

Relations entre chloration de l'eau et santé

Loïc Monjour* docteur en médecine, enseignant en médecine tropicale

Des découvertes médicales essentielles, de celles qui garantissent la survie et la qualité de la vie de l'espèce humaine, trois demeurent exceptionnelles : la vaccination, l'antibiothérapie, la désinfection. Par leur génie, leurs auteurs - Pasteur, Fleming et Ernst Chain, Pasteur et Berthollet respectivement - ont fait régresser et, parfois, disparaître les maladies infectieuses de la surface du globe. En moins d'un siècle !

Sacralisés par certains, quand démonstration fût faite du poids de leurs découvertes sur la santé publique, critiqués par d'autres, quand des manifestations toxiques ou malignes étaient rapportées - souvent sans preuves scientifiques - à la prévention ou aux traitements, leur palmarès demeure inégalé. Aux risques potentiels évoqués, on ne peut qu'opposer un bilan incomparable : des centaines de milliers de personnes traitées et sauvées chaque jour dans le monde, autant de vaccinées et protégées contre le péril infectieux ; la majorité des maladies invalidantes vaincues ; des nouveaux-nés qui voient leur espérance de vie à la naissance doubler en moins d'un siècle.

L'homme actuel vit donc, quotidiennement, par Pasteur et Fleming interposés. Cependant, une partie de l'histoire bien souvent lui échappe, qui traite de l'hygiène et de la désinfection, en particulier de la désinfection de l'eau. Un vrai paradoxe car on en connaît, depuis un siècle, les principes et les applications, qu'il faut promouvoir pour tenter de sauver des millions de vies humaines par an.

La désinfection de l'eau

La désinfection, c'est-à-dire la destruction des micro-organismes pathogènes et des toxines, est une étape essentielle du traitement de l'eau. Elle se conduit, selon les lieux et les circonstances, par des méthodes physiques (ébullition, irradiation : rayons ultraviolets, filtration) ou chimiques (chloration, ozonisation). Chacune présente des avantages et des inconvénients.

Ébullition

Simple et efficace, quelle que soit la qualité de l'eau : claire ou turbide, elle détruit la majorité des agents pathogènes en moins de 15 minutes.

L'eau bouillie se consomme refroidie ; elle présente un goût désagréable en raison de la disparition des gaz dissous.

Au cours de l'évaporation, peuvent se concentrer des substances toxiques.

Cette méthode de désinfection est peu utilisée dans les pays tempérés. Elle est à rejeter dans les pays tropicaux et

tropicaux secs qui, par déforestation, sont en voie de désertification. Il faut compter 1 kg de bois pour amener un litre d'eau à ébullition.

Irradiation

Les rayons ultraviolets (UV) sont bactéricides ; ils ont fait l'objet de nombreuses applications industrielles et médicales.

Dans les pays industrialisés, peu d'agences d'approvisionnement conviennent de l'intérêt de l'irradiation pour le traitement de l'eau de boisson. L'action des rayons UV est partielle ; elle est faible sur les kystes de protozoaires (*giardia*) [1]. La sensibilité des virus aux UV est mal connue ; elle semble moins importante que celle des bactéries.

Dans les pays subtropicaux et tropicaux, ce type de désinfection ne peut être qu'anecdotique. L'efficacité du rayonnement solaire a été testée dans les meilleures conditions d'expertise (soleil intense, eau limpide, récipients de verre adéquats) et la disparition des germes indicateurs de pollution fécale a été obtenue en moins de 4 heures [2, 3]. Cette méthode, cependant, est inadaptable en milieu rural ou urbain, aucune famille ne désirent se voir entourée par un réseau de bouteilles ou menacée par une série d'aquariums au faite des maisons.

Filtration

John Gibb serait le promoteur de cette méthode [4], qu'il utilisait, en 1804, dans sa blanchisserie de Paisley, en Écosse, pour le traitement de l'eau. Il ne s'agissait alors que d'éliminer la turbidité et les particules solides en suspension. Mais les avantages des filtres à sable lent

* Faculté de médecine Pitié-Salpêtrière, 91, boulevard de l'Hôpital, 75013 Paris.
Tél : (1) 43.26.12.08. Fax : (1) 43.29. 70.93.

s'avèrent si évidents qu'en 1852 fut rédigé le «Metropolis Water Act». Il exigeait que l'eau provenant de la Tamise, et livrée dans un rayon de 5 miles autour de la cathédrale Saint-Paul, soit filtrée avant d'être consommée par la population. Il en découla rapidement (Londres 1858) une décision opportune de procéder à des observations régulières des approvisionnements en eau. En 1885, à la suite des découvertes de Pasteur, furent inaugurées les analyses bactériologiques.

