

matières organiques et pénétré par les eaux industrielles, qui charrient souvent des matières toxiques, il est loin d'en être ainsi. En somme, à la campagne, les puits pourront généralement donner une eau potable; mais à la ville, ils seront saturés de toutes les impuretés des terres voisines.

L'eau de puits peut servir aux usages alimentaires aussi longtemps que les substances minérales ne dépasseront pas 0^{gr}, 40 par litre et les matières organiques 0^{gr},02. Mais il est démontré que certaines infiltrations sont excessivement dangereuses : une eau contaminée par de très faibles proportions de matières fécales peut communiquer la fièvre typhoïde et le choléra. On incrimine surtout les puits absorbants, dans lesquels on écoule des liquides putrescibles de toute espèce. Le voisinage de ces réservoirs d'impureté est des plus menaçants pour l'eau des puits voisins. Les matières organiques arrivent jusqu'à la première nappe souterraine (celle qui alimente les puits) et en corrompent les eaux.

On accuse également les étables, les écuries et les usines de vicier, par leur voisinage, les puits environnants. Le propriétaire d'une vacherie, dont les puits étaient souillés par les liquides qui s'infiltraient de ses propres étables, accusait un sien voisin d'être la cause de l'altération de cette eau. Celle-ci avait une odeur de vacherie, et on put en extraire de l'urée.

Il est donc évident, qu'en thèse générale, l'eau des puits vaut encore moins que l'eau de citerne. On ne doit en faire usage que dans les cas d'absolue nécessité

« L'hygiène municipale doit donc se proposer pour objectif d'amener dans les villes une telle quantité d'eau que la distribution puisse s'en faire dans toutes les maisons. Ce résultat obtenu, les puits disparaîtraient d'eux-mêmes. C'est ce qui arrive à Paris, qui a environ 30,000 puits, dont le plus grand nombre est en dehors de la consommation. » (Fonssagrives.)

Nous renvoyons le lecteur au chapitre sur *les eaux impures*, pour tout ce qui concerne les *étangs*, les *marais*, etc.

Nous allons maintenant nous occuper des caractères que doit présenter une bonne eau potable.

CARACTÈRES DES EAUX POTABLES.

On ne saurait attacher trop d'importance à la composition et aux qualités physiques des eaux qui servent à l'alimentation. Hippocrate avait depuis longtemps signalé l'immense importance des eaux sur la santé, et tous les observateurs qui se sont occupés de ces questions sont d'accord pour reconnaître que l'eau que l'on ingère exerce une influence des plus

sérieuses sur l'état des fonctions digestives, sur la composition des tissus et sur la santé générale.

Une bonne *eau potable* diffère sensiblement de l'eau pure ou distillée; en effet, les gaz dissous dans l'eau, et surtout les principes minéraux dont elle est chargée, lui donnent une saveur agréable et jouent un rôle des plus importants dans la nutrition. Aussi M. Fonssagrives a-t-il conseillé d'emporter sur les navires qui se préparent à faire de longues traversées des paquets préparés à l'avance et destinés à minéraliser l'eau distillée qui sert si souvent aux besoins de l'équipage.

Nous dirons, avec M. Gautier, qu'une bonne eau potable doit être limpide, incolore, sans odeur, fraîche, d'une saveur légère et agréable, aérée, le plus possible exempte de substances organiques. Elle doit tenir en dissolution une petite quantité de matières salines, spécialement du bicarbonate de chaux, un peu de silice et de sel marin, en proportion telle que cette eau ne soit ni saumâtre, ni salée, ni douceâtre, et qu'elle permette la cuisson parfaite des aliments.

L'eau est un aliment; elle fait partie de tous nos organes, et comme le dit Bordeu, « nous ne sommes qu'un amas, une espèce de brouillard épais renfermé dans quelques vessies. » On sait, d'ailleurs, que le corps des sujets brûlés se rapetisse dans des proportions ridicules, et Chaussier a démontré qu'un cadavre, complètement desséché, se réduit au poids de quelques livres.

