

ANALYSES CHIMIQUES D'EAUX DE PUIITS ARTÉSIENS

LES

PUITS ARTÉSIENS DE WILLEBROECK

PAR

C. Klement

Aide-Naturaliste au Musée royal d'histoire naturelle de Belgique.

Les recherches dont on va lire les résultats sont la continuation d'un travail que j'ai commencé il y a quelques années sous le titre général : *Analyses chimiques d'eaux de puits artésiens*, et dont une première partie a paru dans le Bulletin du Musée royal d'histoire naturelle de Belgique (1) ; on y trouvera les détails relatifs aux méthodes analytiques suivies pour ces analyses. Le but du travail que j'ai entrepris est de faire connaître, aussi exactement que possible, la composition des eaux qui circulent dans les différentes couches aquifères de nos terrains, rendues accessibles par les nombreux forages artésiens. Comme il n'existe jusqu'ici que très-peu de données certaines sur cette question, on comprendra l'importance que de telles recherches offrent pour les études géologiques.

Au commencement de cette année, MM. Rutot et Van den Broeck m'envoyèrent, pour l'examen chimique, quelques échantillons d'eaux de puits artésiens qu'ils avaient recueillis à Willebroeck, localité importante au Sud de Boom, sur le Rupel. L'un de ces échantillons, provenant de l'établissement De Naeyer, était surtout caractérisé par une couleur brune paraissant presque noire sous un certain volume ;

(1) C. KLEMENT, Analyses chimiques d'eaux de puits artésiens. Bull. Mus. roy. d'hist. nat. de Belgique. T. III, 1884, p. 97.

il ne contenait que très peu de chaux et de magnésie, mais renfermait, par contre, des quantités assez notables de carbonates alcalins. L'autre échantillon, provenant de la brasserie Van den Bogaert, différait du premier seulement par la couleur : il était presque incolore, ne montrant qu'une très légère teinte jaunâtre. Les chiffres obtenus par ce premier examen étaient les suivants :

	De Naeyer.	Van den Bogaert.
Résidu fixe (160°).	08 ^r .,479.	08 ^r .,442 par litre.
Perte au feu de ce résidu	0, 039.	0, 026 "
Permanganate de potassium employé pour l'oxydation des matières organiques	0, 055.	0, 010 "

On a souvent admis, d'après Wood, qu'une partie de permanganate correspond à cinq parties de substances organiques, ce qui dans notre cas donnerait respectivement 08^r,270 et 08^r,050 de ces substances par litre; c'est-à-dire des quantités beaucoup plus considérables que celles indiquées par la perte au feu. J'ai constaté des divergences tout à fait analogues lors de l'examen chimique de quelques échantillons d'eau du Congo et de certains de ses affluents, échantillons rapportés par M. E. Dupont du voyage d'exploration qu'il a fait dans ces régions en 1887; ces eaux sont également d'une couleur brune plus ou moins foncée.

Il aurait été possible que ces différences fussent venues de la présence de matières organiques volatiles en dessous de 160°. Pour résoudre cette question, de nouvelles recherches, faites sur des quantités d'eau plus considérables, étaient nécessaires; aussi me suis-je rendu le 17 juillet à Willebroeck pour recueillir moi-même l'eau qui devait servir pour ces recherches.

I. Eau du puits artésien de l'Établissement De Naeyer.

D'après les renseignements donnés par M. De Naeyer à MM. Rutot et Van den Broeck, qui ont bien voulu me les transmettre, ce puits a été creusé en 1887; sa profondeur est de 58 mètres et son débit d'environ 5,000 litres à l'heure, avec aspiration à 8 mètres de profondeur. Son niveau hydrostatique se trouve à plus de 1^m,50 au-dessus du niveau du sol; à 1^m,50 le débit par écoulement naturel est de 150 litres par heure, et au niveau du sol, il est de 1,200 litres. En déprimant le niveau à 2 mètres sous le sol, le débit atteint 2,000 litres par heure.

On ne connaît pas exactement la coupe géologique de ce puits. D'après l'opinion de MM. Rutot et Van den Broeck, c'est probablement de l'étage éocène ledien (sables et grès calcarifères à *Nummulites varioraria*) que cette eau provient; ce terrain serait surmonté lui-même par l'étage asschien et par des sables oligocènes et quaternaires.