Depuis lors, la filtration sur sable est demeurée une méthode de choix, pour l'épuration de l'eau de boisson, dans plusieurs grandes villes du monde. Elle associe, dans une même installation, les fonctions de sédimentation, de tamisage, de filtration, de modification chimique, d'élimination et d'inactivation des micro-organismes. Il s'agit d'une filtration biologique en raison de la présence, à la surface du sable, d'une mince membrane - ou schmutzdecke - de matériau visqueux, d'origine organique. Composée d'algues filamenteuses et de multiples micro-organismes : diatomées, plancton, protozoaires, bactéries..., elle est extrêmement active, piégeant, digérant et désagrégeant les germes vivants et les matières protéiques contenues dans l'eau à épurer [5].

L'intérêt comparatif de la filtration lente et de la filtration rapide a été discuté, en particulier par l'Organisation Mondiale de la Santé [6]. Et il apparaît que ces méthodes présentent plusieurs inconvénients : prix de revient élevé des stations d'épuration ; prétraitement de l'eau en cas de fortes charges en matières organiques ; entretien régulier et soigneux, parfois fréquent, des filtres. En outre, ils ne peuvent fonctionner qu'en continu, la surface du sable devant être immergée en permanence pour que se maintienne l'activité du film biologique. Cette contrainte explique que les filtres dits traditionnels, utilisés en Afrique, ne conviennent pas à l'assainissement de l'eau [7].

Enfin, si le traitement à travers un lit de sable peut aboutir à la délivrance d'une eau potable - hormis la présence de quelques virus - par un réseau de distribution, la règle générale est d'y associer une précaution supplémentaire : la chloration.

Traitements chimiques non chlorés

Une courte liste de réactifs oxydants a été proposée pour le traitement de l'eau. Leur activité germicide dépend de plusieurs facteurs intrinsèques et ambiants : propriétés spécifiques, temps de contact, concentration, conditions physico-chimiques (pH, température), contenu en matières réductrices de l'eau...

Les plus étudiés, dont on retiendra les performances et les inconvénients, sont les suivants :

Le permanganate de potassium

Le moins puissant des oxydants, à faible pouvoir bactéricide. Il agirait, cependant, sur le vibrion cholérique ; il est inactif contre les parasites. Il n'est pas à recommander pour la désinfection de l'eau. En outre, son ingestion accidentelle est redoutable, car il peut être responsable de perforations gastriques.

Les sels d'argent

En solution, ils se caractérisent par une activité antibactérienne, mais ils entraînent, à long terme, des manifestations pathologiques secondaires (argyrie). Très onéreux, les produits commercialisés (Micropure) ne peuvent convenir au traitement familial et collectif de l'eau de boisson.

Le brome.

Le brome est un halogène. Liquide brun rouge, en solution dans l'eau il forme de «l'eau de brome», mélange d'acide hypobromeux et d'acide bromhydrique. Le premier présente une bonne activité désinfectante, mais, au dessous d'un pH de 7,0, le brome moléculaire donne à l'eau une teinte verdâtre.

Réagissant avec l'ammoniaque et les composés organiques, le brome provoque l'apparition de bromamines suggérées - sans démonstration probante - cancérogènes. Il est proposé, actuellement, pour le traitement de l'eau des piscines malgré ses inconvénients : production de vapeurs denses, corrosives et dangereuses à respirer ; coût relativement élevé ; activité bactéricide 2 fois moindre que celle du chlore.

L'iode

En solution alcoolique (teinture d'iode à 2 %) ou en solution iodo-iodurée (solution de lugol à 1%), c'est un antimicrobien

reconnu. Il est utilisé pour la désinfection de l'eau de boisson du voyageur (comprimés de Globaline) et s'avère alors onéreux. Ce métalloïde volatil, présente un pouvoir bactéricide inférieur à celui du chlore [8]. L'iode est allergisant et l'ingestion accidentelle d'un produit iodé peut être mortelle. Par ailleurs, en utilisation prolongée, des effets secondaires peuvent apparaître (dysthyroïdies).

L'ozone

Désinfectant très puissant, il agit par oxydation. O₃ est très instable à la température ordinaire. Il est dangereux à respirer à partir de 0,2 mg/m³ d'air.