Mais ce n'est pas seulement à titre de liquide que l'eau vient apporter à nos tissus un élément indispensable : elle est le véhicule de matières minérales absolument nécessaires à l'organisme, et qui ne se rencontrent pas toujours en proportion suffisante dans nos aliments solides.

Non seulement le squelette réclame des sels calcaires, mais les autres tissus ont besoin de chlorure de sodium, de silice, etc. L'introduction de ces substances dans l'alimentation est d'une nécessité journalière, car nous excrétons, par les urines et par les matières fécales, une quantité notable de chaux, de silice et de chlorure de sodium, qui ne se trouve pas en proportion équivalente dans nos aliments azotés et farineux.

Nous empruntons à M. Gautier les chiffres suivants, qui donnent la démonstration mathématique de l'intervention des eaux dans la réparation des tissus.

Un adulte ordinaire en bonne santé excrète, en vingt-quatre heures, par les urines et les matières fécales, 2^{gr},014 de chaux et 0^{gr},169 de silice. La ration ordinaire d'entretien, fixée à 850 grammes de pain blanc et 240 grammes de viande fraîche, ne renferme que 0^{gr},777 de chaux et 0^{gr},0975 de silice. Il faut donc, pour maintenir l'équilibre, que le vin, les légumes et l'eau fournissent au moins 1^{gr},247 de chaux et

0^{gr},061 de silice. Or, c'est incontestablement à l'eau que revient ici le rôle principal, les légumes et le vin n'étant pas d'un usage constant, ni en proportion toujours égale.

Au reste, il est démontré que l'usage de l'eau distillée entrave les progrès de l'ossification chez les jeunes animaux, et les régions peu favorisées dans lesquelles les habitants font usage d'eau presque pure sont sujettes à des maladies endémiques, caractérisées surtout par l'arrêt du développement.

Nous avons démontré l'utilité des sels minéraux; quant aux gaz dissous dans l'eau, ils servent à lui donner une saveur agréable et à en faciliter la digestion. Il est à peine nécessaire de rappeler que l'excès des principes minéraux deviendrait un inconvénient plus grand encore que leur absence complète¹.

Voyons maintenant à l'aide de quels procédés on s'assure qu'une eau présente les caractères *negatifs* et *positifs* qui lui permettront de jouer un rôle utile dans l'alimentation.

CARACTÈRES TIRÉS DE L'INSPECTION DES EAUX. — L'analyse chimique ne nous révèle pas d'une manière absolue la véritable composition des eaux. Rappelons-nous tout d'abord que lorsqu'on trouve, dans une solution aqueuse, du chlore, de l'acide carbonique, du sodium, du potassium, du calcium et d'autres éléments, on ne sait pas, d'une manière certaine, comment ces éléments sont combinés. C'est par hypothèse qu'on parle de la présence du chlorure de sodium et de potassium, du bicarbonate de soude et de chaux, ou plutôt, ce sont des façons de parler auxquelles nous sommes tellement accoutumés qu'il nous est difficile de nous en déshabituer.

D'un autre côté, l'eau renferme des éléments dont la chimie ne peut pas facilement nous rendre compte; elle contient des matières organiques extrêmement mobiles, des organismes vivants et d'autres causes d'impuretés; il faut donc tenir compte non seulement de la composition chimique des eaux, mais aussi de leurs caractères physiques, ainsi que des plantes et des animaux qu'elles renferment.

Dès que les eaux s'altèrent, dit M. Gérardin², les poissons qui peuplent les cours d'eau éprouvent un malaise évident: ils remontent à la surface, s'engourdissent, et si l'altération persiste, ils ne tardent pas à périr.... La distinction entre les eaux saines et les eaux infectées ne peut reposer ni sur la couleur, ni sur l'odeur, ni sur la saveur, ni sur l'analyse chimique... Une eau est saine lorsque les animaux et les végétaux, doués d'une organisation supérieure, peuvent y vivre. Au contraire, une eau est infectée lorsqu'elle fait périr les animaux et les végétaux doués d'une organisation supérieure, et

¹ Voyez aussi un travail de M. le D^r de Chaumont: On certain points with reference to drinking-water. (*The sanitary Record*, 15 nov. 1879, p. 163.)