L'eau destinée à l'analyse a été prise au robinet qui se trouve à l'extérieur du bâtiment situé près de la boulangerie. Sa température était de 12° environ. L'eau est claire; sa couleur varie, suivant l'épaisseur de la couche observée, du jaune de vin jusqu'au brun plus ou moins foncé. Elle ne possède ni odeur, ni goût particulier; sa réaction est légèrement alcaline.

Matières organiques. On n'a jusqu'ici que des connaissances très imparfaites sur les substances organiques contenues dans les eaux naturelles; leurs quantités sont ordinairement si peu considérables et leurs réactions si peu caractéristiques, qu'on n'a pas encore trouvé de méthode générale pour déterminer leur nature. Même la détermination de leur quantité offre encore beaucoup de difficultés. On a souvent voulu faire cette détermination d'une manière indirecte par le permanganate de potassium, en admettant, comme il est dit plus haut, qu'une partie de ce réactif peut oxyder 5 parties de substances organiques. Mais il n'est nullement probable que les mêmes substances se trouvent constamment dans les diverses eaux; il est donc évident que cette relation de 1 à 5 est tout à fait hypothétique. L'eau en question fournira une nouvelle preuve de l'écart énorme qui peut exister entre la quantité de permanganate à décolorer et la perte au feu. Pour ces motifs on se borne maintenant à indiquer tout simplement la quantité de permanganate nécessaire pour l'oxydation des substances organiques.

Quand il s'agit de doser seulement les matières organiques *non volatiles*, nous possédons une méthode plus exacte: on évapore à siccité une quantité déterminée d'eau, après avoir éliminé au besoin la chaux et la magnésie par un léger excès de carbonate de sodium; on sèche le résidu à 160° et on détermine la perte au feu qui, dans ces conditions, correspond exactement aux substances organiques.

Dans le cas présent, voici les résultats obtenus: 250 cc. d'eau évaporée à siccité ont donné à 100° 08^r,1145, à 110° 08^r,1142, à 120° 08^r,1139 et à 160° 08^r,1137 de résidu; en chauffant ensuite au rouge sombre, on a constaté une perte de 0,0061 gr. Il résulte de ces chiffres que l'eau ne contient presque pas de matières volatiles entre 100° et 160°. Pour 100 cc. on a employé, le 24 juillet, en moyenne 4,8 cc. d'une solution de permanganate de potassium (1 cc. = 08^r,00069 de KMnO₄) et le 6 septembre 5,2 cc. d'une autre

solution (1 cc. = 0^{gr},00066 de $KMnO_4$), ce qui fait 0^{gr},0338 de permanganate de potassium par litre d'eau ; il fallait maintenir l'eau en ébullition pendant au moins dix minutes pour arriver à des résultats concordants. Pour voir si l'eau ne contient pas de matières organiques volatiles en dessous de 100°, 100 cc. furent évaporés, le résidu fut repris par l'eau et traité ensuite par le permanganate ; on employa 4,6 cc. de la première solution. En outre 250 cc. furent soumis à une distillation fractionnée ; pour les premiers 100 cc. distillés, on employa 0,15 cc, et pour les seconds 100 cc. distillés, 0,05 cc. de permanganate.

Il résulte de l'ensemble de ces expériences, que l'eau ne contient que des quantités minimales de matières volatiles en dessous de 160° ; la presque totalité du permanganate est donc réduite par des substances organiques non volatiles. La perte au feu indiquée plus haut nous a montré que la quantité de ces dernières est de 0^{gr},0244 par litre. Nous verrons plus tard que ce chiffre doit être un peu en dessous de la vérité, parce que l'eau contient un sel organique (l'apocrénate de sodium) qui, par calcination, se transforme en carbonate ; mais l'erreur provenant de ce fait n'est pas bien considérable. En comparant maintenant ce chiffre de 0^{gr},0244 au quintuple du permanganate employé pour l'oxydation (soit 0^{gr},1690), nous trouvons, au lieu d'égalité, une relation de 1 à 7 entre ces deux nombres. Ce fait n'a d'ailleurs rien de surprenant. La relation entre le poids des matières organiques et la quantité de permanganate nécessaire pour les oxyder a été évidemment constatée pour les eaux circulant dans les couches superficielles, où l'oxydation de l'air a libre accès et peut amener ces substances au plus haut degré d'oxydation possible dans ces conditions ; tandis que dans les couches profondes, en l'absence de l'oxygène, les matières organiques resteront dans un état d'oxydation bien inférieur.