L'ozonation de l'eau dans les usines de traitement réclame un appareillage complexe et coûteux. Le désinfectant est fourni par un générateur électrique spécifique, qui transforme une partie de l'oxygène (O₂) en ozone (O₃). On obtient ainsi un "air ozone" contenant environ 20 g d'ozone/m³ d'air.

Ce traitement peut être appliqué à l'eau de boisson ou à l'eau des piscines, à raison d'une dose minimale de 0,4 mg d'ozone par litre d'eau, temps de contact d'au moins 4 minutes. Il doit être éliminé, secondairement, par désozonation, soit par filtration sur charbon actif, soit par dégazage dans un réservoir spécifique.

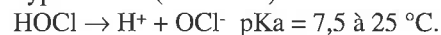
L'ozone, par ailleurs, ne persiste pas à long terme ; il est très instable, O₃ forme allotropique de l'oxygène se décomposant rapidement en O₂. Pour assurer à l'eau un pouvoir désinfectant rémanent, il faut donc pratiquer une désinfection complémentaire à l'aide d'un produit agréé.

Traitements chimiques chlorés et dérivés

Ce sont de puissants germicides, à large spectre et d'action rapide. Le chlore doué d'une grande réactivité chimique se comporte comme un oxydant. En présence d'eau, il s'hydrolyse en acide hypochloreux.



L'acide hypochloreux formé a tendance à se dissocier pour donner l'ion hypochlorite (ionisation)



Le chlore élémentaire dissous (Cl₂), l'acide hypochloreux (HOCl) et l'ion hypochlorite (OCl⁻) représentent le

chlore libre ou chlore résiduel libre (CRL). HOCl est le CRL actif ; OCl⁻ est le CRL potentiel.

Le chlore dissous dans l'eau réagit d'abord avec les matières organiques et réductrices. Cette demande en chlore peut être importante et le chlore combiné n'a plus la même activité germicide que le chlore actif. La réaction avec l'ammoniaque du milieu entraîne, notamment, la formation de chloramines à faible pouvoir désinfectant. Une addition supplémentaire de chlore provoque l'oxydation de ces composés organo-halogénés et on arrive, ainsi, au point de saturation en chlore, dénommé point de rupture ou breakpoint. A ce moment, les chloramines rendent leur chlore sous forme libre. Le CRL apparaît, avec la même cinétique que dans une eau pure, et manifeste son pouvoir rémanent de désinfection. Sa disparition progressive, plus ou moins rapide, dépendra des substances réductrices introduites, à nouveau, dans l'eau...

La chloration d'une eau de boisson peut être effectuée par le chlore gazeux, le dioxyde de chlore, les chloramines, l'hypochlorite de sodium (eau de Javel). Une bonne description en est donnée dans un article récent [9]. Nous soulignerons simplement leurs principaux intérêts et inconvénients.

Chlore gazeux

Liquéfié, il présente une bonne efficacité de chloration ; tout le chlore injecté est transformé en chlore libre actif, contre seulement 50 % pour l'eau de Javel. Cette propriété le rend deux fois moins onéreux et sa conservation est de plus longue durée. Mais au delà d'une production de 500 kg de chlore gazeux, la maîtrise du risque industriel réclame un stockage confiné et une unité de neutralisation automatique en cas de fuite.

Dioxyde de chlore

Son action désinfectante est plus rapide et plus rémanente que celle du chlore. Aussi peut-il constituer le seul traitement efficace contre certaines pollutions organiques, notamment accidentelles. Son utilisation doit être, cependant, limitée en raison de la formation éventuelle de ClO₂⁻, toxique et de goût désagréable. Reste que le dioxyde de chlore est explosif aux concentrations

supérieures à 10% - en volume - dans l'air, ce qui nécessite une parfaite maîtrise de sa production.

Chloramines

Ce sont des composés organiques azotés (groupe N-Cl). Ils ont un pouvoir désinfectant nettement plus faible que celui du chlore, mais un effet rémanent plus élevé. Cette propriété peut être intéressante, quand l'eau s'écoule dans de longs réseaux et pendant un temps de séjour important.

Hypochlorite de sodium

Il est plus connu sous le nom d'eau de Javel, produite initialement dans le village de Javel, qui est depuis longtemps intégré à Paris. Découverte du chimiste français Berthollet (1785), réputée pour son action blanchissante, on s'aperçut rapidement de ses puissantes propriétés désinfectantes. Le chirurgien Percy (1793) en fit le premier usage pour lutter contre la pourriture de l'hôpital de l'armée du Rhin, mais son application au traitement de l'eau date de la fin du siècle dernier (Traube, 1884).

