

SUR
UNE
MÉTHODE D'ANALYSE RAPIDE
DES
EAUX ALIMENTAIRES

PAR

Léon GERARD (1)

Ingénieur, ancien professeur à l'Université de Bruxelles.

La détermination de l'innocuité des eaux alimentaires au point de vue hygiénique présente des difficultés d'exécution et des difficultés d'interprétation nombreuses.

Une étude complète, portant à la fois sur les caractères géologiques, sur les caractères chimiques et surtout bactériologiques de l'eau, peut *théoriquement* établir de manière indiscutable ces caractères d'innocuité, à la condition que les essais soient prolongés pendant un temps suffisamment long pour comprendre le cycle des événements saisonniers ou des circonstances climatiques qui peuvent modifier la nature de l'eau.

En soi-même, une analyse complète d'eau alimentaire est donc une opération longue, nécessitant un matériel complet de laboratoire et le concours de spécialistes autorisés.

Cependant, en pratique, beaucoup d'essais d'eau alimentaire sont établis en dehors de ces conditions théoriques qui, il faut bien le dire, sont matériellement difficiles à réunir.

A part le cas de sources dont l'origine superficielle est facilement

(1) Mémoire présenté à la séance du 15 mai 1907.

décelable par la fluorescéine ou par les méthodes thermométriques, il n'est pas rare de voir des eaux déclarées propres à la consommation après quelques essais hydrotimétriques, un dosage des matières oxydables par l'hypermanganate, une recherche du bacille coli et un dosage du résidu à l'évaporation, des nitrites et du chlore. Cet ensemble de recherches forme un système d'investigations tout à fait insuffisantes, quoique déjà fort délicates à établir. Elles demandent cependant à la fois un matériel compliqué, la pratique de laboratoire et l'expérience nécessaire à l'interprétation des résultats.

Je pense qu'en limitant à ces recherches l'étude des eaux alimentaires, on s'expose à des mécomptes résultant de causes diverses que je vais tenter de discuter.

D'autre part, je m'empresse d'ajouter que la complexité des analyses faites au seul point de vue chimique, les dosages de sels minéraux rares, des gaz dissous, les longues listes de produits analysés et figurés quantitativement en centièmes de milligramme, en dépit de leur intérêt théorique, n'ajoutent aucune sécurité hygiénique à des analyses manquant de base au point de vue géologique et au point de vue de l'existence actuelle ou de la probabilité de contamination bactériologique future des eaux alimentaires.

Le luxe des détails chimiques couvre mal la pauvreté des analyses essentielles à la détermination de l'innocuité réelle des eaux alimentaires étudiées.

À ce dernier point de vue, qui est le critérium final de l'emploi des eaux, il ne faut pas exagérer la valeur de la détermination hypermanganique.

Telle eau n'accusant qu'un titre hypermanganique absolument faible peut être cependant suspecte au point de vue bactérien, car une certaine de colonies de bactéries à grande pullulation ne représente pas une masse pratiquement pondérable.

Le titre hypermanganique est une présomption de même nature que la présence des nitrites, mais n'est pas lui-même un critérium positif et suffisant à lui seul, par sa présence ou par son absence, pour établir un diagnostic définitif.

Il existe des eaux suffisamment filtrées et convenablement exemptes de bacilles coli et ayant cependant un titre hypermanganique élevé.

La réciproque est fréquente; en conclusion, l'essai hypermanganique est nécessaire et de grande importance; il a l'avantage d'être exécutable, même s'il porte sur quelques centaines de centimètres cubes, et une série d'essais donne des chiffres concordants si l'on use des précautions

opératoires indispensables et identiques, mais il ne peut constituer à lui seul un critérium définitif.

L'analyse bactériologique au point de vue de la recherche de bacilles coli a plus de valeur. Elle présente malheureusement des difficultés, des longueurs et des incertitudes d'exécution qu'il est impossible de méconnaître. Une recherche de ce genre ne peut être sérieusement établie que moyennant l'emploi d'au moins deux méthodes d'observation concordantes. L'interprétation des résultats demande du temps et une grande expérience. Certaines méthodes, telles que la méthode des ferments, sont d'une sensibilité telle que leurs adversaires les taxent, à tort sans doute, d'établir la présence de bacilles coli partout. D'autres, au contraire, sont d'une sensibilité beaucoup trop faible. La valeur quantitative du diagnostic coli est donc très relative. Sa valeur chimique a même été formellement contestée, et l'innocuité du coli au point de vue pathologique a été soutenue par quelques praticiens.

