

SÉANCE DE GÉOLOGIE APPLIQUÉE

DU 6 MARS 1894.

Présidence de M. Houzeau de Lehaie

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Admission de membres.

Sont élus en qualité de membres effectifs :

MM. V. PIERRET, Ingénieur provincial en chef du Brabant, 17, rue
Belliard, à Bruxelles.

Paulin BRASSEUR, Industriel à Couillet.

Est élu en qualité de membre associé régnicole :

M. Camille GRANGE, Chef de section aux chemins de fer de l'État,
17, rue de l'Esplanade, à Ixelles-Bruxelles.

Communications du Bureau.

M. le *Secrétaire* annonce que le travail de M. Putzeys est à l'impression et qu'il sera distribué à bref délai.

Communications des membres.

M. le *Président*, conformément à l'ordre du jour, donne la parole à M. Walin, qui donne lecture du travail suivant :

ÉTUDE SUR LE RÉGIME HYDROLOGIQUE
sur l'importance et la nature des eaux
DANS LES TERRAINS CALCAIRES

DU

CONDROZ ET DE L'ENTRE-SAMBRE-ET-MEUSE

PAR

M. Walin,

Ingénieur des Ponts et Chaussées,
Ingénieur en chef de la Compagnie intercommunale des Eaux.

La Société belge de Géologie a mis à l'étude les deux questions suivantes :

a) Comment s'établit le régime hydrologique dans les masses calcaires ;

b) Peut-on croire que l'eau de source susceptible d'être captée, puisse à elle seule suffire à assurer les besoins des diverses agglomérations de la Belgique.

Mes fonctions m'ont mis à même de faire un grand nombre d'observations sur les eaux des bassins calcaires du Bocq et du Hoyoux.

J'ai pensé que la solution des deux problèmes posés par la Société belge de Géologie devait reposer bien plutôt sur des faits que sur des hypothèses, et c'est pourquoi je crois faire chose utile en communiquant à la Société les résultats de mes recherches et en lui indiquant les conclusions auxquelles je suis arrivé.

La réponse à la deuxième question : à savoir si l'eau de source peut suffire à l'alimentation des agglomérations de la Belgique en eau potable, dépend de la quantité d'eau nécessaire à chaque habitant pour les usages domestiques, du nombre d'habitants à alimenter et du débit des sources donnant de l'eau de bonne qualité.

Le gouvernement vient de faire une enquête dans tout le pays pour

déterminer la situation actuelle et les besoins des communes en eau potable.

Il conviendra, je pense, d'attendre le résultat de cette enquête avant de se prononcer sur la quantité d'eau restant à fournir aux habitants non desservis ou mal alimentés.

Mais, dès maintenant, il importe de rechercher les ressources de la Belgique en eau potable.

Comme solution partielle de la deuxième question posée, je ferai connaître aujourd'hui l'importance des réserves d'eau potable dans les calcaires du Condroz.

Je contribuerai ensuite, dans la mesure de mes moyens, à la solution de la première question en parlant de l'origine des eaux dans les calcaires, du pouvoir absorbant et du degré de filtration de ces terrains, enfin du mode de circulation des eaux.

IMPORTANCE DES RÉSERVES D'EAU POTABLE DANS LES CALCAIRES.

Réponse à la deuxième question.

Lorsqu'on jette un coup d'œil sur la carte géologique de la Belgique par André Dumont, on est frappé de l'importance considérable des masses calcaires qui s'étendent sur la rive droite de la Meuse et dans l'Entre-Sambre-et-Meuse.

Ces calcaires constituent une grande partie des bassins de l'Ourthe, du Hoyoux, du ruisseau de Samson, du Bocq, de la Lesse, de l'Hermeton, de la Molinee, du ruisseau de Burnot, de la Grande Eau, du ruisseau d'Acoz et de l'Eau-d'Heure.

Ils forment des bandes plus ou moins larges dans les dépressions que présentent les schistes et les psammites du Condroz, qui leur servent de substratum imperméable.

Ces mêmes schistes et psammites se relèvent entre les bandes calcaires qu'ils séparent l'une de l'autre, de façon à constituer les crêtes des ondulations du pays.

La superficie apparente des calcaires sur les versants de la Meuse, non compris les bassins de l'Ourthe, de la Lesse et de la Sambre, ne mesure pas moins de 509 millions de mètres carrés. Cela représente 636 fois l'étendue du lac de la Gilleppe dans son plus grand développement, c'est-à-dire lorsque les déversoirs de trop plein fonctionnent.

Je ne fais ce rapprochement que pour donner une idée de la grandeur des réservoirs alimentant les sources dont je m'occuperai tantôt, et n'ai nullement l'intention de comparer un lac à une masse calcaire;

quelque divisée qu'elle soit, au point de vue de l'emmagasinement de l'eau.

Mais si l'étendue apparente des terrains calcaires est un élément important à considérer, il en est un autre — au point de vue des ressources aquifères — qui échappe à l'observation : c'est la grandeur des vides dans lesquels les réserves d'eau peuvent s'accumuler.

Les jaugeages seuls permettent de déterminer ce second élément.

Fort heureusement, pour l'étude que la Société de Géologie a entreprise, il a été fait de très nombreux jaugeages des rivières du Condroz en 1892 et en 1893, années considérées à juste titre comme des plus sèches.

En 1892 j'ai fait établir sur le Hoyoux, à l'aval des sources de Modave et de Vyle, à la demande de la Compagnie intercommunale des eaux, des appareils de jaugeage par empotement donnant exactement le débit de la rivière.

J'ai publié dans les Annales des Travaux publics et dans celles de l'Association des ingénieurs sortis de l'Université de Gand, la description de ces installations (1).

Je ne m'y arrêterai que pour signaler la valeur du procédé de jaugeage et mettre hors de doute l'exactitude des résultats obtenus.

Pour corriger l'influence des variations diurnes du débit, dues aux irrigations et à la marche irrégulière des moulins, on jaugeait du matin au soir et même quelquefois la nuit sans interruption, et l'on prenait la moyenne de toutes les observations de la journée.

Les jaugeages continus ainsi faits du 1^{er} juillet au 17 octobre 1892, n'ont jamais donné moins de 103.680 m³ pour le débit moyen journalier du Hoyoux immédiatement à l'aval des sources de Vyle et de Saint-Pierre et y compris ces sources.

D'après l'Observatoire, la quantité d'eau tombée dans le bassin du Hoyoux et constatée aux pluviomètres de Modave, d'Havelange et de Clavier, fut de

24	millimètres en février	1892
40	» mars	»
28	» avril	»
17	» mai	»
38	» juin	»

(1) Expériences de jaugeage. ANNALES DES TRAVAUX PUBLICS DE BELGIQUE. T. L. Imprimerie V^e Monnom, 32, rue de l'Industrie, à Bruxelles.

46 millimètres en juillet	1892
36 » août	»
et 121 » septembre	»

Pendant les mois de juin, juillet et août il n'y avait aucun ruissellement apparent vers le Hoyoux, et cela s'explique.

A cette époque de l'année les pertes dues à l'évaporation et celles occasionnées par l'irrigation des prairies sont considérables.

Si l'on soustrait ces pertes de la hauteur d'eau tombée pendant l'été 1892, il reste une quantité d'eau assez faible, que le sol calcaire absorbe très facilement, sans saturation, sans formation de ruissellements superficiels.

On peut donc, avec une très grande approximation, dire que tout le débit du Hoyoux pendant les mois de juin, juillet et août 1892, provenait des couches aquifères, c'est-à-dire des sources et des suintements qui leur sont assimilables.

Il en était de même au Bocq. Le débit de ce cours d'eau à la fin de la sécheresse de 1892, alors que le ruissellement était nul, ne descendit pas au-dessous de 91.757 mètres cubes par jour à Spontin.

Les parties élevées des bassins du Bocq et du Hoyoux, au-dessus de la cote moyenne 170, débitent donc ensemble près de 200.000 mètres cubes par jour en année très sèche, à l'époque des plus basses eaux, et alors que, le ruissellement étant nul, les réserves souterraines alimentent seules les rivières.

Les jaugages faits en 1893 confirment ces résultats.

Aux 200.000 m³ jaugés on pourrait encore ajouter les sources de Jamagne sur le Triffof, affluent du Hoyoux inférieur, lesquelles débitent 15.000 m³ par jour au minimum, et les sources du Crupet, affluent du Bocq en aval de Spontin, qui ont à peu près la même importance, et qui, comme les premières, émergent au-dessus de la cote 170.

Il est donc incontestable que les réserves d'eau emmagasinées dans les calcaires du Condroz sont considérables.

Avec la moitié des sources qui émergent dans les bassins du Bocq et du Hoyoux à une altitude permettant de les amener dans les grands centres du pays sans le secours d'aucune machine, on pourrait alimenter 1.150.000 habitants à raison de cent litres par jour et par habitant.

A Bruxelles-ville on ne consomme aujourd'hui pour tous les usages publics et domestiques que soixante-dix litres par jour-habitant.

La réponse à la deuxième question posée par la Société de Géologie n'est donc pas douteuse, même sans recourir aux ressources aquifères de l'Entre-Sambre-et-Meuse, qui actuellement fournissent un grand nombre de sources de fond dans le lit de la Meuse, sans utilité pour personne.

RÉGIME HYDROLOGIQUE.

Maintenant l'on peut se demander si le réservoir souterrain en relation avec les sources fournit *seul* le débit en question, et si l'on peut, par déduction, calculer le volume des vides que doit présenter la masse calcaire pour alimenter les sources pendant un temps donné?

Je crois pouvoir répondre négativement.

Indépendamment de la circulation de l'eau par translation, que j'appellerai horizontale à défaut d'autre expression, il y a la circulation verticale, que je considère comme filtrante.

Le réservoir souterrain, qui alimente les sources par cheminement, est lui-même et constamment alimenté par le haut.

Ainsi pendant le mois de février de l'année 1892, qui fut le plus sec des dix derniers mois de l'année 1891 et des quatre premiers mois de 1892, il est tombé 24 millimètres d'eau dans le bassin du Hoyoux.

Les pertes par évaporation étant très faibles à cette époque de l'année, on peut admettre que le tiers *au moins* de la quantité d'eau tombée pénétra dans les profondeurs du calcaire.

Le tiers de 24 millimètres ou 8 millimètres d'eau donne par mois et par hectare 80^{m³}, ou par jour et par hectare 2^{m³}.700.

L'appoint fourni au réservoir souterrain dans les mois les plus secs est donc très important.

Or il ne se passe généralement pas de mois sans pluie en Belgique et la plus grande partie de celle qui tombe sur les calcaires est absorbée et descend dans les profondeurs du sol.

PERMÉABILITÉ DES TERRAINS CALCAIRES DU CONDROZ.

La grande perméabilité des calcaires est établie à l'évidence par l'existence des vallées sèches.

J'ai constaté que des dépressions profondes correspondant à un grand bassin hydrographique, telles que la Bonne, dans le bassin du Hoyoux, les vallées de Champion et de Salazine, dans le bassin du Bocq, restent sèches après quatre mois de pluies en plein hiver.

Il faut des circonstances spéciales, un orage épouvantable ou des

pluies extraordinaires, avec ou sans fonte de neiges, *tombant alors que la terre est gelée*, pour que des ruissellements se produisent.

Dans ce cas — et l'on a pu le voir lors de la grande crue de l'hiver 1892-93, arrivée au moment où la terre était profondément gelée — les ruissellements sont énormes, parce que l'eau, dont la pénétration dans le sol est empêchée par la couche de glace qui le recouvre, coule nécessairement vers la vallée.