L'hypochlorite de sodium est devenu un désinfectant universel, qui produit de l'acide hypochloreux (ou CRL actif) selon la réaction :



Une solution d'hypochlorite de sodium est dénommée extrait de Javel si son degré chlorométrique (1° chl = 3,17 g de chlore actif/litre) est \geq à 40. En dessous de cette valeur, il s'agit d'eau de Javel. Son instabilité tient à la présence d'acide hypochloreux et plusieurs facteurs sont responsables de sa dégradation : acidité du milieu, contact avec des ions métalliques et des matières organiques, chaleur, rayons ultraviolets... Pour éviter cette «rétrogradation», on préconise l'alcalinisation du produit, un conditionnement adéquat et la préparation de solutions diluées. Ainsi à 8 degrés chlorométriques (2,45 %), donc très diluée, l'eau de Javel conserve une longue efficacité bactéricide dans des conditions climatiques rigoureuses, en milieu tropical.

La synthèse de ce désinfectant est simple ; elle se fait avec du sel (NaCl), de l'eau (H₂O) et une cuve d'électrolyse. Les industriels font ensuite réagir le chlore dégagé sur la soude pour obtenir un mélange de sel, d'eau et d'hypochlo-

rite de sodium, qui constitue l'eau de Javel. Germicide efficace, peu coûteux, à action rémanente, c'est le désinfectant universel.

Choix d'une méthode de traitement de l'eau

De tout ce qui précède, après étude critique de différentes méthodes, deux apparaissent essentielles : la filtration et la chloration. Permanganate de potassium, sels d'argent, brome et iode, de par leur activité bactéricide incomplète, leur toxicité ou leur coût, ne peuvent convenir à la désinfection de l'eau d'une collectivité.

L'eau subit, dans les pays nantis, une cascade d'interventions dans les stations de traitement : dégrillage, sédimentation-décantation, destruction des produits chimiques toxiques, floculation, désinfection majeure (chloration ou ozonation) et désinfection rémanente (chloration). Selon les origines de l'eau : source, puits, fleuve ou barrage, on utilise diverses combinaisons de ces techniques [6].

De grandes métropoles du tiers monde bénéficient de stations de traitement aussi efficaces. Mais, en raison des coûts d'investissement et de fonctionnement, d'autres se contentent d'une épuration sur filtres à sable lent, d'une chloration ou des deux associées. En fait, la filtration lente sur sable demeure une méthode de choix pour la purification de l'eau. Mais on se gardera, néanmoins, d'omettre un traitement de précaution : la chloration. Pour les raisons suivantes : altération éventuelle du filtre biologique par des déchets industriels, des colloïdes ou des algues ; efficacité de l'épuration réduite par les basses températures d'hiver affectant le métabolisme des bactéries et autres micro-organismes ; présence de virus après filtration. La chloration est donc essentielle pour garantir la potabilité de l'eau proposée aux consommateurs.

La chloration, protection contre les contaminations

Les composés chlorés, dont la forme active principale est l'acide hypochlo-

reux, ont un pouvoir oxydant. Les mécanismes biologiques de leur activité germicide ne sont pas entièrement élucidés ; ils ne seraient pas identiques pour les différentes espèces de micro-organismes [10].

Bactéricides, ils agissent sur les protéines des cellules microbiennes, altérant les systèmes enzymatiques liés à leur métabolisme énergétique, la synthèse des acides nucléiques et la structure protéique de la paroi. Apparaissent alors des modifications de la perméabilité de la membrane bactérienne avec pour conséquences la fuite des constituants cytoplasmiques et une exposition des centres vitaux à l'action oxydante. En microscopie électronique, on observe une coagulation fine du contenu du cytoplasme et l'apparition de nombreuses excroissances sur la membrane externe [11].

En ce qui concerne les virus dépourvus de métabolisme énergétique intrinsèque, les sites d'action seraient les protéines de la capsidie et de l'acide nucléique (Olivieri, 1975 ; Dennis, 1979).

Bactéricides, virucides, parasitocides, fongicides, les composés chlorés sont très efficaces pour la désinfection des sols, des équipements et du matériel médico-chirurgical ; l'eau de Javel est aussi utilisée comme antiseptique sur les lésions corporelles. A ce jour, aucun cas de résistance primaire ou secondaire des germes vivants à la chloration n'a été recensé.

