique* annonce le prochain envoi à la Société de 225 exemplaires — spécialement destinés à ses membres régnicoles auxquels ils seront offerts — des rapports

et des procès-verbaux de la Commission spéciale des eaux instituée par la Société de médecine publique, suivis du compte-rendu sténographié de la discussion en assemblée plénière du 19 août 1888.

De chaleureux remerciements sont votés à la Société de médecine publique pour ce don généreux.

M. *Em. Decq* fait don à la Société de la feuille géologique de Theux, comprenant Spa et ses environs et dressée à l'échelle de 1/20.000 par André Dumont sur le canevas topographique de l'établissement Van der Maelen à Bruxelles. (*Remerciements.*)

M. *Jules Lezaack*, bourgmestre de Spa, offre gracieusement à la Société, pour ses travaux, six exemplaires de douze feuilles topographiques des environs de Spa, de l'Institut cartographique militaire, à l'échelle du $\frac{1}{20.000}$ mais spécialement agrandies par la photo-zincographie à l'échelle du $\frac{1}{10.000}$

Des remerciements sont votés à M. le bourgmestre Lezaack pour ces précieux documents, fort utiles pour les études qui seront bientôt entreprises sur le terrain.

M. *Ch. Van Mierlo* annonce que, comme annexe à son travail sur les projets de distribution d'eau pour Ostende, il déposera plus tard les résultats de diverses analyses qu'il fait exécuter.

M. *Kemna*, faisant observer que le résumé fourni par le *Mouvement hygiénique*, de la conférence qu'il a donnée au Grand Concours sur la purification des eaux par la méthode Anderson, n'étant pas exact, il compte revenir sur ce sujet à la séance du 15 courant et il annonce aussi une communication sur les analyses d'eaux, etc. Il compte proposer à la Société de déterminer pour chaque formation géologique la composition normale des eaux qu'elles débitent, de façon à arriver à l'établissement de nombreux types qui serviront dans l'appréciation des analyses d'eau potable.

M. le professeur *Kupferschlaeger*, de Liège, en réponse à une demande de renseignements, communique l'observation suivante, fournie par M. Legros, surveillant des eaux de Spa.

« En hiver ces eaux sont moins savoureuses et moins piquantes qu'en été ; elles reviennent à leur état normal vers la fin d'avril, si le temps est sec et venteux, et c'est alors qu'elles ont le plus de goût. J'attribue, dit M. Legros, ce phénomène à ce que les eaux pluviales sont moins mélangées avec les sources et à ce que les pores de la terre sont toujours fermés par une certaine quantité d'eau qui force, *par ce captage naturel*, le gaz acide carbonique à se précipiter vers les sources.

» Il arrive très souvent que les eaux sont bonnes un jour et que, sans aucun changement dans la température, elles n'ont plus de saveur le lendemain. »

M. le professeur Kupferschlaeger, en terminant sa lettre, se met à la disposition de M. le Secrétaire pour tout renseignement qui serait de nature à faciliter les travaux de la Société. (*Remerciements.*)

M. A. Lancaster, météorologiste inspecteur de l'Observatoire royal, se tiendra à la disposition de la Société, dont les travaux l'intéressent vivement et, en réponse à une demande qui lui a été faite, annonce son intention de prendre part aux travaux du Congrès international d'hydrologie et de climatologie de Paris, en 1889.

M. l'ingénieur Jules Van den Bogaerde annonce son prochain départ pour le Congo et fait connaître sa nouvelle adresse : à Léopoldville (Congo). Il demande de passer de la catégorie de membre associé à celle de membre effectif.

L'Assemblée charge M. le Secrétaire de transmettre à notre confrère les félicitations et les vœux de la Société pour la réussite de ses travaux. Elle lui recommande l'étude physique et géologique des régions qu'il aura à parcourir et espère recevoir de temps à autre des nouvelles personnelles et scientifiques de M. Van den Bogaerde.

M. le Dr Poskin de Spa, annonce la présentation, pour la séance de ce jour, d'un travail sur l'origine des eaux minérales de Spa, basé sur des observations personnelles et sur des faits nouveaux, qu'il a récemment découverts. C'est une étude contradictoire à celle dernièrement annoncée et commencée par M. E. Van den Broeck.

M. Poskin annonce également qu'à la même séance il déposera les documents qu'il a amassés depuis cinq ans sur les sources minérales de la Belgique, comprenant la nomenclature, la position géographique les analyses et la bibliographie de ces eaux. (*Remerciements.*)

M. le Secrétaire Général du ministère de l'intérieur fait réclamer pour le Service de santé et d'hygiène publique, un abonnement aux publications de la Société. (*Remerciements.*)

M. A. Gabriel, de Marseille, remercie pour sa nomination en qualité de membre effectif.

M. le Dr de Ranse, Secrétaire général du Comité chargé d'élaborer le Congrès international d'Hydrologie et de Climatologie, à Paris, en 1889, annonce, en réponse à une lettre de M. le Secrétaire, qu'il soumettra au comité d'organisation le projet de comprendre dans le programme d'étude du congrès les études d'hydrologie souterraine. Il exprime le désir d'obtenir le concours de la Société et envoie une circulaire exposant le but du Congrès et faisant connaître la composition du comité.

M. C. Cornet, Représentant de la Société des eaux minérales de Harre (Luxembourg), envoie des documents et quelques renseignements, qui feront prochainement l'objet d'une communication de M. E. Van den Broeck.

L'Administration du Catalogue officiel du *Grand Concours international des sciences et de l'industrie*, confirmant les avis parus dans les journaux, annonce à la Société qu'elle a obtenu le diplôme de *médaille d'argent* pour ses publications, exposées dans la section *b* de la classe III.

Dons et envois reçus.

L'énumération des ouvrages reçus sera reportée à la prochaine séance ordinaire de la Société le 28 courant. Les documents suivants sont toutefois déposés ce jour sur le Bureau :

- 905 — Six exemplaires des *12 feuilles topographiques des environs de Spa*, spécialement agrandies par la photo-zincographie, à l'échelle de 1/10.000 (Don de M. **Lezaack**, *Bourgmestre de Spa*).
- 906 — *La carte géologique*, à l'échelle de 1/20.000 de *Spa, Theux et Pepinster*, par A. Dumont (Don de M. l'Ingénieur **Decq**, à Bruxelles).
- 907 — *De la composition des eaux minérales de Spa. Rapport adressé au Conseil communal de cette ville* par MM. Swarts, Donny, Chandelon et Kupferschlaeger (Don de M. **Kupferschlaeger**).
- 908 — *Traité des eaux minérales de Spa* par Lambert Lezaack, 2^e édition, Spa 1856 (Don de M. **E. Van den Broeck**).
- *Geologie der Kaiser Franz Josefs Hochquellen-Wasserleitung* etc. von Félix Karrer. Vienne 1887, gr. in-4^o, 410 pages, 19 planches col. (Don de l'auteur).
- Note bibliographique sur le mémoire de M. Karrer intitulé : GÉOLOGIE DE L'AQUEDUC FRANÇOIS-JOSEPH DES SOURCES ALPINES* par Ernest Van den Broeck (Don de l'auteur). Un certain nombre d'exemplaires de cette dernière brochure sont déposés sur le Bureau, à la disposition des assistants.
- Compte-rendu du sixième Congrès international pharmaceutique tenu à Bruxelles, du 31 août au 6 septembre 1885, rédigé par E. Van de Vyvere. Bruxelles, 1886, gr. in-8^o, C. + 905 + 242 pages (Don de l'auteur).

Des remerciements sont votés aux donateurs.

Présentation de membres effectifs.

Sont présentés par le Bureau en qualité de membres effectifs :

- MM. Ém. ANDRÉ, à Bruxelles.
 Alphonse CAPELLE, à Bruxelles.
 Jean LECLERC, à Ixelles.
 Louis MOREAU, à Ixelles.

Nomination de membres.

Sont élus à l'unanimité, par le vote de l'Assemblée.

- MM. Adrien BAYET, Propriétaire, 30, Nouveau-Marché-aux-Grains,
 à Bruxelles.
 Joseph CLAVIER-RORIVE, Industriel, à Saint-Léonard-lez-Huy.
 Albert GENDEBIEN, Propriétaire, 1, rue Crespel, à Bruxelles.

Communication du Bureau.

M. le Président, se faisant l'interprète du Bureau, propose à l'Assemblée d'envoyer à bref délai une délégation de la Société auprès du Roi, afin de faire connaître à Sa Majesté que la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie, fidèle à son titre et à son programme, s'est résolument engagée dans la voie féconde des applications de la science et notamment de l'Hydrologie.

En accordant une grande partie de son activité à cette branche importante des sciences géologiques, la Société s'efforcera de satisfaire au vœu plusieurs fois exprimé par Sa Majesté, qui a montré par de nombreux exemples tout l'intérêt qu'elle attache à la solution des principales questions concernant l'alimentation en eau potable des villes et des grandes agglomérations.

(Applaudissements. Adopté par acclamation.)

M. le Président annonce ensuite la nomination, par arrêté royal, de la Commission des eaux alimentaires, dont la mission est de juger des meilleures conditions d'alimentation d'eau de l'agglomération bruxelloise.

Il ajoute que, vu le but utilitaire que la Société s'est donnée, une lettre accompagnée d'une invitation d'assister à la présente séance, et de divers documents, a été adressée à chacun des membres de la Commission, lettre dans laquelle le Bureau exprime son intention d'être utile à la Commission et de se mettre à sa disposition pour l'examen et la solution de toutes les questions techniques qui pourraient se présenter et pour lesquelles la compétence des géologues, des hydrauliciens,

des chimistes et des hygiénistes, membres de la Société, serait de nature à élucider les problèmes en discussion.

M. le Président se félicite de la présence de plusieurs membres de la Commission des eaux à la séance et y voit la preuve des bonnes dispositions de la Commission à l'égard de la Société et de l'entente qui ne tardera pas à se faire dans l'intérêt de la chose publique.

Enfin M. le Président donne connaissance à l'assemblée de l'alliance qui a été convenue entre notre Société et la Société royale de Médecine publique pour la solution des questions importantes concernant l'hydrologie, et qu'il y a lieu de résoudre de commun accord.

La Société royale de Médecine publique se préoccupe comme nous de l'alimentation des villes et des communes au moyen d'eaux pures et saines et, à cet effet, elle a institué il y a deux ans une Commission spéciale, composée de MM. Van Scherpenzeel-Thim, président, Blas, Dr Schrevens, Van de Velde, Van de Vyvere, Verstraeten, membres et A. Rutot, secrétaire, dans le but de poser des principes permettant aux administrations communales de se guider dans le choix d'une bonne distribution.

Cette Commission, après examen approfondi de la question, a chargé M. H. Verstraeten d'être son rapporteur, et ce spécialiste distingué, qui est aussi notre confrère, a déposé un excellent rapport, bien coordonné, dont tous les points ont été discutés à l'Assemblée générale de la Société royale de Médecine publique, tenue à Bruxelles le 19 Août 1888 et ont été, en grande partie, adoptés.

Nous avons à ce sujet à réitérer nos remerciements au Bureau de la Société royale de Médecine publique, qui a bien voulu nous faire savoir qu'un nombre suffisant de tirés à part des Procès-verbaux de la Commission spéciale, du Rapport de M. Verstraeten et du Comptendu sténographié de la discussion nous seraient gracieusement offerts et transmis pour être distribués à nos membres résidant en Belgique.

A ce propos, M. le Président lit, dans les épreuves de la discussion du Rapport de M. Verstraeten, les passages relatifs aux propositions d'alliance scientifique que M. Houzeau a faites en notre nom à la Société royale de Médecine publique, ainsi que la réponse, si chaleureuse et si bienveillante, de M. le Dr Kuborn, Président de la Société de Médecine publique.

M. le Président ajoute que nous avons à nous féliciter hautement de l'alliance conclue, car il n'est pas douteux que la réunion des efforts des médecins, des chimistes et des hygiénistes et de ceux des géologues et des hydrologues ne conduise à bref délai à des sérieux et utiles résultats.

Nous avons donc pris, envers la Société royale de Médecine publique, un engagement et cet engagement, en raison de l'activité et du désir qui nous animent, sera rempli. (*Applaudissements.*)

Discussion du Programme d'étude de l'hydrologie de la Belgique.

M. le Président rend sommairement compte des travaux du Comité provisoire d'Hydrologie créé, au sein de notre Société, avec mission de rédiger un projet de programme d'étude.

Ce Comité s'est réuni deux fois, le 18 août et le 8 septembre et, dès la première réunion, notre actif et dévoué confrère, M. Th. Verstraeten, déposait un rapport, suivi d'un projet de programme en huit articles.

Les membres effectifs de la Société ont tous reçu en épreuve un procès-verbal résumé, rédigé par M. A. Rutot, des deux séances dont il vient d'être question et comprenant le rapport et les conclusions de M. Verstraeten.

La deuxième séance a été consacrée à la discussion des huit articles du programme de M. Verstraeten, et ces articles ont été adoptés, en même temps que l'on esquissait la manière de les mettre à exécution.

C'est ce même programme, déjà approuvé dans ses grandes lignes par la Commission provisoire d'hydrologie, qui doit être soumis à l'assemblée afin de recevoir ainsi la ratification de la Société.

En conséquence, termine M. le Président, chacun des huit points du programme sera repris et les membres présents sont priés de joindre leurs observations à celles déjà relatées dans le Procès-verbal des séances du comité provisoire.

L'assemblée, consultée, décide d'intercaler dans le Procès-verbal de la séance de ce jour le texte des Procès-verbaux des réunions du Comité provisoire, sur lesquels vont se baser les discussions qui vont suivre.

En exécution de cette décision on trouvera ci-après le texte de ces Procès-verbaux, rectifié et complété à la suite de quelques observations de détail faites à la séance du 15 novembre.

(ANNEXE INTERCALÉE)

PROCÈS-VERBAL

DE LA

PREMIÈRE RÉUNION DU COMITÉ PROVISOIRE D'HYDROLOGIE

SÉANCE DU 18 AOUT 1888

Présidence de M. A. Houzeau de Lehaie.

La séance est ouverte à 8 heures.

Sont présents : MM. Decq, Dewilde, Delevoy, François, Houzeau, Moulan, Poskin, Rutot, Van den Broeck, Van Mierlo, et Verstraeten.

M. *Houzeau* expose que le but de la réunion est de formuler le programme d'étude de l'Hydrologie de la Belgique ; il serait désirable de s'adresser aux administrations communales, les priant d'indiquer les sources existant sur leur territoire ; des membres de la Société se partageraient la besogne pour grouper les renseignements, situations, débits des sources, etc. On examinerait ensuite si de nouvelles recherches seraient utiles.

Parallèlement, on étudiera de quels terrains sortent les sources, et l'étendue de leur bassin hydrographique souterrain.

M. *Verstraeten* dit que l'œuvre entreprise par la Société est d'utilité publique et qu'il y a lieu d'en bien marquer le caractère. Nos demandes aux administrations communales et aux autorités seront faites en vue d'arriver à la concentration des données hydrologiques.

M. *Verstraeten* lit ensuite la note suivante relative au mode d'obtention des données qu'il croit pouvoir préconiser :

Ce qu'il faut connaître pour établir l'hydrologie d'une région donnée :

« La connaissance des données hydrologiques d'un pays a une importance considérable. Pour y arriver il est utile que nous sachions :

1^o Comment et en quelles quantités les pluies tombent sur nos diverses régions ;

2° Quelles proportions s'en écoulent à la surface et quelles proportions pénètrent en terre.

3° Ce que deviennent les eaux qui ont passé en sous-sol, comment elles y circulent et s'y rassemblent pour former des couches aquifères plus ou moins puissantes, plus ou moins étendues, libres ou forcées ;

4° Quelles élaborations subissent ces eaux dans leur parcours souterrain ;

5° Comment, en quelles quantités et avec quelles qualités plus ou moins variables, selon les périodes, elles se dégagent des terrains et reviennent au jour ;

6° Ce que représentent les ruisseaux, les rivières, les fleuves comme débits, comme caractères ;

7° Quels bassins, tant superficiels que souterrains, les alimentent.

8° L'histoire des modifications et de l'altération de leurs eaux dans le passé, les usages qui les caractérisaient, le parti qu'on en tire encore, etc.

Chacun admettra la valeur pratique de ces informations : pour l'agriculture, le drainage, l'irrigation, pour les applications industrielles, l'alimentation des citernes, des puits ordinaires et artésiens, pour les distributions d'eau des communes, pour les stations balnéaires et d'eaux minérales, pour la création de force motrice hydraulique, pour la navigation, pour les ouvrages défensifs, préventifs et autres, le long des cours d'eau, etc.

Il est évident que tout le monde a intérêt à la constitution d'une œuvre visant un tel but et nous espérons que l'État, les provinces, les communes, voudront nous apporter, dans cette vue, la part de matériaux qu'ils possèdent.

Certes il n'est pas une seule administration publique qui ne possède des ouvrages, des rapports, des résultats d'analyses, des jaugeages, des observations concernant l'hydrologie. Tous ces documents demeurent stériles tant qu'ils restent enfouis dans les archives ; mais ils deviendraient d'un secours inmanifeste si les éléments qu'ils recèlent en étaient retirés et réunis dans un grand ensemble coordonné.

Notre Société a résolu de tenter cette entreprise.

Elle s'adresse à toutes les bonnes volontés ; elle se met à la disposition de tous ceux qui voudront bien lui demander conseil et elle compte que les particuliers, comme les Sociétés et les administrations publiques, lui viendront en aide dans le sens indiqué.

A mesure que les documents lui parviendront, elle les fera connaître par la voie de ses publications périodiques, en les analysant ou en les résumant ; et dès qu'elle se trouvera en présence d'un somme suffi-

sante de données, elle s'occupera de les grouper et d'en déduire les remarques et les conclusions qu'elles comportent. »

M. Verstraeten ajoute que, pour atteindre le résultat visé, il faut se remuer, il faut aller fouiller dans les archives des ministères, où il existe des monceaux de données, dans celles des administrations provinciales et communales et, à cet effet, il conviendrait peut-être de nous faire investir d'un mandat officiel. Isolé ou sans force morale, on est impuissant ; il faut donc s'organiser et se faire octroyer le droit d'être partout bien reçu, car les démarches personnelles seules réussissent.

Il ne faut pas non plus négliger les chimistes, les médecins hygiénistes, les pharmaciens, les architectes, les administrateurs de Sociétés industrielles, qui possèdent généralement des documents précieux.

M. A. Rutot demande que l'on dresse la liste des Administrations auprès desquelles il faudrait faire les principales démarches, et qui détiennent le plus grand nombre de données.

Après discussion de ce point, l'Assemblée désigne les Administrations suivantes :

1. Ministère de l'Intérieur.
2. Ministère de la Guerre (Commandants du Génie, Casernes, Hôpitaux, etc.).
3. Gouvernements provinciaux (Service d'Hygiène, etc.).
4. Observatoire Royal (Service pluviométrique, etc.).
5. Institut Cartographique militaire.
6. Conseil supérieur d'hygiène.
7. Administrations communales, Commissaires voyers.
8. Administration des Ponts et Chaussées et des Mines.
9. — des Chemins de fer de l'État.
10. — des Chemins de fer concédés.
11. — de la Société pour la surveillance des chaudières.

Enfin on s'adressera aux stations agricoles, aux entrepreneurs de grands travaux hydrauliques, etc.

Pour ce qui concerne l'Industrie, on s'adressera aux Brasseurs, Distillateurs, Teinturiers, Fabricants de sucre.

M. E. Van den Broeck fait part de l'accueil bienveillant qu'il a reçu, en sa qualité de Secrétaire de la Société, chez M. le Gouverneur de la Province de Brabant ; il est aussi d'avis que la Société doit rechercher le patronage officiel, qui peut lui ouvrir bien des portes, des sources de documents, etc., utiles à ses travaux.

M. Verstraeten ajoute que quand la Section d'Hydrologie sera organisée et qu'elle aura recueilli les éléments épars existants, on pourra

alors apprécier exactement ce qui reste à faire, et l'on agira en conséquence pour de nouvelles recherches, expériences, jaugeages, analyses, etc.

M. *Houzeau* se propose de se rendre le lendemain à l'Assemblée générale de la Société Royale de Médecine publique, société qui est toute préparée pour de telles études, grâce à son programme, à ses nombreux membres et à ses ramifications puissantes. Il demandera à cette Société de bien vouloir s'unir à nous et de nous aider efficacement dans le but de résoudre de commun accord les questions d'hydrologie qui l'intéressent, touchant l'alimentation, l'hygiène, etc.

M. *Delevoey* propose de s'adresser au Ministère pour pouvoir envoyer, sous son patronage, des questionnaires aux administrations communales, au clergé et aux membres du corps médical.

Ce questionnaire demanderait le nombre de sources situées sur le territoire communal, leur emplacement, celles qui ont disparu, celles qui ont apparu depuis peu, le débit, les propriétés de l'eau, leur salubrité, leur goût, leur odeur, leurs propriétés médicinales, etc. Enfin, il s'enquerrait du nom et de l'adresse des puisatiers.

M. *Verstraeten* dit que les questions d'hydrologie sont plus goûtées que toutes autres dans le pays et qu'il y a lieu de profiter de ces bonnes dispositions pour obtenir le plus de données possibles.

M. *Dewilde* est également d'avis qu'il faut s'adresser au Gouvernement pour lui demander aide et assistance.

M. *Houzeau* est de son côté tout disposé à faire dans ce sens toutes les démarches désirables ; il ira trouver le Ministre et les autorités compétentes et leur exposera le but désintéressé et utilitaire de nos travaux.

Dans tous les cas, il est désirable que nos demandes de renseignements soient, autant que possible, envoyées sous le couvert des autorités.

M. *Rutot* dit qu'une foule de documents précieux concernant la géologie et par conséquent l'hydrologie pourraient être amassés si l'on réunissait toutes les données relatives au creusement des puits domestiques dans les communes. Il faudrait essayer d'introduire un questionnaire spécial pour ce sujet ou mieux, faire en sorte que des échantillons des terrains traversés soient envoyés soit par les autorités, soit par l'instituteur, soit par le puisatier, avec indication exacte des profondeurs et des épaisseurs des couches.

La Société pourrait instituer des récompenses pour services rendus de cette façon.

M. *Houzeau* conclut en disant qu'il faut se mettre à l'œuvre pour

la rédaction des questionnaires. Ceux-ci doivent être simples, clairs, précis, plus ou moins développés, suivant ceux auxquels ils s'adresseront.

M. *E. Van den Broeck* rappelle que l'appui moral et matériel de la Province de Brabant nous est accordé et qu'en conséquence la Société ferait œuvre utile en concentrant tout d'abord ses recherches sur le Brabant et sur son hydrologie.

M. *Verstraeten* croit qu'il ne faut pas se spécialiser, qu'il faut réunir des documents de suite, partout où l'on pourra, et que l'étude du Brabant se fera ainsi en même temps que le reste.

C'est d'ailleurs le Brabant qui est le mieux connu jusqu'ici.

M. *Houzeau* fait remarquer que le Brabant est tout naturellement appelé, par suite de la situation du siège social de la Société, à attirer son attention, à grouper ses travaux et à en bénéficier dans une très large part.

M. le Président croit l'ordre du jour de la réunion épuisé ; il propose de se réunir encore en comité d'ici à quelque temps.

Il est ensuite convenu qu'on se réunira le samedi 8 septembre, à 8 heures du soir.

La séance est levée à 10 1/2 heures.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

DEUXIÈME RÉUNION DU COMITÉ PROVISOIRE D'HYDROLOGIE.

SÉANCE DU 8 SEPTEMBRE 1888.

Présidence de M. Houzeau de Lehaie.

La séance est ouverte à 7 h. 3/4.

Sont présents : MM. Houzeau, C. Lahaye, Dr Jacques, Klement, Dr Kuborn, Moulan, Ortlieb, Rutot, Sonveaux, Van den Broeck et Van de Vyvere.

