



Elena CIOBANU, Cătălina CROITORU, Greta BĂLAN

NOTES DE COURS de L'HYGIÈNE DE L'EAU

Chişinău, 2024



Elena CIOBANU, Cătălina CROITORU, Greta BĂLAN

NOTES DE COURS de L'HYGIÈNE DE L'EAU



Chișinău, 2024

CZU: 614.777+613.31(075.8)

Approuvé par le Conseil du Management de la Qualité de l'Université d'Etat de Médecine et de Pharmacie « Nicolae Testemițanu »,
procès-verbal nr. 6 du 27.06.2024

Auteurs:

Elena CIOBANU, *docteur en sciences médicales, maître de conférences, Discipline d'hygiène, Département de Médecine Préventive, Université d'État de Médecine et Pharmacie « Nicolae Testemițanu », Chișinău, République de Moldavie*

Cătălina CROITORU, *docteur en sciences médicales, maître de conférences, Discipline d'hygiène, Département de Médecine Préventive, Université d'État de Médecine et Pharmacie « Nicolae Testemițanu », Chișinău, République de Moldavie*

Greta BĂLAN, *dr. d'Etat en Médecine, maître de conférences, Discipline de microbiologie et d'immunologie, Département de Médecine Préventive, Université d'État de Médecine et Pharmacie « Nicolae Testemițanu », Chișinău, République de Moldavie*

Référents:

Nino CHIKHLADZE, *docteur en sciences médicales, professeur, Université d'État de Tbilissi « Ivane Javakhishvili », Géorgie*

Ion BAHNAREL, *dr. d'Etat en Médecine, professeur, Discipline d'hygiène, Département de Médecine Préventive, Université d'État de Médecine et Pharmacie « Nicolae Testemițanu », Chișinău, République de Moldavie*

Olga BURDUNIUC, *dr. d'Etat en Médecine, maître de conférences, Agence Nationale de Santé Publique, Chișinău, République de Moldavie*

Ce ouvrage cible en priorité les étudiants francophones en médecine, ainsi que les médecins généralistes et hygiénistes, mettant l'accent sur l'importance de la qualité, du traitement et de la préservation de l'eau potable.

Cet ouvrage est publié avec le soutien de l'Agence universitaire de la Francophonie dans le cadre du projet « Réseau de recherche international sur les déterminants de la santé dans le contexte du changement climatique » (ReSanClim).

Il n'est pas destiné à la commercialisation.

CONTENU

HYGIÈNE DE L'EAU	4
PATHOLOGIE HYDRIQUE INFECTIEUSE	27
PATHOLOGIE HYDRIQUE NON INFECTIEUSE	72
BIBLIOGRAPHIE	99

HYGIÈNE DE L'EAU

L'eau se démarque comme un facteur environnemental primordial exerçant une gamme étendue d'effets, à la fois positifs et négatifs, sur le bien-être de la population. En effet, l'eau constitue le milieu fondamental et irremplaçable au sein duquel se déploient l'ensemble des processus essentiels à la physiologie humaine. De ce fait, la pérennité et la sûreté de l'existence humaine sont intrinsèquement liées à la qualité physico-chimique et biologique de l'eau.

L'importance de l'eau s'étend au-delà de sa simple consommation. La qualité de l'eau impacte directement la santé publique par le biais de différentes voies, incluant mais ne se limitant pas à la transmission de pathogènes hydriques, les expositions à des contaminants chimiques et les effets sur les écosystèmes aquatiques qui soutiennent la vie humaine et biodiversité. La préservation de sources d'eau propre est donc un enjeu majeur de santé publique, de développement durable et de conservation de la biodiversité.

Reconnaissant la complexité et l'importance de ces interactions, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), via son Bureau régional pour l'Europe, a inauguré la Stratégie de la santé pour tous en 1984. Cette initiative stratégique souligne la corrélation étroite entre la santé humaine et une multitude de facteurs environnementaux. Elle a établi un cadre d'action prioritaire en environnement et santé, définissant huit objectifs spécifiques relatifs à la santé environnementale, qui ont été réévalués et actualisés en 1991. Parmi ces objectifs, le troisième se concentre sur la qualité de l'eau, affirmant que : « Il est essentiel que tous les individus aient accès à des quantités suffisantes d'eau potable de qualité, et que la pollution des nappes phréatiques ainsi que celle des bassins de surface cesse de constituer une menace pour la santé publique ».

La nécessité d'assurer l'accès à une eau potable de qualité se profile comme un des éléments cruciaux pouvant significativement affecter la santé publique, une réalité qui a été soulignée dans la Déclaration de la 51^{ème} Assemblée de l'Organisation Mondiale de la Santé en mai 1998, intitulée « La santé pour tous au 21^e siècle ». Cette déclaration réaffirme l'impératif pour les États d'accorder une haute priorité à la provision d'eau potable salubre et en quantité adéquate à leur population, reconnaissant cette démarche comme une stratégie fondamentale dans la prévention des maladies, tant infectieuses que non infectieuses, dont l'incidence peut être directement liée à la qualité de l'eau consommée.

Dans ce contexte, la garantie d'une eau potable salubre transcende la simple mesure de santé publique; elle devient une question de justice sociale et de droit humain fondamental. Les impacts de l'eau sur la santé englobent une large gamme de pathologies, allant des maladies diarrhéiques, qui demeurent parmi les principales causes de mortalité chez les enfants de moins de cinq ans dans les régions à faibles ressources, à diverses formes de pathologies chroniques associées à la présence de contaminants chimiques ou biologiques dans les ressources hydriques.

L'accent mis sur la qualité de l'eau dans la Déclaration « La santé pour tous au 21^e siècle » s'inscrit dans un cadre plus large de développement durable et de lutte contre les inégalités sanitaires. Ainsi, les politiques et les actions étatiques en matière de gestion de l'eau ne doivent pas seulement viser à répondre aux besoins immédiats de la population, mais aussi à anticiper et à prévenir les risques futurs liés aux changements environnementaux et climatiques, à l'urbanisation rapide et à l'augmentation de la demande en eau.

La problématique de l'accès à l'eau potable a émergé comme un enjeu capital de sécurité nationale en matière de santé publique ces dernières années. En effet, moins de 1 % des ressources hydriques terrestres sont accessibles pour la consommation humaine, laissant environ 1,2 milliard d'individus sans accès à une source fiable d'eau potable. Cette statistique met en lumière non seulement l'urgence

de la situation, mais aussi la nécessité impérieuse d'une gestion et d'une distribution équitable de l'eau.

De même, l'Office des publications de la Communauté européenne a souligné une préoccupation spécifique au sein de l'Union européenne, où environ 20 % des ressources en eau douce sont exposées à un risque accru de pollution. Ce risque est d'autant plus préoccupant que les sources d'eau souterraines, ne représentant que 75 % du total nécessaire, sont souvent les principales réserves d'eau potable exploitées.

La reconnaissance de l'urgence de cette problématique a également trouvé un écho sur la scène politique internationale. Les Nations Unies, en déclarant la période du 22 mars 2005 au 22 mars 2015 comme la décennie d'action « L'eau, source de vie », ont souligné l'importance vitale de l'eau pour le bien-être humain et ont encouragé une mobilisation globale pour améliorer la gestion des ressources hydriques. Cette initiative visait à promouvoir une prise de conscience et des actions concrètes pour faire face à la crise de l'eau, dans le but ultime d'atteindre un accès universel à l'eau potable et à l'assainissement, conformément aux Objectifs de Développement Durable (ODD).

L'amélioration de l'accès à des sources d'eau potable sûres constitue un pilier essentiel du Protocole sur l'eau et la santé annexé à la Convention de 1992 sur la protection et l'utilisation des cours d'eau transfrontaliers et des lacs internationaux. Ce Protocole représente un engagement international visant à sauvegarder la santé humaine par la protection des ressources hydriques et la promotion de l'accès à l'eau potable et à des services d'assainissement adéquats. En signant et en ratifiant ce Protocole, les États parties prennent des engagements concrets pour atteindre des objectifs précis en matière de santé publique et de gestion de l'eau.

La République de Moldavie, en adhérant à ce Protocole le 10 mars 2000 et en le ratifiant par la loi no. 207 – XVI du 29 juillet 2005, a manifesté son engagement à intégrer les principes et objectifs du Protocole dans sa politique nationale en matière d'eau et

de santé. La ratification de ce document signifie pour la Moldavie non seulement la reconnaissance de l'importance de la gestion durable des ressources en eau pour la santé publique mais également l'engagement vers l'amélioration de l'accès à l'eau potable pour ses citoyens.

La mise en place de politiques visant à garantir l'accès universel à l'eau potable de qualité est une priorité clairement établie dans la législation et la planification stratégique de la République de Moldavie. La Politique nationale de santé, adoptée par la décision gouvernementale n° 886 du 6 août 2007, ainsi que la Stratégie d'approvisionnement en eau potable et d'assainissement pour les localités de la République de Moldavie, approuvée par la décision gouvernementale n° 662 du 13 juin 2007, incarnent cette volonté politique. Ces documents fondamentaux reconnaissent explicitement la nécessité de fournir à toute la population, et particulièrement aux communautés rurales, un accès à des sources d'eau potable sûres et de qualité supérieure.

Cette orientation stratégique traduit la compréhension par les autorités moldaves des liens étroits existant entre la santé publique, la gestion des ressources en eau et le développement socio-économique durable. En ciblant spécifiquement les populations rurales, souvent les plus vulnérables et les moins desservies en matière d'infrastructure d'eau et d'assainissement, la Moldavie reconnaît les défis particuliers auxquels ces communautés sont confrontées et s'engage à y répondre efficacement.

L'accent mis sur l'amélioration de l'accès à l'eau potable s'inscrit dans le cadre plus large des efforts déployés par la Moldavie pour atteindre les Objectifs de Développement Durable (ODD), notamment l'Objectif 6 qui vise à garantir l'accès de tous à l'eau et à l'assainissement, tout en gérant durablement les ressources en eau. Par ces initiatives, la Moldavie s'engage à adopter des mesures concrètes pour améliorer la qualité de vie de sa population, réduire les inégalités en matière de santé et favoriser un environnement durable pour les générations futures.

L'approvisionnement en eau potable constitue un pilier fondamental pour le développement économique, social, et culturel-sanitaire des communautés. La demande en eau s'est considérablement accrue avec l'expansion des centres peuplés et industriels, le développement de l'agriculture, et l'augmentation du transport mécanisé. Cette dynamique souligne le rôle essentiel de l'eau non seulement comme ressource vitale pour la consommation humaine mais aussi comme élément indispensable aux divers secteurs de l'économie.

Dans le contexte industriel, l'eau est une ressource importante pour de nombreux processus de production. Les industries énergétiques, métallurgiques, et chimiques, entre autres, requièrent d'importants volumes d'eau pour leurs opérations. Ce besoin s'étend au-delà des exigences de production pour inclure également la consommation d'eau potable par les travailleurs et l'amélioration des conditions de travail. Par conséquent, la gestion durable des ressources en eau et la garantie de leur qualité deviennent des enjeux majeurs pour soutenir à la fois la santé publique et l'efficacité économique.

L'augmentation de la demande en eau pose également des défis significatifs en termes de gestion durable des ressources hydriques. Il est impératif d'adopter des stratégies de gestion intégrée des ressources en eau (GIRE) qui tiennent compte des besoins des différents secteurs tout en préservant la capacité des écosystèmes à fournir de l'eau de qualité. Cela implique une planification attentive, une utilisation efficace de l'eau, et l'investissement dans des technologies de traitement et de recyclage de l'eau pour réduire les prélèvements sur les ressources naturelles.

Par ailleurs, l'importance de l'eau pour le développement socio-économique souligne la nécessité d'aborder la question de l'accès à l'eau potable dans le cadre des politiques de développement durable. Les efforts pour améliorer l'infrastructure d'approvisionnement en eau et d'assainissement, particulièrement dans les régions rurales et les communautés défavorisées, doivent être une

priorité pour garantir que tous les citoyens bénéficient des fondements nécessaires à une vie saine et productive.

