

OBSERVATIONS SUR L'HYDROTIMÉTRIE

PAR

F. REUTER,

Professeur de chimie à l'Athénée r. g. d. de Luxembourg.

Président de l'Institut.

L'eau est une combinaison d'hydrogène et d'oxygène, dont la composition a été déterminée avec la plus scrupuleuse exactitude.

Dans la nature, nous ne la rencontrons nulle part à l'état de pureté parfaite. Tantôt elle est chargée de gaz, dont les plus importants sont : l'air atmosphérique, l'anhydride carbonique, l'acide sulfhydrique ; tantôt elle tient en dissolution des matières solides, comme le carbonate, le sulfate, le chlorure de calcium, des sels de magnésium, de potassium, de sodium, de fer, ou de la silice, etc. ; d'autrefois elle renferme des matières organiques, ou les produits de la décomposition de ces matières, tels que l'ammoniaque, l'acide nitrique et l'acide nitreux. De manière que quand on parle d'eau naturelle, on n'a jamais en vue le liquide que le chimiste emploie dans ses essais ; mais bien un liquide impur, dont l'impureté est parfois si grande que, loin de pouvoir servir à l'alimentation de l'homme, il ne peut pas même être employé dans l'industrie.

Après l'air, l'eau est l'agent qui joue le rôle le plus important dans l'économie animale ; et les effets de l'eau impure sont d'autant plus désastreux, qu'ils se produisent plus lentement. Une eau malsaine, introduite dans l'organisme comme boisson, ou en mélange avec les aliments, chaque jour, chaque heure, chaque minute, passant dans le tube digestif, et de là dans la circulation du sang, ne peut pas manquer d'exercer une influence délétère sur la santé. C'est un poison lent, redoutable souvent par ses effets.

Les substances de provenance organique sont le plus à craindre, et la médecine attache le plus d'importance à la présence de dé-

jections animales qui, par leur altération, donnent naissance à des corps dont nous ignorons la composition, et mettent en suspension dans l'eau un monde d'êtres vivants dont le microscope seul peut, jusqu'à un certain point, nous révéler l'existence. Schmit a trouvé dans les eaux de puits de Dorpat des embryons de *Distoma*, de *Botryocephalus*, et Lersch prétend que l'eau impure peut propager les germes d'helminthes, de ténias, etc. ; il cite un grand nombre de cas où le typhus, la diarrhée, la dysenterie et le choléra ont été la suite de l'emploi d'eaux contaminées ou contenant des matières organiques en décomposition. D'ailleurs les plus savants hygiénistes admettent que les eaux ont une influence marquée sur l'état sanitaire des populations, et que, bien souvent, elles peuvent être la cause de maladies graves, qui ne cessent qu'avec la cause qui les a engendrées.

Les gouvernements de toutes les nations civilisées se sont occupés de la question des eaux, et cette question a pris, dans ces derniers temps, des proportions inconnues jusqu'alors, ce qui dénote l'intérêt qu'ont les États de procurer aux populations des eaux potables et saines, et qui ne soient pas de nature à compromettre le bien-être. Mais, si l'emploi d'eaux mauvaises peut donner lieu à tant d'accidents, pourquoi ne fixe-t-on pas les conditions auxquelles doit satisfaire une eau destinée à l'alimentation ?

Différentes commissions ont été nommées à cet effet, et voici ce qu'en dit le rapport des commissaires au conseil communal de Vienne :

1° Une eau, irréprochable sous tous les rapports, doit être claire, limpide et inodore.

2° Elle ne doit renfermer que peu de matières solides, et surtout absolument aucune substance organisée.

3° La somme des terres alcalines ne doit pas correspondre à plus de 18 parties de chaux dans 100,000 parties d'eau (0,18 CaO par litre).

4° Les composés directement solubles dans l'eau ne doivent entrer que pour une faible fraction dans la somme des matières salines. Les nitrates et les sulfates ne doivent surtout pas s'y trouver en grande quantité.

5° La composition chimique et la température de l'eau ne doivent varier qu'entre d'étroites limites avec les saisons.

6° Toute affluence de matières qui rendraient l'eau impure doit être évitée.

7° Il n'y a qu'une eau douce de source qui puisse satisfaire à ces conditions ; elle seule est propre à l'alimentation.

8° Pour être propre aux usages industriels, une eau doit remplir à-peu-près les mêmes conditions.

9° L'eau de rivière, filtrée, suffit pour l'industrie, si on peut l'obtenir claire dans tous les temps. Elle ne peut pas servir comme eau potable, parce qu'elle ne remplit pas les conditions 5 et 6.

10° Toute eau inodore, et ne renfermant pas de matières pu-rescibles en quantité notable, suffit pour l'arrosage et le nettoyage des rues.

Beaucoup de chimistes distingués se sont occupés de l'analyse des principes que l'eau de certaines rivières et même d'un grand nombre de sources renferme, mais la science est loin d'avoir les documents nécessaires pour résoudre le grand problème de la valeur hygiénique des eaux.