MM. Delevoy, Dewilde, Van Mierlo et Verstraeten font excuser leur absence.

M. le Président rend compte de ce qui s'est passé à l'Assemblée générale de la Société royale de Médecine publique, réunion à laquelle

ont été discutées les conclusions du Rapport de la Commission des eaux alimentaires instituée par cette Société. M. Houzeau se félicite des excellents rapports qui se sont établis entre les deux Sociétés et annonce qu'elles comptent entreprendre ensemble l'étude détaillée et aussi complète que possible de l'hydrologie de notre pays.

M. le *Président* remercie particulièrement M. Kuborn, président de la Société royale de Médecine publique, de l'empressement qu'il a mis à agréer la proposition d'alliance que lui présentait la Société belge de Géologie, des paroles chaleureuses qu'il a prononcées à l'Assemblée générale en faveur de cette alliance et de l'union des efforts dans un but commun. M. Kuborn a aussi parfaitement indiqué, d'accord avec M. le *Président*, la voie spéciale que notre Société avait à suivre et quel contingent elle avait pour devoir d'apporter dans la connaissance générale de l'hydrologie de notre pays.

M. le *Président* propose ensuite de mettre en discussion les manières les plus pratiques d'arriver à la réalisation des points ou des huit desiderata qui résument la part du travail général, dévolue à notre Société,

M. *Moulan* recommande au Comité de ne pas s'en tenir uniquement à l'enquête administrative.

Sans doute les Administrations possèdent de nombreux documents, mais il est évident que beaucoup de nos membres en possèdent également, et des plus importants. Tout hydraulicien a noté quantité de faits intéressant l'hydrologie, et le parti la plus sage pour aboutir ne consiste pas seulement à réunir et à classer les documents administratifs, mais à se mettre aussi personnellement à la besogne en faisant connaître ce que l'on sait. Les travaux hydrologiques doivent donc être encouragés au sein de la Société, et tous ceux qu'il est possible de publier, dès à présent, doivent être présentés sans retard. Rédigés par des praticiens, ces travaux donneront les faits tout coordonnés et prêts à prendre leur place dans le travail d'ensemble.

Enfin, M. *Moulan* ajoute qu'il ne faut pas s'en tenir aux eaux potables, qui ne sont qu'un côté de la question; il faut également s'occuper des eaux *industrielles* et, à ce sujet, il y aurait lieu d'établir des types d'eaux propres aux besoins des diverses industries.

Il y aurait là une enquête intéressante à faire et un classement de grande importance pratique à établir.

MM. *Van den Broeck*, *Houzeau* et d'autres membres appuient et développent la proposition de M. *Moulan* relativement aux eaux industrielles et M. *Houzeau* ajoute que, d'après lui, la manière la plus rationnelle d'arriver à un pareil classement, serait de déterminer les substances dont la présence dans l'eau la rendrait impropre aux diverses industries.

M. *Moulan* offre d'indiquer aux membres les procédés les plus certains et les plus expéditifs de jaugeages et de recherches chimiques à effectuer dans la plupart des cas qui se présentent.

L'Assemblée accepte l'offre de M. *Moulan*.

M. *le Président* propose d'aborder la discussion des huit points ou desiderata indiqués par M. *Verstraeten*.

1^o *Comment et en quelle quantité les pluies tombent sur nos régions.*

M. *Houzeau* s'offre comme collaborateur du Comité pour la confection d'une carte pluviométrique ; il priera MM. *Lancaster*, *Moulan* et *Lahaye*, qui possèdent de nombreux renseignements, de bien vouloir l'aider de leurs lumières et des données qu'ils possèdent.

M. *le Dr Kuborn* fait remarquer que la Société royale de Médecine publique, possédant 140 stations ozonométriques et pluviométriques, pourrait fournir un contingent précieux d'observations.

M. *Moulan* dit que les points d'observations ne sont pas encore assez serrés et que l'on s'en est fortement aperçu lors des calculs relatifs aux travaux de la Gileppe ; c'est ainsi qu'il a fallu multiplier le chiffre donné par l'Observatoire pour Verviers, par 1,20 pour les régions situées à mi-côte et par 1,40 pour le plateau de la Baraque Michel. Il doit exister environ 230 à 240 stations pluviométriques ; mais il faudrait qu'un certain nombre de pluviomètres fussent établis en des points choisis pour des observations spéciales.

2^o *Quelles proportions s'en écoulent à la surface et quelles proportions pénètrent en terre.*

M. *Houzeau* dit qu'il s'agit ici principalement d'une question de perméabilité ou d'imperméabilité des terrains, pour la répartition desquels la Géologie et les géologues doivent pouvoir fournir les données nécessaires.

M. *Moulan* dit que pour les terrains imperméables, étant donnée la quantité d'eau tombée, il est assez aisé de rechercher les volumes représentant le ruissellement, l'évaporation et l'eau absorbée par la végétation.

Pour ce qui concerne les terrains perméables, il faudrait les classer, puis expérimenter.

M. *Houzeau* dit qu'un jaugeage des hautes et des basses eaux des cours d'eau de Belgique interviendrait très utilement dans la question.

M. *Moulan* est d'avis qu'il faudrait suivre les effets d'une période de pluie déterminée. Il y a aussi des questions de capillarité et de végétation qui interviennent d'une manière locale mais parfois très énergique.

M. Houzeau croit qu'on ferait faire un grand pas en publiant le plus tôt possible une carte des terrains perméables et des terrains imperméables.

Ces notions tendent à influencer et à modifier dans de certaines mesures les évaluations basées sur les surfaces géographiques des bassins des cours d'eau.

3° *Ce que deviennent les eaux qui ont passé en sous-sol ; comment elles y circulent et s'y rassemblent pour former des couches aquifères plus ou moins puissantes, plus ou moins étendues, libres ou forcées.*

M. le Président estime que c'est là une question de Géologie pure.

M. Van den Broeck annonce qu'il va sous peu commencer, avec M. Rutot, l'élaboration d'une carte représentant, pour la région basse et moyenne du pays, la répartition et le degré d'accessibilité des diverses nappes aquifères superposées que renferment nos terrains à couches non redressées.

Chacune des nappes sera représentée, 1° par sa zone d'infiltration (avec les degrés de perméabilité lorsque ce sera possible) ; 2° par sa zone d'affleurement naturel, c'est-à-dire de sources et de régions où l'eau affleure dans les dépressions du sol ; 3° par la zone où les eaux sont obtenues au moyen de puits ordinaires ; 4° par la zone où elles ne sont plus accessibles que par puits profonds ou artésiens.

Une telle carte, outre la synthèse de répartition et de groupement naturel qu'elle mettra en lumière, aura l'avantage de classer rationnellement les eaux d'après leur provenance et leurs relations géologiques.

4° *Quelles élaborations subissent les eaux dans leur parcours souterrain.*

Ce desideratum est du ressort à la fois des chimistes et des géologues.

5° *Comment, en quelles quantités et avec quelles qualités plus ou moins variables selon les périodes, elles se dégagent des terrains et reviennent au jour.*

Cette question intéresse encore spécialement les géologues et les chimistes. Les matériaux s'accroissent peu à peu et l'on sera en mesure de faire des cartes et des coupes, ainsi que des tableaux des nappes aquifères, en indiquant leurs divers caractères.

6° *Que représentent les ruisseaux, les rivières, les fleuves, comme débit, comme caractères.*

C'est un travail d'observations soutenues. Les chiffres s'obtiendront par la délimitation exacte des bassins et par la comparaison des débits mensuels avec les moyennes mensuelles des pluies tombées.

MM. *Moulan* et *Sonveaux* annoncent qu'ils possèdent déjà des renseignements à cet égard.

Le type du travail serait celui entrepris par M. Spring par exemple pour les eaux de la Meuse à Liège.

7° *Quels bassins, tant superficiels que souterrains, les alimentent.*

Ce travail cartographique devra distinguer les limites des bassins superficiels de ruissellement de celles des bassins souterrains d'infiltration.

8° *Quelle est l'histoire des modifications et de l'altération de leurs eaux dans le passé ; quels sont les usages qui les caractérisaient, le parti qu'on en tire encore, etc.*

C'est l'historique des divers cours d'eau. A ce sujet, la Société d'Anthropologie de Bruxelles, qui a institué une section de Folk-Loze, pourra nous venir en aide en recueillant les Contes et Légendes sur les sources et les cours d'eau.

Pour terminer, M. *le Président* recommande encore l'étude des eaux industrielles. Il fait appel aux chimistes pour indiquer des procédés d'analyse sommaire, ainsi que pour fournir des indications précises sur la manière de prendre des échantillons et sur les cas où il sera utile de le faire.

La séance est levée à 10 heures.

Chacun des membres présents à la séance de ce jour, ayant reçu en épreuve le document précédent, M. *le Président*, après avoir fait acter quelques petites observations et corrections de détail, dont il a été tenu compte dans le texte ci-dessus, déclare la discussion ouverte sur chacun des huit points du programme présenté par le Comité dans sa séance du 8 septembre.

1^{er} point : *Comment et en quelle quantité les pluies tombent sur nos régions.*

Personne ne demandant la parole pour ajouter de nouveaux faits ou de nouvelles propositions à ce qui a déjà été dit en Comité, ce premier point du programme de l'étude hydrologique du pays est adopté.

2^e point : *Quelles proportions s'en écoulent à la surface et quelles proportions pénètrent en terre.*

M. *E. Van den Broeck*, d'accord avec le Comité, rappelle que la question si importante de la connaissance des terrains perméables et

des terrains imperméables doit jouer ici un grand rôle. Il croit que, parallèlement aux opérations de jaugeage des hydrauliciens, les géologues doivent accumuler des matériaux pour servir à l'établissement d'une première esquisse du territoire belge comprenant deux grandes zones; celle des terrains horizontaux plus ou moins perméables et celle des terrains redressés, imperméables par eux-mêmes, mais rendus perméables, soit par leurs diaclases, soit par les contournements avec cassures qu'ils ont eu à subir.

Chacune des deux grandes régions serait alors subdivisée suivant le degré de perméabilité des terrains formant les couches supérieures du sol.

En ce qui concerne la première zone, la plus importante au point de vue des nappes souterraines, les explorations et les levés actuellement terminés par les géologues leur permettent déjà de connaître la répartition de nombreuses zones d'affleurements sableux et d'amincissement du manteau limoneux, c'est-à-dire la localisation des régions perméables. Ils peuvent déterminer de même des groupes de régions imperméables formées soit par de fortes épaisseurs régionales de la nappe limoneuse, soit par des affleurements de terrains argileux etc. Il en résulte, qu'en attendant un travail plus complet, l'exécution d'une esquisse préliminaire pourrait être tentée sans tarder.

Cette esquisse pourrait très utilement être superposée à la carte des bassins des cours d'eau, dressée, à l'échelle du 1/160,000 par l'Institut cartographique militaire; il en ressortirait des considérations intéressantes.

3^e point : Ce que deviennent les eaux qui ont passé en sous-sol, comment elles y circulent et s'y rassemblent pour former des nappes aquifères plus ou moins puissantes, plus ou moins étendues, libres ou forcées.

M. le Président rappelle que MM. Van den Broeck et Rutot se sont proposés pour élaborer une carte de la répartition et du degré d'accessibilité des nappes aquifères dans la basse et dans la moyenne Belgique. Il demande si les membres cités ci-dessus comptent donner prochainement suite à leur projet.

M. A. Rutot répond que suite effective a été donnée au projet; déjà le pointage de tous les puits artésiens connus du pays s'effectue sur une carte à l'échelle du 1/320,000 et constituera la base des connaissances générales sur les nappes artésiennes. Ce travail de pointage prend bonne tournure et, si le temps ne fait pas défaut, la carte pourra être exhibée à la prochaine séance d'Hydrologie. Ayant ainsi réuni tous les documents que nous possédons, ajoute M. Rutot, nous

connaîtrons d'autant mieux ceux qui nous font défaut et ce sera alors à nos confrères de joindre leurs efforts aux nôtres pour arriver à rassembler le plus grand nombre de renseignements possibles.

4^e point : *Quelles élaborations subissent les eaux dans leur parcours souterrain.*

M. E. Van den Broeck ajoute que la carte en voie d'exécution dont vient de parler M. Rutot aura encore un résultat important au point de vue auquel la 4^e question nous place ; c'est celui d'étudier le *processus de minéralisation des eaux en profondeur.*

Il résulte des analyses faites que l'eau d'une même nappe artésienne se charge de plus en plus de principes minéraux à mesure que sa profondeur devient plus grande.

Ayant déterminé la position, les relations et les allures des nappes artésiennes, on pourra les suivre avec précision, partout où elles sont accessibles, depuis leur point d'affleurement ou d'infiltration à la surface du sol, jusqu'aux plus grandes profondeurs auxquelles elles peuvent être atteintes.

En faisant alors des prises d'essai méthodiques aux diverses zones de profondeur et d'accessibilité des nappes aquifères, et en traitant les échantillons par des méthodes identiques d'analyse, on parviendra ainsi à obtenir des données précises, d'où l'on pourra probablement tirer des lois de minéralisation, utiles à connaître et à appliquer.

M. le Dr Félix fait remarquer que les eaux superficielles sont souvent contaminées par des résidus organiques, par les détritiques industriels amassés sur le sol. Nous pourrions ajouter à nos études la recherche de l'influence de ces divers agents de contamination, qui peuvent engendrer des maladies chez les hommes et chez les animaux, ou amener le dépeuplement des cours d'eau.

M. Klement fait remarquer que le problème posé par M. le Dr Félix est extrêmement compliqué et doit être plutôt posé devant des hygiénistes que devant des hydrologues.

Ceux-ci ont plutôt pour mission d'étudier les eaux dans leur état normal.

M. le Président est de l'avis de M. Klement. Il croit que l'étude approfondie de la contamination des eaux par les matières organiques ne peut être de notre ressort. Cette question a assurément une très grande importance, mais elle revient de droit aux hygiénistes. Toutefois la Société, en réunissant des analyses, devra avoir soin de tenir compte de la *nature* des matières organiques constatées dans les eaux soumises à ses études.

M. le Dr Félix, en principe, est de l'avis de M. le président et de

M. Klement, mais il croit que, de toutes façons, les hygiénistes doivent ici encore être guidés par les géologues et par les chimistes ; ce sont eux qui doivent indiquer le sens de la marche à suivre. Il admet qu'il peut exister dans certains endroits des *localisations* ou des *accumulations* de matières organiques, industrielles ou autres, qui vicient les eaux potables ou les rendent impropres et nuisibles à la santé, par une infiltration au travers de terrains en dehors des conditions ordinaires et des lois géologiques ; mais, encore dans ces cas, les géologues et les chimistes peuvent et doivent découvrir, signaler et étudier utilement ces causes locales ou accidentelles ayant modifié le régime normal et la composition chimique des eaux, afin que les hygiénistes et les médecins puissent en tirer des conclusions pratiques, utiles à la santé publique.

M. le Président dit que s'il comprend bien l'idée de M. le Dr Félix, celui-ci désirerait voir modifier la rédaction du 4^e point en spécifiant qu'outre l'élaboration naturelle des eaux, il y a lieu de considérer également *leurs altérations* et *leurs pollutions*.

M. le Dr Félix désire en effet voir effectuer ce changement.

M. le Président propose alors, pour le 4^e point, la modification de rédaction suivante : *Quelles élaborations, quelles altérations et quelles pollutions peuvent subir les eaux dans leur parcours souterrain.*

L'assemblée adopte cette rédaction.

M. Van den Broeck croit la proposition de M. le Dr Félix parfaitement justifiée et rappelle, à ce propos, qu'il a écrit à M. Arch. Geikie, chef du Service géologique des îles britanniques pour lui demander s'il ne pourrait pas procurer à la Société un exemplaire de l'intéressant Rapport de la Commission anglaise instituée pour rechercher les causes de la pollution des cours d'eau et y porter remède (1).

M. Geikie a bien voulu répondre que cet important travail, basé sur les connaissances géologiques, est épuisé et qu'on ne peut guère s'en procurer que des exemplaires d'occasion chez les libraires.

Ce desideratum pour notre bibliothèque est signalé à la bienveillante attention des membres de la Société.

5^e point. *Comment, en quelles quantités et avec quelles qualités plus ou moins variables selon les périodes, elles se dégagent des terrains et reviennent au jour.*

M. Moulan fait remarquer que ce 5^e point se lie intimement au 6^e et qu'il y aurait peut-être lieu de les réunir.

(1) *Rivers Pollution Commission (1868) Sixth Report of the Commissioners appointed in 1868 to inquire into the best means of preventing the Pollution of Rivers.* London, G. E. Eyre and W. Spottiswoode 1874, gr. in-4^o, 525 pages et nombreuses planches.

En effet la sixième question est la suivante :

6^e point. *Que représentent les ruisseaux, les rivières, les fleuves, comme débit, comme caractères.*

L'honorable membre parle ensuite des jaugeages et dit que c'est le premier renseignement qu'il faut posséder lorsqu'on s'occupe des questions de cette nature.

Pour ce qui concerne l'appréciation des débits, la chose est facile lorsqu'il s'agit de terrains imperméables.

Le volume des pluies tombées et celui des eaux qui coulent dans les vallées étant connu, leurs relations sont aisées à saisir ; mais lorsqu'il est question de terrains perméables, le problème se complique d'éléments divers dont il y a lieu de tenir compte.

Enfin, pour ce qui concerne les calcaires, ils se distinguent des roches environnantes en ce sens qu'ils n'agissent pas simplement comme partie intégrante d'un bassin, mais comme massifs isolés, présentant des conditions hydrologiques spéciales.

M. Moulan annonce ensuite qu'il traitera *in-extenso* la question des jaugeages dans une prochaine séance.

M. le *Président* remercie M. Moulan, et dit qu'il est également d'avis qu'il n'y a pas d'inconvénient à réunir les deux points 5 et 6. L'assemblée, consultée, adopte cette manière de voir, de sorte qu'au programme les deux points seront réunis sous le même numéro.

7^e point (devenant le 6^e). *Quels bassins, tant superficiels que souterrains alimentent les divers cours d'eau.*

M. E. Van den Broeck fait remarquer que si les bassins superficiels ou orographiques ont été délimités, les *bassins géologiques alimentant les nappes souterraines* n'ont jamais été l'objet d'un travail synthétique sérieux. De ce côté tout est donc à faire, mais la voie étant tracée, les géologues seront bientôt en mesure de satisfaire à ce desideratum.

8^e point (devenant le 7^e). *Quelle est l'histoire des modifications et de l'altération de leurs eaux dans le passé, quels sont les usages qui les caractérisaient, le parti qu'on en tire encore, etc.*

L'assemblée adopte ce 7^e point du programme d'étude hydrologique de notre territoire, lequel se trouve donc maintenant définitivement élaboré et dont la réalisation la plus prochaine possible est confiée au savoir et à l'activité des membres de la Société.

M. le Dr *Félix* revient sur l'étude des *eaux minérales* et en signale toute l'importance ; il craint que le programme d'étude qui vient d'être adopté ne soit pas assez explicite en ce qui concerne les eaux minérales. Il croit qu'on ne pourrait trop faire dans cette voie si utile, d'au-

tant plus que l'exploitation des eaux minérales de notre pays est encore dans un état absolument embryonnaire. Il faut aller à l'étranger, pour voir le cas que l'on fait des sources minérales, pour constater les immenses avantages qu'elles procurent à la région qui les renferme.

L'honorable membre a visité tous les grands centres d'eaux minérales de France et d'Allemagne et il a été frappé des énormes proportions des établissements qui ont été créés et de l'efficacité des divers modes de traitements, institués avec luxe et intelligence dans la plupart d'entre eux.

La découverte de certaines de ces eaux minérales a parfois été due au hasard, comme à la *Bourboule*, dont le Dr Félix retrace sommairement l'histoire. Avec des explorations et des études méthodiques bien dirigées, les eaux et les sources minérales utilisables ne resteraient plus ainsi ignorées.

L'honorable membre insiste donc vivement pour que l'étude de nos eaux minérales ne soit pas négligée ni omise dans notre programme d'études.

M. le Président croit, avec M. le Dr Félix, que si pas la connaissance, mais au moins l'usage de nos eaux minérales est toujours à l'état embryonnaire.

C'est ainsi que M. Houzeau a connaissance d'une source sulfureuse sans aucun usage, et dont le propriétaire est cependant médecin.

Toutefois, contrairement à ce que paraît craindre M. le Dr Félix, la Société est loin de se désintéresser des eaux minérales, et la preuve en est que c'est précisément la proposition faite par M. Van den Broeck d'aborder l'étude des eaux minérales de notre pays, qui a fait résolument entrer la Société dans l'étude des eaux en général.

Il suffit de lire le Procès-Verbal de la séance du 25 juillet pour être édifié sur la manière dont la Société entend s'occuper de la question des eaux minérales.

M. le Président donne lecture des passages les plus importants de ce Procès-Verbal.

M. Van den Broeck reconnaît avec M. le Dr Félix que le programme de l'étude hydrologique du pays, qui vient d'être adopté, peut en effet ne pas donner satisfaction complète à ceux qui se placent au point de vue plus spécial des eaux minérales.

Ce programme a été élaboré par un de nos membres, M. Verstraeten, praticien très distingué, dont la principale préoccupation réside dans la recherche des eaux potables ou d'alimentation.

Il n'y aurait pas d'inconvénient sérieux à ajouter aux sept points

proposés, d'autres points traitant plus spécialement des eaux minérales.

M. le *Président* croit qu'il suffirait de développer l'article 4 du programme.

M. *Van den Broeck*, en présence de la réelle importance du sujet, craint que l'amplification que l'on pourrait faire de l'article 4 ne soit insuffisante ; il propose d'adjoindre aux articles votés un nouvel article spécial, consacré aux eaux minérales et dont la rédaction, laissée aux soins du Bureau, serait adjointe à celle des articles précédents.

L'*Assemblée* adopte cette manière de voir.

Personne ne demandant plus la parole au sujet du programme d'Hydrologie générale, la discussion est close et, après révision par le Bureau, la rédaction suivante des huit articles du programme définitivement admis par la Société, servira de base aux recherches et aux travaux de la section d'Hydrologie de la Société.

PROGRAMME DÉFINITIF

des questions relatives à l'étude hydrologique de la Belgique
et soumises aux investigations de la Section d'Hydrologie

de la Société Belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie.

DÉTERMINER :

1° Comment et en quelles quantités les pluies tombent sur nos régions.

2° Quelles proportions s'en écoulent à la surface et quelles proportions pénètrent en terre.

3° Ce que deviennent les eaux qui ont passé en sous-sol : comment elles y circulent et s'y rassemblent pour former des nappes aquifères plus ou moins puissantes, plus ou moins étendues, libres ou forcées.

4° Quelles élaborations, quelles altérations et quelles pollutions peuvent subir les eaux dans leurs parcours souterrains.

5° Comment, en quelles quantités et avec quelles qualités plus ou moins variables, selon les périodes climatiques ou autres, elles se dégagent des terrains et reviennent

au jour ? Quels sont le débit et les caractères des cours d'eau : fleuves, rivières et ruisseaux, ainsi produits.

6° Quels bassins, tant superficiels que souterrains, alimentent les divers cours d'eau.

7° Quelle est l'histoire des modifications et des altérations des eaux courantes dans le passé ; quels sont les usages qui les caractérisent, le parti qu'on en tire encore, etc.

8° Quels sont l'origine, le débit, la nature, les propriétés et les variations de nos eaux et de nos sources minérales et quelles sont celles dont l'art médical ou l'industrie pourraient utilement tirer parti.

Communications des membres.