La consommation d'eau dans le secteur industriel illustre l'ampleur de la demande en ressources hydriques pour soutenir les activités économiques. Cette demande varie considérablement selon le type d'industrie, le processus technologique employé, le volume de production, ainsi que les stratégies de gestion de l'eau telles que la recirculation et le stockage. Dans de nombreux cas, la quantité d'eau utilisée à des fins industrielles est colossale, équivalant ou surpassant les besoins en eau de communautés entières de dizaines, voire de centaines de milliers de personnes.

Un aspect remarquable de la consommation industrielle d'eau est que, pour certaines productions, le ratio entre la quantité d'eau consommée et le produit fini est extrêmement élevé. Il n'est pas rare que plusieurs tonnes d'eau soient nécessaires pour produire une seule tonne de produit fini. Cette situation est particulièrement prévalente dans des secteurs tels que l'industrie sidérurgique, la production de pâtes et papiers, et certaines branches de l'industrie chimique, où les processus de refroidissement, de nettoyage et de dilution exigent d'importantes quantités d'eau.

Cette réalité souligne l'importance de l'efficacité de l'utilisation de l'eau dans le secteur industriel. Il existe un potentiel significatif pour la réduction de la consommation d'eau par l'optimisation des processus industriels, l'adoption de technologies de recirculation de l'eau et le traitement des eaux usées pour leur réutilisation. Ces pratiques non seulement minimisent l'impact environnemental des activités industrielles mais contribuent également à la durabilité des ressources en eau en limitant les prélèvements dans l'environnement.

L'implémentation de politiques et de réglementations visant à encourager l'utilisation rationnelle de l'eau dans l'industrie est devenue une priorité pour de nombreux gouvernements et organisations internationales. Cela comprend la promotion de l'innovation technologique, l'encouragement à l'adoption de systèmes de gestion de

l'eau plus efficaces, et l'intégration de considérations environnementales dans la planification et la prise de décision industrielles. Les besoins en eau pour les processus industriels varient considérablement selon le type d'industrie, la technologie utilisée, les normes de production, et les efforts de durabilité et de recyclage en place.

Besoins en eau pour les processus industriels

<i>Pour la production d'une tonne</i>	<i>Le besoin d'eau, litres</i>
<i>Fonte</i>	15 000 – 45 000
<i>Acier</i>	12 000 – 20 000
<i>Plomb</i>	40 000 – 70 000
<i>Sucre</i>	100 000 – 150 000

La consommation d'eau dans les secteurs industriels, agricoles, et d'élevage illustre la demande massive de cette ressource vitale à travers diverses activités humaines.

Dans l'industrie de transformation des pâtes et des huiles, l'eau est principalement utilisée pour le lavage des matières premières, le refroidissement des machines, et dans certains processus de production spécifiques. Ces industries génèrent également des eaux usées qui doivent être traitées avant leur rejet dans l'environnement. La gestion efficace de l'eau et les technologies de recyclage sont cruciales pour minimiser l'impact environnemental et réduire la consommation d'eau.

Bien que l'architecture ne soit pas traditionnellement associée à une forte consommation d'eau, les processus de construction peuvent requérir d'importantes quantités d'eau, notamment pour le mélange du béton, le compactage du sol, le refroidissement, et le nettoyage des sites de construction. La gestion de l'eau sur les chantiers de construction nécessite une planification attentive pour minimiser l'utilisation et favoriser le recyclage lorsque c'est possible.

L'agriculture est le plus grand consommateur d'eau douce dans le monde, avec environ 80 % de l'eau douce exploitée destinée à l'irrigation. La culture d'une tonne de blé nécessitant jusqu'à 1 500 tonnes d'eau illustre l'intensité de l'utilisation de l'eau dans l'agriculture. La mise en œuvre de techniques d'irrigation efficaces, comme l'irrigation goutte à goutte et l'irrigation par aspersion, peut aider à réduire considérablement cette consommation.

Les besoins en eau de l'élevage sont variés et incluent l'abreuvement des animaux, le nettoyage des installations et des équipements, ainsi que l'assainissement des abris. Par exemple, le gros bétail peut nécessiter entre 80 à 100 litres d'eau par jour pour l'abreuvement et le lavage de l'étable. La quantité d'eau nécessaire dépend de nombreux facteurs, tels que le type et le nombre d'animaux, leur âge, et le niveau d'équipement des exploitations. Les pratiques de gestion durable de l'eau sont essentielles pour réduire l'impact environnemental de l'élevage.

L'eau, avec sa composition simple d'hydrogène et d'oxygène, joue un rôle important dans tous les aspects de l'environnement et soutient la vie sur Terre de manière unique. Malgré sa prévalence, la disponibilité de l'eau douce, qui est essentielle pour la consommation humaine, l'agriculture, et l'industrie, est relativement limitée.

La répartition de l'eau sur la planète est fortement déséquilibrée en faveur de l'eau salée, présente principalement dans les océans et les mers, qui constitue environ 97,2 % de toute l'eau sur Terre. Ce qui laisse une très petite fraction, soit environ 2,8 %, sous forme d'eau douce. Cette eau douce est indispensable pour la plupart des formes de vie terrestre, y compris les humains, mais sa disponibilité est restreinte de plusieurs manières.

D'abord, une grande partie de cette eau douce n'est pas immédiatement accessible car elle est emprisonnée dans les glaciers et les calottes glaciaires ou située dans des aquifères profonds. Cela réduit considérablement la quantité d'eau douce facilement disponible pour les écosystèmes terrestres et l'utilisation humaine. De

plus, la répartition géographique de l'eau douce n'est pas uniforme, entraînant des régions où l'eau est abondante et d'autres où elle est extrêmement rare.

Les chiffres mentionnés illustrent clairement cette répartition : sur environ 1 386 millions de kilomètres cubes (km³) d'eau présente sur la planète, seulement 35 millions de km³ constituent de l'eau douce. Cette quantité, bien que semblant vaste, représente une fraction minuscule de l'eau totale de la Terre et est sous pression croissante en raison de la croissance démographique, de l'expansion industrielle, et des effets du changement climatique.

Répartition de l'eau douce dans le monde

<i>Les eaux</i>	<i>Le volume, km³</i>
<i>Glaciers, neige</i>	24 364 000
<i>Eaux souterraines</i>	10 530 000
<i>Humidité du sol</i>	16 500
<i>L'eau des lacs</i>	91 000
<i>L'eau des flaques</i>	11 500
<i>L'eau des rivières</i>	2 000
<i>L'eau dans l'atmosphère</i>	13 000

La croissance constante de la demande en eau, conjuguée à une prise de conscience accrue de la finitude de cette ressource essentielle, a effectivement conduit à une réévaluation de la manière dont l'humanité gère ses réserves d'eau. Il est désormais reconnu que l'eau, bien qu'abondante, n'est pas inépuisable, surtout en ce qui concerne l'eau douce facilement accessible et propre à la consommation. Les recherches dans ce domaine soulignent que, bien que les réserves globales d'eau ne soient pas encore insuffisantes, le véritable défi réside dans la capacité à maintenir la qualité de l'eau face à la pollution et à la surexploitation.

La pollution de l'eau, résultant de l'utilisation industrielle, agricole, domestique et d'autres activités humaines, pose un problème majeur. Les eaux usées et les déchets, contenant divers polluants chimiques et biologiques, se retrouvent souvent rejetés dans l'environnement sans traitement adéquat, contaminant les rivières, les lacs, et les nappes phréatiques. Cette pollution non seulement dégrade les ressources en eau naturelles, mais entraîne également une réduction de l'eau disponible pour la consommation humaine et les écosystèmes aquatiques.

Face à ces enjeux, deux principales priorités se dessinent :

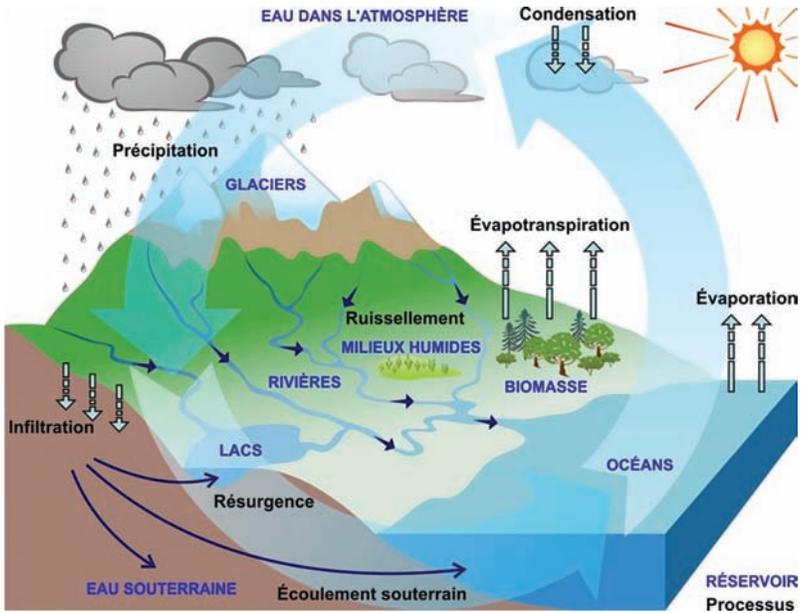
- Protection et préservation des ressources en eau naturelles - cela implique des réglementations plus strictes sur le traitement des eaux usées, la réduction de la pollution industrielle, agricole et domestique, ainsi que la protection des zones humides et des bassins versants qui jouent un rôle crucial dans la purification naturelle de l'eau.
- Recherche de nouvelles ressources et optimisation de l'utilisation actuelle - cela comprend des efforts pour identifier et développer des sources d'eau alternatives, telles que le dessalement de l'eau de mer et la réutilisation des eaux usées traitées. En parallèle, il est essentiel d'améliorer l'efficacité de l'utilisation de l'eau à travers toutes les sphères d'activité humaine, de promouvoir des pratiques d'irrigation plus efficaces en agriculture, et d'encourager une consommation d'eau plus responsable au niveau individuel et industriel.

Le cycle de l'eau, également connu sous le terme de cycle hydrologique, est un processus naturel par lequel l'eau circule continuellement à travers la Terre et son atmosphère. Ce cycle est important pour le maintien de la vie et des écosystèmes sur la planète :

- Évaporation - sous l'influence de la chaleur solaire, l'eau des océans, des lacs, des rivières, et des étangs s'évapore, passant dans l'atmosphère sous forme de vapeur d'eau. Ce pro-

cessus est également aidé par la transpiration des plantes et l'évaporation directe du sol, contribuant à la quantité totale de vapeur d'eau dans l'air.

- Formation des nuages - les vapeurs d'eau montent dans l'atmosphère et, en rencontrant des zones de température plus basse, se condensent pour former des nuages. Ceux-ci sont constitués de minuscules gouttelettes d'eau ou de cristaux de glace, suspendus dans l'air.
- Précipitations - lorsque ces gouttelettes d'eau ou cristaux de glace s'agglomèrent et deviennent suffisamment lourds, ils tombent sur la terre sous forme de pluie, de neige, ou de grêle. Ces précipitations contribuent à l'humidité du sol, aux eaux de surface, et peuvent aussi alimenter les cours d'eau.
- Infiltration et ruissellement - une partie de l'eau qui atteint le sol s'infiltré, pénétrant dans le sous-sol jusqu'à rencontrer une couche imperméable où elle s'accumule, formant des nappes phréatiques. L'autre partie ruisselle à la surface, rejoignant les rivières et les lacs, ou formant des zones d'eau stagnante comme les marais, selon la perméabilité du sol et la topographie du terrain.
- Cours d'eau - les rivières et les ruisseaux transportent l'eau depuis les terres vers les océans et les mers. Sur leur parcours, certains volumes d'eau peuvent s'infiltrer dans le sol, alimentant les nappes phréatiques, ou être utilisés par les êtres vivants.
- Retour à l'océan - une fois dans les océans et les mers, l'eau reprend le processus d'évaporation, bouclant ainsi le cycle.