Le régime de celle-ci, qui d'habitude est celui des rivières creusées dans les terrains perméables, devient alors le régime torrentiel des rivières creusées dans les terrains imperméables.

La rareté et l'importance de ces crues brusques et courtes donne une idée des énormes volumes d'eau que la terre absorbe en temps ordinaire, alors que, malgré des pluies persistantes, les ruissellements sont insignifiants ou nuls.

Du reste, il est notoire que dans le Condroz et sur tous les calcaires en général, s'il pleut beaucoup pendant la saison d'été les récoltes sont magnifiques; si, au contraire, les pluies sont rares, comme en 1892 et en 1893, les récoltes sont maigres ou nulles.

ORIGINE DES EAUX.

C'est à ce pouvoir absorbant énorme des calcaires, c'est à cette alimentation quasi permanente des réservoirs souterrains, aussi bien qu'à la grande division des roches, qu'il faut attribuer l'importance et la régularité du débit des sources et le rendement considérable des rivières du Condroz et de l'Entre-Sambre-et-Meuse.

L'idée de justifier le débit important des sources des terrains calcaires par des engouffrements lointains de rivières entières peut se comprendre dans quelques cas très rares en Belgique, mais elle ne peut se justifier en ce qui concerne les sources des bassins du Hoyoux, du Bocq et de l'Entre-Sambre-et-Meuse.

Il n'y a rien de mystérieux dans la régularité et l'importance des sources de ces régions.

Je vais en donner des preuves.

RENDEMENT A L'HECTARE.

Le bassin du Hoyoux, en amont de la crête séparative des bassins du ruisseau de Goesnes (Triffoy) et du ruisseau de Vyle, mesure 16.550 hectares.

Le débit minimum du Hoyoux, immédiatement à l'aval des sources

et du ruisseau de Vyle, a été de 1170 litres à la seconde pendant l'été très sec de 1892, alors que le ruissellement était nul.

Ce minimum eut lieu au mois d'août.

Ajoutons à ce débit ce que donnent le ruisseau de Saint-Pierre (en basses eaux) et les suintements voisins, soit 30 litres à la seconde, et nous obtiendrons le débit total correspondant au bassin hydrographique précité.

Le rendement de ce bassin en 1892 a donc été au minimum de $\frac{12001 \times 86400}{16550} = 6^{\text{m}^3}.260$ par jour et par hectare.

En 1893, le rendement du bassin du Hoyoux fut de $\frac{95998^{\text{m}^3}}{16550} = 5^{\text{m}^3}.80$, d'après les jaugeages effectués par mon honoré confrère M. Putzeys.

Au Bocq on trouve :

Bassin hydrographique en amont du déversoir de jauge à Spontin, 17.130 hectares. (Mesuré sur la carte au 1/160.000.)

Débit journalier d'étiage en 1892, 91.757^{m³}. (L'étiage du Bocq en 1892 se réalisa en août.)

Rendement minimum en 1892 par jour et par hectare, 5^{m³}.350.

En 1893, le débit journalier du Bocq à Spontin est tombé à 87.700^{m³}, d'où un rendement de $\frac{87700}{17130} = 5^{\text{m}^3}.120$ par jour et par hectare. (Ce minimum fut obtenu au mois de septembre.)

Si de ces débits on déduit l'appoint fourni au réservoir souterrain par la circulation verticale des eaux pluviales à travers les terrains calcaires, le rendement du réservoir souterrain proprement dit descend au-dessous de 3^{m³}.500 par jour et par hectare au Hoyoux, et au-dessous de 2^{m³}.600 par jour et par hectare au Bocq.

En effet, il est évident que le moindre appoint fourni au réservoir en compensation des débits constatés à la fin de l'été 1892 est au moins égal à celui du mois de février 1892, puisque ce fut le plus sec des dix derniers mois de 1891 et des quatre premiers mois de 1892. Il faut donc retrancher 2^{m³}.700 au minimum des rendements obtenus, si l'on veut se faire une idée de la quantité d'eau fournie par le réservoir proprement dit.

Pour quiconque connaît l'énorme pouvoir absorbant des calcaires du Condroz, les rendements de 2^{m³}.600 à 3^{m³}.500 que je viens d'indiquer ne sont aucunement exagérés; ils correspondent parfaitement aux quantités de pluie qui tombent sur les bassins hydrographiques apparents de cette contrée.

Dans l'*Hydrologie de la Belgique*, par mon honoré confrère M. l'ingénieur Verstraeten, j'ai lu que le rendement de la Dyle en

1865, d'après de nombreux jaugeages effectués à Louvain par M. l'ingénieur Colson, fut au minimum de $4^{\text{m}^3}.650$ par jour et par hectare.

Le rendement du Bocq en basses eaux ne dépasse guère celui de la Dyle, mais comme le bassin de la Dyle est beaucoup moins absorbant que celui du Bocq, on peut en conclure que les terrains sablo-argileux doivent emmagasiner relativement plus d'eau que les calcaires du bassin du Bocq. *Les vides que présentent ces calcaires dans leurs profondeurs ne doivent donc pas être énormes et dès lors l'hypothèse de grands lacs souterrains ou de grands et innombrables canaux ne peut se justifier.*

Les débits constatés pour les sources des terrains calcaires ne présentent donc rien d'anormal.

Fait remarquable, le rendement à l'étiage est considérable pour toutes les rivières du Condroz et de l'Entre-Sambre-et-Meuse.

De plus, toutes choses égales, le rendement est d'autant plus fort que l'étendue relative des calcaires est plus considérable.

Ainsi le rendement minimum de la partie du bassin du Hoyoux située à l'amont du ruisseau de Saint-Pierre atteint $6^{\text{m}^3}.260$ par jour et par hectare en 1892, alors que la partie du bassin du Bocq située à l'amont de Spontin ne donne que $5^{\text{m}^3}.350$.

Cependant les deux parties considérées ont à peu de chose près la même étendue (16.550 hectares au Hoyoux et 17.130 hectares au Bocq).

Mais la surface des calcaires est sensiblement plus grande au Hoyoux qu'au Bocq.

Le premier bassin à l'amont du ruisseau de Saint-Pierre contient, en effet, 11.120 hectares de calcaires, alors que le second bassin, à l'amont de Spontin, n'en renferme que 7.700.

On voit que, plus grande est l'étendue des terrains calcaires, plus grand est le rendement à l'époque des plus basses eaux et plus grand est le débit des sources.

Le calcaire joue donc incontestablement le rôle de réservoir régulateur.

Il ne s'ensuit pas nécessairement qu'un bassin hydrographique contenant plus de calcaires rendra plus d'eau à l'étiage qu'un bassin qui en contient moins.

La forme et la situation des calcaires jouent aussi un rôle important.

Ainsi, si l'on ramène les débits d'étiage du Hoyoux et du Bocq en 1892 à l'hectare de terrain calcaire, on trouve qu'un hectare de ce terrain donne journellement $11^{\text{m}^3}.900$ au Bocq à Spontin et $9^{\text{m}^3}.300$ au Hoyoux aux plus basses eaux, et alors qu'il n'y a pas de ruissellement.

L'hectare de calcaire rend plus d'eau en temps de sécheresse au Bocq qu'au Hoyoux.

En somme il y a deux éléments à considérer : l'étendue des terrains perméables et la puissance d'absorption ou la perméabilité.

Maintenant, l'on peut se demander, *pourquoi l'hectare de calcaire a-t-il rendu plus au Bocq qu'au Hoyoux en 1892 et en 1893 ?*

J'attribue ce résultat à ce que les calcaires du bassin du Bocq ont reçu plus d'eau que ceux du bassin du Hoyoux de 1890 à 1893.

Cela tient non seulement à ce que la hauteur de pluie tombée pendant les années considérées fut plus grande pour le Bocq que pour le Hoyoux, mais aussi à ce que les calcaires du Bocq reçoivent une plus grande quantité d'eau des terrains à peu près imperméables (schistes et psammites) entre lesquels ils sont enclavés.

La pluie tombant sur les crêtes psammitiques, plus développées dans le bassin du Bocq que dans celui du Hoyoux, pénètre fort peu dans le sol et ruisselle vers les fonds où se trouvent les calcaires, dans lesquels elles pénètrent.

Pour donner une idée de la différence des quantités d'eau tombées dans les deux bassins considérés, je vais citer quelques chiffres fournis par l'Observatoire. La partie du bassin du Bocq en amont de Spontin a reçu 717 millimètres d'eau en 1891, tandis que la partie du bassin du Hoyoux en amont du pont de Vyle n'a reçu que 598 millimètres pendant la même année.

Durant les neuf premiers mois de l'année 1892, il est tombé 601 millimètres de pluie dans les parties considérées du bassin du Bocq, et 476 millimètres seulement dans la partie correspondante du bassin du Hoyoux.

On voit que *si le Bocq a moins de calcaire que le Hoyoux, par contre ce sont, dans leur ensemble, des calcaires plus favorisés, c'est-à-dire mieux alimentés.*

Chose curieuse, si l'on applique le rendement minimum à l'hectare de l'ensemble du bassin hydrographique du Bocq à la partie de ce bassin qui alimente les sources de la région Spontin-Senenne-Reuleau, (dont la Compagnie intercommunale projette le captage), on trouve le débit donné par les jaugeages.

Ainsi le bassin hydrographique correspondant aux dites sources, y compris la vallée sèche de Champion, qui joue ici le même rôle que le bassin de la Bonne par rapport aux sources de Modave, ce bassin mesure, avec celui de la Brugelette, 4949 hectares.

A raison de 5^m³.350 par hectare, cette superficie rendra 26.477 mètres cubes par jour. Or, les jaugeages donnent 25.920 mètres cubes pour le débit minimum journalier.

Il y a donc concordance parfaite, c'est-à-dire que le rendement à l'étiage du dit bassin partiel est le même que celui de l'ensemble du bassin du Bocq.

Par contre le rendement des calcaires de cette région est inférieur à la moyenne de la partie calcaireuse de l'ensemble du bassin du Bocq en amont de Spontin (trouvé $11\text{ m}^3.900$ plus haut).

Cette région comprend, en effet, 3094 hectares de terrains calcaires. Le rendement journalier à l'hectare de calcaire est donc égal à $25920 : 3094 = 8\text{ m}^3.380$, soit à peu près 1 m^3 de moins que le rendement du calcaire du bassin du Hoyoux en amont du ruisseau de Saint-Pierre.

Cette différence prouve que le pouvoir emmagasinant ou les vides des calcaires correspondant aux sources de Spontin-Senenne et Reuleau sont moins grands que les vides des calcaires des bassins du Bocq et du Hoyoux pris dans leur ensemble.

Les membres de la Société de Géologie ont d'ailleurs constaté sur place, notamment à la carrière de Spontin, que les joints et les cassures des calcaires de cette région étaient remplis de matières meubles sablo-argileuses.

Je reviendrai tantôt sur ce point.

Pour le moment je ferai remarquer que le bassin hydrographique correspondant aux sources de la région Spontin-Senenne-Reuleau est enclavé entre deux bandes de famennien *imperméable* et n'est en contact vers l'amont qu'avec le bassin du Hoyoux. (Voir la carte géologique de ces régions.)

Comme il n'est pas possible d'admettre que le bassin réel du Bocq empiète sur celui du Hoyoux, comme de plus on ne voit nulle part d'engouffrement de ruisseau, il faut bien en conclure que toute l'eau des sources de la région Spontin-Senenne-Reuleau doit nécessairement provenir de la pluie qui tombe sur le bassin correspondant et s'infiltrer dans les calcaires.