Et pourquoi ? Ne connaît-on pas de méthode exacte pour faire l'analyse d'une eau ? Les travailleurs manquent-ils ? Certes non ; nous avons tous les éléments pour déterminer la composition de l'eau, et il n'y a que les substances organiques et organisées qui nous laissent en défaut. Les plus grands savants n'ont pas dédaigné de vouer leur temps à la recherche des principes constitutifs des eaux.

Mais ce n'est pas par une analyse unique qu'il faut pour se rendre compte de la valeur de ce liquide ; il en faut un grand nombre ; et le chimiste, en étudiant l'eau d'une rivière et même d'une source, doit s'entourer de tous les documents qu'il peut recueillir sur l'élévation ou l'abaissement du niveau des eaux ; sur l'effet que les pluies plus ou moins fréquentes, la température, le changement de saison, les affluents produisent sur l'eau examinée à diverses époques ; de façon que ce n'est qu'un ensemble d'analyses bien exécutées qui soit à même de nous renseigner sur la valeur réelle d'une eau. D'après ces observations, on conçoit facilement d'où vient ce manque de documents dans une des questions les plus importantes qui occupent les savants : il vient de la difficulté des procédés employés et de la lenteur des opérations que l'on doit exécuter pour faire une analyse exacte. La statistique des

eaux ne peut se faire que quand on exécutera les analyses par des procédés rapides, et l'hydrologie ne sortira de ses étroites limites que quand la méthode ne s'opposera plus à la multiplicité des essais.

Gay-Lussac et Descroizilles ont cherché à raccourcir les procédés analytiques pour la détermination des alcalis et du chlore par l'emploi de la méthode titrée. Les savants modernes ont poursuivi la voie tracée par ces grands maîtres et nous ont donné des procédés rapides et sûrs par lesquels nous pouvons doser un certain nombre de corps au moyen de la burette.

Clark est le premier qui ait appliqué la méthode titrée à l'analyse des eaux ; il ajoutait à 200 c. c. d'eau à essayer une solution alcoolique de savon à la soude, dont il avait préalablement déterminé le titre par le chlorure de calcium.

Boutron et Boudet, en France, et Trommsdorff, en Allemagne, se sont occupés avec beaucoup d'assiduité et de sagacité de la méthode d'analyse des eaux par la dissolution de savon, qu'ils ont appelée hydrotimétrique et prétendent que par ce procédé bien appliqué, on peut parvenir non seulement à doser la chaux et la magnésie de l'eau, mais encore l'acide sulfurique, le chlore et l'anhydride carbonique ; de façon que, par l'hydrotimétrie, on pourrait, en quelques heures de temps, faire l'analyse assez complète d'une eau potable.

Les promesses étaient séduisantes, et laissaient prévoir le moment où la statistique des eaux naturelles pourrait être établie. Mais les essais nombreux qui ont été tentés n'ont pas donné de résultats satisfaisants. Schneider prétend que souvent on n'obtient que 74 % de la dureté réelle. Wagner dit, que même entre des mains très habiles, la méthode donne des résultats auxquels on ne peut pas se fier. Græger et Reichard partagent cette manière de voir ainsi que Tiemann, qui a comparé les diverses méthodes, et qui les rejette quand il s'agit d'une analyse exacte.

Wood et Kubel ont décrit un procédé de dosage des matières organiques dans l'eau, au moyen du permanganate de potassium. Ce procédé permet de reconnaître ces substances, mais il nous laisse dans le vague quant à la nature des substances délétères qui, en très petites proportions, peuvent exercer une influence si fâcheuse sur la santé.

Depuis longtemps j'avais formé le projet de soumettre à l'analyse les eaux des rivières et des sources les plus importantes du pays ; mais la longueur des méthodes usitées m'a toujours fait ajourner ce travail. Cependant le procédé de Boutron et Boulet, perfectionné par Trommsdorff, a été si fortement recommandé par ce dernier savant, que je me suis décidé à l'essayer, dans l'intention de pouvoir exécuter mon projet.

Le 17 janvier 1876 j'ai fait deux essais sur l'eau de la conduite d'eau de la ville de Luxembourg ; en ne déterminant cependant que la chaux à l'état de carbonate et de sulfate, et la magnésie, supposée aussi à l'état de sulfate. Les résultats obtenus sont les suivants :

1° Carbonate de calcium	0,1650	renfermant	0,0925	CaO	) 0,1126	
sulfate	»	0,0490	»	0,0201		CaO
sulfate de magnésium	0,0500	»	0,0167	MgO.		
					0,2640	

Dureté trouvée : 24°.

2° Carbonate de calcium	0,1650	renfermant	0,0925	CaO	) 0,1114	
sulfate	»	0,0457	»	0,0188		CaO
sulfate de magnésium	0,0438	»	0,0146	MgO.		

Dureté trouvée : 23°6.

Ces résultats concordent entre eux, mais diffèrent beaucoup de ceux obtenus par l'analyse ordinaire (voir plus loin l'analyse de l'eau de la conduite de la ville de Luxembourg).