1° M. le Dr *Achille Poskin*, de Spa, donne lecture du travail suivant :

NOTE

SUR L'ORIGINE DES EAUX MINÉRALES DE SPA

PAR

le Dr **A. Poskin**

Médecin consultant aux eaux de Spa

INTRODUCTION

La question d'origine des eaux minérales est une question très controversée, au sujet de laquelle un grand nombre d'auteurs ont échafaudé quantité de théories plus ou moins séduisantes, dont la plupart ont le tort de s'appuyer sur des hypothèses et non sur des faits scientifiques. La formation des eaux minérales est un fait d'ordre géologique et c'est par l'étude de la géologie que l'on peut arriver à la solution de la question.

Bien peu de sources minérales ont fait l'objet de recherches aussi variées que les sources de Spa. La bibliographie forme, à elle seule, un gros volume in-8° (1), et elle continue à s'accroître tous les jours.

(1) Albin Body — *Bibliographie spadoise et des eaux minérales du pays de Liège*. — Bruxelles 1875.

Malgré cette abondance d'écrits sur Spa, le problème de l'origine de ses eaux minérales est resté douteux. Cependant la solution de ce problème est d'une grande importance et toute d'actualité pour la ville de Spa, puisque la Chambre des Représentants sera appelée prochainement à discuter et à voter une loi sur le périmètre de protection des sources minérales.

On comprend facilement que le texte et l'esprit de la loi à intervenir varieront suivant que telle ou telle théorie sera adoptée par le législateur. Or, en présence d'un projet de loi destiné à restreindre d'une façon quelconque l'usage de la propriété privée, à créer des servitudes passives pour les citoyens et par conséquent à donner lieu à des indemnités onéreuses pour la ville de Spa, il est opportun de s'entourer de tous les renseignements nécessaires, de scruter toutes les opinions, d'examiner leur valeur, de comparer les législations existantes afin de pouvoir, en toute maturité, trancher la question et légiférer d'une manière juste et équitable.

La Société Belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie ne pouvait méconnaître l'importance de la question qui, par l'organe de l'un de ses membres les plus distingués M. *Van den Broeck*, a été portée à l'ordre du jour de nos séances.

Nous avons entendu, dans la séance du 25 juillet dernier, la lecture de la première partie du travail de notre savant confrère, dans lequel il se propose d'examiner la thèse d'une origine *non interne* des eaux minérales de Spa (1); nous nous proposons de discuter et de prouver par des faits nouveaux l'origine *interne* des eaux minérales de Spa; de cette façon, la Société aura sous les yeux toutes les pièces du procès, et pourra se prononcer en connaissance de cause.

CHAPITRE I.

Hypothèse de l'origine externe des Eaux minérales de Spa.

Notre savant confrère, M. *Van den Broeck* (2) a résumé, d'une façon complète, les opinions émises au sujet de l'origine des eaux minérales de Spa par quelques-uns des innombrables auteurs et spécialistes qui se sont occupés de cette question. Nous n'y reviendrons donc plus. Au surplus, à part quelques faits constatés qui peuvent aider à la solu-

(1) E. Van den Broeck. — *Les Eaux minérales de Spa. — Observations préliminaires sur la thèse d'une origine non interne.* Bull. de la Soc. Belge de Géol., et d'Hydrologie, T. II. 1888, Pr.-Verb., p. 235 et suiv.

(2) *Loc. cit.*, p. 239 et suiv.

tion de la question, les théories émises par la plupart des auteurs des siècles passés et par une partie de ceux qui ont écrit pendant ce siècle, ne présentent qu'un intérêt historique. C'est à partir des cinquante dernières années seulement que nous pouvons trouver, dans les auteurs, des renseignements utiles, des théories basées sur des faits scientifiques qui peuvent nous servir pour l'élucidation de la question d'origine des eaux minérales spadoises.

Ceci dit, nous abordons le problème qui fait l'objet de cette note.

Toutes les hypothèses émises à propos de l'origine des eaux minérales peuvent se ramener à trois :

- 1° l'hypothèse d'une origine *externe*,
- 2° l'hypothèse d'une origine *interne*,
- 3° l'hypothèse d'une origine *mixte*, à la fois *interne* et *externe*.

L'hypothèse de l'origine *externe* a été soutenue par MM. *Saint-Just Dru, Delesse et de Lapparent* (T. V, 1868 et T. VI, 1869, Revue de Géol., Paris, Dunod), par M. *Gosselet* (T. XIV. Ann. de la Soc. Géol. du Nord) et récemment par notre confrère M. *Van den Broeck*, conservateur au Musée royal d'Histoire naturelle de Bruxelles.

Leur thèse est celle-ci : Les eaux minérales de Spa ont pour origine les eaux *météoriques* qui s'accumulent dans la région des *Hautes-Fagnes*. Leur qualité de *ferrugineuses* est due à ce qu'elles traversent, au moins par places, une épaisse formation détritique, au sein de laquelle elles s'imprègnent des composés de fer contenus dans les roches salmiennes et reviniennes. Leur qualité de *gazeuses* est due à la décomposition des matières végétales accumulées sur le plateau des Fagnes.

Leur qualité de *calcaires* est due à ce que les eaux chargées d'acides organiques dissous pénètrent dans des profondeurs plus grandes où elles rencontrent des prolongements du bassin calcaire de Theux, et, à la faveur de ces acides, attaquent ce calcaire, mettent de l'acide carbonique en liberté et se chargent des principes minéralisants.

Ces auteurs étayaient leur opinion sur les faits suivants :

1° Emergence à des altitudes variables, sur les hauteurs comme dans le fond des vallées ;

2° Ascension nulle, même dans le fond des vallées ; le niveau est celui des nappes d'infiltration ; l'écoulement n'a lieu qu'à la faveur de dépressions naturelles ou factices ;

3° Volume généralement faible, quand on prend les sources à l'émergence, quelle que soit l'altitude ;

4° Absence de chaleur propre ; leur température est celle du sol duquel elles sortent.

Si les eaux minérales de Spa avaient une origine *interne*, « elles » présenteraient des points pour lesquels la température et la minéralisation deviendraient plus grandes. Or, rien de semblable ne se présente à Spa, car les eaux naissent aussi bien dans la vallée que sur le sommet des Hautes-Fagnes et à une hauteur de 200 mètres ; elles ne sont pas plus chaudes, ni plus abondantes, ni plus chargées de substances salines à un endroit qu'à un autre ».

L'allure normale des différents débits, alors qu'entre les plus basses et les plus hautes fontaines, il existe une différence de niveau de 180 mètres représentant une différence de pression d'environ 18 atmosphères, prouve aussi l'origine externe, sinon les sources à l'altitude la plus basse, jailliraient abondamment, même si les eaux coulaient à la surface dans les parties élevées.

Suivant cette opinion les eaux minérales de Spa effectueraient un trajet *horizontal* ou plutôt *superficiel*.

Pour réfuter ces assertions, nous sommes obligé d'entrer dans quelques considérations sur la formation des nappes d'eaux souterraines et sur l'origine des sources des terrains imperméables. Cet exposé succinct est nécessaire suivant nous, pour l'intelligence des arguments invoqués à l'appui de notre thèse, surtout si nous considérons que ce débat servira peut-être de point de départ pour la discussion de la loi sur le périmètre de protection des sources minérales.

Les eaux météoriques (pluie, neige etc.) après leur chute, pénètrent en partie dans le sol jusqu'à ce qu'elles rencontrent une *assise imperméable*. Elles s'accumulent entre les pores du terrain sus-jacent en suivant toutes les ondulations de la couche imperméable. Si celle-ci vient affleurer en un point de la surface, l'eau jaillit et constitue une *source*. Lors du forage d'un puits, l'eau jaillit au moment où le niveau de l'eau souterraine est atteint et le débit de la source augmente au fur et à mesure que le forage est plus profond. Le maximum est atteint à la rencontre de l'assise imperméable.

Dans les terrains primaires, les sources *importantes* sont rares, à cause du peu d'épaisseur de la couche perméable du sol et leur présence tient souvent à des causes accidentelles. Ces sources, en tout cas, sont irrégulièrement distribuées : on les trouve aussi bien dans le voisinage des sommets que sur le flanc d'un coteau ou dans une ondulation quelconque. L'imperméabilité du sol est une des causes de la difficulté de se procurer une eau saine et abondante pour l'alimentation publique dans les pays à terrain imperméable.

Le territoire de Spa, et celui de toute l'Ardenne, est un terrain imperméable. Pour s'en convaincre, on n'a qu'à parcourir le pays par

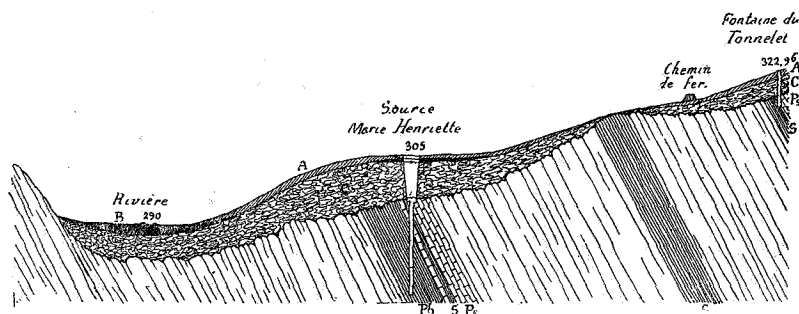
un temps pluvieux. On voit l'eau ruisseler de toutes parts ; s'il y a de la pente, cette eau coule à la surface et forme de nombreux ruisseaux qui ravinent les terres et qui, réunissant leurs eaux, donnent au Wayai sa couleur limoneuse et son allure torrentielle. De là, les crues violentes qui se produisent en quelques heures, mais qui disparaissent de même lorsque la pluie vient à cesser. S'il s'agit d'un plateau, comme les Fagnes, les eaux ne trouvent pas d'écoulement ; elles s'accumulent à la surface sous forme de marais et d'étangs. Cependant à la faveur des fractures et des lignes de dislocation des roches tourmentées de ces régions, il peut se faire que les eaux météoriques atteignent des profondeurs plus grandes et s'infiltrent ensuite entre les feuillettes des roches pour venir sourdre beaucoup plus loin à un point d'affleurement naturel ou factice et toujours dans le sens de l'inclinaison des strates ; mais, dans ce cas, les sources ne sont jamais abondantes et se présentent plutôt sous forme de suintement, à débit relativement faible.

Nous avons dit que le territoire de Spa est un terrain imperméable ; en effet, il appartient au *terrain Ardennais* de *Dumont*, ou terrain primaire. Dans les différents forages qui ont été pratiqués sur le territoire de Spa soit pour le captage des sources minérales, soit pour la construction d'édifices, soit pour l'établissement des tranchées de chemin de fer etc., le terrain a fourni des coupes dont la composition est identique et dont les couches ont une allure et une hauteur sensiblement les mêmes. La coupe ci-contre représente le terrain compris entre la source Marie-Henriette et le Tonnelet. Elle a été exécutée à l'aide des documents officiels déposés aux archives communales et à l'aide de reconnaissances de terrains faites personnellement et par *M. V. Sougnez*, directeur des travaux de la ville de Spa. C'est dans les couches de *psammite quartzéux* et de *phyllades gris bleuâtres* que l'on a trouvé les naissants d'eau minérale et de gaz acide carbonique.

Fig. 1

COUPE GÉOLOGIQUE

du terrain compris entre la fontaine minérale du Tonnelet et la rivière du Wayai, en passant par la source Marie-Henriette.



A Limon des pentes et terre végétale.

B Tourbe herbacée avec nombreux fragments de bois.

C Argile avec débris de phyllades, de quartzo-phyllades et de gros blocs de quartz gris-bleuâtre, veiné de quartz blanc.

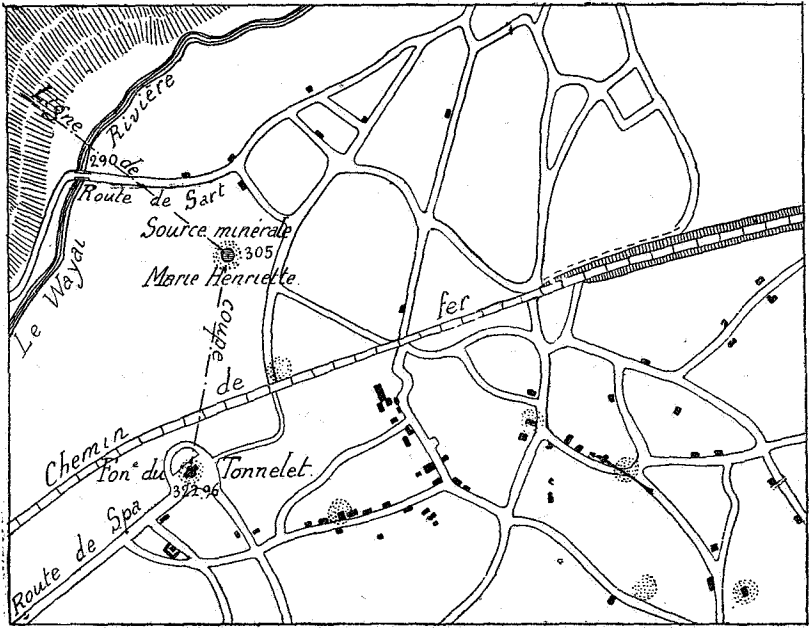
Ps Psammite.

S Schiste gris.

Ph Phyllades gris-bleuâtre.

Dans la figure ci-après, représentant le hameau de Nivezé, nous avons tracé la ligne de coupe correspondant à la section ci-dessus et fourni en même temps la topographie des points, reconnus par nous, de dégagement purement gazeux de l'acide carbonique ; ces emplacements sont indiqués sur la carte par de petites surfaces pointillées circulaires.

Fig. 2

Hameau de Nivezé.

— — — — Ligne de coupes (Voir fig. 1)

(Pointillés) = Trous au mauvais air — Sources naturelles de gaz acide carbonique

A l'aide des données acquises sur la formation des nappes souterraines et par l'examen de la composition géologique du sol, nous pourrions déjà réfuter l'hypothèse de l'origine externe des eaux minérales de Spa. Serrons les faits de plus près et prenons corps à corps les arguments et les faits invoqués par nos savants contradicteurs.

A. « Les eaux minérales spadoises sont simplement des eaux « météoriques superficielles..... » (1).

Le fait en lui-même est vrai ; il ne peut être nié ; en effet, toutes les eaux qui baignent la terre, toutes les sources qui en jaillissent et se mettent à couler à la surface, sont le produit de l'infiltration des eaux

(1) Saint-Just-Dru. — Delesse et de Lapparent. — Revue de Géologie, T. V. 1868, Paris. Dunod, pages 29 et 30.

pluviales. Elles forment un point du trajet de cette circulation continue qui s'établit entre les Océans et la Terre par l'atmosphère et les nuages. Ce que nous nions, c'est que les sources minérales soient le produit des eaux météoriques qui tombent sur le sol de Spa ou même de l'Ardenne.

Un grand nombre de faits viennent à l'appui de notre négation :

1^o La présence du carbonate de chaux même en proportion assez considérable dans les eaux minérales (la chaux est une substance étrangère au sol de l'Ardenne) et l'absence de cette substance dans les eaux douces employées pour l'alimentation et recueillies sur le territoire de Spa.

Pour 1.000 parties :	Bicarbonate de chaux
Le Pouhon Pierre-le-Grand contient	0.0405
Le Tonnelet contient.	0.0561
Nivezé contient.	0.0621
La Sauvenière contient	0.1265
Le Groesbeck contient	0.0567
La Géronstère contient	0.1616
Le Barisart contient	0.0414

Nous rencontrons ici un des faits invoqués à l'appui de sa thèse par M. *Van den Broeck*. Voulant expliquer la minéralisation calcaire des eaux spadoises, il émet l'opinion que les eaux minérales, après avoir pénétré dans le terrain imperméable à travers les failles des roches, rencontrent des prolongements souterrains du bassin calcaire de Theux, s'y minéralisent, puis, par un crochet souterrain, viennent sourdre verticalement du sein des roches cambriennes de l'agglomération spadoise. C'est là, il faut en convenir, une simple hypothèse qu'aucun fait scientifique ne vient corroborer. Le bassin calcaire de Theux est nettement limité au N. de Spa. Il est distant des sources minérales de 8 à 11 kilomètres. De plus, il y a une différence d'altitude de 250 mètres entre l'affleurement de ce bassin (cote 180) et la plus élevée de nos fontaines (Géronstère 430 mètres). La position et la direction des roches démentent aussi l'hypothèse d'une communication de nos sources avec le bassin calcaire de Theux.

2^o La profondeur à laquelle les sources minérales sont captées.

La source Marie-Henriette (Nivezé) a été captée à 29 mètres de profondeur, le Tonnelet à 24 mètres, le Pouhon Pierre-le-Grand à 18^m,45 de profondeur. En ce qui concerne cette dernière source, le captage a été incomplet. Tous les griffons n'ont pas été captés à cause

de l'approche de la saison balnéaire et de la nécessité de terminer les travaux avant l'ouverture de celle-ci. Il résulte d'informations prises à des sources officielles qu'un sondage plus profond aurait fait découvrir d'autres griffons plus puissants qui auraient augmenté considérablement le débit de la source (1).

3° La nature du terrain où ces sources ont été découvertes. Les principaux naissants d'eau minérale ont été trouvés entre les couches imperméables du sol, le Psammite quartzeux et les phyllades gris bleuâtres.

4° Le débit considérable des sources.

Ce débit ne peut s'accorder avec le fait d'infiltrations superficielles qui sont très réduites lorsqu'il s'agit de terrain imperméable, en admettant même des failles nombreuses et très étendues.

Débîts : (2)	par 24 heures :	par minute :
Pouhon Pierre-le-Grand	23.000 litres	16 litres
Marie-Henriette	300.000 »	208 »
Tonnelet	43.000 »	30 »

5° Le débit des sources minérales est uniforme. Il ne varie ni pendant les sécheresses, ni immédiatement après les grandes pluies. Le fait a été constaté de tout temps et par la quantité d'auteurs qui ont écrit sur Spa. Le fait est bien avéré depuis le captage rationnel des sources, puisque ce captage écarte la possibilité de l'infiltration des *eaux sauvages*. Cependant, il est des auteurs qui ont observé que les eaux minérales étaient en quelque sorte dépendantes de l'état de la surface du sol. *De Heers* (3) prétend qu'il y avait déperdition de force dans les sources en général, par la pluie. Elles devenaient souvent plus acides en hiver ; peut-être en raison de la gelée qui alors empêche les eaux pluviales de s'infiltrer au travers du sol ; mais c'est à la condition que l'hiver ne soit pas trop clément. Selon cet auteur, la pluie exerçait plus d'influence sur la Sauvenière que sur la Geronstère et le Pouhon n'en subissait pour ainsi dire aucune. MM. *Chandelon*, *Kupfferschlaeger*, *Donny* et *Swarts* (4) dans le rapport adressé au Conseil communal de

(1) Il est fort probable que la source du Pouhon Prince de Condé n'est qu'une émanation de la source Pouhon Pierre-le-Grand et qu'elle est le résultat du captage incomplet de celle-ci. Ce qui le prouve, c'est la relation hydrostatique qui existe entre elles (voir plus loin) et l'identité à peu près complète de la composition chimique.

(2) Le captage rationnel des autres sources n'ayant pas été effectué, nous ne pourrions donner que des chiffres approximatifs.

(3) *De Heers*. Spadacrène. Édition revue par le Dr W. Chrouet, 1734.

(4) De la composition des eaux minérales de Spa. Dison, in-8°, 1872.

Spa, constatent aussi l'influence considérable des saisons pluvieuses sur le régime des sources. Il s'agirait cependant de s'entendre sur ce fait de l'influence des pluies sur le régime des sources. S'il s'agit des sources rationnellement captées, nous la nions; si, au contraire, il s'agit des sources qui n'ont jamais été captées, nous l'admettons. Le Tonnelet, Nivezé et le Pouhon Pierre-le-Grand ont un débit uniforme et constant.

6° La constance de la composition chimique.

Il résulte d'analyses faites à toutes les époques de l'année aux différentes sources de Spa, par M. *Dewalque* (1), le savant professeur de l'Université de Liège, que la teneur en bicarbonate de fer varie dans des limites très restreintes et sans relation avec la plus ou moins grande quantité d'eau tombée. Avant le captage rationnel des sources, la teneur en fer subissait l'influence de l'état de la surface du sol. Quoique *de Limbourg* (1756) nie l'influence de la pluie, *de Heers* (1614), *de Presseux* (1749), *Jones* (1814), *L. Lezaack* (1837) avaient constaté le fait; mais le *D^r Lersch* (2) (1869), qui rapporte ces opinions, avoue que ce résultat était dû à un captage mal exécuté des sources.

D'ailleurs, en admettant qu'il existe des différences de composition, ces différences ne pourraient être invoquées contre l'origine profonde des sources. Nous avons dit plus haut que toutes les sources sont le produit de l'infiltration des eaux pluviales, quelle que soit la profondeur à laquelle on les trouve. Les alternatives de pluie et de sécheresse ont donc une certaine action sur toutes les sources. Si les sources sont profondes, cette action se fait sentir longtemps après la cessation du phénomène météorique; si les sources ont une origine lointaine, l'action de la pluie sur le débit des sources est en rapport avec la quantité d'eau tombée sur le pays d'où émanent les sources. Ainsi, les pluies abondantes augmentent le niveau de l'eau souterraine, et cette augmentation de niveau met la nappe souterraine en contact avec des couches de terrain dont la composition est différente et dont la résistance à l'action dissolvante de l'eau minérale est peut-être inégale.

7° La constance de la température des différentes sources l'hiver ou l'été.

Si les sources minérales se formaient superficiellement, elles subi-

(1) *G. Dewalque*. Dosages du fer des eaux minérales de Spa. (Ann. de la Soc. Géol. de Belg. Tome XIV, Bulletin 1887.)

(2) *D^r Lersch*. Monographie des eaux minérales de Spa. Traduite de l'allemand par A. Body. Spa, Engel, 1869.

raient l'influence de la température extérieure. Nous avons réuni à ce sujet quelques indications qui figurent dans le tableau ci-après (1):

Température en degrés centigr.	De Presseux 1736 (hiver)	Lucas 1752	Jones 1816	Monheim 1828	Plateau 1830 (été)	Lersch 1865 (été)	Analyse 1872 (été)	Poskin 1888 (hiver)
Pouhon Pierre-le-Grand	9° 4	11°	"	10°	8° 7 env.	11° 6	10° 8	10° 1
Tonnelet	10° 5	9° 4	"	9°	10°	"	9° 8	9° 3
Nivezé	"	11°	"	"	"	11° env.	9° 7	9° 2
Sauvinière	7° 8	11°	9° 8	9° 7	8° 1	11° 1	10° 2	10°
Groesbeck	"	10° 4	9° 8	9° 7	7° 6	10° 6	10° 1	9° 9
Géronstère	7° 8 (2)	10° 4	9° 4	9° 4	8° 4	10° 2	10° 1	9° 1
Barisart	"	"	"	"	"	11° 4	10° 2	10°

De l'examen de ce tableau, il résulte que la température des sources est à peu près constante. Cependant les auteurs ont fait leurs observations avec des thermomètres différents et au sujet desquels nous n'avons pas de renseignements. Pour prouver le fait de la température constante, il faudrait faire une série d'observations pendant le courant de toute une année avec deux thermomètres étalons, calibrés et gradués en 1/5 de degré, noter la température extérieure, la hauteur du baromètre, l'état du ciel et la quantité d'eau tombée. Nous allons commencer ce travail et nous en publierons ultérieurement les résultats.

8° L'existence, dans le voisinage immédiat des sources minérales du massif de l'Ardenne, de minerais ferro-manganésifères (carbonate double de Fer et de Manganèse (FeO Mn O CO₂) (3) et l'absence du bicarbonate de Manganèse, si ce n'est à l'état de traces dans les eaux minérales.

(1) Ces indications ont été empruntées en partie à la monographie du D^r Lersch, loc. cit.

(2) Le 9 novembre dernier, dans une visite à la Géronstère, nous avons noté la température des sources à 8 1/2 heures du matin. Temps clair. Vent S-E.