² *Annales d'hygiène publique*, janvier 1875.

qu'elle ne peut nourrir que des infusoires ou des cryptogames.... Toutes les herbes vertes ne sont pas également sensibles à l'action de l'eau; le cresson de fontaine semble la plus délicate des plantes aquatiques, sa présence caractérise les eaux excellentes; les épis d'eau et les véroniques ne poussent que dans les eaux de bonne qualité; les roseaux, les patiences, les ciguës, les menthes, les sulcaires, les scirpes, les jones, les nénuphars s'accordent des eaux médiocres; les carets vivent dans les eaux très médiocres; enfin l'*arundo phragmites* est la plus robuste des plantes aquatiques, elle survit la dernière, et continue à croître et à se développer dans les eaux les plus infectées.

Parmi les mollusques: la *physa fontinalis* ne vit que dans des eaux très pures, la *valvata piscinalis* dans les eaux saines; la *limnea ovata* et *stagnalis*, le *planorbis marginalis* dans les eaux ordinaires; la *cyclas cornea*, la *bythinia impura* et le *planorbis corneus* dans des eaux médiocres. Aucun mollusque ne vit dans les eaux infectées, ou du moins, jamais ils n'ont été observés vivants dans les eaux complètement corrompues.... On voit, par ce qui précède, que les végétaux phanérogames et les mollusques esquissent, à grands traits, les caractères des différentes eaux....

En d'autres termes, le meilleur réactif de l'eau, c'est l'être vivant.

Lorsqu'on veut examiner une eau sous le rapport de sa composition, il est absolument nécessaire de s'en procurer deux litres au moins: les qualités physiques et organoleptiques devront être étudiées avant d'aller plus loin. Quelle est la couleur, quels sont l'odeur, le goût, la transparence de ce liquide? Abandonnée à elle-même, forme-t-elle un dépôt?

Pour apprécier l'odeur d'une eau, il faut la chauffer, quelquefois même la distiller. On peut ainsi reconnaître des traces à peine perceptibles de matières fécales. Il est quelquefois utile d'exposer l'eau qu'on examine, dans une bouteille à moitié remplie et soigneusement bouchée, aux rayons lumineux. Au bout de quelques jours, en ouvrant la bouteille, l'odorat révèle un commencement de putréfaction, lorsqu'il existe des traces de matière organique dans le liquide. Quelquefois on y reconnaît la présence d'acide butyrique.

Quant au goût, il ne peut donner aucun renseignement certain sur la composition des eaux; mais l'on peut dire, en thèse générale, que toute eau qui présente un goût amer, putride ou désagréable, doit être absolument rejetée.

La couleur, la transparence, la turbidité de l'eau nous fournissent également des indications précieuses. Il convient, pour bien étudier ce point, de verser le liquide dans une grande éprouvette en verre blanc, placée sur du papier blanc, à une hauteur d'environ 50 ou 60 centimètres. On met à côté une éprouvette remplie d'eau distillée, pour servir de terme de comparaison. En regardant de haut en bas, si l'eau est pure, on voit distinctement le fond du vase; la couleur du liquide est bleuâtre. Quand l'eau est trouble, il devient de plus en plus difficile de voir le fond de l'éprouvette. Il suffit quelquefois de quelques centimètres de liquide pour masquer complètement le fond du vase.

On peut déduire, avec un certain degré de précision, la nature des im-

puretés suspendues dans l'eau par ce procédé : le sable ou l'argile, maintenus en suspension, donnent au liquide une couleur jaune ou d'un blanc jaunâtre; les matières végétales, la tourbe, etc., donnent une couleur noirâtre; les matières fécales, une couleur généralement brune. Enfin, par ce mode d'inspection, on constate aisément la présence d'animalcules d'un fort volume. Pour avoir des renseignements plus précis, il faut recourir au microscope.