Il est évident du reste que si les sources de ce bassin partiel étaient grossies par des pertes d'eau de rivière, il devrait en être de même des sources du bassin total du Bocq, d'après la concordance établie ci-dessus. Mais alors, d'où viendraient ces rivières? Les sources devraient provenir des rivières et pourtant l'on sait bien que, en période de sécheresse, ce sont les rivières qui viennent des sources. Il est donc certain que les sources de la région Spontin-Senenne-Reuleau ne proviennent aucunement de pertes d'eau de rivière en amont. L'observation des lieux confirme cette conclusion.

Les sources du Bocq, et par déduction celles du Hoyoux, n'ont donc pas une origine inconnue ou mystérieuse.

Leur débit concorde avec l'étendue des bassins hydrographiques apparents, avec la quantité d'eau tombée et avec la grande perméabilité du sol.

Et ce qui est vrai pour les calcaires du Bocq et du Hoyoux l'est aussi pour les calcaires de l'Entre-Sambre-et-Meuse, qui se trouvent dans des conditions identiques.

BONNES OU MAUVAISES SOURCES.

Aiguigeois.

On dira peut-être qu'il y a de mauvaises sources et qu'il est bien difficile de ne prendre que les bonnes ?

Le talent avec lequel mon honoré confrère M. Putzeys a développé cette idée pourrait avoir suscité des appréhensions que je tiens à dissiper, dans l'intérêt même des nombreuses populations qui ont besoin d'eau potable.

Je bornerai mon raisonnement aux sources du Bocq et du Hoyoux, sur lesquelles mes investigations ont spécialement porté.

Je dirai tout d'abord qu'il importe peu qu'il y ait un certain nombre de sources de qualité douteuse, c'est-à-dire de sources qui, par suite de leur relation avec des aiguigeois par canal souterrain, se troublent après les pluies par le mélange de leurs eaux avec celles de la surface. On ne peut, en effet, supprimer aucune rivière : il faut bien laisser dans chaque bassin hydrographique, en sus des sources pour les usages domestiques, tout au moins l'eau nécessaire aux irrigations et à l'industrie ; et pour ces deux usages les eaux de sources mêlées d'eaux de ruissellements conviennent bien mieux que les eaux absolument pures.

Toute la question, au point de vue pratique, est donc de voir si la plupart des sources sont de bonne qualité pour les usages domestiques.

M. Putzeys nous a montré lors de notre dernière réunion une carte à grande échelle sur laquelle il avait figuré les aiguigeois existant dans les bassins de l'Ourthe, du Hoyoux et du Bocq. Si j'ai bonne mémoire, ces aiguigeois étaient au nombre de deux pour le bassin du Hoyoux et de deux pour le bassin du Bocq.

Les recherches les plus minutieuses faites par le personnel compétent de la ville de Bruxelles ont donc fait découvrir un très petit nombre d'aiguigeois.

En ce qui concerne le Hoyoux, les aiguigeois sont en dehors du bassin sourcier de Modave.

L'un est situé sur le ruisseau de Vyle, l'autre dans la vallée du ruisseau Saint-Pierre.

La relation directe entre l'aiguigeois et les sources de Vyle est évidente. L'eau d'une partie de ces sources se trouble après les pluies.

Mais tandis que l'aiguigeois ne reçoit qu'environ cinq litres d'eau en temps de sécheresse, les sources de Vyle débitent ensemble une centaine de litres par seconde.

Il y a donc cinq litres d'eau provenant — en temps de sécheresse — directement de la surface et quatre vingt-quinze litres provenant de la couche aquifère souterraine de la bande calcaire de Vyle.

Faut-il abandonner ces 95 litres de bonne eau ?

Ne peut-on détourner les cinq litres d'eau superficielle qui s'y ajoutent ?

Ne peut-on détourner toutes les eaux superficielles qui coulent dans le lit du ruisseau de Vyle ?

Rien n'est plus simple. Il suffit de remplacer le lit perméable du ruisseau par un lit en maçonnerie imperméable.

Un bétonnage de peu d'épaisseur en forme de cunette suffira pour écarter tous dangers de contamination, si l'on a soin de capter les sources à bonne profondeur.

La pente de la vallée étant très forte, cette cunette sera de petite section et par suite peu coûteuse.

On pourra procéder de même dans la vallée de Saint-Pierre.

Ainsi disparaissent les inconvénients des deux aiguigeois signalés dans le bassin du Hoyoux.

Passons au bassin du Bocq.

Il y a un aiguigeois dans la vallée de la Brugelette, non loin du château de Mianoye. Cet aiguigeois est en relation directe avec la source supérieure de la Brugelette. Mais comme celle-ci ne débite que cinq litres à la seconde en temps de sécheresse et qu'elle se trouble après une journée de pluie, j'ai toujours pensé qu'il ne valait pas la peine de s'en occuper ; on l'écarte donc des sources à capter.

Le second aiguigeois signalé dans le bassin du Bocq se trouve sur la rive droite de la rivière, à 1200 mètres des sources les plus rapprochées situées sur la même rive, et à 800 mètres des sources de Reuleau situées sur la rive opposée.

Cet aiguigeois ne reçoit d'eau qu'en petite quantité et seulement après des pluies copieuses et persistantes donnant lieu à des ruissellements.

Il faut aussi que le propriétaire de la prairie située en aval y mette de la bonne volonté, sans cela l'eau de ruissellement ne pénétrerait jamais dans l'aiguigeois.

Le dit propriétaire manque souvent d'eau pour l'irrigation de sa prairie; aussi, quand le ciel lui en envoie s'empresse-t-il de la distribuer sur son pré. Il a bientôt fait de détourner les eaux de l'aiguigeois et de boucher celui-ci, d'ailleurs fort petit, avec quelques gazons.

Mais peu importe; admettons que cet aiguigeois reçoive de l'eau de ruissellement et voyons son influence sur les sources qui en sont le moins éloignées.

Nous voilà revenu à la circulation des eaux dans les calcaires par aiguigeois et canaux.

Remarquons d'abord que ces aiguigeois sont très rares. La carte de M. Putzeys n'en signale que quatre dans les bassins du Hoyoux et du Bocq.

Admettons même qu'il y en ait quelques-uns de plus.

Que représentent ces quelques petits trous à côté des 478 millions de mètres carrés formant l'étendue des bassins en question ?

Je laisse à chacun le soin de répondre.

Les aiguigeois constituent donc une exception dans ces bassins.

Avant de rechercher leur influence je dois dire un mot des vallées sèches de Sovet et du Ry-d'Août signalées comme pouvant peut-être contenir des aiguigeois dangereux.

DIFFÉRENCES PROFONDES ENTRE LES CALCAIRES.

Impossibilité d'appliquer des règles générales à la circulation des eaux dans tous les terrains calcaires.

Lorsqu'on voit la façon dont les eaux de l'Homme et de la Lesse supérieure s'engouffrent dans des grottes profondes, on est tenté de croire que les choses se passent de la même manière dans tous les calcaires.

Or on ne constate aucun engouffrement de rivière dans les bassins du Bocq et du Hoyoux. A peine y voit-on dans des vallées secondaires très étroites, où il n'y a pas de captage à faire, deux ou trois petits aiguigeois recevant quelques litres d'eau.

Rien n'est plus variable que la circulation des eaux dans les terrains calcaires, parce que rien n'est plus variable que le nombre, la forme et la grandeur des joints, des cassures, des canaux, des amas de sables, etc.

Ici les canaux sont rares et très grands, là ils sont innombrables et de petites dimensions.

Tantôt les joints et les cassures sont dépourvus de matières meubles et tantôt ils en sont remplis.

A Rochefort et à Han-sur-Lesse on voit circuler la rivière dans un lit souterrain creusé à un niveau plus bas que celui de la vallée apparente voisine. Au parc de Modave et à Spontin on constate, à l'aide de puits, que les niveaux se relèvent presque régulièrement sur les flancs de la vallée.

Dans les calcaires des environs de Rochefort, qui appartiennent à la *formation devonienne*, il y a des *grottes immenses*, tellement exceptionnelles, extraordinaires, qu'on accourt de toutes les parties du monde pour les visiter.

Dans les bassins du Bocq et du Hoyoux les calcaires sont d'une autre nature ; ils sont de l'*époque carbonifère*, comme les calcaires des *Écaussines*, de *Soignies*, de *Tournai*, et les grottes y sont très rares et très petites. Or la nature des calcaires joue un grand rôle dans la formation des canaux et des cavernes.

Le tome VII, premier fascicule du *Bulletin de la Société belge de Géologie*, reproduit un article publié dans *Ciel et Terre* et dans lequel M. le capitaine Lagrange s'exprime comme suit sur le mode de formation des cavernes.

« Les explorations nombreuses entreprises par M. Martel et ses » collaborateurs ont confirmé une opinion qui était de croyance générale chez les géologues, c'est que les *excavations souterraines de dimensions considérables sont relativement rares même dans les terrains calcaires*. Autrefois l'on croyait à l'existence de cavernes immenses répandues un peu partout dans le sous-sol ; ces croyances anciennes qui se lient au mythe de l'enfer ploutonien des Romains et des Grecs ont survécu pendant tout le moyen âge à la disposition des légendes religieuses de l'antiquité, et il a fallu les travaux des géologues modernes pour les renverser complètement pendant les époques récentes de l'histoire. Ils ont montré, en outre, que généralement les excavations souterraines sont restreintes aux calcaires et même aux calcaires d'une *compacité spéciale*. »

Ainsi donc *d'après les explorations de M. Martel, les cavernes seraient généralement restreintes aux calcaires d'une compacité spéciale*.

Or cette règle se vérifie en Belgique. Toutes les grottes de quelque importance, telles que celles de Revogne, de Han, de Rochefort, de Marche, de Barvaux, de Remouchamps, de Tilff, etc., se trouvent

toutes dans le calcaire devonien (voir la carte géologique de Dumont).

Et s'il n'y a de grandes excavations souterraines que dans le calcaire devonien, est-il rationnel d'appliquer le mode de circulation des eaux dans ces roches spéciales aux masses calcaires des bassins du Bocq et du Hoyoux, qui sont d'une autre nature et d'une autre époque géologique?

Renonçons donc, une fois pour toutes, à vouloir établir des règles générales sur la capricieuse circulation des eaux, règles applicables à *tous les calcaires*, et voyons dans chaque cas particulier comment les choses se passent. Nous éviterons ainsi des discussions stériles et de graves erreurs.

VALLÉES SÈCHES DANS LE BASSIN DU BOCQ.

Les observations faites sur les vallées sèches du Ry-d'Août, à Spontin, de Salazinne et de Sovet, près de Senenne, sont instructives à cet égard.

De ce que l'on voit dans le bassin de la Lesse on croyait pouvoir conclure qu'il devait y avoir des aiguigeois dans ces vallées. Or, voici le résultat des observations.

Vallée du Ry-d'Août.

Deux déversoirs de même largeur sont installés dans les mêmes conditions, à trois cents mètres environ l'un de l'autre, le premier à l'amont, le second à l'aval des points signalés comme pouvant correspondre à des aiguigeois.

Des ruissellements se sont produits dans cette vallée le 20 novembre, les 14, 15 et 16 décembre 1893, les 18, 19, 20 et 21 janvier 1894.