Température extérieure : — 1° 9 Nouvelle Géronstère : 9° 1
Hauteur barométrique : 75° 9 Vieille Géronstère : 7° 5

(3) Il existe, non loin de Spa, trois exploitations de minerais ferro-manganésifères : à Moët-Fontaine (Rahier), à Meuville (Rahier) et à Bierleux (Chevron). A proximité, il existe plusieurs sources minérales analogues à celles de Spa (Voy. Nomenclature des Eaux minérales de la Belgique).

1000 Parties.	Bicarbonate de Manganèse
Pouhon Pierre le Grand	0.00386
Tonnelet.	0.00162
Nivezé	0.00242
Sauvinière	0.00162
Groesbeck	0.00143
Géronstère	0.00157
Barisart	0.00138

De l'ensemble de ces faits, il se dégage la preuve, selon nous irréfutable, de la formation des eaux minérales en dehors du territoire de Spa et même de l'Ardenne.

B. — Les eaux minérales de Spa effectuent un trajet horizontal ou plutôt superficiel.

L'assertion est complètement inexacte. Nous avons dit tantôt que les sources minérales de Spa ont été trouvées au milieu des couches imperméables du sol dans le *psammite quartzeux* et les *phyllades gris bleuâtres*. L'eau minérale circule entre les strates des roches ; or, ces strates ne sont pas horizontales, mais elles sont inclinées S-E de 80 à 85° avec une direction N-E à S-E (270°). Le trajet de l'eau se rapproche donc de la *verticale*.

C. — La qualité gazeuse des eaux minérales est due aux décompositions des substances végétales si abondantes dans nos Fagnes.

Saint-Just Dru (1) : « Elles doivent sans doute leur acide carbonique à la décomposition des débris de végétaux à travers lesquels elles s'infiltrent. »

J. Gosselet (2) : « Mais il se pourrait que l'acide carbonique des eaux de Spa fût uniquement emprunté aux décompositions organiques produites dans les tourbières des Hautes-Fagnes. »

Van den Broeck (3) « ne croit pas l'imprégnation de l'acide carbonique et du fer dans l'eau des Fagnes impossible à démontrer. »

« Les eaux pluviales qui s'accumulent en quantité considérable » dans cette vaste région spongieuse des Fagnes ardennaises, s'y » chargent d'acides et notamment de l'acide carbonique dû à la

(1) *Saint-Just Dru*, loc. cit.

(2) *J. Gosselet*, *ibid.*, loc. cit.

(3) *Van den Broeck*, loc. cit.

» décomposition des matières végétales accumulées sur ces Pla-
» teaux. »

A ces hypothèses, nous répondons par l'énoncé de faits et par une question. Les eaux minérales sont ferrugineuses ; les eaux douces provenant des Fagnes et servant à l'alimentation publique ne le sont pas ; les eaux minérales sont gazeuses, les eaux douces ne le sont pas. Si les eaux minérales se forment sur le territoire de Spa et si elles se forment superficiellement, pourquoi cette différence avec les eaux douces ?

D'ailleurs le fait des dégagements secs de gaz acide carbonique sur le territoire de Nivezé, comme nous l'avons démontré dans une brochure publiée en 1887 (1), suffit à prouver que le gaz dont sont imprégnées nos eaux n'est pas dû aux décompositions végétales, mais qu'il a une origine *interne*, vraisemblablement les dernières émanations volcaniques de l'Eifel. Nous démontrerons ultérieurement par un fait topique qu'il en est réellement ainsi.

De plus, la décomposition des matières organiques des Fagnes ne donne pas naissance au gaz acide carbonique. L'oxydation lente qui s'effectue au sein des matières tourbeuses des Fagnes détermine la formation de *méthane*s et d'autres hydrocarbures de la série grasse (gaz des marais), mais pas d'acide carbonique, qui est un corps fixe, au maximum d'oxydation. Toutes les matières organiques des Fagnes ne pourraient d'ailleurs suffire à fournir ces quantités énormes d'acide carbonique qui se dégagent du sol et qui imprègnent nos eaux minérales.

Ce dernier fait (grande abondance de gaz carbonique) suffit aussi à réfuter l'objection qui attribue la formation du gaz à l'action de la chaleur sur les carbonates de calcium, la dolomie, le carbonate de magnésie, de fer, etc. (2).

D. La thermalité ou plutôt l'absence de thermalité des eaux minérales prouve en faveur de la circulation superficielle.

La température froide des sources ne prouve pas leur situation superficielle ; tout au plus on pourrait conclure de là qu'elles ne sont pas situées à des profondeurs très grandes. En effet, la terre a une chaleur propre qui augmente de 1° c. par 32 mètres en moyenne et l'eau qui s'enfonce dans le sol acquiert 3 1/2 degrés de chaleur par 100 mètres de profondeur. Cependant la température des couches superficielles du sol est variable jusqu'à la profondeur de 25 à 28 mètres.

(1) Dr A. Poskin. Les Trouis au mauvais air de Nivezé (Spa). Notice sur les sources naturelles de gaz acide carbonique. Bruxelles, Manceaux, 1887.

(2) Voyez *Ciel et Terre*, n° 11. 1^{er} août 1887, page 253.

D'ailleurs, dans l'appréciation de la température des sources spa-doises, il faut tenir compte de ce fait que la température du sol est plus basse sur les hauts plateaux de l'Ardenne. Si nous connaissions la température moyenne du sol de la Belgique, nous verrions que la température du sol des Hautes Fagnes est inférieure de 3 à 4 degrés à celle du niveau de la mer. En supposant que la température moyenne de la basse Belgique soit de 10° c., celle de l'Ardenne serait de 6 à 7 degrés seulement, soit de 3 à 4 degrés inférieure à la moyenne de la température des eaux minérales. La température moyenne de Spa est estimée à 8°7 environ par M. G. Dewalque (1) ; celle du sol est encore inférieure et par conséquent la température des eaux minérales n'est pas « celle du sol duquel elles sortent ».

Un autre fait qui plaide aussi contre l'origine *externe* ou descendante des sources minérales est celui-ci : Les sources superficielles provenant des eaux infiltrées ont pour caractère de posséder une température inférieure à la température moyenne du lieu (8° 7 pour Spa). Les eaux minérales spadoises ont une température moyenne de 10° c.

E. L'allure normale et régulière des différents débits avec une différence d'altitude de 180 mètres, représentant une différence de pression de 18 atmosphères, prouve l'origine externe des eaux minérales.

Nous avouons que l'objection est très sérieuse et qu'elle nous a fort embarrassé. Cependant elle est loin d'être irréfutable. Commençons par exposer l'objection dans toute sa vigueur.

Les eaux de Spa présentent les caractères suivants :

« 1° Emergence à des altitudes variables sur les hauteurs comme » dans le fond des vallées ; »

« 2° Ascension nulle, même dans le fond des vallées ; le niveau est » celui des nappes d'infiltration ; l'écoulement n'a lieu qu'à la faveur de » dépressions naturelles ou factices. »

Pour que l'objection fût probante, il faudrait prouver *l'unité de la nappe d'eau minérale*. Or tous les faits contredisent cette unité. Nous allons en énumérer quelques uns :

1° Les Analyses des eaux minérales démontrent une minéralisation différente du bicarbonate de fer et sans relation avec la question d'altitude. Si l'on admet l'unité de la nappe minérale, la composition des eaux doit être sensiblement la même, ou bien leur richesse en fer

(1) Archives de la Commune de Spa. — Eaux minérales de Spa. Lettre de M. G. Dewalque, pièces nos 7 et 8. 23 mars 1864.

doit augmenter avec la longueur du trajet parcouru avant le jaillissement.

Or la composition des différentes sources varie dans des limites parfois considérables et sans relation avec la position géographique de la source.

Pour 1000 parties.	Bicarbonate de fer.
Pouhon Pierre-le-Grand contient	0 gr. 1964.
Nivezé contient	0 » 0990.
Sauvenière contient	0 » 0771.
Groesbeck contient	0 » 0705.
Tonnelet contient	0 » 0623.
Géronstère contient	0 » 0556.
Barisart contient	0 » 0516.

Dans cet ordre d'idées, Barisart devrait être la source la plus riche en fer puisqu'elle est la plus éloignée du point d'origine supposé; c'est la plus faible des sources pour la quantité de fer; la Sauvenière devrait être la moins forte. Or, il résulte de l'examen des Analyses que la Sauvenière, pour la richesse en fer, occupe le 3^e rang parmi les sources de Spa, et, si nous nous rapportons à des analyses inédites faites par des savants experts en la matière, elle serait la plus riche en fer.

2^o Il n'existe pas de relation hydrostatique entre les sources, ce qui prouve que les nappes d'eau minérale sont localisées et distinctes pour chaque source ou chaque groupe de sources. Les lois hydrostatiques n'agissent sur elles que dans les limites de la couche de roche où gît l'eau minérale. L'altitude a un effet purement accidentel sur les sources minérales et l'allure du débit est en rapport direct avec la situation des strates du terrain imperméable par rapport au sol. Les eaux douces sont sous la dépendance de l'ondulation de la première couche imperméable; les lois hydrostatiques agissent *séparément* sur les différentes nappes minérales dans les limites d'étendue, d'altitude et d'ondulation de la couche de roche où gît l'eau minérale.

Nous disions que les nappes d'eau minérale sont localisées et distinctes pour chaque source ou *chaque groupe de sources*. En effet, les deux sources du Tonnelet et la source Marie-Henriette (Nivezé), le Pouhon Pierre-le-Grand et le Pouhon Prince de Condé ont une nappe sinon commune, au moins en relation évidente.

Les deux sources du Tonnelet, que nous appellerons pour les distinguer Tonnelet communal et Tonnelet-Simonis, sont situées à quelques mètres l'une de l'autre. Le Tonnelet Simonis est situé à 3 mètres en contrebas du Tonnelet communal. Lorsqu'on épuise celui-ci à la pompe, le Tonnelet-Simonis tarit.

La source Marie-Henriette (Nivezé) est aussi en relation hydrostatique avec le Tonnelet. Celui-ci se trouve à la cote 322.96, la source Marie-Henriette à la cote 305. Le forage du puits artésien à Nivezé a rencontré la nappe aquifère principale à environ 22 mètres de profondeur ; mais le forage a été continué jusque 29 mètres. « Pendant le » forage, la venue de l'eau a constamment augmenté, à l'exception des » sept derniers mètres. *Après le captage, l'eau minérale s'est élevée » dans le tube à 23 mètres de hauteur, de façon à arriver à 6 mètres » du niveau du sol* » (1). Or, le *D^r Lersch* (2) rapporte le fait suivant : « Dès que l'on eut creusé le puits artésien à Nivezé, l'ancienne source » du Tonnelet qui avait une forte puissance d'émission et qui est » éloignée de plusieurs centaines de pas, tarit complètement. Quand » nous le visitâmes en septembre 1865, il ne s'y trouvait plus depuis » longtemps la moindre goutte d'eau..... » (3). Enfin, l'on a remarqué qu'à l'époque où l'on donne le plus de bains et de douches, l'eau minérale du Tonnelet baissait un peu.

Ni pendant le captage de la source Marie-Henriette, ni dans aucune autre occasion, le débit des autres sources n'a été influencé.

La relation hydrostatique entre le Pouhon Pierre-le-Grand et le Pouhon Prince de Condé a été nettement constatée en 1864. Ces deux sources sont situées à quelques mètres l'une de l'autre. Lorsque l'on épuise l'une à la pompe pour procéder au curage, l'autre baisse considérablement. Constatons en passant que ce fait renverse l'opinion émise par quelques auteurs, opinion suivant laquelle le Pouhon Pierre-le-Grand a son origine dans la montagne située au NN-O de la source.

Cette abondance de preuves que nous croyons décisives serait inutile, s'il n'existait des auteurs très sérieux qui soutiennent encore l'unité de la nappe d'eau minérale. En effet, *M. Van den Broeck* (4) est sur ce point presque en aveu : « Le fait, dit-il, que presque toutes les sources » minérales spadoises sortent directement des fentes du roc primaire » montre, conjointement avec l'augmentation de débit que le creusement du roc a fait obtenir à Nivezé comme au Pouhon, que l'hypothèse d'une simple nappe plus ou moins superficielle doit être écar-

(1) *Albin Body*. — Notices sur le nouvel établissement des Bains de Spa. — Liège. — Severyns, 1868.

(2) *D^r Lersch* (Aix-la-Chapelle) Loc. cit.

(3) Il convient de faire remarquer que depuis l'époque où le *D^r Lersch* écrivait sa monographie, on a procédé au captage du Tonnelet, ce qui lui a rendu une partie de son ancien débit.

(4) *E. Van den Broeck*. Loc. cit.

» tée. Les eaux minérales de Spa circulent bien dans la roche primaire
 » *in situ*, mais la diminution du débit constatée dans les sept derniers
 » mètres du forage de Nivezé permet de se demander si la nappe d'où
 » elles proviennent n'est pas localisée, au moins par places, dans des
 » niveaux supérieurs. »

Pour nous, il est certain que les eaux minérales de Spa n'émanent pas d'une même nappe et surtout d'une même nappe superficielle. L'indépendance hydrostatique des sources et la différence de minéralisation le prouvent surabondamment. Les qualités différentes de l'eau douce récoltée sur les Fagnes et de l'eau minérale plaident aussi contre l'opinion, émise par *Saint-Just Dru*, que la minéralisation des eaux spadoises s'opère dans les couches superficielles du sol des Hautes Fagnes, par la réaction de l'acide carbonique dissous, sur les argiles et les schistes contenant beaucoup de fer. La minéralisation des eaux dans les couches superficielles par les *crénates de fer* est aussi du domaine purement hypothétique et n'est nullement justifiée. Nous le prouverons en disant que l'*acide crénique* dans la chimie actuelle n'a plus qu'un intérêt historique et que son existence est plus que problématique et niée par presque tous les auteurs récents.

Par tous ces faits et toutes ces considérations, nous croyons avoir refuté l'objection la plus sérieuse élevée contre l'origine profonde des sources : l'allure normale et régulière des différents débits avec une différence d'altitude d'environ 180 mètres (1) entre la fontaine la plus basse le Pouhon Pierre-le-Grand et la plus élevée, la Géronstère.

CHAPITRE II.

Hypothèse de l'origine interne des Eaux minérales de Spa.

En publiant, l'année dernière, la brochure « *Les trous au mauvais air de Nivezé (Spa)* », nous n'avions qu'un but, celui d'attirer l'attention des habitants de Spa et des étrangers sur un phénomène curieux qui se manifeste sur le territoire de Nivezé. Cette préoccupation nous a fait négliger le côté purement scientifique du phénomène. Nous avons, à cette occasion, donné quelques motifs qui nous permettaient de conclure à l'*origine interne* des eaux minérales de Spa.

(1) Altitude des sources de Spa. Carte militaire spéciale de Spa, $\frac{1}{10.000}$ 1883.

Pouhon Pierre-le-Grand	253.97	Groesbeck	400
Tonnelet	322.96	Géronstère	436 03
Nivezé	305	Barisart	300
Sauvenière ,	400		

Nous allons reprendre à nouveau, en les complétant, les faits que nous avons avancés dans cette brochure.

L'origine interne, avons-nous dit, est prouvée :

1^o Par la teneur en sels calcaires des eaux minérales, alors que toutes les eaux douces employées en boisson n'en contiennent pas.

Nous avons prouvé dans le chapitre I^{er} de notre travail que l'hypothèse de M. *Van den Broeck*, qui semble attribuer à des prolongements du bassin de Theux la minéralisation calcaire de nos eaux, est très hasardée et ne repose sur aucun fait scientifique. Ajoutons un fait géologique qui prouverait qu'il n'est pas besoin de recourir au bassin de Theux pour trouver du calcaire sur le trajet supposé de l'eau minérale. Il existe sur le territoire Ardennais des lambeaux de *terrain triasique* qui s'étendent de Basse-Bodeux (Stavelot,) à Malmedy (Prusse). Ces lambeaux sont disposés suivant une ligne dirigée du N-E au S-O. Ils remplissent les dépressions des terrains ardennais et dévonien sur les couches redressées desquelles ils reposent en stratification discordante (1). Ce terrain est constitué en partie par du Calcaire. Certaines couches en sont composées pour les 2/3 de leur masse. Fait intéressant que nous relevons sur une coupe de ce terrain, d'après M. l'ingénieur *G. Lambert* (2), la couche n^o 6 est composée de nodules calcaires réunis de manière à donner lieu à des blocs de 0^m,40 à 0^m,50 de côté, dont la forme semble indiquer qu'un liquide a circulé entre eux et en a dissous une certaine partie. Notons que cette bande triasique traverse perpendiculairement le trajet que nous supposons parcouru par l'eau minérale. De plus la région de l'Eifel est constituée en partie par du Calcaire (système Eifélien calcaireux de Dumont).

2^o Par la constance de la température des différentes sources, l'hiver ou l'été; malgré les écarts de la température extérieure (— 26° à + 30° C.), celle de l'eau varie à peine de quelques dixièmes de degré.

Cette affirmation a été discutée antérieurement et nous espérons bien, par les expériences répétées que nous allons entreprendre, prouver le fait d'une façon indiscutable.

3^o Par le nombre considérable de sources minérales ou acidules de la région de l'Eifel et de la contrée qui sépare notre ville d'eau de l'Eifel. « Évidemment, toutes ces sources rassemblées sur un territoire aussi » restreint reconnaissent la même origine, c'est-à-dire une origine volcanique. »

Nous ne pourrions mieux renforcer notre argumentation qu'en

(1) *Mourlon*. Géologie de la Belgique. T. I, Bruxelles, Hayez, 1880.

(2) Ann. des Trav. publ. de Belgique 1847. T. VI, reproduit par Mourlon (loc. cit.).

citant un passage d'une lettre inédite de M. G: *Dewalque* à l'Administration communale, le 23 mars 1864 (1) :

« L'origine des matières qui minéralisent ces eaux ne peut être cher-
» chée à la surface. L'acide carbonique, notamment, vient de la pro-
» fondeur de la terre ; il donne à l'eau le pouvoir de dissoudre le fer et
» les autres bases que renferment les roches dont elle parcourt les
» fissures. En général, l'acide carbonique est le dernier terme de l'acti-
» vité des volcans. On peut donc considérer nos sources comme se rat-
» tachant à celles de l'Eifel, région peu éloignée où elles abondent à
» la suite des nombreuses éruptions volcaniques qui ont ébranlé le
» pays à une époque géologique relativement récente.

» Le prolongement de l'action volcanique de l'Eifel à cette distance
» au N-O a besoin d'une explication. Nous la trouverons dans une
» dislocation du sol, signalée depuis dix ans, comme partant des
» Vosges, traversant l'Eifel et se terminant à la baraque Michel. Je l'ai
» reconnue depuis, jusque vers Chaudfontaine ; or, c'est précisément
» sur le trajet de cette dislocation que sont situées les eaux de Mal-
» medy, de Spa et de Chaudfontaine. Elle est de beaucoup antérieure
» aux volcans de l'Eifel. Lors de ces éruptions, elle a pu s'ouvrir de
» nouveau et livrer passage jusqu'à nos jours à ces émanations d'acide
» carbonique qui sont l'origine de nos eaux acidules.

» Il ne faut pas entendre par dislocation une fente unique, mais le
» plus souvent un système de fentes, plus ou moins parallèles. Ordinairement, elles ont influé sur le relief du pays ; or, si l'on jette les
» yeux sur la carte des environs de Spa, cette disposition se montre
» clairement dans la disposition des vallées secondaires.

» Quatre ruisseaux à peu près parallèles viennent se jeter dans la rive
» gauche du Wahay et occupent le fond des vallons qui descendent le
» long du versant méridional de la vallée de Spa à Sart ; ils marquent
» autant de fractures sur la direction desquelles se trouvent les eaux
» minérales. En commençant à l'Est nous trouvons : 1° le ruisseau de
» Nivezé. Dans le village se trouvent des traces d'eau ferrugineuse et
» des émanations d'acide carbonique connues depuis longtemps. La
» direction du ruisseau prolongée va passer par les sources où l'on
» travaille actuellement (2). 2° Le ruisseau qui descend de la Sauve-
» nière se dirige sur le Watrooz et la ligne droite se termine dans les
» prés où j'ai reconnu plusieurs sources ferrugineuses. 3° Le ruisseau de
» Picherotte se présente comme la trace de la rupture, au bas de
» laquelle se trouvent les sources du Pouhon.

(1) *G Dewalque*. Loc. cit.

(2) Source Marie-Henriette (Nivezé), (note de l'auteur du travail).

« J'ai eu la satisfaction de retrouver vers le haut du vallon, près du
 » bois, deux ou trois sources minérales (1). 4° Le ruisseau qui va de la
 » Géronstère à Barisart.

» Enfin si l'on mène du Tonnelet vers le fond de la vallée une
 » droite parallèle aux précédentes, on aboutit à des prairies pleines
 » d'eau minérale.

» Cette disposition me paraît démontrer l'existence de cinq ruptures
 » de terrain faisant partie de la grande dislocation ci-dessus et établis-
 » sant la communication avec les profondeurs d'où s'échappe l'acide
 » carbonique. Les objections me semblent se réduire à deux : 1° Les
 » directions des cinq ruptures ne sont pas suffisamment parallèles ;
 » 2° leur direction moyenne diffère de 20° de la direction générale de
 » la dislocation Chaudfontaine à Malmedy. On peut répondre à cela
 » que la pratique de la géologie montre fréquemment de telles dévia-
 » tions locales qui n'infirmen point le fait général ; ce n'est qu'une dif-
 » ficulté pour les recherches. On en trouverait peut-être l'explication
 » dans des dislocations antérieures telles que celles qui ont livré pas-
 » sage aux éruptions d'*eurite*. En outre, j'ai quelques raisons de croire
 » à une autre fracture étendue de Spa à Royompré, le long de la ligne
 » où *Dumont* figure sur sa carte géologique le contact de ses systèmes
 » salmien et revinien. Si elle existe réellement, comme elle doit dater
 » de la fin de la période houillère, elle a pu faciliter les déviations
 » indiquées et en outre accumuler les sources sur son croisement avec
 » les autres fractures. Elle expliquerait pourquoi ces sources sont plus
 » abondantes au bas de la vallée. Je me hâte de dire que ce dernier fait
 » peut tenir à la simple différence de niveau des sources situées sur
 » chaque fracture. »

L'origine interne est prouvée aussi par les dégagements secs de gaz acide carbonique en différents points du territoire de Spa et de la région de l'Eifel. Nous avons relevé, l'année dernière, huit points de dégagements sur le territoire de Nivezé. (Voir le plan fig. 2 de la page 386). Depuis cette époque, nous avons constaté un nouveau point de dégagement de gaz acide carbonique à la Géronstère. Cette source gazeuse nous avait été signalée par M. A. *Guillaume*, pharmacien-chimiste à Spa, qui, vers la fin de septembre dernier, avait pris soigneusement la température du jet de gaz. Cette température était de 17 DEGRÉS CENTIGRADES.

Cette haute température de la source de gaz mérite que nous nous y arrêtions un instant.

(1) Le Pouchon des Vers et la source de la Picherotte, (note de l'auteur du travail).

Voici les faits : Il existe, à la Géronstère, sous les bâtiments servant à l'exploitation de la source et à environ 20 mètres en contrebas de celle-ci, une glacière qui n'a jamais pu être utilisée par le fermier. Il y a environ 9 ans, le nouveau fermier voulut encore essayer d'emmagasiner de la glace pendant l'hiver. Il y rentra 49 charretées de glace. Au mois de mai suivant, en ouvrant la glacière, il constata qu'il ne restait plus qu'un morceau de glace du poids d'environ 2 kilogrammes. Depuis cette époque on ne s'est plus servi de la glacière. Informé de ces faits, nous nous sommes rendu à la Géronstère une première fois, le 17 octobre dernier par un temps de brouillard, vent N-W., température extérieure 6° c., température de la glacière 10° c. Le jet de gaz, assez volumineux, se fait jour dans un des angles de la glacière (angle à droite et au N). La température du jet de gaz était de 16°.7.