Il est évident qu'en présence de ces constatations on doit abandonner toute idée de conclure de la quantité de permanganate à la quantité de matières organiques ; la première peut tout au plus nous donner quelques indications sur la qualité de ces matières. Pour ces mêmes motifs il serait peut-être plus rationnel de donner le chiffre du permanganate, qui ne répond, pour l'eau analysée, à rien de positif, non pas en *poids* mais en *degrés*, comme cela se fait pour la dureté. On pourrait désigner par *degré d'oxydabilité* la quantité de permanganate de potassium, exprimée en milligrammes, nécessaire pour oxyder les substances organiques contenues dans un litre d'eau ; on dirait, par exemple, que l'oxydabilité de l'eau analysée est de 33°,8. Ce degré d'oxydabilité, sans grande importance au point de vue purement scientifique, conserve toute sa valeur pour les recherches hygiéniques, du

moins quand il s'agit d'eaux superficielles. Car il est évident qu'un haut degré d'oxydabilité indiquera la présence d'agents réducteurs paralysant l'action de l'oxygène libre, et nuisible, dans la plupart des cas, à la santé.

Après avoir dosé ainsi la quantité des matières organiques, il s'agit maintenant d'étudier leurs propriétés et de déterminer leur nature. On suppose généralement que les substances organiques contenues dans les eaux naturelles, surtout quand elles donnent à l'eau une coloration plus ou moins foncée, appartiennent à la série des corps dits *ulmiques* ou *humiques*, sans qu'on puisse, dans chaque cas particulier, déterminer à quelles espèces elles appartiennent. Ces corps sont d'ailleurs encore bien peu connus malgré de nombreuses recherches, parmi lesquelles il faut surtout citer celles de Hermann (1) et Mulder (2). Leur composition semble varier avec les circonstances dans lesquelles ils se forment, ce qui explique le peu de concordance dans les résultats de ces deux auteurs.

Hermann les divise en trois groupes :

- I. Substances solubles dans les alcalis, précipitées par les acides minéraux.
 - A Insolubles dans l'acétate de sodium (précipitées par l'acide acétique) : *acides humiques*.
 - B. Solubles dans l'acétate de sodium (non précipitées par l'acide acétique) : *acides apocréniques* (Quellsatzsäuren).
- II. Substances facilement solubles dans l'eau sans l'aide d'alcali : *acides créniques* (Quellsäuren) et une substance qu'il appelle extrait d'humus (*Humusextract*).
- III. Substances aussi bien insolubles dans les alcalis que dans les acides.

La matière qui colore l'eau en question est précipitée par les acides minéraux : l'eau acidulée par ces acides dépose, après quelque temps, un précipité floconneux brun foncé, et devient presque incolore ; le même précipité se forme plus vite, quand on évapore l'eau acidulée. Ce précipité, par dessiccation, forme une masse cornée de couleur foncée, donnant une poudre brun chocolat, et contenant de petites quantités d'azote. Par contre on n'obtient aucun précipité par l'acide acétique, pas même quand on a concentré au préalable l'eau à un petit volume par évaporation. L'acétate de cuivre donne, en présence de cet acide en excès, un précipité brun. L'eau est précipitée et décolorée, en outre, par les sels solubles des métaux alcalino-terreux. Toutes ces

(1) R. HERMANN : *Untersuchungen über den Moder*. Journal f. prakt. Chemie, t. 22, 1841, p. 65, t. 23, 1841, p. 375 et t. 25, 1842, p. 189.

(2) G. J. MULDER : *Ueber die Bestandtheile der Ackererde*. Journal f. prakt. Chemie, t. 32, 1844, p. 321.