Le 20 novembre on lit sur le déversoir d'amont, à sept heures du matin, une hauteur d'eau égale à 0^m.070 et sur le déversoir aval une hauteur égale à 0^m.072.

A onze heures du matin on lit à l'amont 0^m.032 et à l'aval 0^m.033.

Les 14, 15 et 16 décembre on lit la même hauteur à l'aval qu'à l'amont.

Le 21 janvier, en présence de MM. Gobert, Rutot, Putzeys, Trullemans et Deblon, tous membres de la Société de Géologie, je lis à l'amont 0^m.023 et à l'aval 0^m.027.

Les déversoirs sont de construction rudimentaire, mais ils indiquent à coup sûr qu'il passe plus d'eau à l'aval qu'à l'amont.

Il n'y a donc pas d'engouffrement d'eau superficielle par aiguigeois dans la vallée du Ry-d'Août.

Vallées de Sovet et de Salazinne.

Ces deux vallées se forment sur les plateaux et se réunissent à la sortie d'un bois près de Senenne.

Trois déversoirs sont installés dans les mêmes conditions : l'un à l'aval des points signalés comme dangereux dans la vallée principale, un autre à l'amont des mêmes points dans chacune des vallées secondaires.

Le 18 janvier dernier seulement les premiers ruissellements d'hiver apparaissent, mais en si petite quantité qu'on ne peut les jauger.

A vue on constate qu'il passe sensiblement la même quantité d'eau sur les deux déversoirs réunis de l'amont que sur le déversoir d'aval.

Le 19 janvier au matin, alors que les ruissellements avaient cessé pendant la nuit précédente dans les vallées de Sovet et de Salazinne, les trous situés dans les fosses au fond de ces vallées étaient tous remplis d'eau jusqu'aux bords. Le lendemain 20 janvier, vers midi, ces trous se mettaient entièrement à sec.

Les eaux ont donc pénétré dans le sol en trente heures.

Comme les plus grands de ces trous mesurent environ 2m^3 , on en conclut que l'absorption par les plus grands trous a été $\frac{2000\text{l}}{30 \times 3600} = 0,0185$, soit moins de deux centilitres par seconde et cela sous une pression variant de 0 à 1 mètre de hauteur.

C'est bien là ce qu'on peut appeler une absorption lente, identique à celle qui s'opère sur toute l'étendue des terrains perméables. Les points les plus dangereux, les trous remarquables ne sont donc pas des aiguëgeois, mais bien des irrégularités du lit de la vallée, dues au régime torrentiel du cours d'eau, et peut-être aussi en partie à des travaux forestiers exécutés depuis longtemps.

Mes confrères précités de la Société de Géologie ont d'ailleurs constaté le 21 janvier dernier qu'il avait coulé très peu d'eau de ruissellement dans les vallées de Salazinne et de Sovet et que l'écoulement avait néanmoins laissé des traces de son passage sur les herbes aussi bien à l'aval qu'à l'amont des points à observer.

Il est donc incontestable que s'il y a des pertes d'eau de *ruissellement* dans les vallées sèches précitées, elles sont insignifiantes et comparables à celles qui se produisent sur toute l'étendue des terrains perméables.

Et si, par impossible, la chose était reconnue nécessaire, il serait facile et peu coûteux d'empêcher les pertes d'eau de ruissellement dans les vallées sèches du Bocq en les écoulant par un canal étanche, comme je l'indiquais tantôt pour un affluent du Hoyoux.

CIRCULATION DES EAUX DANS LES CALCAIRES.

Je crois avoir démontré que les ressources aquifères des calcaires sont considérables ;

Que ces terrains sont éminemment perméables et absorbants ;

Que les vides contenus dans les profondeurs des calcaires du Condroz doivent être moindres dans leur ensemble que ceux des terrains sablo-argileux ;

Que les ruissellements sont faibles dans les bassins du Bocq et du Hoyoux et qu'il est facile, à peu de frais, d'écarter les eaux de surface des eaux de source ;

Que les aiguigeois sont non seulement très rares dans ces bassins mais qu'ils ne reçoivent que très peu d'eau.

Il résulte évidemment de tous ces faits que, *d'une manière générale, les eaux souterraines dans les bassins du Bocq et du Hoyoux ne sont pas en communication avec la surface par de larges ouvertures*, contrairement à ce que l'on voit dans les environs de Rochefort.

Il y a incontestablement des canaux dans les calcaires de ces bassins, mais ils ne peuvent être ni très grands, ni en relation dangereuse avec les eaux de ruissellement.

Ce dernier point sera plus spécialement établi par les résultats des analyses, dont je parlerai dans quelques instants.

Pour se faire une idée de la manière dont les eaux circulent dans ces bassins, on remarquera que les sources du Bocq et du Hoyoux émergent dans des vallées profondes et dominées par des plateaux à faible pente, formés de terrains calcaires dans les parties les moins élevées et des psammites du Condroz sur les sommets.

Remarquons en outre, d'après la carte géologique détaillée et la notice explicative des feuilles de Natoye, de Ciney et de Modave, « que les » sables sont d'ordinaire superposés au calcaire *carbonifère* et recouverts par des dépôts quaternaires et modernes ; qu'ils sont *très abondants sur les calcaires* et font défaut sur les collines psammitiques.

Dès lors les pluies qui tombent sur les collines psammitiques, à peu près imperméables, ruissellent vers les plateaux dans lesquels elles se perdent.

Celles qui tombent sur les plateaux calcaires, éminemment perméables, pénètrent directement dans la terre en traversant des terrains détritiques, des nappes ou des poches de sables, gagnent les fissures des roches, très nombreuses vers la surface — comme on le constate dans toutes les carrières — cheminent de haut en bas par des chemins

extrêmement sinueux et capricieux, par des joints plus ou moins étroits, parfois atteignent un canal, une poche et de là un autre canal qui peut se resserrer ou s'agrandir et se diviser en plusieurs branches, notamment lorsqu'il s'approche des flancs de côteau, où la roche est de nouveau très divisée.

FILTRATION DES EAUX.

Dans leur descente lente, contrariée, difficile, vers la profondeur du sol, ou dans leur cheminement vers les points bas des vallées les eaux des calcaires carbonifères rencontrent des matières meubles, très filtrantes.

A ce propos, je ne saurais mieux m'exprimer qu'en rappelant deux courts passages du rapport de notre estimé confrère, M. *Van den Broeck*, sur les sources du Hoyoux, rapport publié dans le Bulletin de notre Société, tome IV, 1890 (1).

« En ce qui concerne les objections que l'on a tenté d'élever contre » le degré de filtration des eaux, nous ferons remarquer tout d'abord » que les eaux ne s'engouffrent pas directement dans les fentes du cal- » caire. Il y a des sables superficiels et des cailloux très répandus dans » toute la région ; tout en laissant passer aisément les eaux, ces dépôts » arrêtent leurs impuretés au passage ; les limons et le terrain détri- » tique superficiel qui remplace souvent les premiers, jouent égale- » ment, malgré leur faible développement, un utile rôle de filtre.

» Si, en quelques endroits, l'on peut constater des pertes d'eaux » courantes, des bétoires ou gouffres, où disparaissent les eaux au » sein des calcaires, il ne faut pas perdre de vue que le chemin souter- » rain, très étendu, que fait faire, aux très rares eaux souterraines qui » se trouvent ici dans ce cas, la disposition des plissements calcaires, » que ce chemin souterrain, dis-je, doit permettre le dépôt et le fil- » trage des matières entraînées avec les eaux.

» Il est un criterium intéressant, parmi les bases scientifiques du » débat, permettant de juger si les calcaires constituent seulement un » système de cavités et de canaux amenant simplement aux sources de » Modave, des eaux peu filtrées, passagèrement souterraines et repré- » sentant par exemple un engouffrement d'amont des eaux du Hoyoux » lui-même ; ou bien si ces eaux de Modave doivent être considérées

(1) *Les sources de Modave et le projet du Hoyoux considérés aux points de vue géologique et hydrologique* par ERNEST VAN DEN BROECK, Conservateur au Musée royal d'Histoire naturelle de Belgique. — Bruxelles, imprimerie Polleunis et Ceuterick, rue des Ursulines, 37.

» comme de véritables sources originelles formées après de longs
» parcours souterrains et après une filtration prolongée.

» Ce criterium consiste à faire appel à l'analyse chimique de
» chacune des sources, à vérifier si elles présentent de grandes diffé-
» rences et enfin à rechercher si les différences éventuelles montrent
» quelque relation avec la nature des diverses roches encaissantes. »

J'ai suivi les règles tracées par M. Van den Broeck et les bons conseils que l'honorable Directeur du Musée Royal d'Histoire naturelle, M. Dupont, a bien voulu me donner pour m'aider à déterminer la valeur des sources comme eau potable.

ANALYSES RÉPÉTÉES DES EAUX DE SOURCES.

Observations.

Pour juger de l'effet de la filtration et en même temps de l'influence des quelques bêtaires ou aiguigeois signalés, j'ai observé et fait observer toutes les sources par des hommes capables et consciencieux, à toutes les époques de l'année, et je les ai soumises à de nombreuses analyses.

Par tous les temps, avant, pendant ou après les pluies, l'on a constaté la *limpidité permanente de l'eau des sources à capter*, leur *pureté chimique et bactériologique*, leur *teneur constante en calcaire dissous*, leur *température uniforme* comprise entre 10 et 11 degrés centigrades.

Tous ces faits prouvent à l'évidence que les eaux souterraines des bassins du Bocq et du Hoyoux circulent de façon à subir une *épuration parfaite*.

On jugera de cette élaboration en lisant les résultats des analyses des sources. Je prierai l'Assemblée de bien vouloir autoriser leur publication en annexe à la présente communication.

On constatera notamment qu'après les grandes pluies des mois de septembre, octobre, novembre et mi-décembre 1893, l'eau des sources du Ry-d'Août à Spontin, celle des sources de Senenne et celle de Reuleau contiennent moins de bactéries qu'à la fin de la sécheresse de l'été dernier et ne contiennent aucune bactérie pathogène.

Je ne veux pas fatiguer mes confrères par des chiffres, je ne leur en citerai que quelques-uns :

Les sources du Ry d'Août à Spontin titrent

le 24 juillet 1892	25°
le 4 septembre 1893.	25°
le 19 décembre 1893	26°

Leur résidu par litre est :

de 0^{gr},315 à la première date ;
de 0^{gr},300 à la seconde date, et encore
de 0^{gr},300 le 19 décembre 1893.

Les sources de Senenne titrent 25° et contiennent 22 bactéries par centimètre cube le 26 août 1893, après une longue sécheresse.

Les mêmes eaux recueillies le 14 décembre 1893, après trois mois et demi de fortes pluies, titrent toujours 25° et ne contiennent plus que 8 bactéries par centimètre cube.

Les sources de Reuleau titrent 26° le 24 juillet 1892, 25° le 4 septembre 1893, et encore 25° le 19 décembre suivant.

Le nombre de bactéries, toujours non pathogènes, est de 20 le 4 septembre et de 19 le 19 décembre 1893.

Les résultats sont analogues pour les autres sources du bassin du Bocq et pour celles du Hoyoux, à l'exception des deux petites sources déjà citées et dont il ne vaut pas la peine de parler.

JAUGEAGES.

Indépendamment des résultats des analyses et des observations sur la limpidité et la fraîcheur des sources, j'ai fait de *nombreux jaugeages*.