Ce cycle illustre l'interconnexion profonde entre les différents compartiments de l'environnement terrestre (atmosphère, hydrosphère, lithosphère, et biosphère) et souligne l'importance de chaque étape dans le maintien des conditions nécessaires à la vie sur Terre.

L'importance physiologique de l'eau

L'eau, composant primordial de la vie, forme le cadre au sein duquel s'opèrent l'intégralité des processus vitaux. L'hygiène de l'eau se présente comme un enjeu majeur touchant l'ensemble la population, réflexion découlant de son rôle prépondérant dans les mécanismes physiologiques de l'organisme. En tant que composante fondamentale de l'environnement, l'eau influence substantiellement la santé et les conditions d'hygiène des sociétés humaines. Essentielle à la constitution de la matière organique, l'eau joue un rôle déterminant dans la succession des processus vitaux. De

par ses propriétés uniques, elle constitue le milieu privilégié pour l'orchestration de diverses fonctions physiologiques. Sa contribution s'avère indispensable dans les mécanismes d'absorption et de diffusion des substances à travers les membranes cellulaires, facilitant ainsi l'excrétion des déchets métaboliques. L'eau est au cœur des phénomènes d'osmose, garantissant le maintien de l'équilibre acido-basique essentiel à l'homéostasie. Elle joue également un rôle important dans la thermorégulation, permettant à l'organisme de maintenir sa température interne dans une gamme optimale pour le bon déroulement des réactions biochimiques. En outre, l'eau est un acteur central du métabolisme intermédiaire, participant activement à la transformation des nutriments en énergie.

La biologie, dans toutes ses dimensions, serait impensable sans la présence d'eau. Elle est si intégrale à l'existence que l'on peut affirmer, avec certitude, que l'humain, à l'instar de l'ensemble du vivant, évolue en permanence au sein d'un environnement aquatique ou est constamment en interaction avec cet élément.

L'eau est identifiée comme la source fondamentale de vie et constitue l'élément essentiel de la biosphère. Sa présence est impérative pour l'existence de toute forme de vie organique. Cette affirmation souligne le rôle universel de l'eau dans la soutenance de la vie, où elle se manifeste sous diverses formes. L'eau est au cœur de tous les processus vitaux, illustrant son importance non seulement au niveau macroscopique, au sein des écosystèmes, mais également à l'échelle microscopique, dans chaque cellule vivante.

Cette perspective renforce l'argument selon lequel aucun mécanisme biologique, aucun échange moléculaire ou réaction chimique fondamentale au sein des organismes vivants, ne peut se produire en l'absence d'eau. Elle participe à la régulation thermique, au transport des nutriments, à l'élimination des déchets, à la photosynthèse chez les plantes, et à une myriade d'autres fonctions indispensables au maintien de la vie.

L'implication de l'eau dans chaque aspect de la biologie soulève une prise de conscience quant à sa préservation et à la nécessité

de pratiques de gestion durable. La surexploitation des ressources hydriques, la pollution de l'eau, et les effets du changement climatique menacent les systèmes aquatiques et, par extension, la vie elle-même. La protection de l'eau devient donc une priorité absolue, nécessitant des efforts concertés à l'échelle mondiale pour assurer la disponibilité et la qualité de cette ressource précieuse pour les générations actuelles et futures.

L'eau, par ses propriétés uniques et ses fonctions multiples, occupe une place centrale dans la physiologie de tous les êtres vivants. Elle est essentielle au bon fonctionnement des processus biologiques, agissant comme un vecteur vital dans de nombreuses réactions et mécanismes corporels:

- L'eau est reconnue pour sa capacité exceptionnelle à dissoudre une vaste gamme de substances, qu'elles soient solides, liquides ou gazeuses. Cette propriété fait de l'eau le milieu idéal pour les réactions chimiques et physico-chimiques qui se déroulent tant dans la nature qu'au sein des organismes vivants.
- L'eau fournit l'environnement nécessaire à la conduite des réactions chimiques et physico-chimiques essentielles à la vie. Au sein des cellules, l'eau permet le déroulement harmonieux des processus métaboliques, facilitant ainsi les interactions moléculaires.
- L'eau joue un rôle important dans la régulation de la température corporelle. Par la transpiration et l'évaporation, elle permet à l'organisme de se débarrasser de l'excès de chaleur, maintenant ainsi la température à un niveau optimal pour le bon fonctionnement cellulaire.
- L'eau est indispensable au maintien de la structure et de la fonction des tissus corporels. L'hydratation des cellules garantit leur intégrité et leur viabilité, permettant à l'organisme de conserver sa souplesse et son élasticité.

- L'eau sert de véhicule pour le transport des nutriments essentiels, des substances énergétiques et des matières plastiques à travers le corps. Ce rôle de transporteur est fondamental pour la distribution des éléments nécessaires au métabolisme cellulaire.
- Elle constitue l'élément principal des diverses sécrétions et excréctions du corps, telles que la salive, la sueur, les larmes et l'urine, facilitant ainsi l'excrétion des déchets métaboliques.
- L'eau est directement impliquée dans l'assimilation des nutriments et dans les processus métaboliques, permettant la digestion, l'absorption et le transport des nutriments essentiels, ainsi que la conversion des aliments en énergie.

La teneur en eau varie selon l'âge de l'individu, soulignant son importance vitale dès les premiers stades du développement embryonnaire jusqu'à l'âge adulte. Ainsi, l'embryon humain à un mois contient 97 % d'eau, à 8 mois – 83 %, les nouveau-nés – 71,2 % et l'adulte – 65 %.

La composition en eau des organes et tissus du corps humain varie considérablement, reflétant la diversité des fonctions biologiques et la spécificité des besoins en eau de chaque type cellulaire. Cette variation souligne l'importance critique de l'eau pour le maintien de la structure et de la fonction physiologiques à travers le corps.

Dans le tissu adipeux et osseux, la teneur en eau est relativement faible, oscillant entre 20 et 25 %. Cette quantité réduite s'explique par la nature même de ces tissus : le tissu adipeux est principalement composé de lipides, qui sont hydrophobes et n'interagissent pas aisément avec l'eau, tandis que le tissu osseux, bien qu'il contienne de l'eau dans sa matrice, est principalement constitué de minéraux et de composés organiques denses qui limitent la quantité d'eau qu'il peut retenir.

À l'opposé, les fluides biologiques tels que le plasma sanguin affichent des teneurs en eau parmi les plus élevées, atteignant jusqu'à

90 %. Cette forte proportion d'eau dans les fluides biologiques est indispensable à leurs fonctions de transport et de régulation. Le plasma sanguin, par exemple, sert de véhicule pour le transport des nutriments, des gaz respiratoires, des déchets métaboliques, et des cellules sanguines. Sa haute teneur en eau facilite ces processus en permettant la dissolution et le déplacement efficaces des solutés.

Cette distribution de l'eau au sein de l'organisme illustre sa fonction essentielle dans la régulation de l'environnement interne, ou homéostasie. L'eau est non seulement important pour le transport des substances à travers le corps, mais elle joue également un rôle vital dans le maintien de la pression osmotique, le support des réactions chimiques, et la régulation de la température corporelle.

Répartition en pourcentage de l'eau dans différents organes et tissus

<i>Le tissu biologique</i>	Quantité d'eau
<i>Tissu adipeux</i>	20 %
<i>Tissu osseux</i>	25-70 %
<i>Tissu conjonctif</i>	60 %
<i>Peau</i>	70 %
<i>Muscles striés</i>	75 %
<i>Poumon, foie</i>	80 %
<i>Tissu nerveux</i>	85 %
<i>Plasma sanguin</i>	90 %

L'eau joue un rôle indispensable dans le fonctionnement de l'organisme, étant au cœur des processus biochimiques essentiels. Elle constitue une part significative des sécrétions corporelles et est intrinsèquement liée à la plupart des mécanismes vitaux. Par son intervention dans la dissolution et le transport des substances, l'eau facilite l'excrétion des produits métaboliques et des substances toxiques via l'urine, contribuant ainsi à la détoxification de l'organisme.

La déshydratation, définie comme une réduction de la teneur en eau du corps, peut altérer ces fonctions essentielles, affectant ainsi l'équilibre physiologique et la santé globale. L'organisme maintient normalement un équilibre hydrique stable, grâce à un ajustement fin entre les apports et les pertes d'eau. Cet équilibre est régulé par différents mécanismes, y compris la sensation de soif, qui est un signal biologique indiquant la nécessité d'augmenter l'apport en eau. Cette sensation de soif se manifeste lorsque la perte en eau atteint environ 0,5 à 1 % du poids corporel, signalant ainsi le besoin urgent de réhydratation pour prévenir les effets néfastes de la déshydratation.

La déshydratation peut avoir diverses conséquences, allant de légers désagréments à des troubles sévères. Les symptômes initiaux incluent la soif, la réduction du volume d'urine, et une urine plus concentrée. Si la déshydratation persiste, elle peut conduire à une altération des fonctions cognitives, une diminution de la performance physique, des désordres électrolytiques, une hypotension, et dans les cas extrêmes, à un choc ou une insuffisance rénale.

L'apparition et l'élimination de la soif sont régulées par des mécanismes complexes impliquant à la fois des signaux nerveux et des facteurs humoraux. Les terminaisons nerveuses situées dans le tube digestif agissent comme des récepteurs qui détectent la nécessité d'hydratation et envoient des signaux réflexes au cerveau, déclenchant la sensation de soif. Parallèlement, des changements dans la composition chimique et l'état physico-chimique du sang, tels qu'une augmentation de la concentration des solutés ou une modification de la pression osmotique, sont détectés par des osmorécepteurs dans l'hypothalamus, contribuant également à la régulation de la soif.

Ces mécanismes interviennent dans la réponse immédiate à la soif, comme le soulagement temporaire ressenti lors du rinçage de la bouche, ainsi que dans la réponse à long terme, par la consommation d'eau qui rétablit l'équilibre hydrique de l'organisme. Le rinçage de la bouche peut temporairement tromper le cerveau en lui

faisant croire que l'hydratation a été réalisée, bien que cet effet soit de courte durée et ne remplace pas le besoin physique d'eau.

L'organisme perd continuellement de l'eau à travers plusieurs voies : par les reins sous forme d'urine, qui constitue la principale voie d'excrétion des déchets métaboliques solubles dans l'eau, avec une perte quotidienne moyenne de 1 000 à 1 500 cm³ ; et par la transpiration, qui permet de réguler la température corporelle, avec des pertes moyennes de 600 à 1 000 cm³ par jour. Ces pertes peuvent varier en fonction de nombreux facteurs, notamment l'activité physique, la température environnementale et l'état de santé de l'individu.

Dans certaines conditions pathologiques, comme les épisodes répétés de diarrhée, les vomissements ou les hémorragies, le corps peut subir une perte d'eau significative, conduisant à une déshydratation. Cette dernière peut avoir des conséquences graves sur l'équilibre électrolytique et la fonction des organes, soulignant l'importance d'une surveillance et d'une gestion adéquates de l'hydratation, particulièrement dans les contextes médicaux.

Même une légère déshydratation peut avoir des conséquences sérieuses sur la santé. Une perte de seulement 10 % de l'eau corporelle peut engendrer des symptômes alarmants tels que l'agitation, la faiblesse musculaire, et des tremblements, particulièrement aux extrémités. Les études sur les modèles animaux révèlent que des pertes d'eau atteignant 20 à 22 % du poids corporel sont souvent fatales. Ces données illustrent la dépendance critique de l'organisme à l'eau pour le bon déroulement des fonctions physiologiques essentielles, comme la digestion, la synthèse de nouveaux composants cellulaires, et l'ensemble des réactions métaboliques.

L'eau perdue quotidiennement, que ce soit sous forme physiologique (transpiration, respiration, urine) ou pathologique (vomissements, diarrhée), doit être rigoureusement compensée par la consommation d'eau potable et l'apport hydrique indirect via les aliments. L'absorption de l'eau se fait principalement dans l'estomac et l'intestin grêle, et si l'apport en eau dépasse les besoins de

l'organisme, les reins ajustent leur fonctionnement pour excréter l'excès d'eau, maintenant ainsi l'équilibre hydrique.