Je n'ai pas qualité pour donner un avis dans le débat au point de vue médical, mais au point de vue physique et géologique, l'intérêt de la présence ou de l'absence de bacilles coli me paraît (quelque considérable qu'il soit en lui-même au point de vue pathologique) naître non pas du caractère pathogénique de la contamination en elle-même, mais bien des déductions résultant de cette présence.

La présence de coli, que l'on dit, sans preuves absolues du reste, être en lui-même inoffensif, établit la contamination ou la possibilité de contamination par des causes directes d'infection provenant des déjections des êtres supérieurs.

Au point de vue de la surveillance du fonctionnement des filtres, on admet en général que les produits exempts de coli sont suffisamment propres à la consommation alimentaire : une récente décision du Comité supérieur d'hygiène de France ordonne que cette condition d'absence de coli soit reconnue réglementairement comme essentielle à l'usage des eaux tributaires de la filtration.

Cette analyse est donc employée en hydrologie comme un simple test, dont l'absence devrait impliquer l'absence de risque de contamination par le bacille d'Eberth (bacille du typhus), par les bacilles paratyphiques ou par le choléra vibrio, ainsi que par d'autres éléments bactériens développant les maladies d'origine hydrique.

Plus brutalement, la présence de bacilles coli établit que des matières fécales dans lesquelles les bacilles coli pullulent, ont souillé l'eau étudiée.

Ce diagnostic ne dit pas la virulence spécifique de l'eau étudiée, elle décele un contact suspect.

La suite de cet opuscule montrera qu'il est facile de trouver d'autres tests définitifs établissant ce même diagnostic plus sûrement encore et plus rapidement.

En résumé, les essais relatifs à l'absence ou au dosage quantitatif de bacilles coli sont donc d'une importance capitale; cette analyse est délicate, elle ne donne pas de résultats immédiats et a surtout le grave défaut de nécessiter une interprétation des résultats.

Cette recherche a de plus un défaut commun à tous les procédés bactériologiques : elle porte sur des quantités très faibles d'eau. Quelques centimètres cubes sont les quantités analysées bactériologiquement. La multiplicité des cultures ne peut être très grande : en pratique, trois essais sont parfois considérés comme suffisants.

Or l'agglutination des bactéries autour des éléments flottants ou simplement en colonies agglomérées à elles-mêmes est parfois si forte que plusieurs échantillons prélevés simultanément peuvent contenir de 0 à 2 000 colonies par centimètre cube d'eau prélevée, même après agitation énergique du liquide.

Il résulte de ce fait que la probabilité de l'obtention de résultats certains est d'autant plus faible que les cubes analysés sont plus petits.

A ce sujet, il paraît donc que le procédé idéal d'analyse devrait donner des moyens rapides d'examen des sources et des rivières impliquant des procédés simples, mais portant sur des quantités considérables de liquide. D'autre part, le fait capital à établir étant de savoir si une eau proposée à l'usage alimentaire se trouve ou non dans son parcours originel soumise à des causes de pollution provenant de l'homme et de la vie animale, je pense qu'il existe des moyens physiques rapides de faire cette détermination.

Le but du présent travail est de soumettre à l'examen des praticiens cette méthode, que je ne propose pas en vue de la substituer aux analyses approfondies et plus longues du bactériologiste et du chimiste, mais que je propose comme un moyen rapide et sûr de détermination immédiate des eaux suspectes de contact humain ou de pollution par la voie animale.

La réponse positive dans cette recherche est donc proposée comme un diagnostic absolu et définitif de la pollution actuelle ou future par le contact avec les produits de la vie.

En cas de réponse négative dans cette recherche purement physique, la conclusion de l'essai entraînera simplement la nécessité d'une

étude plus approfondie au point de vue bactériologique et chimique, et la nécessité d'un prélèvement méthodique de grands échantillons d'eau à transporter dans des caissons à glace, avec tous les soins nécessaires à une bonne étude bactériochimique.

* * *

Le premier des moyens physiques d'étude de l'origine des sources est l'emploi de la fluorescéine, dont les effets ont été si bien utilisés dans les recherches spéléographiques de nos collègues Martel, van den Broeck et Rabir, travaux dont notre Société a publié les relations.