Une seconde fois, nous nous sommes rendu sur les lieux, le 9 novembre dernier à 8 1/2 heures du matin. Temps clair, vent E. S-E assez violent. Température extérieure — 1°.9. Hauteur du baromètre 759. Nous sommes descendu dans la glacière et nous avons constaté les faits suivants :

La glacière est creusée dans le rocher. Le fond est cimenté jusqu'à une hauteur de deux mètres. Sur les parois, on constate de nombreux suintements d'eau minérale. Sur le fond, on constate en trois endroits des dépôts abondants de boue ocreuse provenant de filets d'eau minérale qui ont soulevé le ciment et qui se sont fait jour à travers les cassures de celui-ci. Ces dépôts sont groupés sous forme de petits monticules agglomérés d'une hauteur de 10 centimètres environ et d'une étendue de 15 c. sur 20 c. et creusés à leur sommet de cratères profonds allant jusqu'à l'émergence du filet d'eau minérale. Ces cratères ont un diamètre de 5 à 6 centimètres. Avant de toucher à ces dépôts, nous avons entendu le bruissement produit par le gaz acide carbonique qui se dégage constamment. La température de la glacière était de 6°.5. Ce jour-là, nous n'avons pas constaté le dégagement sec de gaz acide carbonique à l'endroit signalé ci-dessus.

Cette haute température du jet gazeux démontre péremptoirement l'origine interne et volcanique du gaz carbonique.

Par ce seul fait, nous réfutons aussi l'opinion émise par Saint-Just Dru (1) : « Nulle part ; il n'y a excès de chaleur des griffons sur celle » des eaux ordinaires.... Nulle part non plus le dégagement d'acide » carbonique ne paraît plus abondant sur un point que sur un » autre ».

(1) Saint-Just Dru. Loc. cit.

Un autre fait qui plaide aussi en faveur de l'*origine interne* est celui-ci : les eaux minérales de Spa sont saturées d'acide carbonique, et ce gaz est sous une pression de 2 1/2 atmosphères au moins, à l'émergence. Si, au moyen de la pompe, on refoule l'eau minérale du Pouhon Pierre-le-Grand dans un siphon à eaux gazeuses, la pression du gaz suffit seule à faire vider le siphon.

Si le gaz carbonique se formait dans les couches superficielles du sol, il ne pourrait évidemment avoir cette pression et cette température. De plus, si les sources n'étaient ascendantes, c'est-à-dire profondes, elles seraient désaturées avant leur émergence au griffon.

Enfin, le gaz acide carbonique étant comprimé dans l'eau minérale, quand l'équilibre s'établit avec la pression atmosphérique, il se produit un froid intense et ce phénomène pourrait bien être la cause du peu de thermalité de l'eau minérale.

Il nous reste à énumérer sous une forme succincte les raisons pour lesquelles nous admettons l'*origine interne* des eaux spadoises :

1° *Les eaux minérales ne sont pas des eaux météoriques superficielles du sol de Spa ;*

a) parce qu'elles sont calcaires et qu'il n'existe pas de calcaire sur le territoire de l'Ardenne;

b) parce qu'elles sont ascendantes et qu'elles émergent du terrain primaire et à des profondeurs assez grandes ;

c) parce qu'elles ont un débit considérable et uniforme ;

d) parce qu'elles ont une composition chimique constante et ne subissant que *médiatement* l'influence de l'état de la surface du sol ;

e) parce qu'elles ont une température constante en toutes saisons et supérieure à la température moyenne du lieu et à celle du sol des Ardennes ;

f) parce qu'elles ne contiennent que des traces de manganèse, alors qu'il existe sur le territoire ardennais, à proximité de Spa, des gîtes métallifères de carbonate double de fer et de manganèse.

2° *Les eaux minérales de Spa n'ont pas un trajet horizontal ou plutôt superficiel.*

a) parce que les strates de roche suivant lesquelles l'eau minérale circule ne sont pas horizontales mais presque verticales ;

b) parce que ces couches sont situées profondément.

3° *Le gaz carbonique des eaux n'est pas d'origine externe,*

a) parce que les eaux douces n'en contiennent pas ;

b) parce que les matières tourbeuses des Fagnes ne donnent pas naissance au gaz carbonique mais à des hydrocarbures de la série grasse et que d'ailleurs toutes les matières organiques des Fagnes ne pourraient suffire à fournir autant de gaz ;

c) parce que la décomposition par la chaleur des carbonates de chaux, la dolomie, le carbonate de magnésie, de fer, etc., ne pourrait donner naissance à autant de gaz carbonique que celui qui se dégage du sol et qui imprègne les eaux, et que d'ailleurs cette réaction ne pourrait se faire qu'à de très grandes profondeurs sous le sol.

4° *Le gaz carbonique est d'ORIGINE INTERNE,*

a) parce qu'il existe des sources naturelles de ce gaz ;

b) parce qu'il se présente des points de dégagements avec une thermalité assez élevée ;

c) parce que ce gaz se trouve sous une pression supérieure à celle de la pression atmosphérique.

5° *L'allure des différents débits est normale et régulière malgré la différence d'altitude des sources,*

parce que les eaux minérales émanent de nappes distinctes pour chaque source ou chaque groupe de sources, et qu'elles ne sont pas en relation hydrostatique les unes avec les autres. Ce fait est prouvé par la situation des sources sur des lignes de fractures secondaires presque perpendiculaires à une ligne de dislocation unique et par la teneur différente des sources minérales en bicarbonate de fer.

Hypothèse d'une origine mixte.

Nous n'avons que quelques mots à dire sur l'hypothèse d'une origine mixte des eaux minérales spadoises.

Au sens strict du mot, toutes les eaux minérales, même thermales, ont une origine mixte, puisque le point de départ est l'eau météorique dans un des points de son trajet. Si, par le mot *mixte*, on entend que l'eau minérale, à l'exception du gaz acide carbonique, émane des couches superficielles du sol, nous contestons.

Nous avons prouvé surabondamment que la minéralisation des eaux ne se passe pas dans les couches superficielles du sol et nous avons invoqué comme motifs principaux :

1° la minéralisation calcaire ;

2° l'absence de fer et d'acide carbonique dans les eaux douces employées en boisson et provenant des Fagnes ;

3° l'absence, si ce n'est à l'état de traces, du bicarbonate de manganèse dans les eaux minérales ;

4° la température des eaux, qui est supérieure à celle du lieu, alors que les sources descendantes ou provenant d'infiltrations superficielles ont une température inférieure à celle-ci ;

5° les sources provenant des eaux infiltrées sont particulièrement et immédiatement en relation avec les alternatives de sécheresse et d'humidité des saisons.

CONCLUSIONS :

Les preuves que nous venons de donner de l'origine interne des eaux minérales de Spa nous amènent à énoncer quelques conclusions qui dérivent de notre travail.

1° Le projet de loi doit limiter le périmètre de protection à accorder aux eaux minérales de Spa, aux plus strictes nécessités. La superficie totale des immeubles compris dans ce périmètre et fixée par le projet de loi à 39 hectares 19 ares 19 centiares, est plus que suffisante pour garantir la source minérale du Pouhon Pierre-le-Grand. Ce périmètre pourrait encore être réduit, si l'on procédait au captage complet de la source.

2° Les autres sources de Spa devraient également être protégées : mais, auparavant, il serait nécessaire de procéder à leur captage rationnel, afin de réunir tous les naissants d'eau minérale qui sont éparpillés aux alentours et pour empêcher les infiltrations d'*eaux sauvages*. Ce périmètre devrait être aussi très limité.

3° En présence du nombre considérable d'eaux minérales naissant sur le territoire belge et dont on trouvera dans un autre travail la nomenclature, la situation géographique, etc. ; en présence de la vogue croissante des eaux minérales, eaux de table, etc., et des tentatives qui se font actuellement pour la mise en exploitation de certaines sources : Court St-Étienne (Brabant), Harre (Luxembourg), etc., il serait nécessaire de faire une législation générale applicable à tous les cas et seulement en faveur des sources dignes de garanties particulières.

2° M. le Secrétaire donne, au nom de M. *Mieg*, de Mulhouse, lecture de la communication suivante :

QUELQUES OBSERVATIONS AU SUJET DE L'ORIGINE DES EAUX MINÉRALES DE SPA

PAR

M. Mathieu Mieg.

Les ouvrages scientifiques les plus récents (1) nous enseignent que les eaux minérales gazeuses ou acidules se rattachent par leur origine aux exhalaisons d'acide carbonique : phénomène d'ordre interne qui se produit principalement dans les régions volcaniques et dans celles où se rencontrent d'anciennes roches volcaniques : basaltes et trachytes.

Des contrées où l'on ne voit pas affleurer de roches éruptives, mais qui sont brisées par des dislocations profondes, peuvent être aussi le siège d'exhalaisons importantes d'acide carbonique.

Ces exhalaisons d'acide carbonique sont-elles toujours d'origine interne, et indissolublement liées à la genèse des eaux minérales ? Ne peut-il se faire que ces eaux naissent dans des conditions plus simples et plus en rapport avec les phénomènes que nous voyons s'accomplir journellement sous nos yeux ? C'est ce que je crois être le cas pour les eaux minérales de Spa, que j'ai eu l'occasion de visiter à plusieurs reprises ces dernières années. Un examen attentif de leur bassin hydrographique m'a conduit à supposer que ces eaux n'ont pas uniquement une origine interne. Mon opinion est, du reste, partagée par plusieurs ingénieurs belges et français qui ont étudié les eaux minérales de Spa, par M. le Prof. Gosselet, par M. Saint-Just Dru, qui a exécuté le sondage du Nivezé, et par notre collègue M. Van den Broeck, à qui revient l'honneur d'avoir ouvert la discussion sur l'origine des eaux minérales de Spa (2).

Voici, selon moi, quelle pourrait être la genèse des eaux minérales de cette intéressante localité.

Les sources minérales gazeuses de Spa et de ses environs se trouvent dans la région Sud et Sud-Est, où le Salmien, groupe supérieur du

(1) Voy. Daubrée, *Les régions invisibles*, pp. 33 et suiv.

— *Les eaux souterraines*, Revue des Deux-Mondes, 15 juin et 1^{er} juillet 1887.

(2) M. Van den Broeck a bien voulu me communiquer en épreuves l'introduction et le premier chapitre de son important travail sur les eaux minérales de Spa ; je profite de l'occasion pour le remercier ici de son aimable obligeance.

terrain ardennais (Cambrien) est plus particulièrement développé. La ligne des griffons se poursuit de Malmédy jusque vers Aywaille et paraît en relation avec les lignes de fracture qui ont affecté les terrains ardennais de la région. Ces dislocations, orientées en moyenne de 122° d'après M. Dewalque, ont, d'après le même auteur (1), pour crête de soulèvement le plateau des Hautes-Fagnes vers Coquaifagne et la Baraque-Michel. C'est de ce plateau que descend le ruisseau de l'Eau rouge, qui doit son nom à la coloration que lui donnent une quantité de petites sources ferrugineuses. Je crois que *ce plateau tourbeux des Hautes-Fagnes*, et en particulier celui qui domine directement Spa vers le Sud, *doit être considéré comme un des principaux points d'alimentation des sources ferrugineuses de Spa*, d'autant plus que les phyllades et quartzo-phyllades de toute cette région sont très détritiques et favorables à l'infiltration des eaux météoriques. La disposition générale du bassin hydrographique de Spa, avec ses couches cambriennes plissées et fortement redressées plongeant dans le même sens, dont la stratification moyenne S-O. N-E coupe en travers le vallon en forme de cuvette occupée par la ville de Spa, me paraît réunir de bonnes conditions pour l'alimentation des sources minérales. Les eaux pluviales qui tombent sur le plateau des Hautes-Fagnes empruntent aux tourbières leur acide carbonique (2), circulent à travers

(1) Voy. Dewalque, *Prodrome d'une description géologique de la Belgique*, p. 298.

(2) Grâce aux renseignements obligeants que je dois à M. Robert Bourcart, chimiste-expert à Mulhouse, je crois pouvoir expliquer comme suit les réactions chimiques que les eaux météoriques produisent dans les tourbières et sur le fer contenu dans les roches cambriennes de la région de Spa. Les végétaux des tourbières, en décomposition par l'effet de certaines bactéries de très petite taille, se transforment d'abord en matières complexes noires, fortement réductrices et de réaction acide. Ces produits, parmi lesquels figurent l'acide ulmique et d'autres acides dénommés : acide crénique, etc., dont la composition chimique est peu connue, subissent, sous l'effet de ferments spéciaux, une décomposition ultérieure en acide formique, acétique, accompagnés de petites quantités d'acide butyrique et de leurs homologues supérieurs. Ces acides à structure moins complexe se décomposent à leur tour, sous l'influence des ferments, en acide carbonique et autres. L'eau de pluie qui tombe sur ces matières végétales est chargée d'oxygène et d'acide carbonique; elle leur fournit l'humidité nécessaire à leur décomposition. L'oxygène est rapidement absorbé par la fermentation des matières organiques et concourt à la production d'acide carbonique. Quant à l'action de l'acide carbonique de l'eau et des acides végétaux précédemment nommés, sur les minéraux du groupe du fer si abondants dans les roches du terrain ardennais de Spa, elle est la suivante : le fer, à l'état de peroxyde, en présence des acides réducteurs provenant de la décomposition des végétaux, se transforme en oxyde ferreux, lequel se combine immédiatement avec

les terrains détritiques de la surface — généralement assez épais — puis, pénètrent à travers les points de fracture dans les parties plus profondes des terrains ardennais où elles agissent sous pression sur les minéraux variés qu'elles rencontrent. Ces eaux, ainsi minéralisées, profitent, pour revenir au jour, soit des dépressions naturelles du sol, soit des fractures et des fentes de la région cambrienne où elles émergent. Le groupe revinien, et particulièrement le groupe salmien, sont riches en phyllades pyriteux facilement oxydables, en quartzites et quartzo-phyllades traversés par de nombreuses veinules de quartz qu'accompagnent des minéraux variés, principalement ceux du groupe du fer (1).

Une objection qui se présente naturellement ici c'est que les eaux minérales de Spa, dont la teneur en bicarbonate de chaux est assez sensible, naissent dans une région absolument privée de calcaire. M. Van den Broeck admet que (2) « profitant des fractures et des lignes de dislocation des roches tourmentées de ces régions, les eaux des Fagnes pénètrent dans les profondeurs plus grandes où, rencontrant, suivant toute apparence, soit les prolongements souterrains du bassin calcaire de Theux — qui forme un paquet absolument anormal, sporadique et déplacé, dans sa région d'affleurement au Nord et à proximité de Spa — soit d'autres lambeaux souterrains analogues, les attaquent à la faveur des acides organiques dissous, mettent en liberté de l'acide carbonique, puis se chargent de principes minéralisants, après quoi elles reviennent plus ou moins verticalement au jour par les fentes et fractures des roches cambriennes de la région des sources. » Cette hypothèse même paraît très admissible, mais je crois qu'il faut tenir compte également du lambeau de Diluvium dans lequel abondent des silex cré-

l'acide carbonique pour donner du bicarbonate ferreux, qui restera en dissolution dans l'eau tant que celle-ci sera privée d'oxygène. Pour ce qui est des pyrites, elles demandent une oxydation pour que les sulfures ferreux puissent se transformer en sulfates ferreux solubles dans l'eau. Ces sulfates sont susceptibles à leur tour de se décomposer en présence des carbonates alcalins. Enfin, la réaction de l'acide carbonique sur les quartzo-phyllades salmiennes de Spa, si riches en mica, donne lieu à la dissolution de la potasse, de la magnésie, de la chaux, etc., que ces roches mica-cées peuvent contenir. Les éléments siliceux même, d'après des expériences récentes faites en Allemagne, sont susceptibles d'être attaqués par l'acide carbonique.

(1) L'abondance du fer est telle, que même les eaux douces qui servent à l'alimentation de la ville de Spa produisent des dépôts ocreux ; elles incrustent et bouchent à la longue les tuyaux de la canalisation.

(2) *Les eaux minérales de Spa*, par E. Van den Broeck. (Société Belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie, p. 225 T. II. 1888. Pr. Verb. séance du 25 juillet 1888.)

tacés entiers ou brisés, mais non roulés, et qui recouvre une partie du plateau des Hautes-Fagnes de la Gleize à la Baraque-Michel, en passant par Francorchamps. Ce Diluvium est constitué par une sorte d'argile à silex provenant sans doute du remaniement des dépôts de craie sénonienne (1). L'eau des tourbières qui circule à travers ces silex et le limon sableux crayeux qui les entoure, est capable de dissoudre la chaux des carbonates alcalins.

Une autre objection qu'on peut faire à la théorie de l'origine externe des eaux minérales de Spa, est le fait signalé par M. le Dr Poskin (2), et par d'autres auteurs, de l'abondance de gaz acide carbonique qui se dégage de tout le sol du Nivezé, et particulièrement d'une bande de 800 mètres se dirigeant du S-S-E au N-N-O.

Une émission aussi importante de gaz acide carbonique n'est-elle pas le fait d'un apport profond interne, se produisant à travers les cassures du terrain ardennais?

La source Henriette, captée au Nivezé, n'est-elle pas également d'origine interne?

Les observations de M. Saint-Just Dru, qui a exécuté le forage, semblent infirmer cette hypothèse, car, au-dessous de 20 mètres de profondeur, le débit de l'eau minérale n'a pas augmenté dans les 5 derniers mètres de sondage, et l'acide carbonique a diminué dans les eaux venant du fond. Le forage ayant été pratiqué au fond d'une fouille de 10 mètres de tourbe et de terrain détritique, M. Van den Broeck (3) « pense qu'une nappe d'eau minérale circule — s'étendant jusque dans le terrain détritique et la tourbe qui en sont imprégnés — dans la partie supérieure seulement des roches primaires; à moins qu'une disposition particulière et oblique d'un apport interne profond n'amène le même résultat. » Le plongement S-E 80 à 85° des psammites rencontrés à 10 mètres de profondeur dans le sondage du Nivezé (4) serait favorable à cette dernière hypothèse dans le cas où ces roches seraient traversées par des fractures profondes. Ces questions ne sauraient être éclaircies que par de nouveaux sondages faits dans la région. J'ai observé cependant, à une cinquantaine de mètres de la source Henriette,

(1) *La florule de Spa*, de Lebrun, indique une série de 8 plantes diverses que nourrit peut-être de préférence ce lambeau de terrain crétacé remanié.

(2) Dr Ach. Poskin, *Les trous au mauvais air de Nivezé (Spa)*, p. 7 et suiv.

(3) Mémoire cité, p. 251.

(4) Les psammites rencontrés à 10 mètres de profondeur dans le sondage du Nivezé présenteraient, d'après M. Albin Body, (*Notice sur le nouvel établissement de Spa*, p. 40), une stratification régulière du N-E au S-E (270°) avec une inclinaison S-E de 80 à 85°.

une paroi de rochers de 7 à 8 mètres de hauteur, composée de quartzophyllades salmiens très altérés et riches en oxyde de fer, éminemment favorables aux infiltrations pluviales ; les couches, fortement redressées et fracturées, plongent d'environ 70 à 80° vers le S-O.

Quant à l'accumulation du gaz acide carbonique, elle peut en partie provenir d'un phénomène local : le gaz dégagé par les eaux minérales ayant pu s'accumuler sous le sol et rester emprisonné soit dans les cavités naturelles, soit sous la couche d'argile plastique dont on a tenté l'exploitation au Nivezé, mais que les exhalaisons de gaz acide carbonique ont fait interrompre. Ce qui donne quelque probabilité à cette opinion, c'est que, d'après M. Legros, inspecteur des travaux d'eau à Spa, le dégagement d'acide carbonique au Nivezé est intermittent et devient maximum toutes les 6 heures. Il est du reste à remarquer qu'à l'exception du Nivezé, la teneur en gaz acide carbonique des eaux minérales est plutôt faible et que leur dépendance hydrostatique ne se fait sentir que pour des sources voisines, comme la source Henriette et le Tonnelet, comme le Pouhon et le Prince de Condé.

Si les sources minérales s'alimentaient à de grandes profondeurs il semble que les produits minéraux et gazeux jailliraient tumultueusement avec pression, et avec d'autant plus de force et d'abondance — comme le fait remarquer M. Saint-Just Dru (1) — que le point d'émergence serait à une altitude plus basse ; ce qui n'est pas le cas pour les sources minérales de Spa, dont aucune n'est jaillissante (2).

La température des eaux minérales de Spa qui n'excède pas celle des eaux ordinaires — 9°,44 à 10°,8 suivant les sources —, la constance remarquable de leur température, été comme hiver, loin d'être un argument en faveur de leur origine interne comme le pense le Dr Poskin (3), me paraît au contraire favorable à l'opinion que ces eaux s'élaborent non loin de la profondeur de 20 à 30 mètres, point où la température du sol est constante, invariable (4). M. Saint-Just Dru dit, du reste, avec beaucoup de justesse : « Les eaux minérales venant de la profondeur présentent des points pour lesquels la température et la minéralisation deviennent plus grandes. Or, rien de semblable ne s'observe à Spa, car les eaux naissent aussi bien dans la vallée que sur le sommet des Hautes-Fagnes, et à une hauteur de 200 mètres, elles

(1) E. Van den Broeck, mémoire cité, p. 258.

(2) Au sondage du Nivezé, c'est la contre-pression hydrostatique des eaux douces qui force les griffons à remonter dans le tube de sondage.

(3) Dr Ach. Poskin, ouvrage cité, p. 18.

(4) Cette température est de 11°,8.

ne sont pas plus abondantes ni plus chaudes, ni plus chargées de substances salines à un endroit qu'à un autre ; de plus elles se tiennent toujours à une faible distance du sol, et suivent partout les flancs des vallées (1). »

J'ajouterai encore un fait depuis longtemps constaté, c'est l'influence des précipitations atmosphériques sur la qualité des eaux minérales de Spa ; on sait en effet que dans les années essentiellement pluvieuses, — comme celle que nous venons de traverser, — les eaux deviennent mauvaises, fades, et perdent une partie de leur gaz acide carbonique. Je ne crois pas qu'il faille uniquement attribuer cette mauvaise qualité des eaux à la faible pression barométrique qui favorise l'échappement du gaz acide carbonique, mais qu'il faut tenir compte également de la dilution plus grande des principes minéralisateurs due à l'abondance des eaux météoriques qui s'infiltrent dans le sol. Je ne voudrais pas prétendre que dans une région aussi fracturée que celle de Spa, il ne puisse se produire des émissions de gaz acide carbonique venant des profondeurs, mais je crois que pour la zone de protection des eaux minérales il faudra tenir compte du plateau des Hautes-Fagnes, où les précipitations aqueuses sont si abondantes, et qui alimentent certainement, selon moi, au moins partiellement les sources minérales de Spa.

Après lecture de ces deux communications, M. E. Van den Broeck demande la parole et dit que la Société peut se féliciter d'avoir mis à l'ordre du jour de ses discussions la question de l'origine des eaux minérales spadoises, qui nous a valu les intéressants travaux dont il vient d'être donné lecture. L'importance de ces communications et la nature des arguments mis en présence de part et d'autre ne permet pas, après une simple audition, d'entamer *ex abrupto* un débat contradictoire.

A côté de certains faits d'une réelle importance venant soutenir la thèse du Dr Poskin et paraissant au premier abord défavorables aux vues défendues par MM. Mieg et Van den Broeck, il en est d'autres, exposés dans le savant exposé de notre confrère spadois, qui réclament des explications complémentaires ou contradictoires, que M. Van den Broeck se réserve de développer à loisir.

Ce qui semble ressortir le plus nettement du débat engagé c'est la dualité du but à atteindre.