La survie humaine face à la privation d'eau est limitée à une période très brève, soulignant l'importance vitale d'un apport hydrique adéquat. On estime que les besoins en eau d'un adulte se situent entre 2,5 et 3 litres par jour. Cette quantité se répartit entre l'eau consommée directement (1,0 à 1,5 litre), l'eau contenue dans les aliments (1,0 à 1,2 litre), et l'eau métabolique générée par l'oxydation des nutriments (environ 0,5 litre).

Il convient de noter que ces besoins peuvent varier selon de nombreux facteurs, tels que le niveau d'activité physique, les conditions climatiques, l'état de santé et l'âge de l'individu. L'hydratation adéquate est fondamentale pour le maintien de la santé et la prévention des troubles associés à la déshydratation.

La quantité d'eau incluse dans la composition des différents aliments, %

<i>Le type de nourriture</i>	<i>L'eau, %</i>
<i>Lait de vache</i>	87,5
<i>Fromage Télémea</i>	50,0
<i>Boeuf maigre</i>	74,0
<i>Bœuf gras</i>	55,0
<i>Poisson faible</i>	79,5
<i>Oeufs entiers</i>	74,0
<i>Haricots sec</i>	11,0
<i>Pain intégral</i>	44,0
<i>Pommes et poires</i>	83,5
<i>Raisins</i>	79,0
<i>Melon vert</i>	93,0
<i>Noix, noisettes</i>	7,0-8,5
<i>Tomate</i>	92,0
<i>Chou vert</i>	80,5

L'importance hygiénique de l'eau

L'importance hygiénique de l'eau transcende largement sa simple consommation comme boisson. Elle est fondamentale pour une série de besoins quotidiens essentiels à la santé et au bien-être des individus. L'hygiène personnelle, incluant le lavage des mains, la douche, et le bain, nécessite des quantités significatives d'eau, avec une consommation variant de 5 litres pour un lavage des mains à 30 litres pour une douche. Par ailleurs, les toilettes publiques représentent une source majeure de consommation d'eau, avec un usage allant jusqu'à 250 litres par semaine et par personne. Une peau propre, maintenue grâce à une utilisation adéquate de l'eau, joue un rôle crucial dans la défense de l'organisme contre les infections, en agissant comme une barrière efficace contre les agents pathogènes.

Dans le contexte des institutions de soins, la disponibilité en eau influence directement le contrôle des infections nosocomiales. Un approvisionnement en eau abondant, sûr et géré de manière rationnelle est indispensable pour maintenir des normes d'hygiène élevées, prévenant ainsi la transmission d'infections au sein de ces établissements.

Au sein de l'industrie alimentaire et des services de restauration collective, l'eau potable est essentielle non seulement pour la préparation et la cuisson des aliments, mais aussi pour garantir un environnement de travail hygiénique. La réglementation sur la consommation d'eau dans ces secteurs vise à assurer que les pratiques de manipulation des aliments sont conformes aux standards d'hygiène, minimisant le risque de contamination alimentaire.

Ces exigences soulignent l'importance de disposer de normes et de réglementations strictes concernant l'approvisionnement en eau et son utilisation. Les standards de qualité pour l'eau potable, établis par des organismes de santé publique comme l'Organisation Mondiale de la Santé, spécifient les critères microbiologiques, chimiques et physiques que l'eau doit respecter pour être consi-

dérée comme sûre pour la consommation et l'usage humain. Ces normes visent à protéger la santé des populations en prévenant les maladies liées à l'eau, garantissant ainsi un niveau de vie et de santé publique élevé.

L'eau joue un rôle indispensable dans le quotidien des sociétés, bien au-delà de sa simple consommation comme boisson. Elle est essentielle à la préparation des repas et au lavage de la vaisselle, nécessitant entre 5 et 10 litres par jour et par personne. Le maintien de la propreté des habitations et des lieux publics, ainsi que l'élimination des excréments via les systèmes d'épuration, exigent également une utilisation substantielle de cette ressource. Les activités d'assainissement, y compris l'utilisation de piscines et la pratique d'activités physiques, contribuent aussi à une consommation notable d'eau.

Dans les contextes urbains, l'arrosage des rues et des espaces verts représente une part importante de la consommation d'eau des aqueducs, soulignant l'importance de l'eau non seulement pour les besoins humains mais aussi pour l'entretien des infrastructures et la préservation de l'environnement urbain. Dans les localités où l'accès à l'eau se fait principalement via des puits, la consommation quotidienne par personne peut atteindre 40 à 50 litres, reflétant la diversité des besoins en eau en fonction des conditions d'accès et des modes de vie.

L'arrosage des espaces verts en particulier illustre bien l'ampleur de la consommation d'eau à des fins non domestiques, avec une moyenne de 32 litres par habitant par jour dédiée uniquement à cette activité. Cela met en évidence le rôle de l'eau dans le soutien des espaces vivants et des écosystèmes au sein des zones habitées.

Les besoins en eau d'une localité varient considérablement en fonction de son degré de développement et de son profil industriel. Les villes hautement développées ou les centres industriels présentent souvent une consommation d'eau plus élevée, reflétant la densité de population, la concentration d'activités économiques et la disponibilité des infrastructures d'approvisionnement en eau. De

plus, la consommation d'eau suit des variations saisonnières, avec une augmentation notable durant les mois d'été par rapport à l'hiver, ainsi que des fluctuations au cours de la journée, influencées par les routines quotidiennes et les activités économiques.

Normes de consommation d'eau potable pour les secteurs de construction de logements des centres peuplés

<i>Le degré d'assainissement des secteurs de construction de logements</i>		<i>Part de consommation d'eau potable dans les centres peuplés par locataire (litres / 24 heures)</i>
<i>La construction de bâtiments équipés de réseaux d'aqueduc et d'égouts internes.</i>	<i>Pas de baignoire.</i>	125 – 160
	<i>Avec baignoires et chauffe-eau locaux.</i>	160 – 230
	<i>Avec eau chaude centralisée.</i>	250 – 350
<i>Centres peuplés, où l'eau est distribuée grâce à des sources situées dans la rue.</i>		40 – 50

La normalisation de la qualité de l'eau potable est devenue une question centrale dans le contexte de la croissance démographique rapide et de l'augmentation des demandes en eau de l'industrie, de l'agriculture, et des services communaux. Cette situation a conduit à une crise globale de l'eau, caractérisée non seulement par une rarefaction des ressources en eau potable mais aussi par une contamination accrue de ces ressources. Les analyses à l'échelle mondiale révèlent que près de 80 % de la population globale réside dans des régions où la sécurité de l'approvisionnement en eau potable ne peut être garantie, mettant en lumière une problématique pressante qui touche la quasi-totalité des nations, sans exception.

La diminution des réserves d'eau potable, juxtaposée à une consommation en hausse constante, représente un défi majeur qui entrave le progrès socio-économique de nombreux pays. Le manque d'eau potable sûre et propre impacte directement la santé publique, limitant l'accès à une ressource essentielle pour la survie et le bien-être humain. De plus, les répercussions s'étendent au-delà des aspects sanitaires, affectant le développement agricole, industriel, et les infrastructures, et par extension, le développement global des sociétés.

Face à ces défis, la normalisation de la qualité de l'eau potable s'impose comme une priorité absolue. Les normes de qualité de l'eau, élaborées par des organisations telles que l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), définissent les critères que doit remplir l'eau pour être considérée comme sûre pour la consommation. Ces normes couvrent une large gamme d'indicateurs, incluant les propriétés physico-chimiques de l'eau, les niveaux admissibles de contaminants microbiologiques et chimiques, ainsi que les mesures de prévention et de contrôle de la pollution.

L'adoption et l'application rigoureuse de ces normes par les pays sont importantes pour assurer l'accès universel à de l'eau potable de qualité. Cela requiert un engagement politique fort, des investissements substantiels dans les infrastructures de traitement et de distribution de l'eau, ainsi qu'une gestion durable des ressources en eau pour contrer la surexploitation et la pollution. De même, l'éducation et la sensibilisation des populations aux pratiques de conservation de l'eau et à la réduction de la pollution sont essentielles pour soutenir les efforts de normalisation de la qualité de l'eau potable.

PATHOLOGIE HYDRIQUE INFECTIEUSE

La consommation d'eau par la population engendre d'importantes implications : dans un contexte de contamination, l'eau peut constituer un vecteur significatif de pathologies. Les affections liées à l'eau affectent habituellement une large fraction de la population et revêtent la nature de maladies à large diffusion.

L'eau a longtemps été identifiée comme un vecteur prédominant dans la transmission des maladies infectieuses. Au cours du XIXe siècle, les infections intestinales véhiculées par l'eau, telles que le choléra, le typhus abdominal, les dysenteries paratyphoïde, bactérienne et amibienne, ainsi que l'entérite contagieuse aiguë, ont été à l'origine d'épidémies dévastatrices, entraînant la perte de milliers de vies. Les agents pathogènes responsables de ces maladies se diffusent dans les cours d'eau principalement via les déjections humaines et les eaux usées domestiques. Même en l'absence de symptômes manifestes, les individus sains peuvent agir comme des porteurs de ces microbes, faisant des eaux usées une source constante de pathogènes, y compris durant les périodes sans épidémies apparentes.

L'histoire des épidémies liées à l'eau au XIXe siècle a également marqué un tournant dans la compréhension scientifique des maladies infectieuses, menant à l'émergence de la théorie des germes comme explication de la transmission des maladies. Cette période a vu naître des mesures de santé publique plus rigoureuses, y compris la chloration de l'eau et la filtration, qui restent des composantes essentielles de la gestion moderne de l'eau potable.

Les eaux usées hospitalières présentent un risque particulièrement élevé de contamination, en raison de la concentration potentielle en agents pathogènes provenant de diverses sources médicales et biologiques. En effet, ces eaux peuvent contenir des microorganismes issus d'infections nosocomiales, des résidus pharmaceutiques, des produits chimiques dangereux, ainsi que des éléments radioactifs utilisés en médecine nucléaire. Leur gestion adéquate est donc importante pour prévenir la propagation des maladies infectieuses dans l'environnement. La navigation et les activités récréatives près ou dans les plans d'eau peuvent également être sources de contamination. Les résidus et déchets résultant de la baignade, du lavage du linge, ou encore des rejets des bateaux, contribuent à la pollution de l'eau. De même, l'infiltration d'eaux provenant de fosses à ordures ou de latrines vers les puits, l'utilisation d'ustensiles mal nettoyés, et d'autres pratiques d'hygiène insuffisantes, peuvent entraîner une contamination significative des sources d'eau.

Les recherches expérimentales ont démontré la capacité des agents pathogènes responsables de maladies intestinales à survivre dans l'eau de piscines et de puits ouverts pendant des périodes prolongées, allant jusqu'à plusieurs mois. Bien que la majorité de ces microorganismes meurent généralement dans les deux semaines suivant leur introduction dans un environnement aquatique, cette capacité de survie souligne la nécessité d'une vigilance et d'une intervention constantes pour maintenir la qualité de l'eau.

La viabilité (en jours) de certains agents pathogène dans l'eau

<i>Agents pathogènes</i>	<i>Eau stérilisée</i>	<i>L'eau de l'aqueduc</i>	<i>L'eau de la rivière</i>	<i>L'eau des puits</i>
<i>Escherichia coli</i>	8-365	2-262	21-183	-
<i>L'agent de la fièvre typhoïde</i>	6-365	2-93	4-183	1,5-107
<i>L'agent de la paratyphoïde A</i>	22-55	-	-	-
<i>L'agent de la paratyphoïde B</i>	39-167	27-97	-	-
<i>L'agent de la dysenterie</i>	2-72	15-27	12-92	-
<i>Vibrio cholérique</i>	3-393	4-28	0,5-92	1-92
<i>Leptospira</i>	16	-	jusqu'à 150	7-75
<i>L'agent de la tularémie</i>	3-15	jusqu'à 92	7-91	12-60

Les agents biologiques à caractère éco-sociologique ont émergé en réponse aux changements dans les interactions humaines avec leur environnement, principalement en raison de l'évolution des pratiques économiques, sociales et culturelles. Ces changements ont non seulement influencé les schémas de vie humains, mais ont également modifié les écosystèmes, entraînant de nouvelles voies de transmission et d'adaptation pour divers agents pathogènes :

- Développement des relations économiques, sociales, culturelles, touristiques - l'augmentation de la mobilité humaine à travers le tourisme, les échanges culturels et les migrations pour des raisons économiques et sociales a facilité la diffusion rapide des maladies infectieuses sur une échelle globale. Les agents pathogènes peuvent désormais traverser

ser les frontières internationales plus facilement que jamais, souvent plus rapidement que la mise en place de mesures de santé publique pour les contenir.