Les diagrammes de ces jaugeages, que je tiens à la disposition des membres de la Société, établissent que le *débit des sources du Bocq et du Hoyoux diminue insensiblement de juillet jusqu'à la fin de novembre, malgré les trois ou quatre mois de pluies copieuses antérieures*.

Ces résultats concordent à peu près avec l'opinion des gens du pays, d'après laquelle les sources diminuent et grossissent comme les jours.

Il est évident que si les sources étaient en relation directe avec des aiguigeois recevant des eaux de ruissellements par des canaux dans lesquels elles seraient simplement décantées et non filtrées, leur débit varierait brusquement comme celui des eaux que recevraient les aiguigeois, leur température, leur composition chimique et bactériologique seraient également très variables. Or, c'est le contraire que l'on constate.

CONCLUSION.

RÉPONSE PARTIELLE A LA PREMIÈRE QUESTION.

De ce qui précède on peut conclure :

1° Que les sources de chacun des bassins calcaires considérés ont une commune origine; qu'elles viennent d'un même réservoir souterrain.

2° Que la circulation, sauf les exceptions indiquées ci-après, se fait, dans les calcaires carbonifères, non par des canaux constamment en relation avec la surface par aiguigeois, mais bien par des diaclases, des joints, des cassures, des nappes de sables ou de matières meubles, des conduits de toute nature disposés de manière que les eaux, après leur parcours souterrain, soient parfaitement filtrées.

La circulation par canal souterrain en relation avec un aiguigeois superficiel ne se fait que pour les eaux qui se troublent après les pluies, c'est-à-dire pour trois petites venues d'eau, l'une à la Brugellette, l'autre à la vallée de Vyle, la troisième au ruisseau de Saint-Pierre, et improprement appelées *sources*.

Les masses calcaires du Condroz et de l'Entre-Sambre-et-Meuse, et les terrains perméables homogènes, quoique de nature et de composition différentes, jouent donc un rôle analogue au point de vue de la filtration des eaux.

POURQUOI LES TERRAINS CALCAIRES DU CONDROZ SONT FILTRANTS.

Nous avons rappelé plus haut que les calcaires des bassins du Bocq et du Hoyoux appartiennent à la formation carbonifère. Les sables, qui à l'époque tertiaire recouvraient les calcaires carbonifères, sont restés en place en de nombreux points. Ailleurs les sables se sont infiltrés dans les poches, les diaclases, les aiguigeois, les canaux de toute nature. On comprend dès lors comment les eaux circulant dans ces multiples conduits, suivant la loi de la gravité, arrivent aux sources parfaitement filtrées.

Mais, indépendamment de l'action des sables, il est permis de se demander si les calcaires carbonifères, dont la pureté est si remarquable, ne joueraient pas aussi un rôle dans le phénomène de la filtration.

Nous savons que les filtres artificiels ne fonctionnent que par leur surface lorsqu'ils sont couverts à point d'une bonne *schlam*.

Les surfaces du calcaire ne joueraient-elles pas un rôle analogue?

Les calcaires carbonifères sont souvent recouverts d'une couche de bousin, c'est-à-dire de matière argilo-sableuse qu'ils ont évidemment enlevée aux eaux avec lesquelles ils sont en contact. Ce bousin adhère tellement au calcaire qu'il est impossible de l'en séparer.

Si le calcaire n'exerçait pas une action intime et profonde sur les eaux, où celles-ci iraient-elles prendre les 25 degrés hydrotimétriques reconnus par l'analyse des sources, en toutes saisons?

Quoi qu'il en soit, il est démontré et acquis aujourd'hui à la science, que les sources des calcaires du Condroz et de l'Entre-Sambre-et-Meuse sont — à de rares exceptions près, sans importance et faciles à écarter — des eaux potables excellentes au point de vue des usages domestiques; que ces sources sont nombreuses et d'un débit considérable.

J'ajouterai que ces sources sont placées à une altitude convenable permettant leur adduction vers les centres populeux du pays sans l'aide d'aucune machine, et qu'elles sont faciles à capter.

CIRCONSTANCES FAVORABLES AU CAPTAGE, SURTOUT DANS LE BASSIN DU BOCQ.

A propos du captage des sources, je ferai remarquer qu'on se trouve rarement dans des conditions aussi favorables qu'au Bocq et au Hoyoux, et que je ne connais pas d'exemple où l'on ait pris tant de précautions que celles que l'on projette de prendre dans ces régions.

Toutes les sources dans les zones de travaux à effectuer ont été observées et jaugées pour ainsi dire sans interruption depuis plusieurs années. Elles ont été soumises à l'analyse chimique et bactériologique aux différentes saisons.

A part les petites exceptions isolées, déjà indiquées, toutes les eaux que l'on voit sortir du sol ont été reconnues constamment d'excellente qualité; pourquoi en serait-il autrement des eaux que l'on rencontrera dans le creusement des galeries à grande profondeur?

Les eaux d'une même origine — le réservoir souterrain s'étendant dans les profondeurs du calcaire — *peuvent-elles donc avoir des compositions différentes?*

Rien ne permet de le croire.

Dans la région Spontin-Senenne-Reuleau surtout, les circonstances locales sont éminemment favorables au captage.

Les sources étant groupées dans les coudes que forme la vallée du Bocq, la galerie destinée à les capter et à les réunir devra — pour

être directe et économique — traverser les contreforts à une grande profondeur.

L'eau que la galerie pourrait recueillir en dehors des sources et au détriment du débit de celles-ci aura donc traversé une épaisse couche de roches et de matières filtrantes ; ayant la même origine que les sources, venant des mêmes couches profondes et se trouvant bien à l'abri des influences superficielles, elle sera évidemment de la même qualité.

Une autre circonstance favorable au captage dans la susdite région résulte de ce que le lit du Bocq est établi dans un limon imperméable.

Le mélange des eaux du Bocq avec les eaux captées n'est aucunement à craindre. Dans les parties des galeries peu éloignées du Bocq on aura soin, pour plus de précaution, d'établir de petits barrages mobiles afin de pouvoir relever le plan d'eau dans les galeries au moment où, par suite de crues, le plan d'eau se relèvera dans la rivière.

Mais je ne veux pas m'étendre sur ces détails, qui concernent trop spécialement l'ingénieur, le praticien.

Si des membres de la section d'hydrologie de la Société veulent avoir des détails sur ces points, je les leur donnerai bien volontiers.

En fin de compte on sait ce que l'on obtiendra comme qualité et comme quantité par le captage des sources du Bocq et du Hoyoux.

A priori on n'en peut dire autant des galeries de drainage projetées même dans des terrains homogènes, et cependant on effectue tous les jours des drainages de ce genre pour l'alimentation des habitants en eau potable.

C'est que dans le domaine de la pratique il faut marcher et ne pas attendre vainement l'apparition de solutions idéales avant de mettre la main à l'œuvre.

OPINIONS DES INGÉNIEURS DE LA VILLE DE PARIS SUR LES BÉTOIRES.

A l'étranger on n'oublie pas ce principe élémentaire. C'est ainsi que la ville de Paris vient de dériver les sources de la Vigne et de Verneuil bien qu'il soit établi, par des expériences de coloration à la fluorescine, que ces sources sont en relation avec des aiguigeois énormes dans lesquels des rivières (l'Avre notamment) s'engouffrent.

Les services techniques de la ville de Paris, dont l'expérience et la compétence en cette matière sont bien connues, estiment que, dans l'argile à silex qui compose les terrains en amont des sources en ques-

tion, les eaux qui pénètrent par aiguigeois forment avec les eaux d'infiltration une nappe souterraine.

Ils estiment aussi que toutes ces eaux sont parfaitement filtrées avant d'arriver aux sources.

(Voir le savant rapport de M. *Gadaud*, Député à la Chambre française, sur le projet de dérivation des sources de la Vigne et de Verneuil) (1).

RÉSUMÉ.

En résumé, le nombre d'aiguigeois est très variable d'un bassin à l'autre et même dans les différentes régions d'un bassin hydrographique; les aiguigeois n'empêchent pas la formation des nappes aquifères; les canaux sont plus ou moins grands et plus ou moins nombreux; les cavernes de grandes dimensions existent dans certains calcaires et font défaut ou ont des dimensions extrêmement réduites dans d'autres. La circulation des eaux dans les calcaires se fait par un réseau de conduits et de fissures très compliqué et variable d'un bassin à l'autre. Dans certains calcaires, comme les calcaires devoniens des environs de Rochefort, qui présentent des cavernes dans lesquelles des rivières s'engouffrent, il faut distinguer entre les eaux engouffrées et les eaux qui, tombées sur les plateaux et les versants calcaires, s'infiltrent dans les profondeurs du sol, ainsi qu'on le constate dans les grottes.

Les premières eaux circulent dans un véritable lit de rivière souterraine, elles peuvent être décantées mais non filtrées; les secondes circulent par les joints et par les diaclases avant de tomber goutte à goutte dans les cavernes, et elles peuvent être filtrées.

Dans les calcaires carbonifères, notamment dans ceux des bassins du Bocq et du Hoyoux, il n'y a pas d'engouffrement d'eau de ruissellement (sauf quelques exceptions sans importance et parfaitement isolées), et d'une manière générale on peut dire que toutes les eaux souterraines proviennent de l'infiltration directe des pluies. La filtration *dûment constatée* est parfaite et conséquemment ces eaux ne circulent pas uniquement dans des canaux où elles ne seraient que décantées.

Il n'y a donc pas — comme je le disais plus haut — de règle fixe, absolue, applicable à la circulation des eaux dans tous les calcaires.

(1) Rapport fait au nom de la Commission chargée d'examiner le projet de loi ayant pour objet l'adduction des sources de La Vigne et de Verneuil. (Paris, imprimerie de la Chambre des Députés, Quentin, 7, rue Saint-Benoît.)

TABLEAUX

INDIQUANT LES RÉSULTATS DE L'ANALYSE

des eaux des principales sources du

BOCQ, DU HOYOUX, DE LA MOLIGNÉE & DE L'ORNEAU

ANNEXE A LA NOTE DE M. WALIN

SUR LES

Eaux des calcaires du Condroz & de l'Entre-Sambre-et-Meuse

REPRODUISANT LES DONNÉES FOURNIES PAR

M. J.-B. DEPAIRE

*à la demande de la Compagnie Intercommunale des eaux
de l'agglomération bruxelloise.*

T A B L E A U

des résultats de l'analyse des eaux du Bocq et de ses principales sources

RECUEILLIES EN 1892 AUX DATES INDIQUÉES

Caractères généraux ET COMPOSITION DES EAUX RECUEILLIES	SOVET Sources de Reuleau 24 juillet	SOVET Senenne aval du moull. 24 juillet	SPONTIN Source Ry d'Août 24 juillet	SPONTIN Source du Presbytère 24 juillet	CRUPEY Sources du Crupet 25 juillet	SPONTIN Source La Brugellette 25 juillet	SOURCE de LEIGNON 9 août	CINEY Grosse source en face de la gare 9 août
Limpidité	Parfaite	Parfaite	Parfaite	Parfaite	Parfaite	Parfaite	Parfaite	Parfaite
Couleur.	Incolore	Incolore	Incolore	Incolore	Incolore	Incolore	Incolore	Incolore
Odeur	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle
Saveur	Agréable	Agréable	Agréable	Agréable	Agréable	Agréable	Agréable	Agréable
Titre hydrotimétrique.	26°	24°	25°	25°	28°	26°	26°	26°
Id. permanent.	5°	5°	7°	7°	8°	5°	8°	8°
Résidu par litre	ogr. 310	ogr. 308	ogr. 345	ogr. 345	ogr. 335	ogr. 303	ogr. 325	ogr. 325
Acide sulfurique.	ogr. 007	ogr. 005	ogr. 007	ogr. 007	ogr. 010	ogr. 007	ogr. 009	ogr. 009
Id. nitrique	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
Id. nitreux.	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
Id. phosphorique	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
Id. silicique	ogr. 007	ogr. 007	ogr. 008	ogr. 008	ogr. 009	ogr. 009	ogr. 009	ogr. 009
Chlore	ogr. 012	ogr. 012	ogr. 017	ogr. 014	ogr. 014	ogr. 010	ogr. 012	ogr. 015
Oxyde calcique	ogr. 131	ogr. 134	ogr. 137	ogr. 151	ogr. 151	ogr. 129	ogr. 085	ogr. 132
Id. magnésique	ogr. 024	ogr. 021	ogr. 022	ogr. 022	ogr. 022	ogr. 022	ogr. 006	ogr. 022
Ammoniaque saline.	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
Id. albuminoïde	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
Métaux	Traces de fer	Traces de fer	Traces de fer	Traces de fer	Traces de fer	Traces de fer	Traces de fer	Traces de fer
Bactéries pathogènes	Aucune	Aucune	Aucune	Aucune	Aucune	Aucune	Aucune	Aucune

Suite de l'analyse des eaux du Bocq recueillies aux dates indiquées ci-dessous.