L'étude méthodique des observations thermométriques des eaux étudiées est le second moyen à employer.

Les travaux de notre Société contiennent de nombreux exemples de cette méthode.

Il est évident que le fait d'une relation directe entre un chanoir ou une fosse avec une source suffira, quel que soit l'état actuel de l'eau, pour établir le danger de sa pollution probable ou possible dans l'avenir, et pour faire écarter le produit pour l'usage alimentaire ou dicter les précautions de filtration et de protection qui rendront cet usage possible.

Lorsque l'étude géologique du site ou les conditions locales ne permettent pas d'atteindre les nappes alimentaires de la source à étudier, l'examen physique des résultats d'une filtration méthodique dont la description va suivre me paraît de nature à donner des indications décisives à l'aide de moyens simples et par l'emploi d'un matériel facilement transportable.

MATÉRIEL.

Le matériel se compose de : un ou deux seaux jaugés, deux ou trois jeux d'un appareil (fig. 1) formé d'un entonnoir en métal, d'un cylindre à filtres et d'un tube de décharge, un microscope de campagne à trois grossissements maximum 500, quelques gobelets de verre de Bohême et de verres de montre rodés ou des capsules.

L'entonnoir métallique A se fixe au centre d'un bouchon B fermant le corps cylindrique C, lequel contient une série de filtres D, E, F.

Chacun de ces filtres est formé de tamis de toile métallique en fils de bronze phosphoreux emboîtés les uns dans les autres et de finesse croissante (500 à 5 500 mailles par centimètre carré).

Le dernier filtre F est inséré entre deux surfaces en toile métallique

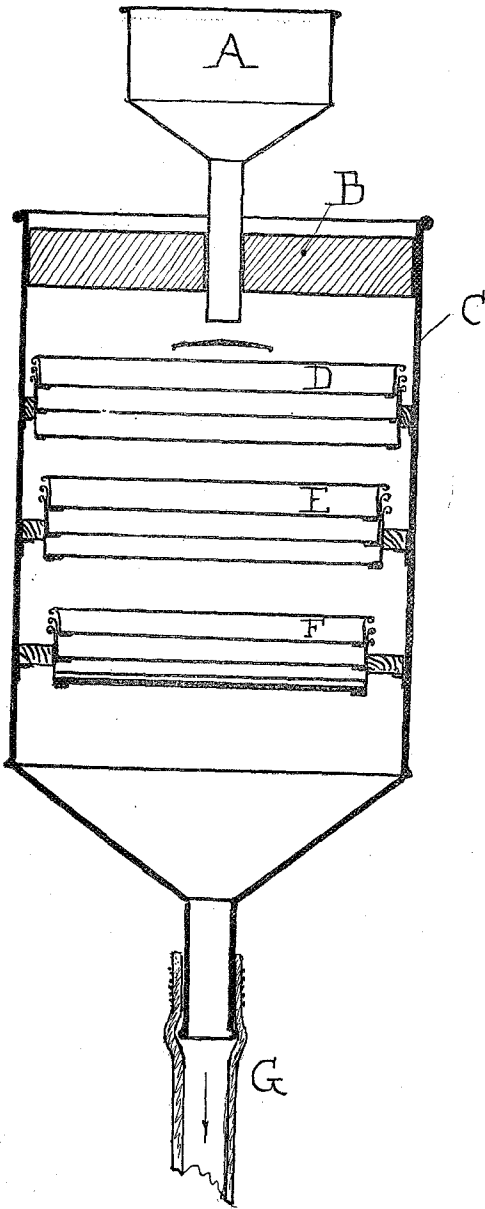


FIG. 1.