- Intensification du commerce international des produits alimentaires - le commerce mondial des denrées alimentaires augmente le risque de propagation d'agents biologiques pathogènes à travers les frontières nationales. Les aliments contaminés peuvent servir de vecteurs pour diverses maladies, souvent sans que les consommateurs en soient conscients jusqu'à ce que les symptômes apparaissent.
- Développement croissant des grandes fermes zootechnique - l'augmentation de la taille et de la densité des fermes d'élevage peut favoriser la propagation rapide des maladies parmi les animaux, qui peuvent ensuite être transmises aux humains. Ces conditions d'élevage intensif peuvent également conduire à l'émergence de souches pathogènes plus résistantes en raison de la sélection naturelle.
- Pollution chimique de l'eau - la contamination de l'eau par des produits chimiques peut altérer l'équilibre écologique des habitats aquatiques, affectant la survie et la résistance des agents pathogènes. Par exemple, certains produits chimiques peuvent diminuer la sensibilité des microorganismes à des traitements conventionnels, tels que la désinfection de l'eau, rendant les méthodes standard de gestion de la qualité de l'eau moins efficaces.
- Thérapie antibiotique - l'utilisation généralisée et souvent excessive des antibiotiques a conduit à l'émergence de souches bactériennes résistantes. Cela représente non seulement un défi majeur pour le traitement des infections bactériennes, mais favorise également la propagation de ces souches résistantes dans l'environnement, compromettant ainsi l'efficacité des traitements antibiotiques pour les générations futures.

Les processus évoqués précédemment ont, en effet, accentué les risques liés à l'importation, la distribution, et la surveillance des agents biologiques capables de contaminer diverses sources d'eau. Cette contamination a des implications profondes pour la santé publique et l'environnement, affectant non seulement l'accès à de l'eau potable sûre, mais également la biodiversité aquatique et la sécurité alimentaire :

- Les couches souterraines. Les eaux souterraines, souvent considérées comme des sources d'eau potable relativement sûres en raison de leur filtrage naturel à travers les couches du sol, peuvent être contaminées par des agents pathogènes à travers le lessivage des sols contaminés, les décharges non contrôlées, et l'infiltration des eaux usées. Une fois que les agents pathogènes atteignent les aquifères, leur éradication peut s'avérer difficile, car les conditions souterraines favorisent parfois leur survie prolongée.
- Les eaux de surface courantes ou stagnantes. Les rivières, les lacs et les étangs sont particulièrement vulnérables à la contamination par des agents biologiques en raison du ruissellement agricole, des rejets industriels et des eaux usées non traitées. Les activités humaines telles que l'agriculture intensive et le développement urbain exacerbent ces risques en augmentant la quantité de polluants et de nutriments qui atteignent ces eaux, ce qui peut favoriser la prolifération d'agents pathogènes.
- Les installations d'adduction d'eau. Les infrastructures qui collectent, traitent et distribuent l'eau potable peuvent également être des points de contamination si elles ne sont pas correctement entretenues. Les brèches dans les systèmes de filtration et de désinfection, ainsi que les défaillances structurelles dans les réservoirs de stockage et les conduites d'eau, peuvent permettre aux agents pathogènes de s'infiltrer dans l'approvisionnement en eau.

- Les systèmes de distribution. Les réseaux de distribution d'eau, y compris les canalisations qui acheminent l'eau vers les consommateurs, sont susceptibles de contamination si l'intégrité physique du système est compromise. Les fuites et les ruptures de conduites peuvent introduire des agents pathogènes dans l'eau, tandis que les variations de pression peuvent aspirer des contaminants à travers des fissures ou des joints défectueux.

Dans le domaine de la pathologie liée à l'eau, les maladies infectieuses occupent une position prééminente, soulignant le rôle critique de l'eau comme vecteur de transmission de ces infections. Historiquement, la relation entre l'eau et la propagation des maladies infectieuses a été observée bien avant la compréhension scientifique et la découverte des microorganismes responsables de ces maladies. Les épidémies de choléra et de typhoïde, par exemple, ont été associées à des sources d'eau contaminées longtemps avant que le concept de germes pathogènes ne soit scientifiquement établi.

Avec l'avènement de la microbiologie moderne, cette relation a été non seulement confirmée mais aussi élargie, mettant en lumière la diversité et la complexité des agents pathogènes pouvant être véhiculés par l'eau. Les avancées technologiques en microbiologie ont permis d'identifier, d'isoler et de caractériser une vaste gamme de bactéries, de virus, de parasites et de protozoaires présents dans l'eau, qui peuvent causer des maladies chez l'homme. Cette reconnaissance a conduit à une meilleure compréhension des voies de transmission, des cycles de vie des agents infectieux, et de leur survie dans différents environnements aquatiques.

Le développement de la microbiologie a également permis de mettre en évidence le fait que même des quantités infimes d'eau contaminée peuvent servir de vecteur pour la transmission des maladies. Cela a souligné l'importance de la purification de l'eau et de l'assainissement comme moyens de prévention des maladies hydriques. Les pratiques telles que la filtration, la désinfection chimique (par exemple, avec du chlore) et l'exposition aux rayon-

nements ultraviolets sont devenues des méthodes standard pour assurer la salubrité de l'eau destinée à la consommation humaine.

La reconnaissance du rôle de l'eau dans la transmission des maladies infectieuses a également eu un impact majeur sur les politiques de santé publique. Les efforts pour améliorer l'accès à l'eau potable sûre et à des installations sanitaires adéquates ont été intensifiés, en particulier dans les régions où le risque de maladies d'origine hydrique est élevé. Ces initiatives sont essentielles pour réduire l'incidence des maladies hydriques, qui restent une cause majeure de morbidité et de mortalité dans le monde, en particulier parmi les populations vulnérables. Ainsi, l'histoire de la pathologie de l'eau, et en particulier de la pathologie infectieuse liée à l'eau, illustre non seulement les défis posés par les maladies d'origine hydrique, mais aussi les avancées scientifiques et les efforts de santé publique déployés pour les combattre. Cela souligne l'importance continue de la recherche, de la surveillance et de l'investissement dans les infrastructures d'eau et d'assainissement pour protéger la santé humaine.

La transmission des maladies d'origine hydrique repose sur plusieurs conditions clés. L'identification et la compréhension de ces conditions sont essentielles pour prévenir et contrôler ces maladies. L'existence d'un porteur (ou éliminateur) de germes qui libère des agents pathogènes dans l'eau, la capacité de ces agents à survivre et à rester infectieux dans l'environnement aquatique, le temps nécessaire pour que l'infection se développe, et la présence d'une population susceptible à l'infection, sont toutes des conditions nécessaires à l'émergence et à la propagation des maladies hydriques.

Formes de manifestation des maladies infectieuses d'origine hydrique sont :

- *Forme épidémique.* Cette forme se caractérise par une augmentation soudaine et souvent inattendue du nombre de cas d'une maladie dans une population spécifique sur une période courte. Les épidémies d'origine hydrique sont sou-

vent associées à des événements spécifiques de contamination de l'eau, tels que des défaillances dans les systèmes de traitement de l'eau ou après des catastrophes naturelles qui perturbent l'approvisionnement en eau potable.

- *Forme endémique.* Une maladie est dite endémique lorsqu'elle est constamment présente dans une population ou région spécifique, mais à des niveaux relativement stables. Les maladies hydriques endémiques sont typiques dans les zones où l'accès à l'eau potable sûre et aux installations sanitaires est limité, conduisant à une exposition continue à des agents pathogènes.
- *Forme sporadique.* Les cas sporadiques de maladies hydriques surviennent de manière irrégulière et imprévisible, avec peu ou pas de lien apparent entre eux. Ces cas peuvent être dus à des expositions accidentelles ou isolées à des sources d'eau contaminées.

Les épidémies d'origine hydrique, étant l'une des formes les plus courantes de manifestation des maladies contagieuses liées à l'eau, possèdent des caractéristiques distinctives qui les différencient nettement des autres types d'épidémies. Ces caractéristiques permettent non seulement un diagnostic précis, mais aussi la mise en œuvre de contre-mesures efficaces pour limiter leur propagation et impact :

- Une épidémie d'origine hydrique se caractérise souvent par une augmentation rapide et massive du nombre de cas sur une période relativement courte. Ce phénomène « explosif » est dû à l'exposition simultanée d'une grande partie de la population à l'eau contaminée.
- Les épidémies d'origine hydrique peuvent affecter des individus de tout sexe, âge, et profession. La susceptibilité à l'infection dépend principalement de l'exposition à l'eau contaminée, plutôt que de caractéristiques démographiques spécifiques.

- Ces épidémies sont souvent circonscrites à des zones géographiques où les populations dépendent d'une même source d'eau contaminée (comme un puits, une source naturelle, ou un système de conduite d'eau). Cette localisation spécifique aide à identifier la source de l'épidémie et à cibler les interventions.
- Bien que les épidémies d'origine hydrique puissent survenir à tout moment de l'année, dans certaines zones climatiques, elles sont plus fréquentes pendant les saisons froides. Cela s'explique par la survie prolongée des germes pathogènes dans les eaux à basse température et une réduction de l'activité des microorganismes antagonistes qui, dans des conditions plus chaudes, pourraient limiter la prolifération des agents pathogènes.
- Lorsque des mesures appropriées sont prises, comme la réparation des systèmes de distribution d'eau, la désinfection des sources d'eau contaminées, ou la distribution d'eau potable sûre, l'épidémie peut s'arrêter aussi soudainement qu'elle a commencé. Toutefois, un petit nombre de cas peut continuer à être détecté, reflétant la période d'incubation de la maladie ou des cas secondaires résultant de la transmission par contact.

En plus des caractéristiques principales des épidémies d'origine hydrique, il existe des éléments secondaires qui, bien que moins systématiques, peuvent apporter des preuves supplémentaires soutenant le diagnostic d'une épidémie liée à l'eau. Ces éléments secondaires aident à compléter le tableau épidémiologique et à affiner les stratégies de réponse :

- Avant le déclenchement officiel d'une épidémie, il est possible d'observer une augmentation du nombre de cas de maladies digestives, telles que les gastro-entérites ou les diarrhées, qui peuvent être sévères, surtout chez les enfants et les populations vulnérables (convalescents, personnes

âgées, etc.). Ces affections ne sont généralement pas causées par des germes épidémiques spécifiques, mais plutôt par des agents pathogènes classiques qui indiquent une contamination de l'eau.

- Les dysfonctionnements dans les systèmes d'adduction et de distribution d'eau, qui peuvent directement entraîner la contamination de l'eau, sont presque toujours observés dans le contexte des épidémies d'origine hydrique. Il est important de noter que la source de pollution peut être éloignée du lieu de l'épidémie, particulièrement dans les cas où des rivières ou des canaux servent de sources d'approvisionnement en eau.
- Parfois, au moment où l'épidémie est détectée, les agents pathogènes initiaux peuvent ne plus être présents dans l'eau, ayant été éliminés par des conditions environnementales défavorables ou par les traitements de l'eau. Cependant, cette absence ne doit pas conduire à écarter l'eau comme vecteur de l'épidémie. La recherche des agents pathogènes dans les boues ou les sédiments, plutôt que dans l'eau elle-même, peut souvent révéler leur présence, confirmant ainsi le rôle de l'eau dans la transmission de la maladie.