Caractères généraux ET COMPOSITION DES EAUX RECUEILLIES	CINEY — Biron 26 août 1892	EMPTINNE Propriété de M.le Bois de Gerlache 26 août 1892	HALLOIS Propriété de M. d'Éys-en-champs 27 août 1892	DURNAL — Bois communal 27 août 1892	CINEY — Canal de fuite de la roue hydraul. 30 août 1892	CINEY — Réunion de toutes les sources 30 août 1892
Limpidité	Parfaite	Parfaite	Parfaite	Parfaite	Parfaite	Parfaite
Couleur	Incolore	Incolore	Incolore	Incolore	Incolore	Incolore
Odeur	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle
Saveur	Agréable	Agréable	Agréable	Agréable	Agréable	Agréable
Titre hydrotimétrique	23°	21°	29°	20°	26°	20°
Id. permanent	4°	4°	4°	5°	5°	6°
Résidu	ogr. 275	ogr. 245	ogr. 285	ogr. 310	ogr. 310	ogr. 310
Acide sulfurique	ogr. 007	ogr. 007	ogr. 007	ogr. 010	ogr. 010	ogr. 010
Id. nitrique	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
Id. nitreux	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
Id. phosphorique	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
Id. silicique	ogr. 007	ogr. 005	ogr. 006	ogr. 006	ogr. 007	ogr. 007
Chlore	ogr. 007	ogr. 005	ogr. 005	ogr. 009	ogr. 010	ogr. 010
Oxyde calcique	ogr. 151	ogr. 137	ogr. 160	ogr. 146	ogr. 131	ogr. 131
Id. magnésique	ogr. 022	ogr. 020	ogr. 120	ogr. 014	ogr. 014	ogr. 022
Ammoniaque saline	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
Id. albuminoïde	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
Métaux	Traces de fer	Traces de fer	Traces de fer	Traces de fer	Traces de fer	Traces de fer
Bactéries pathogènes	Aucune	Aucune	Aucune	Aucune	Aucune	Aucune

Je conclus des résultats obtenus que les eaux qui m'ont été soumises sont de très bonne qualité alimentaire.

Bruxelles, le 16 septembre 1892.

(s) J.-B. DEPAIRE.

Eaux de sources du Bocq, analysées à la demande de la Compagnie intercommunale en 1893.

Caractères généraux ET COMPOSITION DES EAUX RECUEILLIES	SPONTIN	SPONTIN	SOVET	SOVET	SPONTIN	SOVET	SPONTIN	SOVET	SPONTIN	
	Source du Presbytère 26 août	Sources des Rochers 26 août	Source supérie de Senenne 26 août	Source inférie de Senenne 26 août	Source du Ry d' Août 4 septembre	Source de Reuleau 4 septembre	Source inférie de La Brugellette 4 septembre			
Limpidité.	Parfaite	Parfaite	Parfaite	Parfaite	Parfaite	Parfaite	Parfaite	Parfaite	Parfaite	Parfaite
Couleur	Incolore	Incolore	Incolore	Incolore	Incolore	Incolore	Incolore	Incolore	Incolore	Incolore
Odeur	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle
Saveur.	Agréable	Agréable	Agréable	Agréable	Agréable	Agréable	Agréable	Agréable	Agréable	Agréable
Titre hydrotimétrique.	25° 6°	25° 7°	25° 6°	25° 6°	25° 7°	25° 6°	25° 7°	25° 6°	25° 7°	25° 6°
Id. permanent.	ogr. 310	ogr. 320	ogr. 325	ogr. 300	ogr. 300	ogr. 280	ogr. 275	ogr. 280	ogr. 275	ogr. 275
Résidu par litre.	ogr. 008	ogr. 009	ogr. 008	ogr. 008	ogr. 009	ogr. 008	ogr. 010	ogr. 008	ogr. 010	ogr. 010
Acide sulfurique.	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
Id. nitrique	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
Id. nitreux.	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
Id. phosphorique	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
Id. silicique	ogr. 008	ogr. 009	ogr. 010	ogr. 009	ogr. 009	ogr. 011	ogr. 008	ogr. 011	ogr. 008	ogr. 008
Chlore	ogr. 014	ogr. 012	ogr. 012	ogr. 012	ogr. 010	ogr. 008	ogr. 023	ogr. 008	ogr. 023	ogr. 023
Carbonate calcique.	ogr. 235	ogr. 250	ogr. 252	ogr. 260	ogr. 242	ogr. 255	ogr. 215	ogr. 255	ogr. 215	ogr. 215
Oxyde magnésique.	ogr. 010	ogr. 010	ogr. 009	ogr. 010	ogr. 012	ogr. 010	ogr. 011	ogr. 010	ogr. 011	ogr. 011
Ammoniaque saline	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
Id. organique	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
Métaux	Traces de fer	Traces de fer	Traces de fer	Traces de fer	Traces de fer	Traces de fer	Traces de fer	Traces de fer	Traces de fer	Traces de fer
Bactéries par c. cube	50	10	22	55	16	20	17	20	17	17
Id. pathogènes	Aucune	Aucune	Aucune	Aucune	Aucune	Aucune	Aucune	Aucune	Aucune	Aucune

CONCLUSION. — Je considère toutes ces eaux comme étant d'excellente qualité au point de vue alimentaire.

Bruxelles, le 8 octobre 1893.

(s) J.-B. DEPAIRE.

Eaux analysées à la demande de la Compagnie intercommunale en 1893

Caractères généraux ET COMPOSITION DES EAUX RECUEILLIES	SOURCES de la MOLIGNÉE	SOURCES DE L'ORNEAU A ONOZ-SPY	
		N° 1	N° 2
Limpidité	Parfaite	Parfaite	Parfaite
Couleur	Incolore	Incolore	Incolore
Odeur	Nulle	Nulle	Nulle
Saveur	Agréable	Agréable	Agréable
Titre hydrotimétrique	27°	32°	32°
Id. permanent	6°	9°	6°
Résidu par litre	ogr. 310	ogr. 385	ogr. 340
Acide sulfurique	ogr. 015	ogr. 024	ogr. 021
Id. nitrique	Traces	Absence	Absence
Id. nitreux	Absence	Absence	Absence
Id. phosphorique	Absence	Absence	Absence
Id. silicique	ogr. 007	ogr. 004	ogr. 004
Chlore	ogr. 015	ogr. 015	ogr. 014
Oxyde calcique	ogr. 240	ogr. 295	ogr. 295
Id. magnésique	ogr. 020	ogr. 003	ogr. 003
Ammoniaque saline	Traces	Absence	Absence
Id. albuminoïde	Absence	Absence	Absence
Métaux	Traces de fer	Traces de fer	Traces de fer
Bactéries pathogènes	Aucune	Aucune	Aucune

CONCLUSION. — Je conclus des données consignées dans le tableau ci-dessus que les eaux qui m'ont été soumises doivent être rangées dans la catégorie des eaux potables de bonne qualité.

Bruxelles, le 28 février 1893.

(s) J.-B. DEPAIRE.

Eaux de sources du Boq analysées à la demande de la Compagnie intercommunale en 1893

Caractères généraux ET COMPOSITION DES EAUX RECUEILLIES	A.	B.	C.
	Sources du Ry d'Août à Spontin 19 décembre	Sources de Senenne 14 décembre	Sources de Reuleau 19 décembre
Limpidité	Parfaite	Parfaite	Parfaite
Couleur	Incolore	Incolore	Incolore
Odeur	Nulle	Nulle	Nulle
Saveur	Agréable	Agréable	Agréable
Titre hydrotimétrique	26°	25°	25°
Id. permanent	9°	7°	8°
Matières dissoutes par litre	ogr. 300	ogr. 280	ogr. 260
Acide sulfurique	ogr. 001	ogr. 0018	ogr. 0018
Id. nitrique	Absence	Absence	Absence
Id. nitreux	Absence	Absence	Absence
Id. phosphorique	Absence	Absence	Absence
Id. silicique	ogr. 009	ogr. 008	ogr. 008
Chlore	ogr. 012	ogr. 010	ogr. 008
Carbonate calcique	ogr. 236	ogr. 230	ogr. 225
Oxyde magnésique	ogr. 014	ogr. 010	ogr. 010
Ammoniaque saline	Absence	Absence	Absence
Id. organique	Absence	Absence	Absence
Métaux	Traces de fer	Traces de fer	Traces de fer
Bactéries par c. cube	12	8	14
Id. pathogènes	Aucune	Aucune	Aucune

CONCLUSION. — Je considère ces eaux comme étant de très bonne qualité au point de vue alimentaire.

Bruxelles, le 4 janvier 1894.

(s) J.-B. DEPAIRE.

ANALYSE DES EAUX DE MODAVE

	SOURCES DITES				
	ÉTANG	Duc	MOYEN	MOULIN	RUISSEAU de Pailhe

Eaux recueillies à Modave le 17 mai 1889.

Titre hydrotimétrique.	28°	28°	28°	28°	28°
Id. après ébullition.	7.7	8	6	8	9.5
Résidu séché à 100° c. par litre.	ogr. 300	ogr. 300	ogr. 300	ogr. 300	ogr. 320
Oxyde calcique id.	o. 116	o. 107	o. 116	o. 107	o. 109
Id. magnésique id.	o. 038	o. 033	o. 038	o. 032	o. 039
Ammoniaque saline id.	"	"	"	"	"
Id. albuminoïde id.	"	"	"	"	"
Anhydride sulfurique id.	o. 014	o. 014	o. 014	o. 009	o. 013
Id. nitrique id.	o. 0086	o. 0079	o. 0075	o. 0086	o. 0086
Id. nitreux id.	"	"	"	"	"
Chlore id.	o. 0177	o. 0141	o. 0141	o. 0141	o. 0106
Air id.	23 cc. 47	24 cc. 78	25 cc. 77	26 cc. 72	24 cc. 40
Oxygène dans 100 d'air	31.2	31.1	31.4	31.1	31.1

Ces eaux étaient parfaitement limpides, incolores et inodores. Leur saveur était agréable; leur température variait entre 11° et 12°, celle de l'air étant 19° c.

Eaux recueillies à Modave le 28 août 1889.