réactions nous conduisent à identifier la matière brune qui colore l'eau analysée avec l'*acide apocrénique*, découvert par Berzelius dans une eau minérale ferrugineuse de Suède (1), où il se forme par décomposition de matières végétales. Il règne encore la même incertitude sur la composition de ce corps que sur les matières ulmiques en général. Berzelius a constaté qu'il contient de l'azote; mais tandis que Mulder prétend que cet élément s'y trouve à l'état d'ammoniaque, si intimement liée à l'acide, qu'on ne peut la déceler par les réactifs ordinaires, Hermann, au contraire, est d'avis que l'azote est bien un élément constitutif. Il existerait, d'après cet auteur, plusieurs acides apocréniques : l'un non azoté (*Anitrosatzsäuere*), auquel il assigne la formule $C_{20}H_{16}O_8$ et qui serait bivalent; les autres azotés, dérivant du premier par remplacement d'oxygène par l'azote, par exemple : $C_{20}H_{16}O_6N_2$ (*Torfsatzäüser*). Cette dernière hypothèse est, d'après les théories actuellement admises, aussi peu probable que la supposition de Mulder, de sorte que la véritable constitution de ce corps est tout à fait inconnue. Mulder admet pour l'acide anhydre, pouvant saturer 10 équivalents de base, la formule $C_{48}H_{24}O_{24}$; le sel ammoniacal acide, analysé par Berzelius, serait, d'après lui, $C_{48}H_{34}N_2O_{26}$ ou $C_{48}H_{24}O_{24} \cdot 2NH_3 \cdot 2H_2O$; il pourrait saturer encore 8 équivalents de base.

La propriété de l'acide apocrénique d'être précipité par les acides donne un moyen facile de le doser. J'avais d'abord agi pour ce dosage de la manière suivante : Le précipité obtenu par l'acide sulfurique fut recueilli sur un filtre préalablement pesé; il fut lavé avec l'eau acidulée par l'acide chlorhydrique, séché à 100° , pesé et incinéré alors dans un creuset en platine. Cette dernière opération semblait indiquée, parce qu'il était probable qu'une petite quantité de silice serait précipitée avec l'acide apocrénique. De cette manière, un litre d'eau a donné $0^r,0069$ de précipité brun, qui laissait encore $0^r,0011$ de cendres.

Mais la difficulté, ou plutôt l'impossibilité d'obtenir, avec un filtre en papier, un poids absolument constant, occasionne, pour une si petite quantité de substance, une erreur de pesée beaucoup trop considérable pour attribuer quelque valeur à ce chiffre. Il aurait fallu pour cette seule détermination une quantité d'eau au moins dix fois plus grande pour arriver à un résultat quelque peu certain. Comme d'un autre côté, d'après Berzelius, l'acide apocrénique n'est pas entièrement précipité par les acides (le liqui de filtré avait, en effet, encore une très

(1) BERZELIUS : *Untersuchung des Wassers der Porlaquelle*. Poggendorff's Annalen d. Phys. u. Chemie, t. 29, 1833, pp. 1 et 238.

légère teinte jaunâtre), ce qui provoque une erreur en sens inverse à celle occasionnée par la non élimination de la silice, j'ai préféré prendre un filtre en verre étiré pour recueillir l'acide précipité. Il était alors naturellement impossible de déterminer les cendres; le chiffre obtenu sera donc probablement un peu trop élevé. Deux déterminations faites de cette manière, chaque fois sur un litre d'eau, ont donné 0^{gr},0081 et 0^{gr},0090 d'acide apocrénique, soit à peu près le tiers de la totalité des matières organiques.

Pour savoir de quelle manière se fait la répartition du permanganate entre l'acide apocrénique et le reste des matières organiques, une quantité déterminée du liquide filtré après la précipitation de l'acide apocrénique, correspondant à 200 cc. d'eau, fut titrée par le permanganate: on employa, en moyenne, pour les deux essais dont il est question plus haut, 3, 1 et 3, 0 cc. de ce réactif (1 cc. = 0^{gr},00066 KMnO₄), ce qui répond à 0^{gr},0101 par litre d'eau, c'est-à-dire que les deux tiers des matières organiques, non précipités par l'acide sulfurique, réduisent moins d'un tiers du permanganate total; c'est donc l'acide apocrénique qui est la cause du haut degré d'oxydabilité de cette eau. Il est évident que la détermination de l'acide apocrénique, comme elle a été effectuée, n'est pas assez exacte pour établir d'une manière certaine la relation entre ce corps et la quantité de permanganate nécessaire pour l'oxyder. Je compte bien reprendre, dès que les circonstances le permettront, l'étude de cette intéressante substance; pour l'analyse de cette eau, il suffit d'en connaître approximativement la quantité.