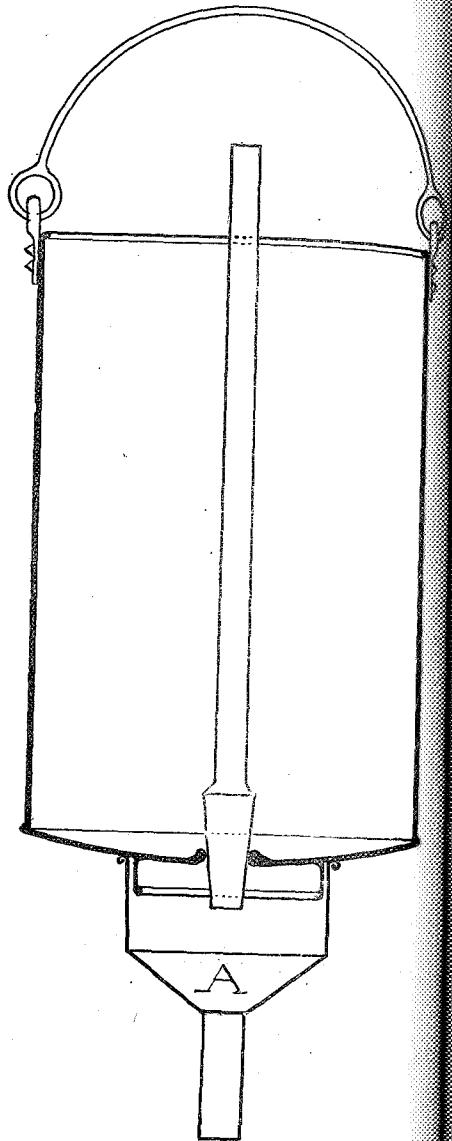


FIG. 2.

et est formé de plusieurs feuilles de papier-filtre blanc exactement découpé et stérilisé au préalable.

Le tube en rubber G adducteur est destiné à créer une succion soit par l'élévation de l'entonnoir fixé à hauteur convenable, soit par l'emploi d'une petite trompe à vide.

L'appareil permet la filtration de 150 à 500 litres à l'heure, suivant l'énergie de la succion admise et en raison directe de la solidité du filtre, qui est du reste protégé par son insertion entre les deux toiles métalliques.

Il est conseillable, pour opérer sur les plus grandes quantités possibles de liquide, de mettre en action simultanément plusieurs appareils.

Le jaugeage des quantités de liquide analysées se fait à l'aide du seau jaugé. Une forme pratique de ce genre de seau est un appareil à soupape inférieure d'une contenance de 10 litres emboitant dans le filtre A et ayant une bonde formée d'un bois conique houchant un trou au fond du seau (fig. 2).

L'étude des produits des filtrations successives recueillis sur chaque tamis se fait en retournant chacun d'eux séparément sur une capsule de verre ou sur un gobelet de Bohême, et en lavant le filtre par la plus petite quantité d'eau pure possible projetée en un filet mince au dos du filtre.

Les sédiments recueillis doivent alors être examinés à la loupe et au microscope.

Les gros fragments végétaux, les graines de pollen agglomérées, les débris d'insectes, élytres, corselets, les graines, les débris minéraux grossiers forment le sédiment ordinaire du premier filtre, et un classement fort intéressant des matières étrangères contenues dans l'eau à analyser se trouve réalisé par le fonctionnement des filtres métalliques de finesse croissante.

Disons d'abord qu'au point de vue géologique, l'étude rapide des éléments minéralogiques ainsi réunis donne les renseignements les plus intéressants et les plus probants sur l'origine stratigraphique de la nappe.

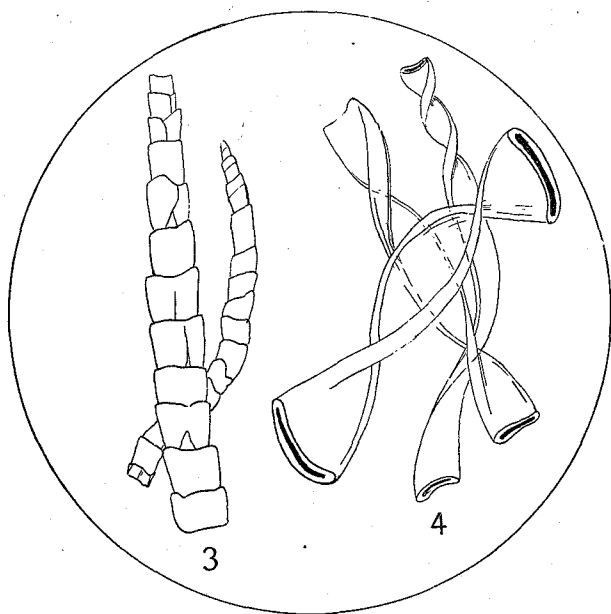
Quant à la question préjudicielle de la contamination possible par le fait de l'homme ou des animaux, elle se trouve affirmativement résolue par la présence plus ou moins abondante de quatre genres de résidus microscopiques qui sont :

A. Les fragments d'étoffes manufacturées ou de poils coupés, débris de laine, de coton, de lin, de soie ou de poils;

- B. Les grains d'amidon provenant d'aliments cuits ou digérés;
 C. Les débris musculaires, fibres musculaires cuites ou incomplètement digérées et macérées.
 D. Les œufs de lombricoïdes, de ténia ou d'autres parasites intestinaux.