En effet il s'agit d'une part de l'établissement d'une thèse purement scientifique : la question de l'origine de l'acide carbonique ; d'autre

(1) Ouvrage cité, p. 256.

part de déterminer la localisation des zones d'infiltration et de circulation souterraine des eaux météoriques qui donnent naissance aux eaux minérales venant au jour dans la région de Spa. Cette face du problème semble, en ce qui concerne *la région de jaillissement* des sources spadoises, devoir être résolue de commun accord, car les conclusions pratiques du Dr Poskin, en ce qui concerne la localisation des périmètres de protection sont, à première vue, admises comme exactes par M. Van den Broeck, avec cette restriction toutefois qu'une disposition particulière relative à la zone d'imprégnation et d'infiltration des Hautes Fagnes lui paraît, comme à M. Mieg, indispensable comme mesure complémentaire. C'est d'ailleurs ce qu'il s'efforcera de démontrer à bref délai, en même temps qu'il rencontrera divers points qui viennent être exposés de la thèse de l'origine exclusivement interne de l'acide carbonique.

M. Van den Broeck termine en se faisant l'organe de la Société pour remercier MM. Poskin et Mieg, qui ont vivement intéressé l'Assemblée et ont fait faire de sérieux progrès aux problèmes en discussion. (*Applaudissements confirmatifs.*)

M. le Dr *Félix* se demande si l'acide carbonique et les eaux minérales qu'il imprègne doivent nécessairement avoir la même origine? Les eaux spadoises ne peuvent-elles provenir d'infiltrations peu distantes et de minéralisations voisines, tandis que les failles et fissures du terrain cambrien n'auraient amené de la région volcanique eifelienne que des émanations gazeuses, venant charger souterrainement les eaux d'infiltration de la région spadoise.

Les dégagements secs d'acide carbonique de Nivezé paraissent confirmer cette dualité d'origine.

3^o M. *Moulan* résume comme suit un travail qu'il présente pour le Bulletin, mais dont la rédaction n'est pas encore terminée :

C. T. MOULAN. Note sur le niveau des grandes sources des calcaires de la vallée de la Meuse et de ses affluents.

Il existe dans les vallées de la Meuse et de la Sambre et dans celles de leurs affluents plusieurs grands niveaux de sources qui, sous le rapport altimétrique, paraissent avoir entre eux des relations bien précises ; ce qui permettrait d'admettre qu'ils ont dû être produits par une cause unique.

D'Andennes à Hastières, on trouve sur les deux rives de la Meuse des sources importantes qui toutes émergent de 8 à 17 ou 18 mètres au-dessus du niveau des eaux du fleuve ; il en est de même dans la vallée de la Sambre.

Ces sources ont, en général, un débit de 2 à 3000 mètres cubes par 24 heures; plusieurs fournissent un volume de 8000 à 10000 mètres cubes.

Les eaux sont, en général, d'une limpidité parfaite; cependant, après des pluies abondantes, il arrive qu'elles deviennent légèrement troubles.

C'est bien là la preuve que les eaux qui alimentent ces sources circulent dans des fissures très larges dont les parois sont tapissées par le limon qui y a été déposé et qui est délayé de nouveau lorsque le niveau des eaux souterraines s'élève.

Toutes ces sources constituent un premier niveau compris entre deux plans ayant une inclinaison égale à la pente du fleuve et distants l'un de l'autre d'environ 10 mètres.

Lorsqu'on remonte les vallées latérales, on ne trouve de sources d'une certaine importance que dans une zone altimétrique comprise entre les cotes 190 à 225 mètres au-dessus du niveau de la mer. Dans une même vallée, les différences de niveau des sources sont peu sensibles; d'une vallée à l'autre, elles ne dépassent jamais 20 mètres, si l'on prend le niveau moyen d'un groupe de sources.

Il est à remarquer que dans les vallées à faible pente, il existe presque toujours plusieurs petites sources groupées à l'amont d'une source principale. Ces sources de moindre importance se sont formées probablement par l'obstruction partielle du lit de la source principale. En effet, cette obstruction a pu se produire par le dépôt des alluvions que les eaux torrentielles ont apportées et qui se sont déposées dans les eaux qui se trouvaient relativement en repos et qui, à une certaine époque, noyaient toutes les vallées secondaires.

Entre les deux grands niveaux de sources qui viennent d'être indiqués, l'apport des eaux souterraines est peu considérable, ainsi qu'il a été constaté par des jaugeages.

Au commencement de décembre 1884, après une sécheresse qui durait depuis le mois de juillet, j'ai eu l'occasion de jauger le ruisseau du Fonds de Leffe, près de Dinant. Les eaux des sources de Tavier et celles de Thyne, qui émergent à la cote 210, donnaient ensemble un volume de 8502 mètres cubes par 24 heures.

Les cinq ou six petites sources comprises entre les deux grands niveaux débitaient 1866 mètres cubes. Les eaux du niveau inférieur provenant de la source du Marché à la Fontaine à Dinant, de celle qui alimente le moulin Capelle et d'autres petites sources, fournissaient ensemble 5560 mètres cubes.

Sur le versant gauche des vallées de la Sambre et de la Meuse, on

ne rencontre pas de grandes sources dans les calcaires au-dessus du niveau inférieur, parce que l'altitude de 200 mètres fait défaut.

A quelle cause pouvait-on attribuer la formation des sources à des altitudes à peu près uniformes ?

On sait, notamment par les travaux de notre savant confrère, M. Ed. Dupont, que les eaux de la Meuse ont coulé à un niveau de beaucoup supérieur à leur niveau actuel. Le niveau des sources n'indiquerait pas l'emplacement des eaux du fleuve et de ses affluents durant une longue période pendant laquelle il a dû se produire un phénomène de sédimentation limoneuse. Les terres délayées et transportées lentement par les eaux d'infiltration, le limon tenu en suspension dans les eaux ruisselantes qui, au moment des crues, pénétraient sous le sol par le cours souterrain des sources ont pu, en se déposant, combler les interstices des roches et former en quelque sorte une couche imperméable qui retient complètement les eaux supérieures et les force à venir au jour en suivant les failles, les fissures ou les cavernes qui sont nombreuses dans les calcaires.

On pourrait citer des faits nombreux à l'appui de cette assertion ; pour le moment, il me suffira de dire qu'il a été constaté dans les mines métalliques de l'Entre-Sambre-et-Meuse et des environs de Namur — qui ont dû faire leur épuisement dans les calcaires —, que les venues d'eau étaient beaucoup plus considérables *au-dessus du niveau des sources* qu'immédiatement au contre-bas de ce niveau.

Il existe un troisième grand niveau de sources au-dessus de la cote 250 mètres, dont je ne m'occupe pas aujourd'hui.

J'aurai l'occasion de revenir sur ce sujet, de préciser et de compléter les renseignements et les faits que j'ai recueillis, et d'en tirer des déductions au point de vue de la récolte et de l'aménagement des eaux.

4° ALF. RUCQUOY. — Les eaux arsenicales de Court-St-Etienne. — Notice historique et descriptive. — Nouvelles recherches.

M. Rucquoy résume oralement son travail, qui a pour but de concentrer en une même notice tout ce qui a été dit jusqu'ici des eaux arsenicales de Court-St-Étienne et de faire connaître quelques faits nouveaux, encore inédits, concernant de nouvelles recherches effectuées par la Société des Eaux arsenicales.

L'auteur, après une introduction historique, dans laquelle il rappelle certains passages tirés de l'un des ouvrages du chevalier de Burtin (1)

(1) F. X. de Burtin. — *Voyages et observations minéralogiques depuis Bruxelles par Wavre jusqu'à Court-St-Étienne*. Mém. de l'Acad. Imp. et Roy. de Bruxelles. V. 1788, pp. 123-138.

et relatifs à l'existence de puits de recherche pour minerais à Court-St-Étienne, entre dans les détails de la découverte des eaux arsenicales et des travaux tant chimiques que géologiques auxquels elles ont donné lieu.

De ces travaux il résulte que l'arsenic est dû à la présence de petits amas cristallins de pyrite arsenicale ou mispickel répartis dans une gangue quartzreuse qui semble prendre l'allure d'un filon coupant les schistes siluriens dans lesquels a été creusé le puits donnant l'eau arsenicale.

Enfin, M. Rucquoy fait connaître les résultats de nouvelles recherches que la Société des Eaux de Court-St-Étienne fait exécuter en ce moment dans le but de découvrir la véritable allure du filon arsenical et le mode de dissémination du minerai soit dans la gangue quartzreuse, soit dans le schiste lui-même.

L'ordre du jour appelle ensuite une communication de M. L. Cossoix, sur l'*infiltration des eaux dans la vallée de la Senne* et deux notes de M. Ad. Kemna, l'une intitulée : *Purification des eaux par la méthode Anderson. Essais pour la distribution d'Ostende*, l'autre qui devait être consacrée aux *analyses d'eau, aux méthodes et à l'appréciation des résultats et à l'examen des maxima locaux*.

L'absence, pour force majeure, de nos confrères fait remettre à une prochaine séance ces communications et, vu l'heure avancée, il est décidé que la *discussion*, également à l'ordre du jour, sur les *procédés d'examen sommaire des eaux sur le terrain*, à laquelle comptait prendre part M. Kemna, sera également remise à une séance ultérieure.

Communication du Bureau.

M. le Président donne quelques détails sur le *Congrès international d'hydrologie et de climatologie* qui se tiendra à Paris, pendant l'Exposition universelle de 1889, probablement pendant la première quinzaine d'octobre.

D'après la circulaire envoyée par le Comité organisateur, dont la composition est un sûr garant de l'intérêt qu'offrirait ce Congrès, les questions qui seront traitées dans cette réunion offriront pour la Société un grand intérêt pour ses études hydrologiques.

M. le Secrétaire s'est mis en relation avec le Secrétaire général du Comité organisateur, le Dr de Ranse, 53, avenue Montaigne, à Paris, et déjà la demande qu'il a adressée de comprendre dans le Programme

du Congrès l'examen des relations, étroites et encore trop peu étudiées, existant entre la Géologie et l'Hydrologie souterraine a été favorablement accueillie.

Sur la proposition de M. le *Président*, l'Assemblée décide de publier en annexe au Procès-verbal la Circulaire du Comité organisateur de Paris. De plus la Société s'inscrira comme participant au Congrès et elle s'y fera représenter par des délégués, qui seront désignés ultérieurement.

L'ordre du jour étant épuisé et plus personne ne demandant la parole, la séance est levée à 4 heures et demie.

ANNEXES AU PROCÈS-VERBAL

Alliance de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie avec la Société royale de Médecine publique, en vue de travailler à l'étude commune des eaux alimentaires de la Belgique et

PROGRAMME DES ÉTUDES PROPOSÉES

Nous extrayons les passages suivants du Procès-verbal qui vient de paraître dans le volume VII du Bulletin de la Société royale de Médecine publique.

Extraits du Procès-verbal de la 8^e réunion du Corps médical belge, tenue à la Bourse, à Bruxelles, le 19 août 1888, sous la Présidence de M. le Dr H. Kuborn.

M. le *Président*. — La question à l'ordre du jour est ainsi formulée : *Des principes relatifs à la recherche, au choix et à la distribution des eaux dans les agglomérations belges de population, au point de vue de l'hygiène publique et privée.*

Je crois qu'il serait plus pratique de ne pas ouvrir de discussion générale et d'aborder immédiatement l'examen des articles, afin d'éviter des répétitions inutiles. (*Adhésion.*)

Il en sera donc ainsi.

M. *Houzeau de Lehaie*. — Je n'ai pas l'intention de prendre la parole sur l'un des articles en discussion, mais je viens demander l'appui de la Société pour une étude à laquelle se livre la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie.

Nous avons mis à l'ordre du jour de cette Société l'étude des eaux de la Belgique, tant des eaux minérales que de l'hydrologie envisagée à un point de vue général.

Les renseignements que nous espérons recueillir pourront venir, jusqu'à un certain point, en aide à l'étude que vous faites plus spécialement au point de vue de l'hygiène.

Je crois donc qu'il y a utilité à ce que les deux Sociétés joignent leurs efforts pour parvenir à résoudre la question qui nous préoccupe.

Je demande à être autorisé à remettre au Bureau, pour être distribués aux membres de la Société, un certain nombre d'exemplaires des circulaires que nous comptons adresser aux administrations publiques et à des particuliers, afin de recueillir des renseignements.

Je prie également le Bureau de bien vouloir recommander aux membres de la Société royale de Médecine publique de fournir à la Société de Géologie les renseignements que celle-ci pourrait solliciter. Tous les renseignements obtenus seront ensuite centralisés, groupés et communiqués à Société de Médecine publique, afin que celle-ci puisse en tirer parti au point de vue de l'hygiène générale. Je pense que nous hâterons ainsi la solution de cette question extrêmement vaste et importante. C'est en nous unissant et en travaillant de commun accord, que nous pourrons aboutir à un bon résultat.

L'étude à laquelle se livre la Société belge de Géologie est faite à un point de vue quelque peu différent de celle à laquelle vous vous livrez vous-mêmes, mais elle doit arriver nécessairement au même but et nous devons tous désirer le voir atteindre : c'est-à-dire donner de l'eau potable à nos populations qui, pour le moment, en sont en grande partie dépourvues. (*Applaudissements.*)

M. le Président. — Je ne demanderai pas aux membres du Comité général l'autorisation de vous répondre ; je prends sur moi de le faire, et je suis convaincu que je serai l'interprète des sentiments de mes collègues, en vous adressant nos vifs remerciements et en exprimant à la Société de Géologie toute notre gratitude pour la main qu'elle nous tend.

L'article XIII des résolutions proposées dans le remarquable rapport de M. Verstraeten porte que « pour faciliter l'œuvre des communes, la Société royale de Médecine publique de Belgique émet le vœu de voir entreprendre dans le pays l'étude des altérations que subissent, dans leur parcours, les rivières et autres cours d'eau, les torrents de la région rocheuse. »

Le Gouvernement pourrait difficilement accomplir une telle œuvre sans dépenser des centaines de mille francs ; mais nous lui avons déjà

demandé de nous aider à mener à bonne fin l'étude que nous avons entreprise.

Nous trouvons maintenant à côté de nous une Société puissante, capable et composée de géologues, d'hydrologistes éminents du royaume; cette Société vient nous dire : je suis à votre disposition pour vous assister dans l'œuvre que vous avez inaugurée.

Nous acceptons bien volontiers un si gracieux concours.

Comme j'avais l'honneur de le dire ce matin, nous ressemblons un peu à l'enfant qui a crû trop rapidement et dont les vêtements craquent à toutes les coutures. Si nous continuons dans cette voie, nous ne pourrons faire face aux besoins sans nous endetter jusqu'au cou; telles sont les exigences de l'humanité et de l'hygiène. Nous ne pouvons rien sans que le Gouvernement nous prête son appui.

Quoi qu'il en soit, nous osons espérer que le Gouvernement consentira à majorer son subside; il reconnaîtra que, lorsque des hommes travaillent avec désintéressement et dévouement, lorsqu'ils donnent leur temps, leur argent, ce qu'ils possèdent de science pour le bien de l'humanité, il n'y a pas lieu de marchander les secours qu'il convient d'accorder! (*Applaudissements.*)

Je vois siéger à mes côtés un ancien président du Sénat, un des hommes les plus érudits et les plus savants du pays; je constate aussi la présence au Bureau d'un membre éminent du Conseil supérieur d'hygiène, membre d'honneur de la Société; enfin l'honorable M. Houzeau de Lehaie, membre de la Législature, nous a fait l'honneur de prendre part à nos débats.

J'ai la confiance que l'un au Sénat, l'autre à la Chambre et le troisième dans les conseils du Gouvernement, se feront l'organe du vœu que nous émettons de voir l'État nous tendre une main secourable et efficace, afin de nous permettre d'atteindre le but que nous nous sommes proposé pour le bien-être, la santé des populations. (*Applaudissements.*)

M. Houzeau de Lehaie. — La façon si bienveillante dont vous avez accueilli ma communication sera un puissant motif pour la Société que j'ai l'honneur de présider de se mettre immédiatement à l'œuvre et de travailler avec zèle, avec courage et avec persévérance. (*Applaudissements.*)

M. le Président. — Nous abordons la discussion des articles.

Art. II. — *Il est tout d'abord nécessaire de déterminer la topographie, la géologie et l'hydrologie de la contrée qui reçoit et modifie les eaux à apprécier.*

M. *Houzeau de Lehaie*. — C'est exactement ce que se propose de faire la Société belge de Géologie et d'Hydrologie. Je pense donc que vous rentrerez absolument dans les conclusions du rapport de la Commission en chargeant spécialement cette Société d'assurer l'exécution de l'article II.

Une Commission spéciale a déjà tracé les grandes lignes du projet. Notre intention est de dresser d'abord une carte donnant la pluviométrie de la Belgique. Une autre indiquerait (en tenant compte de la nature du terrain pour chacun des versants), la zone des sources et des eaux affleurant à la surface, la zone où les eaux sont obtenues au moyen de puits domestiques, et une troisième zone comprenant les parties du pays où il faut aller chercher les eaux au moyen de puits artésiens. C'est la première idée qui nous est venue et c'est par où nous comptons commencer.

Nous aurons sur ces points surtout à demander des renseignements aux membres de la Société de Médecine publique. Si vous voulez bien nous déléguer pour faire ce travail, nous nous y mettrons immédiatement.

C'est n'est pas l'œuvre de quelques jours, mais un travail de longue haleine.

Nous espérons aboutir, grâce aux relations que nous avons, aux connaissances géologiques d'un certain nombre d'entre nous et enfin grâce aux renseignements que nous espérons obtenir, tant des administrations publiques que de la Société royale de Médecine publique.

M. *le Président*. — En présence de cette déclaration, il ne me paraît pas nécessaire de discuter cet article. Nous ne pouvons que nous incliner et accepter, comme je le disais tout à l'heure, la main généreuse qui nous est tendue.

M. *de Sélys Longchamps*. — Puisque nous sommes absolument d'accord avec M. Houzeau et avec la Société qu'il préside, ne serait-il pas bon de maintenir cet article ?

M. *Houzeau de Lehaie*. — Évidemment.

M. *le Président*. — Certes; je vous propose même de le voter par acclamation. (*Adhésion.*)

Voici enfin, après discussion et modifications par l'Assemblée plénière, du 19 août 1888 de la Société royale de Médecine publique, la rédaction définitive des conclusions du Rapport de la Commission spéciale des eaux instituée par cette Société, Rapport qui a été présenté par M. *Th. Verstraeten*.

La question que la Commission spéciale (1) avait à traiter comportait : la qualité des eaux à rechercher, les quantités nécessaires, les moyens de prise d'eau et d'adduction, les modes de distribution intérieure et les voies et moyens.

Le rapport de M. Verstraeten rappelle que par suite des études approfondies de la *Société royale des sciences médicales et naturelles de Bruxelles*, confirmées par les conclusions du *Congrès pharmaceutique*, tenu à Bruxelles, en 1875, il résulte qu'une eau peut être considérée comme étant de bonne qualité quand, ayant satisfait à toutes les conditions d'aspect, de goût et d'odeur, on n'y découvre pas des doses de matières diverses supérieures à ce qui suit :

20	milligrammes	au litre	de matière organique non azotée;
500	—	—	de sels minéraux;
200	—	—	de chaux et de magnésie;
60	—	—	d'acide sulfurique anhydre;
2	—	—	d'acide nitrique;
8	—	—	de chlore;
0,5	—	—	d'ammoniaque.

Si nous passons aux conclusions du Rapport, après discussion, à l'Assemblée plénière du 16 août, nous nous trouvons en face du programme suivant :

CONCLUSIONS.

I. — Éviter aux populations les souillures de l'air, leur fournir de l'eau saine et en abondance, c'est contribuer largement à leur assurer la santé et la longévité. C'est un devoir auquel les administrations municipales n'ont pas le droit de se soustraire.

II. — Il est tout d'abord nécessaire de déterminer la topographie, la géologie, et l'hydrologie de la contrée qui reçoit et modifie les eaux à apprécier.

III. — Les eaux de source réunissant les qualités d'une bonne eau d'alimentation ne sont pas communes ou sont hors de la portée des administrations municipales.

(1) Cette Commission était composée de MM. le docteur Kuborn, président de la Société royale de Médecine publique; Van Scherpenzeel-Thym, ingénieur en chef, directeur au Corps des mines; Blas, professeur de chimie à l'Université de Louvain; Van de Velde; Van de Vyvere, pharmacien; docteur Schrevens; Verstraeten, ingénieur, directeur du Service des eaux de la ville de Bruxelles, et Rutot, géologue, conservateur au Musée royal d'histoire naturelle.

IV. — Si le chiffre désirable de 150 litres par tête d'habitant et par jour, y compris les services publics, ne peut être immédiatement obtenu, il ne faut pas néanmoins renoncer aux avantages que procurerait une quantité moindre.

V. — Les meilleurs moyens de pourvoir à l'insuffisance quantitative ou qualitative d'eaux émergeant d'une altitude convenable, consistent :

- a) A créer des puits et des drains suffisamment profonds et développés ;
- b) A établir des lacs artificiels au moyen de barrages jetés en travers des vallées ;
- c) A défaut de ces moyens, on pourra utiliser des eaux de rivière soumises à la décantation et à la filtration, voire même à une opération chimique. Cette filtration est aussi praticable en grand qu'en petit.

VI. — Il est indispensable qu'un plan général et complet soit dressé en prévision de l'avenir, sauf à n'exécuter de suite que ce qu'autorisent les ressources du moment.

VII. — Autant que les circonstances et le sol le permettent, l'eau dérivée doit déboucher dans un réservoir citerne ; à son défaut dans un château-d'eau ; ou mieux encore, l'agglomération se trouvera placée entre deux ou plusieurs réservoirs communiquants.

VIII. — L'expérience a démontré qu'à tous les points de vue il faut établir les conduites de distribution *en fonte de fer*.

IX. — Les pressions qui dépassent deux atmosphères ne sont pas indispensables.

X. — La commune ne doit avoir en vue dans des installations de cette nature que l'intérêt de l'hygiène et du bien-être publics.

XI. — Pour faciliter l'œuvre des communes, la *Société royale de Médecine publique de Belgique* émet le vœu de voir entreprendre dans le pays l'étude des altérations que subissent, dans leur parcours, les rivières et autres cours d'eau, les torrents de la région rocheuse, de voir établir une enquête sur l'état sanitaire de la zone intéressée, de voir les Administrations publiques réprimer énergiquement la pollution des eaux et, une fois les distributions établies, les soumettre à une surveillance permanente.

CONGRÈS INTERNATIONAL

D'HYDROLOGIE ET DE CLIMATOLOGIE DE PARIS

EN 1889

Un rapport adressé par M. Antonin Proust à M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie, et inséré dans le *Journal officiel* du 14 mars 1885, a fait connaître l'intention du Gouvernement de provoquer la préparation de *Congrès et de Conférences* destinés à compléter l'utilité pratique et à rehausser l'éclat de l'Exposition universelle internationale de 1889. Suivant la décision prise en Assemblée générale du 8 octobre 1886 par le Congrès de Biarritz, qui s'est inspiré de la pensée que l'Hydrologie et la Climatologie ne pouvaient manquer de participer à ces grandes assises de la science, la seconde session triennale du *Congrès international d'hydrologie et de climatologie* se tiendra à Paris en 1889, au commencement du mois d'octobre. La date précise de la réunion sera ultérieurement fixée.

En exécution de l'article 3 des statuts, le bureau du Congrès de Biarritz a transmis à un nouveau Comité le soin d'organiser le Congrès de Paris.

Ce Comité est ainsi composé :

M. E. RENOÜ, directeur de l'observatoire météorologique du Parc de Saint-Maur, vice-président de la Société météorologique de France, *président*.

D^r DANJOY, président de la Société d'hydrologie médicale de Paris, *vice-président*.