Titre hydrotimétrique.	28°	28°	28°	27° 7	28°
Id. après ébullition.	7.8	8	6.7	7.8	9.2
Résidu séché à 100° c. par litre.	ogr. 300	ogr. 300	ogr. 500	ogr. 289	ogr. 312
Oxyde calcique id.	o. 116	o. 116	o. 117	o. 106	o. 109
Id. magnésique id.	o. 038	o. 036	o. 038	o. 030	o. 039
Ammoniaque saline id.	"	"	"	"	"
Id. albuminoïde id.	"	"	"	"	"
Anhydride sulfurique id.	o. 014	o. 014	o. 014	o. 009	o. 013
Id. nitrique id.	o. 0084	o. 0083	o. 0083	o. 008	o. 0086
Id. nitreux id.	"	"	"	"	"
Chlore id.	o. 0172	o. 0141	o. 0141	o. 0141	o. 0122
Air id.	26 cc. 4	24 cc. 6	25 cc. 6	25 cc. 72	24 cc. 94
Oxygène dans 100 d'air	31.2	31.0	31.1	31.1	31.3

Température variant de 10° à 11°. — Température de l'air 20°.

Limpides, incolores, inodores, agréables au goût, comme celles du 17 mai 1889.

Eaux recueillies à Modave le 15 octobre 1889.

Titre hydrotimétrique.	28°	28°	28°	27° 7	28°
Id. après ébullition.	7.9	8	7.2	7.0	9.1
Résidu séché à 100° c. par litre.	ogr. 300	ogr. 300	ogr. 300	ogr. 290	ogr. 304
Oxyde calcique id.	o. 117	o. 117	o. 116	o. 109	o. 111
Id. magnésique id.	o. 037	o. 037	o. 038	o. 030	o. 039
Ammoniaque saline id.	"	"	"	"	"
Id. albuminoïde id.	"	"	"	"	"
Anhydride sulfurique id.	o. 014	o. 014	o. 014	o. 010	o. 014
Id. nitrique id.	o. 0086	o. 0086	o. 0085	o. 0081	o. 0089
Id. nitreux id.	"	"	"	"	"
Chlore id.	o. 0172	o. 0140	o. 0140	o. 0139	o. 0134
Air id.	26 cc. 80	25 cc. 90	25 cc. 20	25 cc. 70	25 cc. 30
Oxygène dans 100 d'air	31.00	31.00	31.4	31.4	31.3

Température des sources 10° à 10° 5. — Température de l'air 14°.

Caractères organoleptiques identiques à ceux précédemment indiqués.

En résumé, ces eaux ont sensiblement la même composition chimique. Je les considère comme réunissant les conditions des eaux potables de très bonne qualité.

(Signé) J.-B. DEPAIRE.

M. le *Président* remercie M. Walin de son intéressante communication; il estime que, ainsi qu'il a été décidé pour le travail de M. Putzeys, il n'est pas possible de discuter avec fruit de semblables travaux, sans qu'ils aient été l'objet d'une lecture sérieuse; en conséquence l'impression du mémoire ayant été proposée, est adoptée.

M. *Moulan* fait savoir qu'il donnera prochainement l'énumération complète des grottes de quelque importance existant en Belgique; on pourra voir alors dans quel calcaire elles sont creusées.

M. *Jottrand* fait remarquer qu'il existe de nombreuses grottes en France, dans le Harz, dans la Carniole, en Grèce, etc., et qu'il serait utile de connaître la nature des masses calcaires qui les renferment.

M. *Dupont* dit que les grottes du Harz sont creusées dans le calcaire devonien.

M. *Zune* fait don, pour la bibliothèque de la Société, de son ouvrage intitulé : « *Traité d'analyse chimique micrographique et microbiologique des eaux potables.* » 1 vol. in-8°. Paris-Bruxelles, 1894.

Il annonce que les membres de la Société qui désireraient se procurer cet ouvrage pourront l'obtenir à des conditions avantageuses.

M. le *Président* remercie vivement M. Zune de cette marque de bienveillance et ajoute que son don sera d'autant plus estimé que l'on connaît la compétence spéciale de l'auteur pour les questions traitées.

M. le *Président* demande si des membres présents désirent se faire inscrire pour la prochaine séance d'applications géologiques.

M. *François* pense, qu'en principe, on pourrait décider une séance d'hydrologie pour le mardi 17 avril prochain. — Adopté.

M. *Cuvelier* fait remarquer que la prochaine séance mensuelle de la société est indiquée au tableau pour le 27 mars; il propose de remettre cette séance au 3 avril, attendu que le 27 mars est le mardi de Pâques. — Adopté.

La séance est levée à 10 heures quinze.

BIBLIOGRAPHIE

Das Wasserwerk der freien und Hansestadt Hamburg unter besonderer Berücksichtigung der in den Jahren 1891-1893 ausgeführten Filtrationsanlagen, — dargestellt von F. ANDREAS MEYER, Ober-Ingenieur der Bau-Deputation in Hamburg. — Mit 35 Abbildungen und 4 Tafeln. — Verlag von Otto Meisner in Hamburg, 1894.

La ville de Hambourg a acquis une triste célébrité à la suite de l'épidémie de choléra au mois d'août 1892. Cette expérience, faite en grand sur une population de près de 600.000 âmes, n'a pas été perdue pour l'humanité; elle a été suivie attentivement par des observateurs comme Koch et l'on sait que ce dernier en a profité pour donner quelques règles pratiques au sujet du filtrage des eaux.

L'accident de Hambourg a mis en lumière certains faits importants. En premier lieu, il est incontestable que le germe cholérique s'est bien montré la cause efficiente de la maladie et le scepticisme d'une partie du corps médical sur ce sujet n'est plus du doute scientifique, mais de l'entêtement pur et simple. — Il a été établi ensuite d'une façon tout à fait péremptoire que l'eau a été le véhicule du contagé, du moins le véhicule initial et principal; la théorie de Pettenkofer au sujet des conditions spéciales du sous-sol sur la genèse des épidémies, s'est trouvée complètement impuissante pour rendre compte des faits. — Enfin, la comparaison avec Altona, qui prend aussi l'eau de l'Elbe, encore plus bas que Hambourg, mais qui a un bon filtrage au sable, démontre la haute valeur de ce procédé de purification. Cette dernière conclusion surtout est importante et on ne peut assez y attirer l'attention dans une publication en langue française; il y a en effet trop d'ingénieurs et d'hygiénistes, tant français que belges, qui se refusent, par des raisons purement théoriques, à admettre l'efficacité du filtrage au sable.

L'ouvrage de M. Meyer donne l'historique de la distribution d'eau à Hambourg. Plusieurs canalisations dateraient du XIV^e siècle. La première distribution moderne a été concédée en 1807 et exécutée en 1822 par Bieber. En 1833 et 1843, Smith exécuta deux autres distributions.

On sait qu'un formidable incendie détruisit en 1842 un cinquième des maisons ; plusieurs de ces distributions eurent leurs usines brûlées. L'administration établit une canalisation étendue, munie de nombreuses bouches d'arrosage et reprit en 1851 et 52 la plupart des concessions particulières. L'eau fut prise à l'Elbe et le seul traitement préalable était une décantation dans trois grands réservoirs.

C'est ici que l'histoire se corse : l'ingénieur William Lindley, qui avait fourni les plans de la canalisation, avait, dès 1853, déclaré indispensable le filtrage au sable et son projet avait été accepté ; les travaux devaient commencer en 1857 ; mais précisément dans cette année, il survint une crise commerciale, l'état financier de la ville se trouva obéré et l'on arrêta tous les travaux d'hygiène. On voit qu'il en est un peu de même partout ; les économies se font généralement à rebours ; au lieu de supprimer les dépenses somptuaires, on rogne les crédits pour les travaux d'hygiène.

Après les difficultés résultant de la crise financière, survinrent des difficultés administratives. La ville de Hambourg était restée à peu près ce qu'elle était au moyen âge et il fallut procéder à une réorganisation complète de tous les services administratifs. On réorganisa lentement à Hambourg ; le nouveau bureau des travaux publics ne fut constitué qu'en 1867.

Plusieurs grands travaux étaient à faire et au point de vue de l'hygiène notamment, les égouts et le filtrage pour l'eau potable. Le plus pressé était incontestablement le dernier ; mais il faut par la pensée se reporter de 25 ans en arrière, c'est-à-dire à une époque où le rôle des microbes n'était pas connu, où la théorie miasmatique des maladies contagieuses battait son plein. On fit donc d'abord les égouts.

En 1871, on créa un poste d'inspecteur d'hygiène et l'on nomma à cet emploi le Dr Krauss. Le premier soin de ce fonctionnaire fut d'attirer l'attention du service technique sur la nécessité du filtrage central et depuis lors il ne cessa de revenir sur cette question avec la plus grande ténacité.

Vers cette même époque M. Andreas Meyer fut nommé ingénieur en chef et il entra immédiatement dans les vues du Dr Krauss. Un nouveau projet fut préparé et renvoyé en 1876 à une commission spé-

ciale des autorités communales. On allait donc aboutir enfin à une solution, quand il surgit une opposition formidable de la part des marchands de filtres domestiques (geschäftliche Vertreter der Kleinfiltration, dit l'auteur). On nomma une commission chargée d'aller étudier en France les filtres domestiques et en Angleterre les grands filtres centraux. Cette commission conclut à l'inefficacité des filtres domestiques, à l'efficacité du filtrage en grand. Comme résultat pratique, l'autorité décida l'installation d'un filtrage central et fit faire de nouveaux plans. La *Bürgerschaft* (Conseil des bourgeois) renvoya le tout à l'avis d'une nouvelle commission, composée de M. Henry Gill, directeur des eaux de Berlin, et de l'ingénieur Aug. Folsch, en 1878 ; ces Messieurs prirent deux ans pour faire leur rapport, améliorèrent le projet primitif dans certains points et comme c'étaient des personnalités d'une compétence et d'une impartialité reconnues, on pouvait croire que leur avis serait définitif.

Mais on avait compté sans les faiseurs de projets. Pendant plusieurs années, les propositions pour l'alimentation en eau potable tombèrent dru comme la grêle dans les bureaux du service technique : drainage de divers districts, captation de sources, puits artésiens, eaux du Teutoburgerwald ou des montagnes du Harz. Comme partout ailleurs, la fantaisie la plus échevelée s'est donné libre carrière : on traverse les fleuves, on coupe les montagnes, on fait couler des fleuves d'eau pure à travers des lieues et des lieues de pays.

Les auteurs de tous ces projets contradictoires s'entendent cependant instinctivement sur un point : la nécessité d'entraver l'exécution du projet adopté par l'autorité compétente. C'est l'ennemi commun, contre lequel ils réunissent leurs efforts. Cela ne leur a malheureusement que trop bien réussi à Hambourg. Les autorités ont imposé au service technique l'étude de tous les projets et naturellement, entretemps, on restait dans le statu quo.