Lorsqu'elle est faible - exemple : réseaux d'eau potable -, elle permet d'éliminer les entérobactéries, agents des diarrhées infectieuses mortelles. En outre, les coliformes totaux et fécaux n'y résistent pas. La bactéricidie n'implique pas, cependant, la disparition de tous les contaminants pathogènes. La demande en chlore est plus élevée pour tuer les parasites [12] ; il faut un taux de CRL de 2,5 mg/l pour inactiver, en 30 minutes, plus de 90 % des kystes de giardias [13] et d'amibes [14]. En ce qui concerne les virus de la poliomyélite et coxsackie, l'élimination est effective, en moins de 15 minutes, avec un taux de CRL de 0,40 mg/l d'eau [15]. Enfin, des études expérimentales ont montré que la toxine botulinique est neutralisée à partir d'un seuil en chlore libre stabilisé à 0,3 mg/l [9].

L'action désinfectante est donc remarquable. Cependant, pour plus de sécurité, on doit recommander un prétraitement de l'eau de consommation humaine. Complexe dans les stations d'épuration modernes des villes (sédimentation-décantation, coagulation, floculation...), plus simple pour les petites collectivités (filtration sur sable), il sert à éliminer, notamment, les contaminants parasitaires, mais aussi la quasi-totalité des matières organiques permettant ainsi une chloration optimale.

La chloration : effets négatifs et hypothétiques

Elle peut donner un goût désagréable à l'eau. Les plaintes des consommateurs sont fréquentes à partir de 0,6 mg/litre d'eau. En France, pour un objectif de chlore résiduel de 0,05 à 0,10 mg/litre, la chloration à la sortie des stations de traitement est de 0,2 à 0,3 mg/litre. A New York, elle est de 0,7 à 2 mg/litre ; l'odeur et le goût d'eau de Javel y sont considérés comme le symbole de l'eau saine.

Les accidents liés à l'usage d'eau de Javel ne sont pas rares. Ils concernent les enfants une fois sur deux, mais les risques d'apparition de lésions graves, séquellaires, sont quasi inexistantes, même avec les solutions concentrées [16, 17, 18].

L'ingestion d'eau de Javel peut provoquer une irritation buccale, des nausées, des vomissements, des douleurs abdominales. Le produit concentré est, parfois, responsable d'œsophagite congestive, voire ulcéro-hémorragique ; elles régressent en quelques heures ou quelques jours et n'évoluent pas vers la perforation ou la sténose séquellaire. Rares sont dans la littérature les intoxications volontaires, les suicides à l'eau de Javel.

La projection dans les yeux est souvent asymptomatique ; elle peut se traduire par des hyperhémies conjonctivales et palpébrales ou des lésions cornéennes bénignes. Les ulcérations de la cornée, dues à des solutions concentrées, sont exceptionnelles et guérissent sans séquelles.

Les allergies cutanées ont disparu depuis l'utilisation d'eau de Javel inco-

lore, sans bichromate de potassium. Ce sel, sensibilisant, lui apportait autrefois une couleur jaune.

Ainsi, les troubles provoqués par l'eau de Javel sont bénins. Les mesures à prendre en cas d'accidents sont simples : laver à grande eau lors des projections sur les yeux ou la peau ; rincer la bouche et faire boire après ingestion du produit dilué. Il doit être stocké hors de portée des enfants et son mélange est à éviter avec des substances acides (exemple : détartrant de WC) ; le dégagement de chlore qui en résulte peut provoquer, par inhalation, une inflammation des voies respiratoires d'évolution bénigne.

Si ces troubles pathologiques et risques sont bien connus du personnel médical, d'autres demeurent hypothétiques. Des associations, soucieuses de la qualité de l'environnement, attribuent à la chloration de l'eau la genèse de cancers humains. Pour les raisons suivantes :

a/ Le chlore réagit avec les matières organiques en milieu liquide, notamment avec les acides humiques et la chlorophylle ; il entraîne l'apparition de composés organochlorés, tels que trihalométhanes, chloropicrines, acides haloacétiques. Le plus connu est le trichlorométhane (CHCl_3) ou chloroforme [9].

b/ Le chloroforme, à dose très élevée, provoque des tumeurs malignes rénales, thyroïdiennes et hépatiques chez la souris et le rat [19]. Aux États-Unis, des études épidémiologiques ont mis en évidence une corrélation positive entre taux de mortalité par cancer - recto-intestinal et vésical - et concentration de trichlorométhanes (ou chloroforme) dans l'eau de boisson [20, 21].

c/ Le DDT (dichloro-diphényl-trichloroéthane), un insecticide, est aussi un organochloré. Il est peu toxique pour les homéothermes et sa cancérogénicité est peu suspectée. Pourtant, son utilisation s'est trouvée controversée, puis déconseillée aux États-Unis et en URSS notamment.