D^r F. DE RANSE, membre correspondant de l'Académie de médecine, membre de la Société d'hydrologie médicale de Paris, *secrétaire général*.

D^r CAULET, ancien président de la Société d'hydrologie médicale de Paris.

D^r FINES, directeur de l'observatoire des Pyrénées orientales, à Perpignan.

D^r JAPHET, vice-président de la Société d'hydrologie médicale de Paris.

M. LEMOINE, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, président de la Société météorologique de France.

D^r LEUDET, secrétaire général de la Société d'hydrologie médicale de Paris.

M. PICHE, président de la commission météorologique des Basses-Pyrénées, à Pau.

M. POINCARRÉ, inspecteur général des Ponts et Chaussées et d'hydraulique agricole, vice-président de la Société météorologique de France.

D^r TILLOT, membre correspondant de l'Académie de médecine, ancien président de la Société d'hydrologie médicale de Paris.

D^r SCHLEMMER, secrétaire de la Société d'hydrologie médicale de Paris, *secrétaire*,

Le Comité est entré en fonctions et fera connaître plus tard le programme du Congrès. En attendant il appelle plus particulièrement l'attention de ceux qui voudront bien y participer sur les questions suivantes :

1^o HYDROLOGIE

A. — HYDROLOGIE SCIENTIFIQUE

1^o Des précautions à prendre pour la détermination précise de la température des sources thermales ;

2^o Des micro-organismes contenus dans les eaux minérales et de leur influence sur la composition et les propriétés de ces eaux ;

3^o De l'influence des découvertes bactériologiques sur la thérapeutique thermale ;

4^o Programme d'un enseignement de l'hydrologie.

B. — HYDROLOGIE MÉDICALE

1^o Des ressources que la thérapeutique thermale offre dans le traitement des maladies du cœur et des vaisseaux ;

2^o Des ressources que la thérapeutique thermale offre dans le traitement des maladies chroniques du rein ;

3^o Du traitement hydrominéral dans les névralgies utéro-ovariennes graves ;

4^o Du traitement hydrominéral dans la tuberculose osseuse et articulaire ;

5^o Du traitement hydrominéral et des bains de mer chez les enfants ;

6^o Des étuves sèches et humides (technique et applications) ;

7^o Des douches locales en hydrothérapie.

2° CLIMATOLOGIE

1° Conditions qui doivent présider à l'installation d'un observatoire météorologique;

2° Règles de la prévision du temps. — Organisation de l'annonce du temps dans les stations sanitaires;

3° Climatologie des différentes stations sanitaires;

4° Comparaison et classement des stations sanitaires au point de vue de leurs conditions climatologiques;

5° De l'action des climats d'altitude dans les affections de poitrine;

6° De l'action des climats maritimes dans les affections tuberculeuses;

7° Programme d'un enseignement de la climatologie.

Le Comité rappelle que le Congrès se compose de membres honoraires et de membres adhérents nationaux et étrangers.

Les membres adhérents nationaux et étrangers sont soumis à une cotisation de 12 francs.

Les *communications* ou *demandes de renseignements* doivent être adressées au *Secrétaire général*, M. le Dr de Ranse, à Paris, 35, avenue Montaigne, du 1^{er} octobre au 1^{er} juin; Nérès (Allier), du 1^{er} juin au 1^{er} octobre.

Le Secrétaire général,
Dr F. DE RANSE.

Le Président,
E. RENOÜ.

REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

MEMORIAS DE LA COMISION DEL MAPA GEOLOGICO DE ESPANA.

Descripcion fisica, geologica y minera de la Provincia de Huelva, per Dr JOAQUIN GENZALO y TARIN Ingeniero de Minas.

1^{er} volume, pag. 1-671, avec 2 cartes, 1 planche de coupes et 4 pl. de fossiles.

Dans la première partie du volume, l'auteur décrit l'orographie, la météorologie et l'agriculture de la province de Huelva.

Dans la seconde, il s'occupe de la géologie stratigraphique.

Les terrains signalés sont les suivants :

L'*Archéen*, qui forme une large bande traversant toute la contrée de l'O-N-O à l'E-S-E, et dans lequel il signale des gneiss associés à des calcaires, des amphiboles, etc. à la partie inférieure, et des mica-schistes, des schistes sériciteux et argileux à la partie supérieure.

Le *Cambrien*, qui se trouve au Nord de cette bande, est formé par des schistes, des grauwakes et des calcaires.

Le *Diluvien* se développe au Sud de la bande archéenne, ainsi que le Carbonifère, qui est complètement stérile et représenté par des schistes à Posidonomyes du Culm.

Toute la série secondaire manque, ou est seulement représentée par un petit affleurement de grès et de calcaire dolomitique, prolongement des mêmes roches que, dans l'Algarve, au Sud du Portugal, M. Choffat rapporte au Lias.

La série tertiaire est représentée par des calcaires grossiers *miocènes* et par des sables et marnes *pliocènes*.

En dehors des terrains sédimentaires, l'auteur décrit de nombreux affleurements de *roches éruptives* qui traversent les terrains paléozoïques suivant des bandes plus ou moins parallèles au grand axe archéen.

Dans ces affleurements, il distingue des granites, des syénites, des porphyres, des diorites et des diabases.

M. PH.

J.-C. MOBERG. **Sur le lias du sud-est de la Scanie.** (*Om Lias i sydöstra Skane. K. Sv. vet. ak. Handl. t. 22, n° 6, 1888.*)

Sous ce titre, M. Moberg publie un important mémoire sur la faune fossile de son pays dont la flore sera décrite probablement par M. Nathorst. Le texte a 86 pages in-4°, 3 planches et une carte. Environ 70 espèces.

sont décrites et figurées, dont 25 sont nouvelles; plusieurs formes ont été décrites par M. Lundgren dans son travail sur l'île de Bornholm. La faune se compose de : 1 Foraminifère *Marginulina (Cristellaria) recta*, d'*Orb.* près Kurremölla, 4 Crinoïdes, 2 sortes de piquants d'Échinodermes, 2 Serpules et 1 empreinte d'Annélide, 42 Lamelli-branches, 1 Scaphopode, 10 Castropodes, 1 Ammonite, 2 Bélemnites et 2 ou 3 restes de Poissons.

La majeure partie (59 espèces) a été trouvée dans les environs de Kurremölla (près Röddinge au N. d'Ystad). La faune de Kurremölla représente un assemblage des couches à *Ammonites Bucklandi*, *Am. Ziphus* et *Am. Jamesoni*; quoiqu'il y entre un nombre très important de fossiles appartenant au Lias inférieur, les éléments les plus caractéristiques permettent de placer cette faune dans la partie inférieure du Lias moyen. Plus de cent exemplaires de *Cardium multicoatum*, *Phill.* ont été trouvés à Kurremölla. A cause de cette profusion de spécimens, M. Moberg (l. c. p. 81) propose de nommer Lias du Sud-Est de la Scanie « couches à *Cardium* », où l'on trouve *Am. Jamesoni*, Sow., *Trochus laevis*, Schloth., *Turbo solarium*, Piette, *Pecten æquivalvis*, Sow. *Lima acuticosta*, Münt., etc.

La page 82 donne le tableau comparatif des systèmes rhétique et liasique, tels qu'ils sont actuellement connus en Scanie.

E. P.

LES EAUX SOUTERRAINES A L'ÉPOQUE ACTUELLE

leur régime, leur température, leur composition au point de vue du rôle qui leur revient dans l'économie de l'écorce terrestre.

par

A. DAUBRÉE,

Membre de l'Institut de France

2 vol., gr. in-8°, ensemble 757 pages et 230 figures. Paris, V^e Ch. Dunod. 1887.

RÉSUMÉ BIBLIOGRAPHIQUE PAR **A. Rutot.**

Nous avons déjà fait connaître, par un compte-rendu inséré dans les *Nouvelles et informations diverses* qui suivent le Procès-verbal de la séance du 29 mai 1888, le contenu du 1^{er} volume de l'étude entreprise par M. Daubrée sur les eaux souterraines et qui a rapport au rôle de ces *eaux aux époques anciennes*; il nous reste

maintenant à rendre compte des deux volumes relatifs aux *eaux souterraines à l'époque actuelle*.

Nous analyserons d'abord le premier volume.

Ce premier volume est divisé en deux livres, dont le premier traite du *régime des eaux souterraines* et le second de la *température des eaux souterraines*.

Le LIVRE PREMIER commence par des généralités concernant un court aperçu historique rappelant les idées de Bernard Palissy, de Pierre Perrault, puis fournissant les preuves de l'infiltration réelle des eaux de pluie dans la croûte terrestre, données par les travaux de mines.

Cela étant, M. Daubrée passe à l'étude de l'eau de *carrière* ou d'*imprégnation*, répandue dans tous les matériaux accessibles de l'écorce du globe, puis il aborde la question si importante des *terrains perméables* et des *terrains imperméables*, qu'il traite au point de vue général, tout en faisant remarquer que beaucoup de roches, imperméables par elles-mêmes, deviennent perméables à cause des fissures qui s'y produisent par les dislocations du sol.

Après ce premier chapitre, l'auteur consacre le chapitre II au *régime des eaux dans les terrains perméables*. A cet effet, M. Daubrée, parlant de la nappe aquifère la plus rapprochée de la surface du sol, de celle que nous avons coutume d'appeler *nappe libre* ou *nappe superficielle*, lui attribue le nom de *nappe phréatique*, signifiant nappe alimentant les puits ordinaires, et non séparée du sol par une couche imperméable.

L'auteur étudie ensuite les eaux phréatiques dans les terrains de transport (alluvions anciennes, diluvium, dépôts glaciaires) et prend comme exemple le régime de ces eaux dans la vallée du Rhin entre Bâle et Strasbourg ; puis, passant aux cas particuliers, il applique les idées émises, aux environs de Rome et de Dusseldorf, de Bruxelles, de Liège, aux Pays-Bas, aux environs de Munich, de Nuremberg, de Leipzig, de Vienne, de Buda-Pesth, de Moscou, à certaines régions aurifères de l'Oural, aux environs de Londres et de quelques autres parties de l'Angleterre, à quelques villes d'Italie : Gènes, Messine, à la plaine de la Lombardie, etc.

Ces données, accompagnées d'un grand nombre de figures illustrant le texte, étant fournies, M. Daubrée étudie les *eaux phréatiques des dunes* en Gascogne, en Hollande et à l'Est d'Ostende, puis il passe à ce qui a rapport aux *eaux phréatiques des dépôts glaciaires* et à celles des *îles madréporiques*.

Ces faits étant exposés, le savant géologue traite brièvement de l'intérêt que présentent les eaux phréatiques des terrains de transport au point de vue de l'agriculture et de l'hygiène en montrant que ces eaux tendent à donner au sol une humidité permanente favorable à la végétation.

L'étude succincte des *eaux phréatiques des terrains autres que ceux de transport* vient ensuite, et à ce sujet l'auteur examine successivement le régime de ces eaux dans les terrains tertiaires du Bassin de Paris, dans les terrains crétacés et jurassiques et dans les terrains triasiques et permien.

Le chapitre III a pour objet le *rôle du contact mutuel des roches perméables et des roches imperméables* et l'auteur subdivise ce chapitre en résultats du *contact produit par le fait seul de la stratification*, avec applications aux terrains quaternaires de l'Alsace-Lorraine, des environs de Munich, de Londres, d'Oxford, de Palerme, d'Upsal, etc., puis aux terrains stratifiés de diverses localités de France, et d'Alsace, au Bassin de Paris, aux environs de Laon, de Bruxelles, de Londres, etc., y compris l'étude plus détaillée de ce qu'on a appelé « le torrent » d'Anzin ; et en résultats du *contact produit par des accidents postérieurs à la stratification ou à la forma-*

tion des roches, avec application aux roches désagrégées sur place, aux éboulis, aux boues glaciaires, aux scories, coulées de lave et autres déjections volcaniques incohérentes, puis aux rejets accompagnant les failles et enfin aux intrusions de roches.

Ce chapitre fourmille de faits tirés de la connaissance des conditions hydrologiques d'une foule de localités.

Le chapitre IV est consacré à l'étude du *rôle des lithoclasses de divers ordres*. c'est-à-dire des cassures de l'écorce terrestre, que M. Daubrée divise en trois grandes sections, qui sont les *leptoclasses*, les *diaclasses* et les *paraclasses*.

Les *leptoclasses* sont les cassures de faibles dimensions et elles se subdivisent en *synclasses* ou cassures régulières (comme le fractionnement du basalte en colonnes), et en *piésoclasses* ou cassures sans régularité apparente.

Les *diaclasses* sont les cassures souvent grossièrement prismatiques qui découpent la masse des couches sédimentaires durcies, comme le calcaire grossier, la craie et aussi les roches non stratifiées massives, comme le granite et les autres roches intrusives du même genre.

Enfin, les *paraclasses* sont les failles avec rejet, c'est-à-dire avec discontinuité des couches.

Après avoir rappelé cette classification, M. Daubrée entre dans l'étude du rôle des lithoclasses consistant, pour les piésoclasses par exemple, à transformer la craie fissurée en une véritable couche perméable et aquifère, dans laquelle un niveau d'eau régulier peut s'établir, comme il s'établit dans une simple couche sableuse et peut donner lieu à des sources importantes, comme celles que Belgrand a captées pour l'alimentation de Paris.

C'est après ces notions que l'auteur aborde la question des *forages artésiens*; il en expose les principes connus, mais qu'il est toujours bon de reproduire; puis il étudie les conditions qui se présentent dans diverses contrées, comme le Bassin de Paris, les Pyrénées Orientales, le Bassin de Londres, la Belgique, Venise, l'Algérie, etc. Seulement, j'avoue ne pas comprendre pourquoi M. Daubrée a placé cette partie relative aux puits artésiens dans le chapitre sur le *rôle des lithoclasses*, attendu que, tout au moins pour ce qui concerne la Belgique, ce rôle est nul, nos nappes artésiennes n'étant, le plus souvent, que le simple résultat d'infiltrations d'eau superficielle dans des couches *meubles*, séparées par des couches *argileuses* et *plastiques*.

Il est vrai que, plus loin, l'auteur rapporte l'apparition de certaines sources jaillissantes ou thermales à des cassures ou à des failles qui coupent des nappes artésiennes sous pression, dont les eaux remontent ainsi naturellement au sol; mais de toutes manières une distinction entre les deux ordres de phénomènes aurait pu facilement être établie.

Cette confusion, que je ne crois pas justifiée, continue dans les nombreuses pages suivantes où M. Daubrée traite des nappes liquides renfermées dans les terrains crétacés et jurassiques, au sujet desquels l'auteur entre dans une foule de détails intéressants et dont le groupement présente une grande utilité pour les recherches.

Avec le Trias et le Permien, commence la série des roches, généralement durcies et en grandes masses, où le rôle des lithoclasses devient réellement prépondérant, tandis que la question de simple perméabilité ou d'imperméabilité naturelle disparaît; enfin l'application du principe des lithoclasses intervient dans toute sa plénitude lorsqu'il s'agit des terrains paléozoïques.

Comme pour ce qui concerne les terrains des séries géologiques plus récentes, M. Daubrée donne, pour les régions les plus diverses, de très nombreux exemples de formations de sources dans lesquels les lithoclastes de tous ordres jouent incontestablement un grand rôle.

Enfin, pour terminer cet important chapitre, l'auteur traite du rôle des lithoclastes associées à des pointements de roches éruptives et à la présence de filons métallifères.

Dans le chapitre V, le rôle des cavernes est longuement étudié.

M. Daubrée considère, avec raison pensons-nous, les cavernes comme étant des lithoclastes élargies mécaniquement par écartement des parois ou par corrosion de ces mêmes parois ; il constate aussi qu'elles se produisent généralement dans les roches calcaires et il y rattache les *puits naturels*.

Après avoir donné quelques exemples de contrées présentant des phénomènes que l'on peut ranger dans le chapitre relatif aux cavernes, l'auteur entre dans des considérations théoriques au sujet de l'origine des cavernes dans les massifs calcaires et dolomitiques, puis il passe en revue les autres causes de formation, telles que l'entraînement de matières arénacées, l'érosion de roches solubles : sel et gypse, les glissements superficiels, l'érosion des falaises par la mer, et l'accumulation des laves volcaniques

Cela étant, M. Daubrée examine l'influence des cavernes sur le régime des eaux et, à cet effet, il étudie un certain nombre de régions naturelles telles que le Jura, la Meurthe et Moselle, les Vosges, l'Aube, la Côte d'or, etc.; ce qui conduit à la description de plusieurs points célèbres, tels que la Perte du Rhône, la Fontaine de Vaucluse, le Val d'Orléans, etc.

Après les régions naturelles de la France, l'auteur passe à la Suisse, où il retrouve dans plusieurs grandes sources le caractère de celle de Vaucluse, puis en Angleterre, en Irlande, en Espagne, en Italie, où les cascates de Tivoli attirent son attention, ainsi que certaines grottes remarquables, puis il continue par la Moravie, la Bosnie et la Croatie, la Grèce, l'Algérie, la Syrie et quelques points des États-Unis.

Vient ensuite le chapitre VI consacré à l'étude des *eaux poussées par des gaz comprimés*.

A cet effet, M. Daubrée commence par l'étude des eaux poussées par l'acide carbonique et principalement par le cas si curieux observé à Montrond, aux environs de Saint-Galmier (Loire).

Un sondage ayant été effectué à Montrond pour la recherche de la houille, les sables tertiaires supérieurs, puis des marnes blanches ou vertes miocènes furent traversés, puis la sonde entra dans des argiles verdâtres alternant avec des bancs arénacés, — assimilés par les uns au Permien, par les autres aux schistes anciens, — jusque 502 mètres de profondeur.

Ce sondage traverse trois nappes principales :

1° à 23 mètres, une eau douce jaillissante;

2° à 180 mètres, dans des sables verts, une eau thermale minéralisée, avec un peu d'acide carbonique ;

3° à 502 mètres, une eau thermale minéralisée et très chargée d'acide carbonique, donnant lieu à de véritables éruptions intermittentes, projetant l'eau à 35 mètres de hauteur, pendant 20 minutes, par un tube de 12 1/2 centimètres de diamètre. Des planches présentées à l'ouverture étaient lancées à 50 ou 60 mètres de hauteur.

Il a été constaté que ces éruptions étaient dues à des dégagements d'acide carbonique.

Des sources gazeuses et salées jaillissantes existent également à Nauheim. (Duché de Hesse-Cassel), des sondages ont fourni des « *sprudels* » jaillissantes, énergiques, captés et utilisés.

Il en est de même à Neuwahr (Prusse Rhénane), à Kissingen (Bavière), où des sondages ont donné lieu à des sources jaillissantes poussées par d'énormes quantités d'acide carbonique.

M. Daubrée range dans la même catégorie certaines salses, ou volcans de boue situés au pied de l'Etna et où les matières boueuses sont rejetées avec jaillissement de 1 à 2 mètres par un mélange gazeux où l'acide carbonique prédomine.

Après les eaux poussées par l'acide carbonique, viennent celles *poussées par des hydrogènes carbonés* et qui constituent à proprement parler les salses ou volcans de boue.

Ces salses ont surtout été étudiées dans les Apennins et en Sicile et existent avec un caractère plus grandiose sur la mer Noire et la mer Caspienne, à Bakou notamment. On sait que depuis quelques années ces points sont devenus des centres actifs d'exploitation de pétrole.

M. Daubrée rapporte à la même cause les puits à pétrole jaillissants des États-Unis d'Amérique.

Pour terminer ce chapitre, l'auteur fait remarquer que les matières boueuses rejetées par les salses ayant généralement la température ordinaire ou une température peu élevée, le moteur étant les hydrocarbures gazeux, la dénomination de *volcan* ne peut leur être rationnellement attribuée.

Le chapitre VII et dernier du livre premier traite des *eaux poussées par la force expansive de leur vapeur*. Cette question se rattache intimement au vulcanisme proprement dit, car ces eaux poussées par leur propre vapeur accompagnent les phénomènes volcaniques ordinaires ou n'en sont que l'atténuation, une étape vers l'extinction définitive ou un repos relatif entre deux périodes d'activité.

La principale manifestation des eaux poussées par leur vapeur réside dans les *Geysers* ou sources d'eau bouillante, jaillissant à intervalles réguliers ou irréguliers,

Les contrées du globe les plus riches en geysers sont ; l'Islande, où les éruptions ont beaucoup perdu de leur intensité depuis le tremblement de terre de 1873, coïncidant avec une éruption volcanique de l'Hécla et de l'Eskja ; la partie occidentale des États-Unis comprenant le Parc de Yellowstone et la Californie ; l'île Nord de la Nouvelle Zélande ; les Açores (Ile San-Miguel) et le Thibet, où des sources chaudes jaillissantes existent dans un massif montagneux à plus de 4700 mètres d'altitude.

Ces phénomènes sont trop connus pour que nous nous y arrêtions.

Une variante intéressante des geysers consiste dans les *Soffionis*. Les mieux connus existent en Toscane, dans la province de Pise aux environs de Monte-Cerboli et ils consistent en jets de vapeur avec bouillonnements d'eau chargée d'acide borique et d'acide sulthydrique, exploitée industriellement pour la fabrication du borax. Ces jets de vapeur, primitivement naturels, sont maintenant obtenus artificiellement, dans la même région, au moyen de forages.

Ce qui différencie les geysers des *soffionis* de Toscane consiste en ce que les premiers sont jaillissants avec intermittence et que leur eau est fortement chargée de silice soluble qui se dépose par refroidissement aux environs du jet d'émission ; tandis que les *soffionis* ne sont pas jaillissants et que leur eau est chargée de quantités variables d'acide borique.

Enfin, pour terminer le chapitre traitant du vulcanisme, M. Daubrée rappelle la théorie des volcans et de leurs éruptions dues à de l'eau vaporisée, puis il décrit les *solfatares*, dont il existe deux types principaux : celles existant dans d'anciens cratères comme la solfatare classique de Pouzzoles et celles établies sur le flanc des cônes volcaniques, comme on en rencontre un bon nombre au Chili. Plusieurs de ces dernières se sont ouvertes depuis une vingtaine d'années et paraissent être dues à des explosions violentes et subites de vapeur au travers de massifs rocheux trachytiques. Les parties ainsi bouleversées conservent pendant un certain temps un reste d'activité et il s'échappe du sol de la vapeur d'eau, du soufre et de l'hydrogène sulfuré.

C'est après ces considérations sur le vulcanisme que commence le LIVRE II, traitant de la *température des eaux souterraines*.

Le chapitre I a pour objet la *température des sources ordinaires*. Il a été reconnu que cette température est en général voisine de la température moyenne du lieu ; ordinairement un peu supérieure, quelquefois un peu moindre. Les variations sont faibles et atteignent rarement plus d'un degré centigrade. Toutefois, les sources qui sortent de réservoirs peu profonds, de sables perméables superficiels ou celles qui peuvent être influencées par le mélange avec des eaux superficielles, présentent naturellement des écarts plus grands.

Au point de vue des relations existant entre la température des sources et leur altitude, M. Daubrée a fait des expériences intéressantes sur les sources de la vallée du Rhin et de la chaîne des Vosges ; voici quelques-uns des résultats de l'étude du savant auteur.

Les sources situées soit dans la plaine et les collines basses de l'Alsace, soit dans les vallées des Vosges et de la Forêt Noire, ne diffèrent en général, dans leur température moyenne que de 0°,8 au plus si elles ont la même altitude, malgré la variété des terrains d'où elles sortent, leur relief et leur exposition.

La température moyenne des eaux situées dans la Vallée du Rhin entre 180 et 260 mètres d'altitude, est de 10°,5 et cette température décroît à mesure que l'on s'élève, mais non uniformément.

Dans la plaine et dans les collines de hauteur inférieure à 280 mètres, le décroissement est d'à peu près 1° par 200 mètres ; de 280 à 360 mètres d'altitude, le décroissement redevient de 1° par 200 mètres.