EXAMEN MICROSCOPIQUE DES EAUX DESTINÉES A L'ALIMENTATION. — Il convient, pour faire une analyse complète, d'employer de forts grossissements (de 1000 à 1200 diamètres). Il faut examiner à la fois une goutte du liquide prise à la surface et, s'il est possible, une partie du dépôt qu'il abandonne. Quand ce dépôt est très peu abondant, il faut verser l'eau dans une éprouvette à fond conique, et la couvrir avec une feuille de papier, puis la laisser reposer pendant plusieurs heures. On décante alors le liquide à l'aide d'un siphon et, pour peu qu'il ait abandonné un sédiment quelconque, on le trouve au fond du verre.

Le microscope fait aisément reconnaître les produits minéraux qui peuvent se trouver en suspension dans l'eau; le sable se présente sous forme de masses anguleuses d'un assez fort volume; l'argile, sous forme de globules sphéroïdaux, qui ne se dissolvent pas dans l'acide chlorhydrique; la craie, sous forme de particules arrondies, quelquefois brillantes, qui se dissolvent avec effervescence dans les acides.

On rencontre aussi des fragments de végétaux, des fibres de bois, des morceaux de feuilles, des produits textiles, lin, coton, etc.; des filaments tordus en spirale; des granules d'amidon, enfin, quand la matière végétale a subi un commencement de décomposition, on ne voit plus qu'une masse opaque et amorphe. Il n'est pas sans importance de constater la présence de ces débris; elle démontre en général que l'eau est contaminée par des eaux ménagères.

Quant aux produits animaux, ils se composent surtout de fragments de laines, de poils, d'ailes et de pattes d'insectes, de pellicules provenant d'animaux aquatiques, enfin d'épithélium humain. Parkes a constaté que les cellules épidermiques se dissolvent très lentement dans l'eau. Il en a trouvé dans un échantillon d'eau de la Tamise qu'il a conservé pendant cinq mois dans une bouteille. Après cet espace de temps, l'examen microscopique montrait de la façon la plus évidente les cellules et les noyaux.

Les matières fécales se rencontrent sous forme de petites masses globuleuses ayant une couleur ocreuse et parfaitement distincte des masses opaques fournies par la décomposition végétale. Hassall en a rencontré un grand nombre dans l'eau potable de Londres, il y a vingt-cinq ans.

Les animalcules vivants que peut renfermer l'eau appartiennent à un si grand nombre d'espèces qu'il est impossible d'en dresser un catalogue complet. Nous citerons d'abord les bactéries, dont la présence dans l'eau exige, d'après Lex, quatre conditions chimiques : 1° de l'oxygène; 2° une matière carbonée organique; 3° une matière azotée; 4° des phosphates.

En thèse générale, ces animalcules indiquent, par leur présence, un certain degré d'impureté; mais il faut qu'ils se trouvent en grand nombre, car l'eau distillée elle-même, ainsi que la neige fondue, en contiennent presque toujours. A côté des bactéries, on rencontre presque toujours d'autres organisations inférieures, des monades, etc.

L'eau impure renferme un grand nombre d'infusoires et surtout des paramécies. Hassall avait remarqué, en 1850, que l'eau de la Tamise à Brentford, point où la rivière était contaminée par des égouts, était pleine d'infusoires; elle en était presque complètement libre à Kew, point où l'eau de la rivière était relativement beaucoup plus pure.

Les eaux qui contiennent des substances azotées, du sucre et des phosphates, donnent rapidement naissance à des champignons microscopiques dont les sporules viennent évi- demment de l'atmosphère. Leur présence est toujours un indice défavorable.

Le microscope montre aussi des œufs d'entozoaires (bothriocéphale, lombric, filaire, etc.).