L'endémie, en tant que forme de manifestation des maladies infectieuses transmises par l'eau, révèle des aspects critiques de l'interaction entre l'hygiène environnementale, les pratiques d'approvisionnement en eau et la santé publique. Contrairement aux épidémies qui se caractérisent par des flambées soudaines et élevées de cas, une endémie représente une présence constante d'une maladie au sein d'une population ou région donnée, avec des niveaux relativement stables de nouveaux cas sur le temps. Les implications des maladies endémiques d'origine hydrique sont :

- Contexte des endémies hydriques - les endémies hydriques se manifestent typiquement dans les régions où les conditions d'hygiène sont déficientes et où l'accès à l'eau potable

traitée est limité. Dans ces zones, la consommation directe d'eau de surface non traitée — provenant de rivières, de lacs, ou d'autres étendues d'eau naturelles — est une pratique courante. Cette situation est particulièrement prévalente dans les régions à faible infrastructure de traitement de l'eau et là où les systèmes d'assainissement sont insuffisants ou inexistant.

- Facteurs contribuant aux endémies hydriques :
 - qualité de l'eau - l'eau de surface non traitée peut être contaminée par divers agents pathogènes (bactéries, virus, parasites) en raison du ruissellement agricole, des déchets industriels et domestiques, et d'autres sources de pollution ;
 - pratiques d'hygiène - un niveau d'hygiène inadéquat, tant au niveau personnel que communautaire, peut faciliter la transmission des maladies hydriques. Cela comprend des pratiques telles que le lavage insuffisant des mains et l'utilisation d'eau contaminée pour la préparation des aliments ;
 - accès à l'eau potable - l'absence d'accès à de l'eau potable sûre force les populations à s'appuyer sur des sources d'eau de surface qui ne sont pas protégées contre la contamination.
- Implications des endémies hydriques - les endémies hydriques ont des répercussions profondes sur la santé publique, notamment :
 - charge de maladie - une présence constante de maladies d'origine hydrique contribue à une charge de morbidité élevée au sein de la population, affectant notamment les enfants et les personnes immunodéprimées ;
 - développement et croissance - les maladies hydriques chroniques, en particulier chez les enfants, peuvent entraîner des retards de croissance et de développement,

- ainsi qu'une diminution de la capacité d'apprentissage ;
- résistance aux traitements - l'utilisation répandue et non régulée d'antibiotiques pour traiter certaines de ces maladies peut conduire à l'émergence de souches résistantes, compliquant davantage le traitement des infections endémiques.

La forme sporadique de manifestation des maladies infectieuses d'origine hydrique décrit des occurrences isolées ou des cas uniques qui ne sont pas liés à une flambée épidémique ou à une présence endémique constante dans une région donnée. Cette manifestation peut survenir pour diverses maladies, y compris celles où l'eau n'est pas le vecteur principal de transmission, mais joue néanmoins un rôle dans la propagation occasionnelle de l'infection. Les aspects clés de la forme sporadique des maladies d'origine hydrique sont :

- Caractéristiques des cas sporadiques :
 - cas isolés - les maladies se présentent comme des cas uniques ou isolés, souvent sans lien évident entre eux. Ces cas peuvent se produire de manière imprévisible et dans des lieux géographiques dispersés ;
 - divers agents pathogènes - les cas sporadiques peuvent être causés par une gamme variée d'agents pathogènes, y compris des bactéries, des virus, et des parasites qui ont la capacité de survivre ou de se propager par l'intermédiaire de l'eau ;
 - sources de contamination diverses - l'eau peut être contaminée de différentes manières, incluant le ruissellement agricole, les rejets industriels, la faune, ou même des événements isolés de contamination des sources d'eau.
- Exemples de maladies avec transmission sporadique par l'eau - certaines maladies peuvent présenter des cas sporadiques associés à la contamination de l'eau, y compris, mais sans s'y limiter :

- *Legionella pneumophila* - responsable de la légionellose ou maladie du légionnaire, souvent associée à des systèmes d'eau stagnante dans les bâtiments ;
 - *Giardia lamblia* - un protozoaire responsable de la giardiase, pouvant être transmis par l'eau contaminée par les matières fécales ;
 - *Cryptosporidium* - un autre protozoaire qui cause la cryptosporidiose, capable de survivre dans l'eau pendant de longues périodes.
- Gestion des cas sporadiques - la gestion des cas sporadiques implique souvent une investigation approfondie pour identifier la source de contamination et les voies de transmission. Cela peut inclure :
- surveillance de la qualité de l'eau - tester l'eau pour les contaminants connus
 - et potentiels peut aider à identifier les sources de maladies sporadiques ;
 - éducation et sensibilisation - informer le public sur les pratiques sécuritaires de traitement et de consommation de l'eau peut prévenir de futurs cas ;
 - intervention ciblée - en cas d'identification d'une source de contamination, des mesures spécifiques, telles que la désinfection ou la fermeture temporaire de la source, peuvent être nécessaires.

Les maladies infectieuses transmises par l'eau représentent un défi de santé publique majeur à l'échelle mondiale. L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) souligne que des centaines de millions de personnes souffrent du manque d'accès à de l'eau potable sûre, entraînant d'importantes pertes en termes de santé humaine et de productivité. Ces maladies peuvent être classées en fonction de leurs agents étiologiques en bactérioses, viroses et parasitoses, chacune ayant ses propres modes de transmission, symptômes et traitements. Voici un aperçu de ces catégories et des risques associés à l'eau contaminée :

- Bactérioses. Les maladies bactériennes transmises par l'eau comprennent le choléra, causé par *Vibrio cholerae*, et les infections à *Escherichia coli* entérotoxigènes. Ces bactéries peuvent se retrouver dans l'eau contaminée par des déchets humains ou animaux. Le choléra, par exemple, est caractérisé par des diarrhées sévères et peut être mortel sans traitement rapide.
- Viroses. Les maladies virales liées à l'eau incluent l'hépatite A et E, et les infections à norovirus et rotavirus. Ces virus sont également souvent véhiculés par l'eau contaminée par des matières fécales. Les symptômes varient de la fièvre et la fatigue (pour l'hépatite) à la gastro-entérite aiguë (pour les norovirus et rotavirus).
- Parasitoses. Les parasitoses d'origine hydrique incluent la giardiose, causée par le protozoaire *Giardia lamblia*, et la cryptosporidiose, due à *Cryptosporidium*. Ces parasites résistants peuvent survivre longtemps dans l'eau et causer des symptômes gastro-intestinaux persistants.

L'eau peut constituer un risque pour la santé humaine et communautaire pour plusieurs raisons :

- L'accès insuffisant à l'eau potable oblige les populations à utiliser des sources d'eau non sécurisées, augmentant le risque de transmission de maladies.
- L'eau peut être contaminée par des bactéries, virus, et parasites provenant de déchets humains ou animaux, entraînant diverses maladies infectieuses.
- Les eaux polluées par des substances chimiques toxiques, qu'elles soient d'origine industrielle, agricole ou domestique, peuvent causer de graves problèmes de santé, y compris des cancers, des troubles neurologiques et des maladies du foie.
- L'eau ayant un mauvais goût, une odeur désagréable ou une couleur anormale peut dissuader de son utilisation et de sa

consommation, même lorsqu'elle est traitée pour éliminer les contaminants, ce qui peut également affecter la qualité de vie.

La disponibilité suffisante d'eau potable est essentielle non seulement pour la consommation directe mais aussi pour répondre aux besoins quotidiens d'hygiène, contribuant ainsi de manière significative à la prévention des maladies. Lorsque l'eau potable est insuffisante, les gens sont forcés de recourir à des sources d'eau de qualité médiocre, ce qui pose un risque majeur pour la santé. Cela inclut non seulement le risque d'infections transmises par l'eau, mais aussi une augmentation des maladies de peau, des parasitoses et des maladies transmissibles avec un mécanisme de transmission fécale-orale due à l'insuffisance des pratiques d'hygiène.

- Voies de contamination de l'eau. Les agents pathogènes peuvent contaminer l'approvisionnement en eau à plusieurs points le long de son parcours du point de captage jusqu'au consommateur :
 - à la source ou au point de captage - la contamination peut se produire directement à la source, par exemple, par des eaux de surface qui recueillent des écoulements agricoles ou industriels, ou par l'infiltration d'eaux usées ;
 - au cours du transport - la contamination peut également se produire en cours de route, notamment si les infrastructures sont endommagées ou mal entretenues, permettant ainsi aux agents pathogènes d'entrer dans le système d'eau ;
 - au niveau des installations de stockage - les réservoirs et autres installations de stockage peuvent être des points de contamination, surtout s'ils ne sont pas correctement entretenus ou si l'eau stockée n'est pas désinfectée adéquatement.
- Mesures de protection et de contrôle. Pour prévenir la contamination de l'eau et protéger la santé publique, plusieurs

mesures hygiéniques et de contrôle doivent être mises en œuvre :

- protection des sources d'eau - il est crucial de protéger les bassins d'eau contre les sources potentielles de contamination. Cela peut impliquer la mise en place de zones tampons autour des sources d'eau, la régulation des activités industrielles et agricoles à proximité, et la garantie d'une gestion adéquate des déchets ;
- traitement et désinfection de l'eau - avant de distribuer l'eau aux consommateurs, il est essentiel de la traiter et de la désinfecter pour éliminer les agents pathogènes. Les méthodes de traitement comprennent la filtration, la floculation, la sédimentation, et la désinfection chimique (par exemple, avec du chlore) ou physique (par exemple, par ultraviolets) ;
- contrôle en laboratoire - des tests réguliers de la qualité de l'eau en laboratoire sont nécessaires pour détecter toute contamination microbiologique ou chimique et pour s'assurer que l'eau répond aux normes de potabilité ;
- entretien des réseaux de distribution - l'entretien régulier des canalisations et des installations de stockage est essentiel pour prévenir les fuites et les contaminations.

Les maladies microbiennes transmises par l'eau

L'eau constitue un vecteur significatif dans la propagation des infections bactériennes, y compris celles induites par les vibrions, entraînant des flambées épidémiques hydriques. Au sein des différentes catégories d'eau - météorique, de surface et souterraine - il est constaté que l'eau de surface détient une capacité accrue à être le réceptacle de contaminants, occupant ainsi une position prépondérante en épidémiologie. Les agents étiologiques impliqués englobent un ensemble de bactéries pathogènes et potentiellement pathogènes, telles que les vibrions, qui trouvent dans l'eau un milieu propice à leur conservation et prolifération.

Les agents pathogènes des maladies transmissibles

<i>Micro-organismes</i>	<i>L'agent causal</i>	<i>Maladies infectieuses</i>
<i>Bactéries (vibrios)</i>	<i>Salmonella typhi</i>	Fièvre typhoïde (A.01.0)
	<i>Salmonella paratyphi</i>	Fièvres paratyphoïdes A, B, C (A.0.1.1. - 4)
	<i>Shigelle</i>	Dysenterie bactérien (A.03), y compris Dysenterie (A.03.0), Flexneri (A.03.1), Boydii (A.03.2), Zonnei (A.03.3)
	<i>Vibrio cholerae 01 et 0139</i>	Choléra (A.00)
	<i>Vibrio cholerae non 01</i>	Infections gastro-intestinales
	Autres salmonelles	Autres infections à salmonellose (A.02)
	<i>Yersinia pseudotuberculosis</i>	Pseudotuberculose (A.28.0)
	<i>Yersinia enterocolitica</i>	Yersiniose (A.04.6)
	Autres bactéries pathogènes et conditionnellement pathogènes (<i>Escherichia coli</i> , <i>Proteus</i> , <i>Pseudomonas</i> , <i>Aerogenosa</i> , etc.)	Colite, entérocolite causée par d'autres micro-organismes déterminés (A.04.0 -5,7,8 ; A05.0, A.08.1 - 3,5)
	<i>Leptospira</i>	Leptospirose (A.27)
	<i>Francisella tularensis</i>	Tularémie (A.21)
	<i>Brucella</i>	Brucellose (A.23)
	<i>Bacillus anthracis</i>	Charbon intestinal (A.22)
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	Tuberculose (A.31)	
<i>Legionella pneumophila</i>	Maladie du légionnaire	

La transmission d'agents pathogènes via l'eau est un enjeu majeur de santé publique qui a engendré des épidémies dévastatrices à travers l'histoire. Les principales sources de cette transmission incluent :

- Eau de source locale - les puits et les sources locales, souvent utilisés dans les communautés rurales ou dans des zones sans accès centralisé à l'eau potable, peuvent être contaminés par des agents pathogènes issus de ruissellements agricoles, d'eaux usées non traitées, ou de déchets animaux. Sans traitement adéquat, ces eaux peuvent devenir des vecteurs de maladies.
- Eau de l'aqueduc - même les systèmes d'eau traitée peuvent être à risque de contamination si des défaillances se produisent dans le traitement de l'eau ou dans les réseaux de distribution. Des brèches dans les canalisations peuvent également permettre l'entrée de contaminants.
- Eaux de surface - les lacs, étangs, et rivières sont naturellement exposés à des sources potentielles de pollution et peuvent abriter divers agents pathogènes. L'utilisation de ces eaux sans traitement préalable pour la consommation, l'irrigation ou comme eau potable représente un risque significatif pour la santé.
- Eau en bouteille et boissons gazeuses - bien que moins fréquente, la contamination de l'eau embouteillée et des boissons gazeuses peut survenir lors du processus de production ou si l'emballage est compromis, rendant ces produits également susceptibles de transmettre des agents pathogènes.