A. DÉBRIS DE TEXTILES ET POILS.

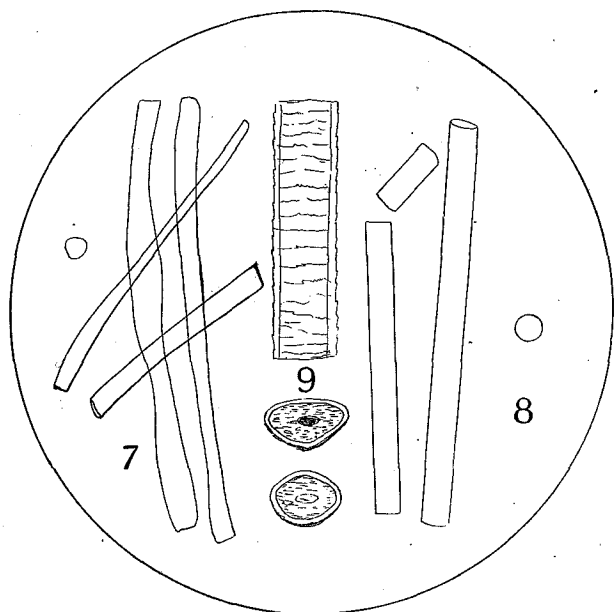
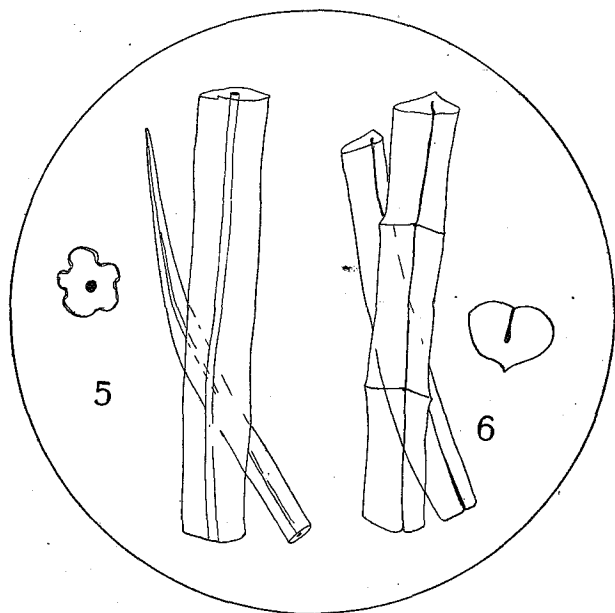
La présence des textiles peut être attribuée à la contamination par les poussières atmosphériques. Elle peut donc être jugée d'importance secondaire au point de vue de l'interprétation des analyses. Cependant



la présence de disques plats formés par la section des poils coupés au rasoir décèle d'une manière certaine la contamination de la source ou du ruisseau par les eaux ménagères provenant d'habitations.

La conservation et la dissémination de ces sections minuscules, qui ont jusque 1 centième de millimètre d'épaisseur, est étonnante.

La plupart des fibres industrielles caractéristiques sont représentées par les croquis figures 3, 4, 5, 6, 7 et 8, au grossissement de 200; la figure 9 représente des sections droites caractéristiques des poils tels qu'on les retrouve dans la mousse du rasoir.



B. GRAINS D'AMIDON.

Les grains d'amidon des divers amidons comestibles forment une classe d'éléments caractéristiques des plus utiles. Les figures 10 et 11 représentent l'amidon de la pomme de terre (cru à gauche, cuit à droite). Les grains cuits très gros atteignent 1 millimètre et se subdivisent en fragments imperceptibles que leur coloration bleue par l'iode rend facilement décelables. A défaut de l'action de l'iode, la lumière polarisée donne des indications utiles sur la présence des grains d'amidon. L'amidon de seigle a des dimensions très faibles, mais se décele facilement par l'iode (0.05 à 0.01) (fig. 12).

La présence des grains d'amidon est une preuve certaine de la contamination des eaux par l'écoulement des eaux de cuisine, et cet examen doit être très minutieux, en raison des modifications subies par les amidons du fait de la cuisson.