3° Eau puisée le 20 juin 1877 :

Oxyde de calcium	. . . . .	0,1286
oxyde de magnésium	. . . . .	0,0067
anhydride sulfurique.	. . . . .	0,0720
chlore	. . . . .	0,0475
oxyde de sodium	. . . . .	0,0478
anhydride carbonique libre	. . . . .	0,0015

Dureté trouvée : 24°75.

4° Eau puisée le même jour :

Oxyde de calcium.	. . . . .	0,1183
oxyde de magnésium	. . . . .	0,0116
anhydride sulfurique	. . . . .	0,0902
chlore	. . . . .	0,0453

oxyde de sodium	0,0615
anhydride carbonique libre . . .	0,0025
Dureté trouvée : 24°.	

5° Même eau :

Oxyde de calcium.	0,1247
oxyde de magnésium	0,0122
anhydride sulfurique.	0,0771
chlore	0,0352
oxyde de sodium	0,0389
Dureté trouvée : 25°32.	

6° Eau puisée le 26 juin :

Oxyde de calcium.	0,1203
oxyde de magnésium	0,0102
anhydride sulfurique	0,0747
chlore	0,0314
oxyde de sodium	0,0351
Dureté trouvée : 24°27.	

7° Eau puisée le 8 juin et conservée dans un flacon bien bouché jusqu'au 16 :

Oxyde de calcium	0,1154
oxyde de magnésium	0,0084
anhydride sulfurique	0,0566
chlore	0,0569
oxyde de sodium	0,0496
anhydride carbonique libre . . .	0,0063
Dureté trouvée : 23°50.	

8° Eau puisée le 5 juillet 1877 :

Oxyde de calcium.	0,1283
oxyde de magnésium	0,0053
anhydride sulfurique	0,0754
chlore	0,0415
oxyde de sodium	0,0438
anhydride carbonique libre . . .	0,0050
Dureté trouvée : 23°.	

9° Même eau, conservée en flacon pendant deux jours :

Oxyde de calcium	0,1138
----------------------------	--------

oxyde de magnésium	0,0067
anhydride sulfurique.	0,0422
chlore	0,0323
oxyde de sodium	0,0149
anhydride carbonique libre	0,0043

Dureté trouvée : 23°.

10^e Même eau, examinée après cinq jours :

Oxyde de calcium	0,1211
oxyde de magnésium	0,0063
anhydride sulfurique	0,0369
chlore	0,0394
oxyde de sodium	0,0153
anhydride carbonique libre	0,0038

Dureté trouvée : 23°5.

11^e Eau puisée le 17 juin , et conservée dans des flacons bien bouchés jusqu'au 17 juillet :

Oxyde de calcium.	0,1166
oxyde de magnésium	0,0092
anhydride sulfurique	0,0230
chlore	0,0380
oxyde de sodium	0,0191
anhydride carbonique libre	0,0040

Dureté trouvée : 23°45.

12^e Même eau :

Oxyde de calcium	0,1165
oxyde de magnésium	0,0084
anhydride sulfurique	0,0262
chlore	0,0336
oxyde de sodium	0,0167
anhydride carbonique libre	0,0050

Dureté trouvée : 23°45.

L'analyse de l'eau des n^{os} 7 et 8, faite par les procédés ordinaires, m'a donné les résultats suivants :

Oxyde de calcium	0,1436
oxyde de magnésium	0,0109
anhydride sulfurique	0,0316
chlore	0,0217
oxyde de sodium et de potassium	0,206

En comparant les données obtenus par l'hydrotimètre d'abord entre elles et ensuite avec l'analyse faite par la méthode ordinaire, on remarque qu'elles diffèrent considérablement. L'oxyde de calcium même n'est pas entièrement accusé par la méthode titrée, et ne représente que 80 % de la quantité de chaux que l'eau renferme effectivement.

Il est bien vrai que dans une autre circonstance, j'ai trouvé des résultats plus satisfaisants. Ainsi, j'ai composé une eau de la manière suivante :

Carbonate de calcium	0,1266
sulfate de calcium	0,0753
sulfate de magnésium	0,0533
chlorure de sodium	0,1691
	<hr/>
	0,4243

et j'ai obtenu par l'hydrotimètre :

Carbonate de calcium	0,1267
sulfate de calcium	0,0746
sulfate de magnésium	0,0529
chlorure de sodium	0,1770
	<hr/>
	0,4312

Dureté trouvée : 25°5.

Résultats très concordants et qui certes peuvent rivaliser avec ceux que donne la méthode par la pesée.

D'après cette observation, je me demande si peut-être la présence des sels étrangers que l'eau de la conduite contient en si forte proportion peuvent être la cause de la différence dans les résultats ? Toujours est-il que la méthode hydrotimétrique laisse à désirer, et que dans bien des circonstances, elle ne fournit que des données approximatives. Il est cependant possible qu'un jour viendra à la modifier de façon qu'elle fournisse des résultats exacts, même dans le cas où l'eau renferme un plus grand nombre de sels.