Les maladies diarrhéiques aiguës (MDA)

Parmi les conséquences les plus graves de la contamination de l'eau par des agents pathogènes figurent les maladies diarrhéiques

aiguës. Ces affections, souvent causées par des bactéries (comme *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Shigella*, *Vibrio cholerae*), des virus (comme le rotavirus) et des protozoaires (comme *Giardia lamblia*, *Cryptosporidium*), peuvent entraîner une déshydratation sévère, des déséquilibres électrolytiques et, dans les cas graves, la mort, surtout chez les jeunes enfants, les personnes âgées, ou les individus immunodéprimés. Les statistiques fournies par l'Organisation Mondiale de la Santé soulignent l'impact profond de la consommation d'eau contaminée sur la santé publique, en particulier dans certaines régions d'Afrique et d'Amérique Centrale, où elle est responsable de 40 à 80 % des cas de maladies diarrhéiques aiguës (MDA). À l'échelle mondiale, la situation épidémiologique concernant les MDA est alarmante, représentant une cause primordiale de morbidité et de mortalité infantile dans les pays en développement. Chaque année, on enregistre approximativement 1 milliard d'épisodes de diarrhée chez les enfants de moins de 5 ans, entraînant jusqu'à 3,5 millions de décès. Ce groupe de maladies constitue un défi majeur pour la santé publique, non seulement en raison de la fréquence élevée de la morbidité mais aussi à cause de la sévérité des symptômes cliniques qu'elles peuvent engendrer. Les manifestations cliniques des MDA peuvent inclure une forte fièvre atteignant 40°C, des douleurs abdominales, des nausées, des vomissements, et des diarrhées aqueuses survenant jusqu'à 20 à 30 fois par jour. Dans certains cas, les selles peuvent contenir du sang et du mucus. D'autres symptômes comme la faiblesse générale et les maux de tête peuvent également être présents. Chez les patients les plus vulnérables, en particulier les enfants de moins d'un an, les MDA peuvent évoluer vers des complications graves telles que la septicémie, une déshydratation sévère, voire un choc toxique-infectieux. En République de Moldavie, les maladies diarrhéiques aiguës (BDA) représentent une préoccupation sanitaire majeure, se classant en troisième position dans la hiérarchie des maladies infectieuses en termes de morbidité, suivant les infections respiratoires aiguës et les maladies parasitaires.

La fièvre typhoïde et paratyphoïde

La fièvre typhoïde, ainsi que la fièvre paratyphoïde, sont des représentants éminents des maladies diarrhéiques aiguës, causées respectivement par les bactéries *Salmonella typhi* et *Salmonella paratyphi*. Ces agents pathogènes présentent une capacité notable à subsister dans différents milieux aquatiques pendant de prolongées périodes. *Salmonella typhi* et *Salmonella paratyphi* peuvent rester viables pendant 4 à 10 jours dans l'eau courante, ce qui équivaut à une distance de 300 km avec un débit moyen d'un mètre par seconde ; jusqu'à 30 jours en eau profonde ; et peuvent atteindre plusieurs mois dans la boue de puits et d'étangs. Dans les canaux, leur viabilité s'étend de 6 à 12 jours, tandis que dans la glace, elle peut durer de 2 à 3 mois. Les eaux minérales conservent ces bactéries environ 5 jours, et dans l'eau de mer, leur survie varie entre 4 et 9 jours. Dans l'eau de l'aqueduc, *Salmonella typhi* peut rester viable de 2 à 93 jours, dans l'eau de rivière de 4 à 183 jours, et dans l'eau de puits de 1,5 à 107 jours. La transmission par voie hydrique est considérée comme le principal vecteur de ces maladies intestinales, en particulier pour la fièvre typhoïde, dont jusqu'à 60 % des cas dans certaines régions peuvent être attribués à l'eau contaminée. Ces infections peuvent également se propager par l'utilisation d'eau contaminée à des fins domestiques, telles que le lavage de la vaisselle, des légumes, du linge, ainsi que par l'utilisation de glace naturelle ou d'eau traitée issue de sources contaminées dans la préparation et la conservation des aliments dans le secteur agroalimentaire. Les épidémies de fièvre typhoïde se distinguent par leur début soudain et leur durée prolongée par rapport aux épidémies d'origine alimentaire, exhibant une évolution cyclique caractérisée par des signes d'intoxication, une bactériémie, une fièvre variée et prolongée, des éruptions cutanées, ainsi que des atteintes au tube digestif et à d'autres systèmes de l'organisme. Les fièvres paratyphoïdes partagent le même mécanisme d'infection, le même tableau clinique, et la même pathogénèse que la fièvre

typhoïde, mais elles s'en distinguent par leur étiologie. R. Gabovici, dans ses travaux de 1991, met en lumière un cas exemplaire illustrant l'émergence et la diffusion rapide d'une épidémie d'origine hydrique : l'épidémie de fièvre typhoïde survenue en 1926 dans la ville de Rostov-sur-le-Don. Cette crise sanitaire fut provoquée par la contamination de l'aqueduc par des résidus d'eaux usées, suite à une brèche dans le système d'égouts. Les premiers jours suivant cette contamination, après une période d'incubation relativement brève, des cas d'entérite infectieuse aiguë ont commencé à émerger, rapidement suivis par la détection de la fièvre typhoïde, affectant plus de 2 000 personnes en l'espace d'un mois. La situation a commencé à s'améliorer après la réparation de la faille dans le système d'égouts et la désinfection de l'aqueduc, entraînant une diminution significative du nombre de cas de fièvre typhoïde. Toutefois, des cas sporadiques ont continué d'être signalés pendant quelque temps, bien que ceux-ci n'aient plus été liés à une transmission par l'eau.

Les épidémies virales

Les épidémies virales liées à l'eau, telles que l'hépatite infectieuse, la poliomyélite et l'adénovirose, constituent un défi majeur pour la santé publique. Parmi ces maladies, les hépatites infectieuses ont été à l'origine de certaines des épidémies les plus significatives à travers le monde, y compris aux États-Unis, en France, en Italie, en Suède et dans d'autres nations. Par exemple, a été documenté une épidémie majeure d'hépatite infectieuse qui a éclaté à Delhi, en Inde, au début de décembre 1955 et s'est poursuivie en janvier 1956. Durant cette période, environ 29 300 individus ont été affectés par une forme ictérique d'hépatite, et près de 70 000 personnes ont souffert de formes latentes de la maladie. Cette épidémie a été déclenchée par la contamination de l'aqueduc par des écoulements d'eaux usées.

Pour prévenir la fièvre typhoïde et d'autres maladies transmises par l'eau, il est important de mettre en œuvre des mesures visant

à assurer l'assainissement des sources d'approvisionnement en eau potable. Cela concerne tant les systèmes centralisés d'approvisionnement en eau, tels que les aqueducs, que les sources locales, comme les puits. Parallèlement, des efforts doivent être déployés pour éliminer les sources de pollution de l'eau, notamment les latrines, les fosses septiques et les décharges, ainsi que pour traiter les eaux usées, y compris celles provenant des hôpitaux traitant des maladies infectieuses. Un aspect particulièrement important dans la prévention des maladies transmises par l'eau est l'organisation et la mise à disposition d'une eau potable sûre dans les lieux à forte affluence, tels que les gares, les aéroports, les écoles, les centres culturels, les camps de vacances, les maisons de repos, les stades, et autres.

La dysenterie

La dysenterie constitue une autre manifestation importante parmi les maladies diarrhéiques aiguës, avec *Shigella* comme principal agent pathogène. La résistance de ce bacille dans l'environnement est relativement faible. La durée de survie du bacille dysentérique est limitée dans l'eau du robinet et s'étend à 2-3 jours dans l'eau de rivière, jusqu'à 6 jours dans l'eau de puits, et peut atteindre jusqu'à deux semaines dans l'eau préalablement bouillie puis contaminée (en absence de flore microbienne concurrente). La viabilité de *Shigella* peut varier de 15 à 27 jours dans l'eau d'aqueduc et de 12 à 92 jours dans l'eau de rivière. Des souches telles que *Shigella Flexneri* et *Sonne* peuvent même rester viables jusqu'à 2-3 mois dans l'eau bouillie puis contaminée. Les souches de *Shigella*, notamment *Shigella Flexneri*, plus fréquemment rencontrées, peuvent présenter une durée de vie prolongée dans l'eau, en particulier à basse température, où la flore saprophyte concurrente est inhibée. La durée de survie de ces agents pathogènes dans l'eau peut également être influencée par divers facteurs qualitatifs de l'eau tels que la température, le degré d'aération, l'exposition au soleil, ainsi que par des

facteurs biologiques comme la présence de bactériophages spécifiques, permettant aux shigelles de survivre entre 5 et 38 jours. Les épidémies de dysenterie d'origine hydrique peuvent être déclenchées par plusieurs vecteurs de contamination, y compris l'eau distribuée par des installations centrales ou puisée dans des puits, la consommation d'eau de surface non traitée ou insuffisamment traitée, ou encore l'utilisation d'eau stockée dans des conditions inadéquates. La contamination croisée entre l'évacuation des eaux usées et l'approvisionnement en eau potable, notamment en raison du traitement insuffisant des eaux usées et de la désinfection inadéquate des eaux de surface destinées à la consommation, peut également favoriser l'apparition d'épidémies de dysenterie et de fièvre typhoïde. Dans le cadre de la prévention de la dysenterie, la détection précoce des cas, leur isolement et le traitement adéquat, ainsi que l'application rigoureuse de mesures de désinfection sont importants. Il est essentiel de surveiller et de limiter les contacts susceptibles de propager les bactéries responsables de la dysenterie. Adhérer aux principes d'hygiène personnelle, consommer de l'eau préalablement bouillie, et veiller à ce que les fruits et légumes soient méticuleusement lavés et échaudés avant la consommation constituent des pratiques préventives de base. L'entretien hygiénique des espaces de vie et le contrôle sanitaire des sources d'eau ainsi que des établissements alimentaires, qu'ils soient publics ou privés, sont également indispensables pour prévenir la propagation de cette maladie.