Je dois encore signaler une propriété des substances organiques, dissoutes dans l'eau, et particulièrement de l'acide apocrénique: celle d'être précipité par les carbonates alcalino-terreux à l'état solide. Par le fait que l'acide apocrénique peut déplacer l'acide acétique et à plus forte raison l'acide carbonique dans leurs sels, j'ai été amené à me demander si l'eau, quoique alcaline, ne serait pas décolorée aussi par les carbonates non solubles. En opérant chaque fois sur 100 cc., l'eau fut additionnée de quantités différentes de spath d'Islande en poudre fine; on en ajouta dans quatre essais 0^{gr},25, 0^{gr},50, 1^{gr},0 et 1^{gr},7. Après avoir laissé déposer, 50 cc. du liquide surnageant furent titrés par le permanganate de potassium, dont on employa respectivement 1.3, 0.6, 0.4 et 0.35 cc. (1 cc. = 0^{gr},00069 KMnO₄). Il résulte de ces expériences que les matières organiques contenues dans l'eau sont presque totalement précipitées par le carbonate de calcium si ce corps est ajouté en quantité suffisante. Ce fait me paraît d'autant plus digne d'attention qu'on pourrait peut-être l'utiliser en grand pour épurer les eaux contaminées. Un phénomène analogue a été observé

pour les eaux noires de certaines rivières de l'Amérique du Sud. La coloration de ces eaux est due, d'après MM. Muntz et Marcano (1), aux acides humiques que ces eaux renferment en quantités assez considérables (presque 0^{gr}.028 par litre) ; elle disparaît dès que des eaux calcaires viennent s'y mélanger. Mais les auteurs attribuent la décoloration plutôt à la destruction de la matière organique par oxydation qu'à la précipitation.

L'acide apocrénique se trouve dans l'eau, sans aucun doute à l'état d'apocrénate alcalin, combiné probablement à la soude. Par calcination ce sel se transforme en carbonate, d'où il résulte, comme je l'ai déjà fait remarquer plus haut, que le chiffre indiquant, d'après la perte au feu, les matières organiques non volatiles, sera un peu trop petit. En admettant pour cet acide les formules et la basicité indiquées plus haut d'après Hermann et Mulder et en supposant qu'il se trouve dans l'eau à l'état de sel neutre. il donnerait le neuvième ou le sixième de son poids, soit dans le cas présent, 0^{gr}.0009 ou 0^{gr}.0014 d'acide carbonique, qu'on devrait ajouter à la perte au feu.

Pour les autres éléments, l'analyse faite après l'adjonction des réactifs appropriés, a donné les résultats suivants :

Un litre d'eau a donné 0^{gr}.0187 de silice, 0^{gr}.0006 de peroxyde de fer et d'alumine, 0^{gr}.0031 de chaux et 0^{gr}.0065 de pyrophosphate de magnésium.

0,5 litre d'eau donna 0^{gr}.2184 de chlorures de sodium et de potassium et 0^{gr}.0231 de chloroplatinate de potassium.

1 litre d'eau a fourni 0^{gr}.0121 de sulfate de baryum.

1 litre d'eau donna 0^{gr}.0604 de chlorure d'argent et 0^{gr}.0026 d'argent métallique. On avait éliminé, avant de précipiter le chlore, l'acide apocrénique pour empêcher la réduction du chlorure d'argent.

1,5 litre d'eau donna 0^{gr}.4385 d'acide carbonique.

L'eau contient, en outre, des traces d'acides phosphorique et nitrique, mais elle ne renferme ni ammoniaque, ni acide nitreux.

II. Eau du puits artésien de la brasserie Van den Bogaert.

D'après les renseignements donnés par M. Van den Bogaert, ce puits a été creusé en 1887 ; sa profondeur est de 58^m,50 et son niveau hydrostatique se trouve à peu près au niveau du sol. A 0^m,40 sous le sol on a ménagé un écoulement latéral, qui donne 1800 litres par heure. Quand toutes les pompes marchent, le niveau est déprimé de 4 mètres, mais

(1) A. MUNTZ et V. MARCANO. *Sur les eaux noires des régions équatoriales*. Comptes Rendus de l'Acad. des Scienc. de Paris, déc. 1888.

le débit maximum n'est pas connu. Le sol est ici environ de 1 mètre plus haut qu'à l'établissement De Naeyer. L'eau a été prise, pour l'analyse, à la pompe qui se trouve dans la cour de la brasserie; sa température était de 13° environ. Elle est claire, presque incolore, ne montrant qu'une légère teinte jaunâtre, sans odeur ni goût particuliers. Sa réaction est légèrement alcaline.