En fait, ces explications et arguments, qui paraissent très recevables, n'ont pas résisté à l'analyse scientifique des comités d'experts. Certes, les modèles murins permettent de démontrer le potentiel cancérogène, à très forte dose, d'un composé chloré, le chloro-

forme [19]. Mais l'on sait, depuis les longues études sur l'aflatoxine, que la genèse des cancers d'origine toxique dépend de la susceptibilité des diverses espèces animales [22]. Le rat, qui ingère de l'aflatoxine, développe un carcinome hépatocellulaire ; en revanche, rien n'est encore prouvé pour l'homme [23].

Ce bilan peut se rapporter aux effets controversés du chlore et des composés chlorés. Un travail de synthèse du Comité de l'Eau de boisson (Académie nationale des sciences, États-Unis) a annulé les résultats des enquêtes épidémiologiques américaines qui concluaient à la genèse de cancers par les trihalométhanes - chloroforme - de l'eau de consommation humaine [20, 21]. Aucune relation de causalité n'a été établie [24]. Et, en 1991, après une analyse des 206 études réalisées dans le monde, le Centre International de Recherche sur le Cancer a officiellement placé les eaux de boisson désinfectées par le chlore ou les dérivés chlorés dans le groupe 3. Il rassemble les agents non classifiables comme cancérigènes pour l'homme [25]. Cette conclusion est d'importance, car elle émerge de multiples enquêtes épidémiologiques et scientifiques définissant minutieusement les risques pour la santé publique des produits chlorés.

L'avenir de la chloration

La chloration demeure donc pour les experts de santé publique une méthode à privilégier pour la désinfection de l'eau. Aucun traitement physique ou chimique, comme nous l'avons mentionné, ne présente autant d'avantages : puissante activité germicide, à large spectre, d'action rapide ; prix de revient acceptable ; très faible toxicité, en particulier de l'eau de Javel diluée. Les taux de CRL recommandés dans les publications de l'OMS et les traités d'hygiène sanitaire sont de l'ordre de 0,5 mg/l [24, 26]. En France - pays à la pointe des techniques de production d'eau potable - l'objectif est de maintenir dans le réseau de distribution des concentrations de CRL de 0,05 à 0,10 mg/l. La chloration à la sortie des stations de traitement est de 0,2 à 0,3 mg/l, tandis qu'elle est à New York, ville phare de la côte Est américaine, de 0,7 à 2 mg/l [9].

L'intérêt pour la chloration n'a cessé de croître. Labarraque, dès 1832,

démontrait son utilité dans la lutte contre le choléra. Calmette, au cours de la première guerre mondiale, fit procéder à la verdunisation de l'eau de boisson des militaires pour prévenir l'extension des épidémies de maladies diarrhéiques. Elles sont désormais ignorées sous nos climats, mais gare à l'abandon de la chloration par désinvolture ou sous la pression de débats médiatiques passionnés. Lima, 1991, le traitement de l'eau n'est plus assuré ; une épidémie de choléra y fait 10 000 morts. Cantonée, tout d'abord au Pérou, 590 000 malades seront ensuite recensés en Amérique latine. Un autre scénario possible et à peine utopiste convient à la ville d'Amsterdam. Les édiles y ont décrété l'abandon de la chloration de l'eau et ce handicap ne permet plus de parer aux fortes contaminations bactériennes, accidentelles ou criminelles, des réseaux de distribution. Peuvent y renaître alors des épidémies soudaines de fièvre typhoïde, difficilement maîtrisables en raison de l'émergence de nouvelles souches de salmonelles anti-bio-résistantes.

Ce film d'anticipation pessimiste aurait peu de succès dans les pays pauvres, où par ignorance des modes de désinfection de l'eau, s'éteignent en un trimestre plus de vies humaines qu'en année de guerre mondiale. Dans l'échelle d'importance des pathologies majeures mortelles et déferlantes - comme le paludisme et le sida - les diarrhées ou gastro-entérites infectieuses, liées à la pollution pathogène de l'eau de boisson, occupent la première place. Selon l'Organisation Mondiale de la Santé, elles font disparaître de notre planète 20 000 000 de personnes par an. A cette hécatombe s'ajoute la longue litanie des incapacités et invalidités qui en résultent, qu'elles soient d'origines bactérienne (shigelloses, salmonelloses...), virale (hépatite, poliomyélite...) ou parasitaire (amibiase, giardiose, dracunculose...). Facteurs d'inefficacité temporaire ou permanente de la main d'œuvre et de multiplication des dépenses hospitalières, elles représentent une lourde charge économique pour la communauté. En termes de gestion, elles font de pauvres pays des pays encore plus pauvres.