C. DÉBRIS DE FRAGMENTS MUSCULAIRES.

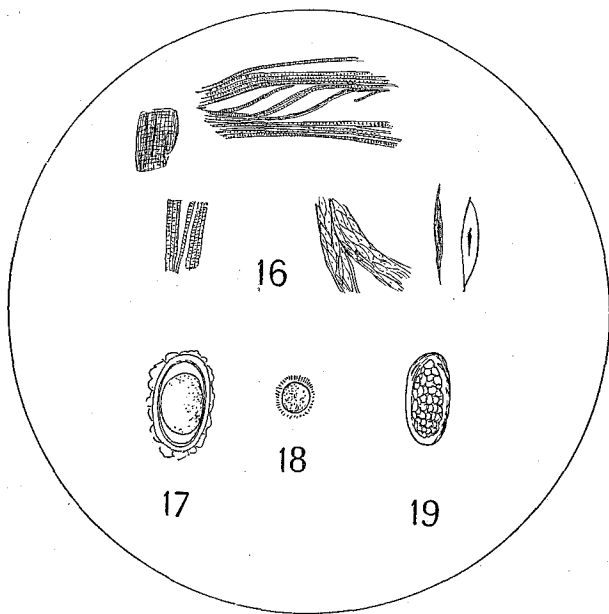
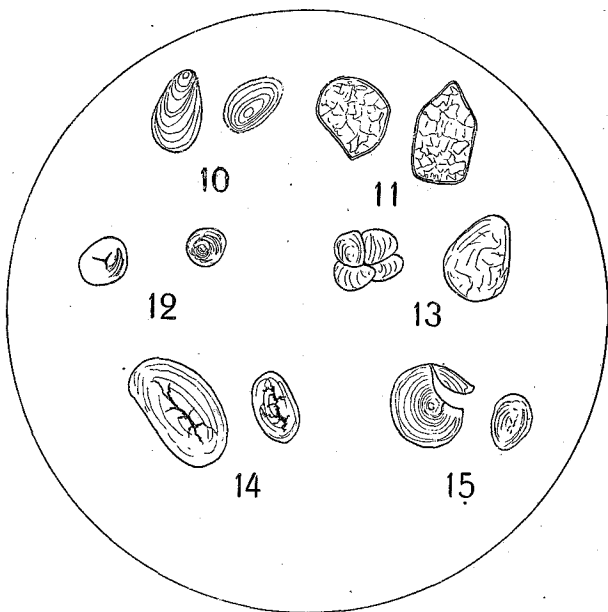
La contamination des eaux par les matières fécales est indubitablement établie par la présence de débris musculaires. La dissociation des fibres par un séjour prolongé dans l'eau, les effets de la digestion incomplète tendent à diviser les faisceaux musculaires en courts filaments d'une incomparable ténuité ($\frac{1}{500}$ de millimètre). Les réactions microchimiques du muscle par les teintures au picocarminate ou la lumière polarisée décèlent facilement ces corps, dont la structure histologique bien connue est du reste facilement reconnaissable (fig. 16).

De toutes les preuves physiques fournies par l'analyse sommaire dont je préconise l'emploi, la présence des débris musculaires a la plus grande valeur.

D. OEUFS DE PARASITES INTestinaux.

Les anchylostomes, les ascaries, *Toenia bothricocephalus latus* et *trichocephalus* donnent des œufs de coloration jaune ou brun-rouge dont les formes sont figurées dans les croquis ci-contre (2 à 7 centièmes de millimètre) (fig. 17 à 19).

Leur présence est une preuve irrécusable de l'incomplète filtration des eaux et de leur contact avec des milieux pouvant devenir très dangereux.



Or, la plupart des méthodes classiques d'analyse des eaux alimentaires laissent échapper complètement ces preuves de contamination parce que leur recherche nécessite le maniement de grandes quantités de liquide.

Leur présence est facilement décelable par la filtration de quelques mètres cubes d'eau, et cette analyse est donc très importante.

E. AUTRES CORPS ÉTRANGERS.

La découverte d'organismes vivants : diatomées vivantes ou fossiles, rhizopodes, spirogyres et rotifères, ne révèle aucun danger direct. Leur présence est normale et la filtration la plus simple suffit à les éloigner.

Il n'en est pas de même des algues, dont notre confrère Kemna nous a très judicieusement exposé les dangers et au sujet desquelles la méthode d'analyse décrite donne un dosage immédiat.