Pour ce qui concerne la coupe géologique du puits, de quelques renseignements fournis par M. Van den Bogaert, MM. Rutot et Van den Broeck ont pu conclure que les terrains traversés sont : des sables et des alluvions quaternaires, sur une épaisseur probable de 5 à 6 mètres; du sable oligocène sur 8 à 10 mètres; l'étage asschien complet, comprenant du sable vers le haut, de l'argile plus ou moins glauconifère à la partie moyenne et du sable glauconifère et fossilifère vers le bas. L'étage asschien aurait environ 35 mètres d'épaisseur et il reposerait, vers la profondeur de 50 mètres, sur les sables calcareux avec bancs de grès de l'étage ledien. Le premier banc de pierre, formé de coquilles agglomérées, aurait été rencontrée à 51^m,55 et aurait présenté une épaisseur de 3 mètres. A la profondeur de 55 mètres, un autre banc de grès calcareux, de 2^m,50 d'épaisseur, aurait été percé; enfin le puits se serait arrêté à la profondeur de 58^m,50, dans du sable ledien aquifère.

L'emploi des réactifs appropriés a donné les résultats suivants :

0,25 litre d'eau donna un résidu d'évaporation de 0^{gr},1080 à 160° qui, chauffé au rouge sombre, perdait 0^{gr},0045.

1 litre d'eau donna 0^{gr},0182 de silice, 0^{gr},0007 de peroxyde de fer et d'alumine, 0^{gr},0032 de chaux et 0^{gr},0073 de pyrophosphate de magnésium.

0,25 litre d'eau donna 0^{gr},1053 de chlorures de sodium et de potassium et 0^{gr},0117 de chloroplatinate de potassium.

1 litre d'eau a fourni 0^{gr},0121 de sulfate de baryum.

1 litre d'eau donna 0^{gr},0527 de chlorure d'argent et 0^{gr},0048 d'argent métallique.

1,5 litre d'eau donna 0^{gr},4310 d'acide carbonique.

Pour 100 cc. on a employé 1,3 et 1,4 cc. d'une solution de permanganate de potassium pour oxyder les matières organiques (1 cc. = 0^{gr},00069 KMnO₄).

L'eau contient, en outre, des traces d'acides phosphorique et nitrique, mais elle ne renferme ni ammoniaque, ni acide nitreux.

D'après ces données, on obtient le tableau suivant indiquant les quantités des acides et des bases dissoutes par litre dans les deux eaux analysées :

	De Naeyer.	Van den Bogaert.
Acide carbonique (CO ₂)	0 ^{gr} ,2924	0 ^{gr} ,2874
Acide sulfurique (SO ₃)	0 0042	0 0042
Acides phosphorique et nitrique	traces.	traces.
Chlore.	0 0158	0 0146
Soude (Na ₂ O)	0 224 ³	0 2159
Potasse (K ₂ O)	0 0090	0 0091
Magnésie (MgO)	0 0023	0 0026
Chaux (CaO)	0 0031	0 0032
Alumine et fer (Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃).	0 0006	0 0007
Silice (SiO ₂).	0 0187	0 0182
Matières organiques (total)	0 0244	0 0180
Acide apocrénique	0 0085	traces
Permanganate de potassium employé pr l'oxydation des matières organiq.	0 0338	0 0093
Résidu d'évaporation (à 160°)	0 4548	0 4320

En combinant suivant les indications de Bunsen (1), les acides et les bases pour en former des sels, on obtient le tableau suivant :

	De Naeyer.	Van den Bogaert.
Carbonate de calcium (CaCO ₃)	0 ^{gr} ,0055	0 ^{gr} ,0057
Carbonate de magnésium (MgCO ₃)	0 0049	0 0055
Carbonate de sodium (Na ₂ CO ₃)	0 3643	0 3520
Sulfate de potassium (K ₂ SO ₄)	0 0091	0 0091
Chlorure de sodium (Na Cl)	0 0210	0 0188
Chlorure de potassium (KCl)	0 0065	0 0067
Silice (SiO ₂)	0 0187	0 0182
Alumine et fer (Al ₂ O ₃ + F ₂ O ₃)	0 0006	0 0007
Matières organiques (total)	0 0244	0 0180
Acide apocrénique	0 0085	traces.
Acide carbonique à demi combiné	0 1362	0 1359
Résidu fixe (calculé)	0 4550	0 4347
Résidu fixe (trouvé)	0 4548	0 4320
Dureté temporaire (calculée)	1°,04	1°,12
Oxydabilité.	33°,8	9°,3
Température	12°	13°