L'assertion de Pasteur « nous buvons 80 % de nos maladies » connaît sa pleine

vérité en milieu rural tropical. L'eau y est systématiquement contaminée par des bactéries d'origine fécale, pendant son transport et son stockage, et la ration quotidienne du villageois est un bouillon de culture, un cocktail pathogène contenant parfois plus de 10 000 coliformes fécaux. Dès lors le traitement de l'eau de boisson s'avère de première urgence dans les zones rurales... mais aussi dans les quartiers péri-urbains défavorisés des villes du tiers monde. La chloration par l'eau de Javel est à privilégier pour les raisons déjà mentionnées, auxquelles s'ajoutent encore trois avantages essentiels. A forte dilution, donc très peu onéreux (dépense pour une famille de 5 personnes : 12 F/an), le désinfectant conserve son fort potentiel microbicide. Il agit tout au long du chemin de l'eau, au cours du transport et du stockage, pendant 18 heures. Enfin, il inactive les germes, introduits dans les réserves familiales ou communautaires, après la désinfection initiale [27].

La chloration de l'eau, l'un des symboles majeurs de la propreté et de l'hygiène, est un facteur déterminant de progrès socio-économique et de bien-être. A ses détracteurs qui en bénéficient, - il leur suffit d'ouvrir un robinet - , il faut opposer tout ce qui s'est dit sur les gigantesques pollutions bactériennes de l'eau et de l'environnement. Dévaloriser la chloration, et au pire en dispenser les populations suite à des décisions arbitraires dénuées d'arguments scientifiques, est irrationnel, voire criminel. Un tel engagement ne peut se traduire que par un recul brutal et spectaculaire de la santé publique.

Toutefois, le choix d'un produit chimique pour améliorer la qualité de la vie de l'homme implique une évaluation de ses risques et de ses avantages, notamment pour la santé. A ses effets pathogènes potentiels, on oppose souvent son efficacité thérapeutique ou prophylactique contre les endémies épidémies majeures. Ce fut le cas pour le paludisme, une infection parasitaire mortelle transmise par des moustiques : les anophèles. Pour éliminer ce fléau, qui menace 1 milliard de personnes dans le monde, on utilisa un insecticide, le DDT, très actif, peu toxique, d'effet cancérigène incertain pour l'homme. Cette suspicion n'en fit pas limiter

l'épandage sur la surface du globe, qui résulte de la résistance acquise par les moustiques au DDT. On trouve dans cet exemple la notion de balance de risques, qui convient au thème de la chloration de l'eau.

Il est essentiel de limiter les risques, même s'ils ne sont que probables, pour la santé humaine. Cet objectif ne peut être assuré qu'à travers une alliance entre industriels et médecins de santé publique, ces derniers étant seuls aptes à décider des précautions à prendre dans l'usage médical des produits chimiques. Une telle concertation a permis d'aboutir - par la filtration de l'eau sur charbon actif en grain et la nanofiltration - à l'exclusion quasi totale des trihalométhanes. Mais, actuellement, ces techniques n'ont pu être appliquées que dans des stations de traitement de mégapoles modernes. Avant d'envisager leur généralisation, il faut tenter d'approcher leurs performances. L'Organisation Mondiale de la Santé préconise d'associer la filtration à la chloration pour aboutir au moindre risque de pollution. Mais encore faut-il dans les pays pauvres, en zone rurale et dans les quartiers péri-urbains, que soit développée la conscience du bénéfice sanitaire résultant du traitement de l'eau de boisson.

Remerciements

Nous remercions Monsieur Khémaïs Farhati pour sa participation à la préparation de cet article.