Quand toutes ces difficultés eurent été écartées, il en surgit de nouvelles. Mais ici, nous citerons textuellement :

« Il est presque incroyable, en présence des renseignements si »
» complets réunis dès le commencement de la huitième décade, qu'on »
» soit parvenu encore à arrêter pendant de longues années l'exécution »
» des travaux pour l'établissement du filtrage central. Ce résultat a »
» été dû à un homme influent dans la bourgeoisie, le Dr Gerson, qui »
» dès 1876 s'était constitué le champion fanatique du filtrage domes- »
» tique d'après le système David ; lorsque ce système fut définiti- »
» vement rejeté, il en inventa un lui-même. Il fit des expériences, »
» attira l'attention du public avec beaucoup de réclame, prétendit

» avoir alimenté avec succès d'autres villes importantes, notamment
 » Astrakan et réussit ainsi à arrêter l'exécution des travaux, à plusieurs
 » reprises, pour faire faire de nouvelles enquêtes sur son procédé à
 » lui. Ce n'est qu'après plusieurs années et quand on eut démontré
 » l'inanité de toutes ses assertions, qu'on réussit à écarter cette cause
 » d'arrêt. »

Une décision définitive intervint enfin en 1888, le Sénat et la bourgeoisie acceptant le projet du service technique. Mais l'exécution de ce projet devait entraîner à des dépenses considérables et il fallut majorer les tarifs. Il se produisit un conflit entre le Sénat et les représentants de la bourgeoisie ; on voulait bien un service public parfaitement organisé, mais on ne voulait pas payer en conséquence. Deux années se passèrent en négociations et enfin on se mit d'accord en juillet 1890 et l'on commença les travaux dans l'automne de la même année ; ils devaient être terminés en 1894.

Tous les travaux étaient en bonne voie, quand survint en août 1892 l'épidémie de choléra. Il paraît que la maladie aurait été apportée par des émigrants russes qui auraient campé sur les bords de l'Elbe, près des Travaux d'Eau. Depuis quelques jours, il y avait des bruits vagues, puis un matin on constata une dizaine de décès dans les hôpitaux, avec des entrées de malades d'heure en heure ; le lendemain, il y avait 30 décès, puis 100, 200, 500, 800, 1.000, 1.200. Qu'on essaye de se figurer la situation des autorités devant cette progression. Où cela allait-il s'arrêter ? En une semaine tous les hôpitaux étaient bondés, plusieurs milliers de cadavres attendaient la sépulture, la panique se mit dans la population.

M. A. Meyer décrit dans un laconisme éloquent l'effet de ce désastre sur les travaux :

« Les fournitures s'arrêtèrent, les bateliers et les ouvriers partirent,
 » l'entrepreneur pour les maçonneries des bassins et des filtres mourut,
 » les quarantaines vinrent tout entraver, le prix des matériaux et de la
 » main-d'œuvre s'élevèrent rapidement. Mais on passa à travers toutes
 » ces difficultés avec la plus grande énergie ; le travail fut forcé, avec
 » double équipe de jour et de nuit, à la lumière électrique, sans repos
 » dominical. On utilisa des matériaux d'origine plus lointaine ; c'est
 » ainsi que pour le sable des filtres on ouvrit une nouvelle carrière et
 » l'on fit des frais considérables pour doubler les appareils de lavage
 » du sable. On réussit ainsi à mettre en ordre pour le 1^{er} mai 1893,
 » des installations suffisantes pour filtrer environ la moitié de la quan-
 » tité consommée par jour et, le 27 mai 1893, on ferma l'ancienne prise
 » à l'Elbe et toute l'eau fournie était désormais filtrée. »

Il y a une morale à tirer de cette histoire et M. Meyer, avec beaucoup de courage et d'indépendance, la fait ressortir : c'est qu'il faut laisser faire les spécialistes qui ont la responsabilité de la santé publique et qui seuls ont la compétence nécessaire; l'intervention du grand public dans ces questions est toujours un mal. A Hambourg, cela a amené un désastre. Il est à constater aussi que ceux-là précisément qui ont le plus entravé la marche normale des événements, sont toujours les premiers pour crier quand il est trop tard et pour accuser les autres.

Le devis primitif s'élevait à 6.725.000 marks; la façon dont il a fallu pousser les travaux pour les achever en mai 1893 au lieu de fin 1894, a naturellement amené une forte majoration de dépenses, soit de 2.700.000 marks.

Les installations actuelles comprennent :

4 bassins de décantation de $350 \times 120 \times 2$ mètres, soit une capacité de 80.000 mètres cubes chacun; on peut donc emmagasiner 320.000 mètres cubes.

18 filtres quadrangulaires de 7650 mètres carrés de surface chacun, soit une surface totale de plus de 136.000 mètres carrés.

Un réservoir d'eau filtrée d'une contenance utile de 10.000 mètres cubes.

Une tour de pression (château d'eau) de 76 mètres de haut, servant d'enveloppe à la cheminée des chaudières.

Chaudières et machines de foulage.

Il y a quelques remarques spéciales à faire sur ces diverses installations :

Une question assez accessoire, semble-t-il, mais qui a été discutée à fond à Hambourg, a trait à la construction des filtres. Les deux commissaires de 1880 (MM. Gill et Folsch) avaient fortement insisté pour faire des filtres non en talus, mais à parois verticales. Ce dispositif a l'avantage d'épargner beaucoup de place, mais il a l'inconvénient de nécessiter, pour ces murs, des fondements difficiles à faire dans un mauvais terrain. On conçoit que l'économie de terrain soit une considération importante près de Londres, où en général le sous-sol est ferme. Mais à Hambourg, il fallait construire dans des dépôts de l'Elbe et M. Meyer objectait avec raison qu'on n'aurait pas réussi à tenir les filtres étanches. Il a soulevé encore un autre point : le filtrage imparfait de l'eau entre le mur et le sable. Dans toute la masse du filtre, les grains de sable sont pour ainsi dire imbriqués; les particules solides en suspension (inorganiques ou organisées) ont à suivre des

voies tortueuses et, butant contre les grains, restent collées à la couche mucilagineuse qui les recouvre. Contre les parois au contraire, les grains sont simplement en contact et les espaces libres doivent être plus grands, permettant une percolation plus rapide. Avec un talus, cela est moindre qu'avec une paroi verticale.

Les dimensions des filtres sont beaucoup plus considérables que ce que l'on fait d'ordinaire. Tandis que presque partout ailleurs on ne dépasse guère les 4000 mètres carrés, les filtres de Hambourg ont chacun 7650 mètres. L'inconvénient des grands filtres est surtout la difficulté d'un nettoyage rapide et la diminution de surface filtrante résultant de la mise hors de service pendant ce temps d'un ou de plusieurs bassins. Mais M. Meyer fait remarquer qu'il s'agit ici d'une question de pourcentage, d'une proportion entre la surface qu'il faut nécessairement soustraire à l'activité à chaque nettoyage et la surface totale. Or, il y a 18 filtres et la vitesse de filtrage ordinaire est de beaucoup inférieure à la vitesse normale de Koch. Les grands filtres de Hambourg n'ont donné lieu jusqu'ici à aucun inconvénient.

On sait qu'un des éléments les plus importants pour obtenir de bons résultats bactériologiques est la régularité de la vitesse de filtrage. Il vaut mieux filtrer à une vitesse relativement élevée, mais constante, que de varier brusquement des vitesses moindres. On a donc apporté dans ces derniers temps la plus grande attention sur ce point et proposé un certain nombre de dispositifs automatiques. Après quelques essais, on en est pourtant revenu à Hambourg à un simple réglage à la main. Les causes qui peuvent influencer sur la vitesse de filtration sont multiples : la hauteur de la colonne d'eau sur le sable, — l'état du filtre lui-même, très poreux au début et s'obstruant graduellement ; — la contre-pression de l'eau dans le réservoir d'eau pure. On peut dans la pratique écarter la première cause perturbatrice en maintenant les filtres à un niveau constant ; on écarte également la seconde en ne raccordant pas directement le tuyau de décharge des filtres avec le réservoir d'eau pure, mais en recevant ce tuyau dans une chambre avec un déversoir mobile. Quand on connaît la hauteur de l'eau au-dessus du bord supérieur de ce déversoir, les formules donnent très exactement le débit ; inversement, pour obtenir un débit donné, il suffit de réaliser au-dessus du seuil la hauteur d'eau correspondante. Voici maintenant comment les choses sont arrangées à Hambourg : la chambre de réception de chaque filtre a un barrage mobile, auquel est attachée une tige portant un disque ; dans la même chambre il y a un flotteur aussi avec une tige ; on a donc ainsi une indication de la

situation réciproque du barrage et du niveau de l'eau et un trait horizontal sur le disque indique au préposé à la manœuvre des filtres la position que doit avoir le flotteur pour obtenir la marche voulue du filtre.

Cette vitesse normale a été calculée à mètre 0.062 $1/2$ par heure, c'est-à-dire qu'en 24 heures une colonne de 1^m,510 d'eau passe à travers le sable. C'est là un filtrage très lent et de beaucoup inférieur au chiffre de 100 millimètres par heure (2,40 mètres par jour) admis par Koch.

Nous nous bornerons à mentionner les installations accessoires ordinaires : hangars, remises, dépôt de charbon, habitation du personnel, etc. Il y a une installation spéciale pour l'éclairage et le chauffage au gaz d'eau, obtenu en faisant passer de la vapeur sur du coke incandescent; on emploie des becs Fahnejelm au magnésium et le bec Auer; comme les fuites de ce gaz sont dangereuses par la présence d'oxyde de carbone, on lui donne de l'odeur au moyen du mercaptan, ce qui doit être assez peu agréable. On chauffe au gaz en hiver toutes les maisonnettes où se trouvent les vannes et les déversoirs des filtres et des bassins, les habitations, le laboratoire, etc.

Rien ne montre mieux l'esprit scientifique qui distingue l'Allemagne et dont le désastre de 1892 a fait apprécier toute l'utilité, que l'installation de ce laboratoire. La construction a coûté Mks 46.000, son installation Mks 7.000 et il dispose d'un crédit annuel de Mks 4.000, non compris les traitements. Il y aura en outre une pinasse à vapeur de Mks 15.000 pour circuler sur l'Elbe.

La consommation d'eau à Hambourg est extraordinairement élevée. Pour une population de moins de 600.000 habitants, on a pompé jusqu'au delà de 161.000 mètres cubes, soit 278 litres par tête. La population est habituée à avoir l'eau par robinet libre, c'est-à-dire sans compteur, et il doit se produire énormément de gaspillage; il est bien évident, ainsi que le dit l'auteur, que si l'on veut étendre à toute la ville le système de l'alimentation permanente, il faudra prendre des mesures pour établir un contrôle, faute de quoi les installations actuelles, quelque étendues qu'elles soient, deviendront rapidement insuffisantes et il faudra encore des millions et des millions de marcs.

Le travail de M. Meyer révèle un ingénieur compétent, ayant compris depuis longtemps les principes d'hygiène se rattachant à la question des eaux et conscient de la grave responsabilité qu'assument tous ceux qui ont à alimenter une grande ville. Il faut une certaine dose de cou-

rage pour dire aussi nettement la vérité, comme dans son historique des difficultés que l'on a soulevées comme à plaisir pour retarder l'établissement du filtrage et qui ont eu, à la vingt-quatrième heure, de si sinistres résultats. Mais il y a dans cet historique, un enseignement qu'il serait dommage de laisser se perdre : les autorités doivent faire étudier les grands travaux par leur personnel technique ; celui-ci doit être compétent, impartial et s'entourer de tous les renseignements. Mais une fois qu'une décision a été définitivement prise, il ne faut plus se laisser arrêter par aucune considération et laisser crier les inventeurs méconnus, les auteurs des plans refusés. Les tergiversations, les faiblesses sont souvent cruellement punies et on ne doit pas oublier qu'il s'agit toujours, en fin de compte, de ce qu'il y a de plus précieux, de ce que tous les trésors ne peuvent racheter : de vies humaines.

Ad. K.