On voit par là que le chiffre qui représente la quantité d'eau fournie aux diverses localités anglaises, par tête d'habitant, varie considérablement; les appréciations des auteurs ne sont pas moins différentes. Le professeur Rankine adopte le chiffre de 45 litres et demi par tête pour les usages personnels, 45 autres litres pour les usages publics et industriels, enfin les villes manufacturières réclameraient 45 litres de plus, ce qui ferait en tout 135 litres par habitant. Parkes arrive au chiffre de 156 litres, ainsi décomposé : service domestique, 54 litres; bains, 13; cabinets, 27; pertes, 15. Total, 112 litres. Service municipal, 22 litres; eau supplémentaire pour les villes manufacturières, 22.

M. Darcy adopte pour Paris le chiffre total de 150 litres par jour et par habitant. C'est, comme on voit, à peu de choses près, le chiffre indiqué par Parkes. Mais il est insuffisant.

Plusieurs villes d'Europe, et même de France, sont beaucoup plus favorisées. Rome donne à chacun de ses habitants 1100 litres par jour, ce qui s'explique par les énormes travaux exécutés par les anciens pour une ville qui contenait peut-être 4 millions d'habitants et qui n'en compte pas 300 000 aujourd'hui. En France, c'est Marseille, avec 470 litres d'eau par tête et par jour, qui est la ville la mieux partagée.

Il va sans dire que les malades doivent consommer une quantité d'eau plus considérable que les hommes en état de santé. Parkes, se plaçant au point de vue de l'hygiène militaire, estime la quantité d'eau nécessaire aux hôpitaux à 40 ou 50 gallons par tête et par jour (de 180 à 225 litres).

Il n'est pas sans intérêt de constater la quantité d'eau nécessaire pour les animaux domestiques qui accompagnent le plus souvent l'homme dans ses expéditions ou dans ses travaux. Le ministère de la guerre, en Angleterre (*War Office*), estime la ration des chevaux de cavalerie à 8 gallons (36 litres), et des chevaux d'artillerie à 10 gallons (45 litres).

Il est évident, d'ailleurs que, pour le cheval, comme pour l'homme, les besoins dépendent en grande partie de la température, du travail et de la nourriture. Un bœuf boit moins d'eau dans un pâturage humide qu'il n'en absorbe dans une étable; dans ce dernier cas la ration ordinaire est de 27 à 35 litres.

Pour un mouton ou un porc, il faut compter de 2 à 5 litres.

stituent un approvisionnement très libéral. Nous croyons que si l'on veut entretenir la propreté des égouts, et quand la vidange se fait à l'égout, il est indispensable de compter au moins 200 litres par habitant. C'est le chiffre que dépassera prochainement la ville de Paris. En effet le directeur des travaux, pour assurer tous les services publics et privés, réclame une augmentation journalière de 150 000 mètres cubes, soit 60 000 mètres cubes pour les services privés et 90 000 pour les services publics. On arriverait ainsi au chiffre total et définitif de 500 000 mètres cubes, dont 140 000 pour les services privés ou domestiques et 360 000 pour les services publics.

Dans l'expédition d'Abyssinie, les animaux embarqués font reçu les rations suivantes :

Éléphants.	25 gallons
Chameaux.	10 —
Grands bœufs.	6 —
Petits bœufs.	5 —
Chevaux.	6 —
Mulets et ponies	5 —

On avait embarqué 50 000 gallons d'eau (225 000 litres) pour 20 éléphants et 100 hommes, pendant un voyage dont la durée était estimée à 60 jours.

Les progrès que réalisent les villes au point de vue de l'arrosage des rues et des places, de l'aménagement des égouts et de la propreté générale, tendent évidemment à augmenter de jour en jour la quantité d'eau dont elles font usage. Au reste, dans les pays chauds, la quantité requise est certainement beaucoup plus grande que dans les pays tempérés ou froids, d'autant plus qu'une partie de cette eau sert uniquement à rafraîchir l'atmosphère.