En général le décroissement devient plus prononcé lorsqu'on quitte les régions ondulées pour entrer dans la région abrupte des montagnes.

Enfin, il y a toujours un petit excès de la température moyenne des sources sur la température moyenne de l'air dans la localité et cet excès paraît croître avec la hauteur.

Le même chapitre donne encore des renseignements sur la température des sources ordinaires dans diverses régions du globe.

Le chapitre II traite de la *température des sources thermales*.

On doit réserver le nom de *source thermale* à celles dont la température est évidemment supérieure à la température moyenne du lieu. Cette définition montre que l'acception est large et, d'après M. Daubrée, il y a lieu de considérer déjà comme sources thermales, celles dont l'excès thermométrique est de deux degrés ; il s'en suit que la distinction entre les sources ordinaires et les sources thermales de faible excès thermométrique est assez délicate et que les deux catégories passent insensiblement de l'une à l'autre.

Après ces considérations, M. Daubrée donne un grand nombre d'exemples de sources thermales avec leur température ; dans le tableau, la Belgique n'est repré-

sentée que par la source de Chaudfontaine avec la température de 34°. On sait toutefois qu'il en existe d'autres : mais elles sont encore peu connues.

C'est ici que finit le 1^{er} volume de l'ouvrage de M. Daubrée ; en même temps que le Livre II.

LE LIVRE III, commençant le deuxième volume, traite de la composition des eaux souterraines ; il comprend quatre parties dont nous allons donner successivement l'analyse.

La première partie a trait à la nature des substances dissoutes dans les eaux souterraines ou déposées chimiquement par elles ; elle comprend une courte introduction, puis un chapitre unique dans lequel est faite l'énumération des substances dissoutes dans les eaux ou déposées par elles.

Dans ce chapitre, l'auteur signale parmi les corps les plus fréquents : l'oxygène, l'azote, et ses composés l'ammoniaque et les azotates, le soufre et ses composés : l'hydrogène sulfuré, l'acide sulfureux, l'acide sulfurique ; le selenium, le chlore à l'état d'acide chlorhydrique ; le brome et l'iode à l'état de bromures et d'iodures ; le phosphore à l'état de phosphates ; le silicium à l'état d'acide silicique, de silice hydratée et de silicates ; le carbone à l'état d'hydrogène carboné, d'acide carbonique ; le potassium, le sodium, etc., à l'état d'alcalis ; le baryum, le strontium à l'état de sels ; le calcium à l'état de carbonate et de sulfate ; le magnésium, l'aluminium à l'état de sulfates, et le fer à l'état de bicarbonate ; les autres métaux se rencontrent beaucoup plus rarement.

Ce chapitre donne d'intéressants détails sur les eaux des geysers et des sources chaudes chargées de silice, ainsi que sur les principales sources calcaires incrustantes.

La deuxième partie du Livre III traite de la classification des eaux souterraines. A ce propos, M. Daubrée constate que les divers modes de groupement prêtent à l'arbitraire ; toutefois, pour plus de facilité, il adopte la classification suivante :

Eaux.	1. Chlorurées.	} Sodiques. Calciques. Magnésiques.
	2. Chloridriquées.	
	3. Sulfurées.	
	4. Sulfuriquées.	} Sodiques. Calciques. Magnésiques. Alumineuses. Ferriques. Complexes.
	5. Sulfatées.	
	6. Carbonatées.	
	7. Silicatées.	} Sodiques. Calciques. Ferriques. Complexes.

Dans les chapitres qui suivent, l'auteur décrit chacune des divisions qu'il a établies et des diverses subdivisions qu'elles admettent ; nous ne pouvons évidemment

pas entrer dans l'énumération des faits, des analyses, ni même des subdivisions d'ordre inférieur, tant leur nombre est considérable ; nous renvoyons donc le lecteur à l'ouvrage lui-même pour ce qui concerne les renseignements qui pourraient lui être utiles sur telle ou telle eau.

La troisième partie du Livre III traite des *réactions des eaux souterraines sur les matériaux qu'elles baignent* ; elle est divisée en deux chapitres ayant pour objet : 1° les *réactions exercées sur des roches naturelles* (formation d'alun ou d'alunite, de sulfates divers, gypse, anhydrite, etc., de kaolin, de carbonates, de chlorures, de silice et de silicates) et 2° les *réactions opérées sur des substances artificielles* (formation de zéolithes, d'opale et de calcédoine, de calcite et d'arragonite, et d'oxydes ou de sulfures métalliques).

Enfin, la quatrième partie du Livre III traite de *l'origine des substances dissoutes dans les eaux souterraines* et à ce sujet, dans une introduction, l'auteur étudie les impuretés des eaux d'infiltration adjacentes aux rivières, les roches solubles dans l'eau, les roches réputées insolubles et plusieurs autres cas, parmi lesquels l'un d'eux : possibilité d'une plus grande activité dissolvante communiquée à l'eau par les substances qu'elle tient en dissolution, est très important, mais bien incomplètement traité.

Cette introduction terminée, M. Daubrée passe aux *principales notions acquises sur l'origine des substances dissoutes dans les eaux souterraines ou déposées chimiquement par elles*. A cette occasion la présence de l'oxygène, de l'azote, de l'hydrogène, de l'ammoniaque, de l'acide azotique, de l'acide sulfurique, des acides sulfureux et sulfurique, des sulfures et du soufre, des sulfates, du chlore et de ses composés, etc. dans les eaux souterraines, est sommairement examinée. Une partie assez intéressante de ce chapitre est celle traitant de la présence de l'acide carbonique et du fer.

Le LIVRE QUATRIÈME et dernier a rapport aux *observations générales et résumé*. Il débute par l'exposé des *Relations des eaux souterraines avec la constitution du sol*. Ces relations sont telles que le géologue les devine, car il n'y a dans tout ceci qu'une question de géologie, de couches perméables ou imperméables, de superpositions, d'inclinaisons, de fractures du sol (lithoclasses).

Vient ensuite *l'influence du régime des pluies*, mais ce que M. Daubrée en dit montre que tout est encore à faire à ce sujet ; il en est du reste exactement de même pour ce qui concerne *l'influence du niveau de l'orifice sur le débit des sources*.

La deuxième partie du Livre quatrième traite de *l'origine de la température des eaux souterraines*. Après une courte introduction historique, l'auteur accorde quelques lignes à *l'origine de la température des sources ordinaires* et constate que, pour Paris, l'influence des oscillations de la température extérieure devient nulle à partir de 25 mètres de profondeur ; puis il passe à *l'accroissement de température suivant la profondeur*, constaté dans les roches ou par les eaux artésiennes, en notant certains taux d'accroissements exceptionnellement rapides.

L'étude des puits de mines, du percement des grands tunnels, des puits artésiens a permis de faire des constatations intéressantes.

Dans des mines de la Saxe, on a trouvé un accroissement de 1° par 41^m,84 de profondeur. Au Mont Cenis, le centre du tunnel, qui se trouve à 1600 mètres sous la cime, est à 29°5. Au St-Gothard, M. Stapff a trouvé dans le tunnel, à 1010 mètres sous la cime, des températures de 25 à 28° et les eaux d'infiltration, ayant la même température, étaient donc devenues thermales.

Le puits de Grenelle à Paris, profond de 548 mètres fournit de l'eau à 27°,4 ; et

cette température est absolument constante. Ici l'accroissement de température serait donc de 1° par 32 mètres. Le puits de Passy qui a 586 mètres de profondeur donne de l'eau à 28° (1).

A Mondorf, dans le Grand duché de Luxembourg, un puits de 671 mètres de profondeur donne de l'eau minéralisée à une température de 34°.

Un sondage exécuté dans la cour de l'hôpital maritime de Rochefort a rencontré à 816 mètres une nappe d'eau jaillissante à 42°.

A Louisville (Kentucky), un puits de 636 mètres donne de l'eau jaillissante à 28°.

De ces exemples et d'autres encore, il ressort que l'accroissement de température est d'environ 1° par 30 mètres.

Il est des cas où l'accroissement est beaucoup plus rapide ; à Monte-Massi (Toscane) l'accroissement de 1° par 13 mètres a été constaté ; enfin le forage de Buda-Pesth a donné :

à 930 mètres de profondeur	.	.	.	43°,35
937 "	"	"	"	65°,87
945 "	"	"	"	71°,00
970 "	"	"	"	74°,00

Soit un accroissement moyen de 1° par 12 mètres.

Plus loin, M. Daubrée entre dans l'examen des *principales conditions dans lesquelles les eaux souterraines acquièrent des températures plus ou moins élevées*, et, à ce sujet, il examine l'effet des ploiements et redressements des couches, des lignes anticlinales. Il paraît certain que les ploiements de couches peuvent conduire les nappes aquifères à de grandes profondeurs, puis arrivées à l'axe du pli, souvent fissuré, ces eaux remontent à la surface du sol avec la température acquise. Des faits de ce genre ont été rencontrés en Algérie. Dans tous les cas, ce sont les roches qui communiquent aux eaux d'infiltration leur température. Ce chapitre est assez développé et renferme de nombreuses et intéressantes explications relatives à la thermalité d'un grand nombre de sources ; il en est de même de l'influence des lithoclasses, des filons, des pointements éruptifs cunéiformes, etc

Enfin un certain développement est accordé à l'énumération des faits résultant de l'association, bien naturelle, des sources thermales aux volcans actifs ou éteints, et aux roches volcaniques basaltiques et trachyitiques.

Quant à la troisième et dernière partie du Livre IV, elle a rapport aux geysers, aux volcans et aux tremblements de terre, tous sujets qui, pour nous, n'ont guère d'applications immédiates.

Somme toute, dans le beau et important travail de M. Daubrée, il y a beaucoup de faits, mais en réalité peu de conclusions réellement synthétiques et pratiques. C'est après avoir parcouru l'ouvrage, qu'on reconnaît combien il reste encore à faire dans la voie de l'hydrologie générale. En dehors des relations si claires des eaux avec les couches régulières perméables et imperméables, le reste n'est pour ainsi dire qu'obscurité profonde, et l'on doit féliciter M. Daubrée du courage qu'il a montré en attaquant en

(1) Le nouveau puits de la Chapelle (Place Hébert) à Paris a 718 mètres de profondeur. La température des eaux n'est toutefois que de 30°, soit environ 2° en moins que ce que la température du Puits de Grenelle pouvait faire supposer. Mais les dérangements internes du tubage du Puits de la Chapelle ont sans aucun doute une influence sur la température des eaux amenées au jour.

face de tels problèmes. Le beau travail de l'éminent savant français constitue comme l'un des premiers jalons d'une étude toute nouvelle, dont M. Daubrée a tracé le programme de main de maître. A nous tous maintenant, géologues et hydrologues, de reprendre un par un les divers chapitres de l'ouvrage de M. Daubrée, d'ajouter aux faits déjà connus d'autres faits encore inédits et aux travailleurs qui suivront la voie si bien préparée reviendra sans doute l'honneur de porter successivement la lumière parmi toutes ces obscurités.

En réunissant les faits, en établissant le canevas méthodique de l'étude de l'hydrologie générale, le savant académicien a dégagé le plan d'ensemble des broussailles qui l'envahissaient ; les diverses routes à suivre pour arriver à la synthèse se voient maintenant avec netteté et si même ce résultat avait été le seul atteint, M. Daubrée n'en aurait pas moins droit à toutes nos félicitations et à toute notre reconnaissance.

NOUVELLES & INFORMATIONS DIVERSES

Le Puits artésien de la Chapelle, ou de la place Hébert, à Paris,

par HUET (1).

« *Exécution du forage.* Les travaux du puits artésien de La Chapelle ont été commencés en 1863. Ils ont été arrêtés définitivement le 7 novembre 1887, après avoir duré par conséquent un peu plus de 24 ans, sans interruption pour ainsi dire.

» Le temps considérable qu'a exigé ce forage tient à la profondeur à laquelle on a dû descendre pour atteindre la couche aquifère, au diamètre de 1^m,30 avec lequel il a été foncé jusqu'à une profondeur de 677 mètres, enfin et surtout à un accident grave qui est survenu à cette profondeur.

» En 1874, on n'était plus qu'à 28 mètres de la nappe artésienne ; on traversait la craie chloritée et l'on descendait la dernière colonne de tubage en tôle, de 1^m,29 de diamètre intérieur et de 0^m,02 d'épaisseur, qui devait régner sur toute la hauteur du puits, lorsqu'au cours de la descente cette colonne s'est brisée ; un tronçon de 120 mètres de longueur est tombé au fond du puits et il n'a pas fallu moins de onze ans de travail pour le broyer et le retirer par fragments.

» Ce n'est qu'en 1885 qu'on a pu reprendre le forage, en descendant au fur et à mesure de l'avancement un nouveau tube de même épaisseur, mais de 1^m,075 de diamètre seulement. Depuis cette époque le travail s'était poursuivi sans présenter d'autres particularités que des accidents sans gravité, tels que chutes d'outils, de trépan, de soupapes, ruptures de sondes. On avait atteint le 27 juillet 1887 la première couche aquifère des sables verts qui alimente le puits artésien de Grenelle, et l'eau, qui jusqu'alors était restée constamment à 15 mètres en contrebas du sol,

(1) Voir au sujet de ce puits, la note de *M. Stan. Meunier*, publiée dans le Procès-Verbal de la séance de la Société du 25 avril de cette année (P.-V. p. 107.) et l'article inséré dans les *Notes et Informations diverses* suivant le Procès-verbal de la séance du 4 mars 1888 (p. 65 des P.-V. du présent volume).

s'était élevée rapidement de 11 mètres au-dessus de ce niveau ; tout faisait espérer que, suivant les projets, on pourrait descendre à une profondeur importante dans la couche des sables verts, en contrebas de la nappe artésienne qui alimente le puits de Passy.

» Mais un accident plus grave encore que le premier est venu arrêter le forage dans des conditions telles qu'il n'est pas possible de songer à le poursuivre : il ne reste plus aujourd'hui qu'à prendre les mesures nécessaires pour remédier autant que possible aux fâcheux effets qui en ont été la conséquence.

» Le 7 novembre 1887 au matin, les ouvriers, en reprenant le travail qu'ils avaient quitté le samedi 5, à 6 heures du soir, constatèrent que le tube intérieur de revêtement, qui reposait sur le fond du forage et était maintenu ou plutôt guidé par les freins à sa partie supérieure, avait disparu. Ce tube, en place depuis près de trois ans, n'avait rien présenté jusque-là d'anormal ; aucune flexion, aucune déviation ne s'y était produite.

» On reconnut bientôt que sa partie supérieure était descendue à 159 mètres de profondeur et qu'en contrebas il était intact sur 471 mètres ; mais que la partie inférieure, sur une longueur de 247 mètres, était brisée, repliée sur elle-même sur une hauteur de 88 mètres. C'est sur ces débris que repose maintenant la partie supérieure de la colonne restée intacte.

» Quelle est la cause de cet accident ? Il est impossible de la préciser : des éboulements survenus dans la gaize ont pu écraser la partie inférieure du tube, le replier sur lui-même et attirer la partie supérieure qui, dans sa chute, a écrasé, brisé et refoulé sur 88 mètres de hauteur une longueur de 247 mètres. Ajoutons que la date de l'accident coïncide avec celle d'un tremblement de terre ressenti en Italie et, en France, à Mâcon.

» *Comparaison avec le puits artésien de Passy.* — Le tableau suivant donne en regard les hauteurs par rapport au niveau de la mer auxquelles ont été rencontrées dans les puits de Passy et de La Chapelle les principales couches géologiques :

	Passy.	La Chapelle
Niveau du sol	53,15	48,00
Calcaire grossier	49,15	38,00
Argile plastique	27,16	— 16,55
Terrain crétacé	— 5,55	— 76,30
Craie grise	—390,07	—456,00
Argiles du gault	—512,96	—634,55
Sables verts	—523,96	—657,20
Point d'arrêt du forage	—533,35	—670,00

» Au puits de Passy, on avait atteint la couche aquifère à 547 mètres de profondeur.

» *Température des eaux artésiennes.* — La température des eaux du puits de La Chapelle, constatée à la suite de la pénétration du forage dans la couche des sables verts et après leur élévation dans le puits à 4 mètres en contrebas du sol, était de 30° ; elle s'est toujours maintenue sans variations. Celle des eaux du puits de Passy est de 28° et celle des eaux du puits de Grenelle de 27°,4.

» *Débit du puits.* — Le volume d'eau fourni au puits de La Chapelle par la nappe artésienne avant l'accident qui a brusquement arrêté les travaux du forage et complètement modifié les conditions d'écoulement des eaux a été trouvé de 2100 m. c.

par vingt-quatre heures, jaugé à 4 mètres en contrebas du sol. Depuis cet accident, il n'est plus que de 1000 m. c. Mais il se perd certainement beaucoup d'eau dans les différentes couches sablonneuses du terrain tertiaire, dans les sables inférieurs du Soissonnais, dans les sables moyens de Beauchamp. En effet, une surélévation considérable s'est produite dans la température des eaux des puits des maisons voisines du forage, à dater du jour de l'ascension des eaux artésiennes; la température des eaux de certains puits s'est élevée de 9°,5 à 22°.

» Ces pertes d'eau se produisent par les vides qui existent entre les parois du puits et les tubages placés successivement pour maintenir les différentes couches sableuses ou argileuses du terrain tertiaire et il sera facile de les aveugler par un bétonnage général descendu jusque sur les couches crétacées en arrière du dernier tubage intérieur.

» On peut penser qu'une fois les vides fermés et comblés par un bétonnage général, le débit du puits de La Chapelle sera supérieur à 3,000 m. c. par vingt-quatre heures.

» *Influence du forage du puits de La Chapelle sur le débit des puits de Grenelle et de Passy.* — Après le percement du puits de Passy, le débit du puits de Grenelle, qui était de 900 m. c. par vingt-quatre heures, est tombé à 650 m. c. environ; plus tard, il a encore fléchi peu à peu et il était depuis longtemps de 350 m. c. lorsqu'au mois de septembre 1887, deux mois après le percement du puits de La Chapelle, il est descendu à 250 m. c. environ. Ce débit de 250 m. c. n'a pas varié sensiblement depuis cette époque et l'accident du 7 novembre 1887, qui a réduit de moitié le débit apparent du puits de La Chapelle, ne l'a pas influencé.

» Par suite de la suppression du bassin de la place Victor-Hugo, dans lequel les eaux du puits de Passy se déversaient et étaient régulièrement jaugées deux fois par mois, le débit de ce puits n'a plus été constaté depuis l'année 1884. On n'a donc aucune indication relative à l'influence qu'a eue sur ce débit le forage du puits de La Chapelle, au moment où celui-ci a atteint les nappes artésiennes de la couche des sables verts. Les derniers jaugeages remontent au mois d'octobre 1884; ils accusent un débit de 6,535 m. c. par vingt-quatre heures, débit qui était sensiblement constant depuis le jour où ce puits avait pris son régime régulier.

» Des travaux viennent d'être exécutés pour permettre de nouveau la constatation régulière de ce débit: le premier jaugeage a eu lieu le 16 juin 1888; il accuse un débit de 6,000 m. c. par vingt-quatre heures: l'influence du forage du puits de La Chapelle sur le débit du puits de Passy n'a donc pas été considérable, et, en tout cas, elle a été bien moins importante que sur celui du puits de Grenelle.

» Pour aveugler les pertes qui ont lieu dans les couches perméables du terrain tertiaire, il faut rétablir un tubage dans la partie supérieure du puits et faire un bétonnage en arrière. C'est une dépense d'environ 100,000 francs. La dépense faite jusqu'à présent pour le forage de ce puits s'élève à 2,137,990 francs. »

M. DAUBRÉE, qui présentait à l'Académie la note ci-dessus de M. Huet ajoute :

« On devait s'attendre à atteindre à La Chapelle la nappe jaillissante des sables verts à peu près à la même profondeur qu'à Passy et à Grenelle; car, en ces points, l'altitude de la surface du sol ne diffère que faiblement. Il n'en a pas été ainsi: dans la première localité, la nappe a été rencontrée à 137 mètres plus bas qu'à Passy et, d'après le Tableau qui précède, chaque groupe de couches n'y a été lui-même traversé qu'à des profondeurs très notablement plus grandes. Les différences indiquées entre les verticales de ces deux points, bien qu'ils ne soient distants que de 7 kilo-

mètres, sont de 80 mètres à 130 mètres. Ces écarts paraissent dénoncer en cette région un dérangement dans la stratification, soit une inflexion, soit une cassure ou faille, comme on en connaît à Meudon.

» A raison d'un accroissement moyen de 1° par 32 mètres d'approfondissement, la température de l'eau du forage de La Chapelle, arrivant de la profondeur de 718 mètres, devrait marquer environ 5° de plus que celle du puits de Grenelle, qui jaillit de 547 mètres. Or, au lieu de 32°.4, elle n'est que de 30°. L'infériorité de 2°.4 résulte sans doute de ce que l'obstruction causée par le refoulement du tubage oppose un obstacle à l'ascension de l'eau. Celle qui échappe aux épanchements intérieurs et arrive jusqu'à la surface du sol a eu le temps de perdre pendant son trajet une partie de sa chaleur acquise dans les couches profondes dont elle provient. »

(*Comptes-rendus Acad. Sc. Paris.* N° du 9 juillet 1888).

Les eaux noires des rivières équatoriales de l'Amérique du Sud — On sait qu'il existe, dans les régions équatoriales de l'Amérique du Sud, des cours d'eau qui ont les eaux noires (*aguas negras*). Certains affluents importants de l'Orénoque, et de l'Amazone notamment, se trouvent dans ce cas, et les habitants de ces contrées font une grande différence entre les eaux noires et les eaux blanches et ont l'habitude de classer les rivières d'après leur couleur. Or ce sont les eaux noires qui sont les plus belles, les plus claires, les plus limpides et les plus agréables au goût, enfin celles que les habitants boivent de préférence. Ajoutons que leur faune diffère de celle des eaux blanches, que les rochers qui les bordent restent blancs, alors que ceux qui sont baignés par les eaux blanches noircissent, enfin que les eaux noires ne communiquent pas leur couleur aux eaux blanches avec lesquelles elles se mêlent. Mais à quelle cause cette coloration est-elle due? A leur origine et à leur composition. Voici, en effet, l'explication qu'en donnent *MM. A. Muntz et Marciano* dans l'intéressante note qu'ils viennent de présenter à l'Académie : les eaux noires des régions équatoriales de l'Amérique du Sud se sont colorées en dissolvant les acides humiques libres formés par la décomposition de la matière végétale, sur un sol granitique, exempt de calcaire. Elles ressemblent, sous ce rapport, aux eaux qui s'écoulent des tourbières. La coloration persiste pour cette raison que, en l'absence de calcaire et malgré l'aération, les phénomènes de la nitrification, et par suite la combustion de la matière organique, ne peuvent pas se produire, comme le montre l'absence complète des nitrates. Les eaux noires ne colorent pas les eaux blanches avec lesquelles elles se mélangent, parce que le calcaire contenu dans ces dernières sature l'acidité libre. La nitrification et la destruction simultanée de la matière carbonée se produisent alors rapidement, sous l'influence de la température élevée des eaux (27° à 28°, de Humboldt). Malgré la forte proportion de matière organique qu'elles renferment, elles ne se corrompent pas, à cause de leur acidité et de leur aération, qui empêchent les phénomènes réducteurs de s'y produire. Les rochers qu'elles baignent ne se colorent pas, comme ceux qui bordent les eaux blanches, parce que leur acidité s'oppose au dépôt des oxydes de fer et de manganèse. La coloration est donc attribuable à une matière organique, elle n'est pas le résultat d'un jeu de lumière ; mais si la composition chimique en est la cause première, son intensité doit être attribuée à des phénomènes de réflexion produits dans les couches profondes de la masse liquide.

(D'après les *C. R. de l'Acad. d. Sc. Paris*, N° du 3 Décembre 1888).