En comparant ces chiffres, on remarque que les deux eaux analysées sont sensiblement identiques, sauf en ce qui concerne l'acide apocrénique. L'eau du puits de l'établissement De Naeyer doit sa couleur à une quantité relativement faible de cette substance, tandis que l'eau de la brasserie van den Bogaert, qui n'en contient que des

(1) R. BUNSEN. *Anleitung zur Analyse der Aschen und Mineralwässer*. Heidelberg, 1874, pp. 47 à 53.

traces, est presque incolore. Ces eaux diffèrent beaucoup, par leur composition, des eaux ordinaires. Elles sont surtout caractérisées par une teneur assez élevée en bicarbonate sodique : les quantités de carbonate neutre, indiquées dans le tableau, correspondent en effet, respectivement à 0^{gr},5774 et 0^{gr},5579 de bicarbonate de sodium. De telles quantités ne sont certainement pas sans action sur l'organisme animal, et ces eaux pourraient bien trouver, dans des cas spéciaux, un emploi médical; il faudrait donc les classer parmi les eaux minérales alcalines. Il est à remarquer cependant que l'acide carbonique, trouvé par l'analyse, ne suffit pas tout à fait pour former des bicarbonates avec tous les carbonates neutres indiqués sur le tableau. Cela provient évidemment de ce fait que, pour le calcul des sels, on n'a pas tenu compte des acides silicique et apocrénique, qui se trouvent dans l'eau très probablement aussi à l'état de sels alcalins, mais dont la basicité, dans ces conditions, n'est pas bien connue. Le tableau, d'après les principes admis pour son calcul, donne les sels tels qu'ils se déposent l'un après l'autre pendant l'évaporation; il indique donc plutôt la composition du résidu d'évaporation que celle de l'eau analysée, car sur la véritable répartition d'un certain nombre de bases et d'acides en sels, toute donnée positive nous fait défaut. En tenant compte de ces considérations, on peut admettre que tous les carbonates se trouvent en solution dans les deux eaux analysées à l'état de bicarbonates, mais que ces eaux ne contiennent pas d'acide carbonique libre.

On peut se demander si l'eau brune de l'établissement De Naeyer n'est pas insalubre, à cause de son haut degré d'oxydabilité. Pour résoudre cette question, il faut bien se rendre compte des motifs qui ont conduit les hygiénistes à condamner les eaux dont la teneur en matières organiques dépasse certaines limites, d'ailleurs encore fort contestées. Ce n'est certainement pas la quantité seule de ces matières qu'on doit considérer, mais ce sont bien les qualités de ces substances qu'il faudrait connaître pour décider dans chaque cas la question. Or ces qualités étant le plus souvent inconnues, on a dû avoir recours à des moyens indirects pour les apprécier; tel est le degré d'oxydabilité. Les substances nuisibles entre toutes sont les produits de décomposition animale et les petits organismes (bactéries) qui les accompagnent régulièrement, et c'est à juste titre qu'on attribue à ces produits une très grande force de réduction. Partout donc où l'on trouvera, dans les conditions ordinaires, des eaux possédant un haut degré d'oxydabilité, on les condamnera toujours pour autant que la présence des dites substances n'est pas absolument exclue. Dans notre cas, nous connaissons d'abord la nature de la substance réductrice, l'acide apocrénique;

ensuite, le reste des substances organiques de nature inconnue, ne montre plus rien d'anormal ; enfin, cette eau provient de couches géologiques où la présence de produits de décomposition animale est peu probable. Comme il n'y a pas lieu d'attribuer à l'acide apocrénique des propriétés malsaines, du moins pour les quantités dont il s'agit — à preuve la source suédoise dans laquelle Berzelius a trouvé 0,0525 d'acides crénique et apocrénique par litre — je crois pouvoir résoudre la question posée plus haut dans la négative, en disant que *cette eau brune ne contient pas de substances organiques nuisibles à la santé.*