Parmi les ferments directement observables dans les résidus des filtres étagés, la découverte des ferments de la bière (*Saccharomyces cerevisæ*) prouve la contamination éventuelle des eaux de rivière par les eaux de lavage des brasseries, et aussi la présence des sarcines est un indice rare, mais définitif, du contact de l'homme.

Un autre résultat de l'emploi de la méthode que je préconise est la détermination quantitative des *crenothrix* et des *cladothrix*, qui fixent d'une manière désespérante pour les ingénieurs hydrauliciens des quantités considérables d'oxyde hydraté de fer et dont la première famille pullule avec une telle intensité que des conduites peuvent se boucher sous leur action.

PORTÉE DE LA MÉTHODE.

Je préconise la méthode d'analyse par filtration comme un essai préalable essentiel à toute étude complète d'une eau alimentaire.

La présence des corps accusant le contact de l'homme et des déchets de son existence ou de celle des animaux domestiques décrits plus haut constitue une preuve déterminante presque absolue de la nécessité d'appliquer à ces eaux des procédés sérieux d'épuration avant de les livrer à l'usage alimentaire.

L'absence de ces réactions microscopiques ne peut cependant pas être invoquée comme une indication d'emploi direct aux usages alimentaires, sans le contrôle d'une analyse bactériologique et chimique

sérieuse, qu'il ne s'agit nullement dans mon esprit de supprimer, mais seulement de faire précéder d'une recherche micrographique préalable, que je juge indispensable et que je viens de décrire.

Ces recherches sont de longtemps connues. Leur exécution est trop négligée en raison des difficultés d'opération et du défaut d'appréciation de leur valeur réelle.

Le dispositif mécanique préconisé rend ces opérations faciles, et les progrès accomplis en matière de stérilisation ont indiqué le remède à appliquer au mal si la contamination est formellement établie.

Au point de vue pratique industriel, l'emploi des moyens mécaniques de filtration rapide du type Jewell ou l'emploi des filtres dégrossisseurs du genre des filtres Puech combiné avec la stérilisation des eaux par l'ozone fournit à l'heure actuelle un moyen scientifique certain d'obtenir des eaux alimentaires sûres, dans n'importe quel cas de contamination.

La stérilisation par l'ozone qui coûtait, il y a quelques années encore, 3 centimes par mètre cube, a fait de tels progrès que ce prix n'atteint plus que 1 1/2 à 1 centime, suivant l'importance des quantités à traiter (amortissement des installations compris).

La sûreté de cette méthode physique d'épuration, qui ne laisse aucun résidu chimique dans les eaux, est démontrée bactériologiquement depuis longtemps (1). Elle est subordonnée à l'emploi de quantités définies d'ozone d'une concentration suffisante.

Seule la question de prix, aujourd'hui résolue, en avait retardé jusqu'ici l'emploi.

Toutes les eaux susceptibles de contamination éventuelle par le fait de l'habitation humaine ou de la vie animale sont tributaires de procédés sérieux d'épuration par la filtration et de la stérilisation par des procédés scientifiques.

Tel est le cas de toutes les eaux de rivière, de la plupart des eaux de source et de beaucoup d'eaux de captation, dont malheureusement les causes d'infiltration sont souvent mal déterminées et très variables.

La méthode rapide, exposée dans le présent mémoire, est destinée à faire connaître, par des moyens non discutables et faciles à employer, celles des eaux pour lesquelles des procédés énergiques et efficaces d'épuration s'imposent immédiatement.

Il n'est pas inutile de répéter encore que l'auteur de cette méthode n'a

(1) Prof. van Ermengem, Erlwein, Frölich, Dr Proskauer, Roux, Calmette.

aucunement la prétention de rendre inutiles les essais bactériologiques subséquents.

Cette méthode les complète et les facilite.

Elle les complète parce que des analyses bactériologiques portant sur de trop faibles quantités d'eau prélevée en période d'hiver peuvent donner des résultats négatifs pour une eau que l'analyse microscopique portant sur de larges quantités peut cependant dénoncer comme absolument dangereuse.

Elle les facilite, parce que les colonies bactériennes agglomérées restent fixées aux filtres les plus fins de la série des filtres classeurs employés et qu'elle permet de recueillir avec plus de probabilité ces organismes, causes des épidémies d'origine hydrique.