Références

- [1] Rice E.W., Hoff J.C., Inactivation of Giardia lamblia cysts by ultraviolet irradiation, *Applied Environmental Microbiology*, **1981**, 42, p 546-547.
- [2] Acra A., Raffoul Z., Karahagopian M., *Solar disinfection of drinking water and oral rehydration solution*, Unicef, Beyrouth, **1984**, 56 p.
- [3] De Lorenzi G., Volta Ch., Monjour L., Application de la désinfection solaire à l'eau de boisson en milieu tropical., *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique*, **1989**, 82, p. 255-259.
- [4] Baker M.N., *The quest for pure water*, American Waterworks Association, New York, **1949**.
- [5] Huisman L., Wood W.E., *La filtration lente sur sable*, Organisation Mondiale de la Santé, Genève, **1975**.
- [6] Organisation Mondiale de la Santé, Éducation sanitaire, eau et assainissement à l'école en Afrique et dans le monde, atelier inter-États de Ouagadougou, Burkina Faso, 19-21 avril **1994**.
- [7] Monjour L., Volta Ch., Uwechue N., de Lorenzi G., Évaluation of traditional filters for water purification in Burkina Faso, *Annales de la Société Belge de Médecine Tropicale*, **1990**, 70, p. 311-315.
- [8] Cliver D.O., Newman R.A., Microbiology of water treatment and disinfection, *Journal Environ. Pathol. Toxicol. Oncol*, **1987**, 7, p. 235-278.
- [9] Mesny M., Sécurité, eau potable et chloration, colloque scientifique et technique international, Hydrotop, Marseille, 12-15 avril **1994**.
- [10] Empereur-Bissonnet P., L'eau de boisson en milieu rural africain. Évaluation de méthodes destinées à améliorer sa qualité microbiologique, thèse de médecine, Faculté de médecine Saint-Antoine, **1989**.
- [11] Ryter A., Dodin A., Altérations ultrastructurales provoquées par des antiseptiques chez diverses espèces bactériennes, *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique*, **1988**, 81, p. 811-818.
- [12] Jarrol E.L., Bingham A.K., Meyer E.A., Giardia cyst destruction. Effectiveness of six small - quantity water disinfection methods, *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, **1980**, 29, p. 8-11.
- [13] Rice E.W., Hoff J.C., Schaefer F.W., Inactivation of Giardia cysts by chlorine, *Applied Environmental Microbiology*, **1982**, 43, p. 250-251.
- [14] Derreumaux A.L., Jadin J.B., Wiallet E., Moret R., Action du chlore sur les amibes de l'eau, *Annales de la Société Belge de Médecine Tropicale*, **1974**, 54, p. 415-428.
- [15] Kelly S., Sanderson W.W., The effect of chlorine in water on enteric viruses, *American Journal of Public Health*, **1958**, 48, p. 1323-1334.
- [16] Hartemann E., Hermier M., Ducloux E., Morgon A. et coll., Les intoxications par produits toxiques chez l'enfant., *Pédiatrie*, **1978**, 33, p. 61-71.
- [17] Levêque B., L'eau de Javel et ses risques pour l'enfant, *Le Concours Médical*, **1981**, 103, p. 6391-6394.
- [18] Garnier R., Efthymiou M.L., Riboulet-Delmas G. et coll., Contaminations par l'eau de Javel chez l'enfant, *Journal de Toxicologie Médicale*, **1982**, 2, p. 25-31.
- [19] National Cancer Institute, Carcinogenesis bioassay of chloroform, *Directives de qualité pour l'eau de boisson*, vol. 2, Organisation Mondiale de la Santé, Genève, **1986**, 341 p.
- [20] Cantor K.P., Association of cancer mortality rates and trihalomethane level in municipal drinking water supplies., *Directives de qualité pour l'eau de boisson*, vol. 2., Organisation Mondiale de la Santé, Genève, **1986**, 341 p.
- [21] Hogan M.D. et al., Association between chloroform levels in finished drinking water supplies and various site - specific cancer mortality rates, *Directives de qualité pour l'eau de boisson*, vol.2, Organisation Mondiale de la Santé, Genève, **1986**, 341 p.
- [22] Gentilini M., Duflo B., *Médecine tropicale*, Flammarion Médecine-Sciences, **1982**, 682 p.
- [23] Monjour L., Quénum C., Giorgi R., Lésions parenchymateuses et altérations staturo-pondérales des canetons, des rats et des singes, provoquées par l'aflatoxine, *Archives d'anatomo-pathologie*, **1970**, 18, p. 175-190.
- [24] Organisation Mondiale de la Santé, Directives de qualité pour l'eau de boisson, vol. 2, Critères d'hygiène et documentation à l'appui, OMS, Genève, **1986**, 341 p.
- [25] Monographies du CIRC, Organisation Mondiale de la Santé, Genève, **1991**, n° 52.
- [26] Lanoix J.N., Roy M.L., *Manuel du technicien sanitaire*, Organisation Mondiale de la Santé, Genève, **1976**, 193 p.
- [27] Monjour L., Eau potable et santé : actions prioritaires en milieu tropical, colloque scientifique et technique international, Hydrotop, Marseille, 12-15 avril **1994**.