CHAPITRE III

MOYENS PRATIQUES DE CONSERVER, DE PURIFIER ET DE DISTRIBUER LES EAUX.

Une quantité d'eau suffisante pour les besoins d'une localité ayant été trouvée, il est indispensable d'en faire provision, pour parer aux inconvénients qu'entraînent les inégalités, les variations que peut offrir le volume des sources. Il s'agit non seulement de la conserver dans les conditions qui ne l'altèrent point, mais encore, s'il est possible, d'en corriger les défauts.

Il est des eaux qui se conservent aisément, d'autres qui se corrompent plus ou moins rapidement. C'est la présence des germes, d'animalcules ou de plantes, qui expose les eaux à ce commencement de putréfaction.

Pour éviter le développement des germes, le réservoir devra, autant que possible, être soustrait à l'action de la lumière et placé à l'abri de l'air. Les réservoirs doivent être plus profonds qu'ils ne sont étendus en surface. Cette précaution s'oppose à l'évaporation et donne à l'eau une plus grande fraîcheur.

Les meilleurs réservoirs sont construits en pierre de taille ou en béton recouvert de ciment hydraulique. Pour des réservoirs plus petits, on peut

employer l'argile, la brique, l'ardoise, enfin le fer, qui, pour éviter l'oxydation, doit être vitrifié. Ces réservoirs en fer sont fort communs en Angleterre et aux Indes. Mais il est nécessaire de les protéger contre les rayons solaires, et, autant que possible, de les entourer d'une couche épaisse de matériaux non conducteurs du calorique.

Il va sans dire que les réservoirs doivent être nettoyés à des époques plus ou moins rapprochées, pour les assainir et détruire la végétation qui se développe presque toujours en présence de grandes masses d'eau. Cependant il est des plantes inférieures (*protococcus*, *chara*, etc.), qui émettent une quantité considérable d'oxygène, agissant ainsi comme des agents naturels de purification, et brûlant les matières organiques qui peuvent se trouver en suspension dans l'eau. Chevers nous apprend que dans certains réservoirs qui, par ordre du général Napier, furent débarrassés des plantes aquatiques qu'ils renfermaient, la qualité de l'eau se trouva notablement détériorée.

A bord des navires, on a conseillé des procédés fort divers. On peut conserver l'eau dans des fûts goudronnés ou carbonisés intérieurement. Sur les grands vaisseaux de l'État, on emploie la tôle galvanisée. On dit que le zinc n'exerce aucune influence fâcheuse sur la santé des marins (Gautier). Cependant ce métal est attaqué par l'eau, et l'on a constaté, en Angleterre, des cas nombreux d'empoisonnement chez des personnes qui avaient fait usage d'eau conservée dans des vases en zinc ou qui avait traversé des tuyaux formés de ce métal. Mais le zinc était-il bien pur ?

La purification des eaux se fait par épuration et filtration.

Chez les Romains, il y avait, au commencement et à la fin des aqueducs, une *piscina limaria* destinée à opérer une décantation.

L'épuration de l'eau par le repos a été appliquée à Marseille. Les eaux de la Durance étant toujours limoneuses, on a dû, pour remédier à cet inconvénient, disposer, sur le parcours du canal, quatre grands bassins d'épuration, où, la pente étant insignifiante, l'eau s'écoule lentement et se débarrasse de la majeure partie du limon¹.

Ce procédé a le grave défaut d'exiger une superficie considérable et de ne point toujours réussir, car MM. Maurin et Roussin ajoutent que, « pendant les jours d'orage, de pluie et de tempête, moment où la décantation est surtout utile, l'eau n'abandonne pas, dans les bassins d'épuration, les matières qu'elle tient en suspension. » De plus, si les eaux restent trop longtemps stagnantes, elles peuvent s'altérer.

Ce premier procédé n'étant point applicable partout, ne réussissant pas toujours, on a recours à la *filtration*, soit naturelle, soit artificielle. Les

¹ *Eaux potables de Marseille.* — Maurin et Roussin.