Le choléra

Concernant le choléra, fait partie des maladies diarrhéiques aiguës à potentiel pandémique, cette affection peut être causée par divers types de vibrions, y compris les souches Asiatiques, El Tor, et non O139. Le choléra se manifeste par une attaque aiguë entraînant des lésions du tractus gastro-intestinal, des perturbations du métabolisme hydrosalin et protéique, et une toxicose grave. Cette

maladie est caractérisée par une forte tendance à provoquer des épidémies et des pandémies, une mortalité élevée, et se transmet principalement par un mécanisme fécale-oral. L'histoire de la propagation du choléra à travers le monde est marquée par l'émergence de sept pandémies majeures depuis 1817, démontrant la capacité de cette maladie à se propager et à évoluer à travers les continents et les siècles. Les six premières pandémies, qui se sont succédé jusqu'en 1923, ont été causées par le vibriion asiatique, tandis que la septième pandémie, toujours active aujourd'hui, est attribuée au vibriion El Tor. Durant cette septième pandémie, la République de Moldavie a été touchée pour la première fois, avec des flambées de choléra enregistrées en 1970-1971, puis en 1993-1994, et une augmentation significative en 1995, où 240 cas ont été signalés, dont 5 se sont avérés mortels. Cette pandémie a ainsi souligné la nécessité d'une vigilance et d'une préparation constantes face à la menace du choléra. Plus récemment, de nouvelles épidémies de choléra ont été observées dans le monde, caractérisées par des formes cliniques plus sévères et un taux de létalité accru, pouvant atteindre jusqu'à 5 %. Ces épidémies sont causées par une nouvelle souche de vibriion, non O139, qui selon certains experts, pourrait signaler le commencement de la huitième pandémie de choléra. Cette évolution soulève des inquiétudes quant à la capacité des systèmes de santé publique mondiaux à répondre efficacement à des souches de choléra de plus en plus virulentes et résistantes. Le *Vibrio cholerae*, agent responsable du choléra, est remarquablement adapté à l'existence dans les eaux de surface en raison de ses faibles besoins en nutriments, lui permettant de survivre dans ces milieux de quelques jours à plusieurs mois. La contamination de l'eau potable demeure l'un des vecteurs principaux de transmission de cette maladie. Le défaut d'infrastructures sanitaires adéquates, en particulier l'insuffisance d'accès à l'eau potable et à des installations pour les besoins hygiéniques de base, constitue un facteur critique dans la propagation du choléra. Au cours des quinze dernières années, le choléra classique causé par le *Vibrio cholerae* a connu un déclin

significatif, même dans les zones traditionnellement endémiques. Cependant, la souche du choléra El Tor se montre de plus en plus prévalente.

Historiquement, les épidémies de choléra ont constitué d'importantes crises sociales, caractérisées par un nombre élevé de cas et un taux de mortalité très élevé, comme le montrent les exemples tragiques d'Hambourg en 1892 et de Pétersbourg (Saint-Pétersbourg) en 1920. Cependant, grâce à l'implémentation de mesures préventives et de contrôle, la zone de propagation du choléra a été significativement réduite, se limitant principalement à certaines régions où les conditions sanitaires restent précaires. Néanmoins, de manière périodique, la maladie a la capacité de franchir ses frontières traditionnelles et de provoquer des cas sporadiques ou même des épidémies dans des régions auparavant épargnées. Des cas récents observés dans divers pays, tels que la Turquie, l'Italie, et le Portugal, en témoignent. Il est toutefois rassurant de noter que le vibrion cholérique présente une faible résistance aux désinfectants communs utilisés pour traiter l'eau, comme le chlore.

Au-delà de la qualité bactériologique médiocre de l'eau potable, la quantité insuffisante d'eau disponible joue un rôle important dans l'augmentation de l'incidence des maladies infectieuses d'origine hydrique. L'accès restreint à une quantité suffisante d'eau potable propre et sûre limite non seulement la consommation d'eau saine mais aussi les pratiques d'hygiène, augmentant ainsi le risque de transmission de ces maladies.

L'eau de puits dans les zones rurales, souvent utilisée comme principale source d'eau potable, présente fréquemment des déficits tant en termes de quantité qu'en qualité. Ces insuffisances posent un risque significatif pour la santé publique. Par ailleurs, dans les zones urbaines, des incidents où l'eau distribuée à la population ne respecte pas les normes bactériologiques, en raison de dysfonctionnements dans les infrastructures de distribution d'eau ou de l'usure de ces dernières, sont fréquemment rapportés. Ces situations peuvent entraîner des épidémies de diverses maladies infec-

tieuses.

La survie du vibriion cholérique en dehors de l'hôte humain dépend des conditions environnementales spécifiques. Il peut subsister jusqu'à trois semaines dans l'eau douce et de quatre à cinq jours dans l'eau de mer. Dans les aliments aquatiques tels que les poissons, mollusques et crustacés retirés de l'eau, le vibriion peut demeurer actif pendant cinq à sept jours, et cette période s'étend à une à deux semaines sous réfrigération. Les manifestations cliniques du choléra peuvent varier considérablement, allant de formes légères à des cas sévères pouvant entraîner la mort. La maladie causée par le vibriion El Tor tend généralement à se présenter sous des formes moins sévères comparativement à la souche classique de choléra.

La prévention du choléra nécessite avant tout d'empêcher l'introduction de *Vibrio cholerae* sur le territoire national. À cet effet, la protection et l'assainissement des sources d'eau potable revêtent une importance cruciale, tout comme le contrôle systématique de la qualité de l'eau provenant des rivières, lacs, piscines et autres réserves aquatiques, ainsi que des eaux usées issues d'installations telles que les usines laitières et de transformation du poisson, les bains publics et les laveries. Il est également essentiel de surveiller l'hygiène des marchés, des entreprises alimentaires, des établissements de restauration, qu'ils soient publics ou privés, et des services communaux (hôtels, salons de coiffure, etc.), de procéder à la désinfection des déchets et de lutter contre les mouches. La prévention du choléra implique aussi une lutte efficace contre l'insalubrité et l'élimination des décharges sauvages, la détection précoce des cas parmi les individus présentant des troubles gastro-intestinaux variés et leur isolement rapide dans des établissements de santé adaptés.

L'entérocolite

L'entérocolite, souvent associée à *Escherichia coli* et à diverses souches pathogènes de colibacilles, représente une préoccupation

majeure en santé publique en raison de leur capacité à rester viables dans l'eau pendant une période prolongée. Ces souches peuvent être à l'origine d'épidémies d'entérite maligne, particulièrement dans les environnements hospitaliers et les institutions accueillant des enfants, et s'avérer particulièrement dangereuses chez les nourrissons, chez qui elles peuvent entraîner un taux de létalité élevé. En outre, d'autres micro-organismes tels que les *entérocoques* et *Proteus* sont capables, sous certaines conditions, de déclencher des pathologies. Il est important de souligner que les eaux contenant une concentration élevée de germes communs, une quantité importante de matières organiques ou de substances en suspension, ainsi que celles favorisant la prolifération d'algues toxiques, peuvent affecter le système digestif, particulièrement sensible chez l'enfant, et provoquer divers troubles gastro-intestinaux.

La leptospirose

La leptospirose ictérohémorragique, ainsi que d'autres zoonoses telles que la tularémie, la brucellose et la fièvre Q, représentent des maladies transmissibles par l'eau contaminée par l'urine de divers animaux, y compris les rongeurs, les porcs et les animaux à cornes. Les eaux exposées, telles que les étangs et les canaux d'irrigation, constituent un risque particulier lorsqu'elles sont utilisées pour des activités quotidiennes comme boire, se baigner ou laver le linge, car les leptospires peuvent facilement pénétrer dans l'organisme humain via les muqueuses et les micro-lésions cutanées. La résistance des *leptospires* dans l'environnement est modérée. Leur viabilité dans les eaux de surface varie de quelques jours à deux semaines, influencée par des facteurs environnementaux tels que la composition chimique et le pH de l'eau, sa température et la présence de microflore antagoniste. Les conditions telles qu'un faible débit d'eau, un pH alcalin et une température avoisinant les 20°C favorisent une survie prolongée des *leptospires*. Selon les recherches, les *leptospires* pathogènes peuvent demeurer actifs

dans l'eau des rivières pendant une période allant d'un à deux mois, et dans certains cas, jusqu'à cinq mois. Dans la boue, ils peuvent survivre plus de 23 jours. Les humains peuvent être infectés soit par la consommation d'eau contaminée (eau de ville, de puits, ou de surface non traitée), soit plus fréquemment par contact cutané lors de baignades dans des eaux infectées. La contamination des eaux de surface est généralement due aux déjections et à l'urine de rongeurs infectés, aux cadavres d'animaux, aux rejets non traités d'élevages animaux, en particulier de porcs, et à l'abreuvement d'animaux malades près des cours d'eau. La prévention de la leptospirose exige donc une gestion rigoureuse des sources d'eau ainsi que des mesures de précaution individuelles, telles que l'évitement de l'immersion dans des eaux susceptibles d'être contaminées et l'utilisation d'eau potable sûre pour la consommation et les activités domestiques. Un aspect notable des *leptospirales* est leur capacité à infecter l'organisme non seulement par ingestion, via le système digestif, mais aussi par une transmission directe à travers la peau, y compris la peau apparemment intacte. Cette faculté de pénétration transcutanée est particulièrement évidente lors de baignades dans des eaux contaminées, soulignant ainsi le risque accru d'infection lors de contacts directs avec ces eaux, par exemple durant la pêche ou le passage dans des zones aquatiques infectées. La présence de *leptospirales* pathogènes a été confirmée non seulement dans les eaux naturelles mais aussi dans les eaux usées provenant d'exploitations agricoles, ces dernières se déversant fréquemment dans les cours d'eau environnants et contribuant à la propagation de ces bactéries dans l'environnement aquatique. La durabilité des *leptospirales* dans l'eau varie de quelques jours à deux semaines, cette variabilité étant influencée par divers facteurs tels que la composition chimique de l'eau, son pH, la température ambiante, ainsi que par la présence de micro-organismes concurrents qui peuvent limiter leur survie. Dans des conditions spécifiques, comme dans des eaux alcalines à une température avoisinant les 20°C, les *leptospirales* peuvent rester viables pour une période prolongée. La leptospirose peut se

manifester sous différentes formes, allant de cas sporadiques à des situations endémiques et, dans certaines circonstances, à des épidémies. Des flambées épidémiques spécifiquement liées à l'eau ont été rapportées, souvent dues à l'utilisation d'eaux de surface ou à la consommation d'eau provenant de puits contaminés par des *leptospires*. La présence de ces bactéries pathogènes dans les sources d'eau augmente le risque de transmission à l'homme, entraînant des épidémies dans les communautés concernées. Pour contrer efficacement une épidémie de leptospirose, la mesure la plus critique est de cesser l'utilisation de l'eau contaminée. Cela peut impliquer la fourniture d'une source alternative d'eau potable sûre pour les populations touchées, ainsi que des efforts pour identifier et éliminer les sources de contamination. Par exemple, cela pourrait inclure l'assainissement des sources d'eau, la protection des puits contre les infiltrations d'eaux de surface potentiellement contaminées et la mise en œuvre de stratégies de traitement de l'eau, telles que la chloration ou la filtration.

La brucellose

La brucellose est causée par des bactéries du genre *Brucella*, représentant une zoonose courante chez les animaux domestiques qui peut également affecter l'homme. Des incidents de transmission de la brucellose à travers l'eau de puits contaminée ont été signalés, en particulier lorsque cette eau provenait de zones adjacentes à des fermes d'élevage, soulignant le risque de contamination environnementale. La durée de survie de *Brucella* dans l'eau est variable, estimée entre 5 et 30 jours selon les conditions, mais certaines recherches, indiquent que *Brucella* peut rester viable dans l'eau pendant 40 à 60 jours. Un symptôme clinique typique de la brucellose chez les animaux, tout comme pour la leptospirose, est l'avortement. Lors de ces événements, d'importantes quantités de *Brucella* et de *leptospires* peuvent être libérées dans l'environnement, notamment via les avortements, les membranes et les liquides fœtaux. Si les dé-

chets issus de ces événements ne sont pas correctement gérés, stockés ou traités, et s'ils se trouvent à proximité des sources d'eau, il y a un risque significatif de contamination de ces sources. Durant les périodes de gestion des avortements chez les animaux, le personnel de ferme et les techniciens vétérinaires intervenant dans les soins obstétricaux sont particulièrement exposés au risque de contamination. Bien que les cas de brucellose humaine soient généralement sporadiques, le risque de transmission environnementale souligne l'importance de pratiques agricoles et vétérinaires adéquates pour prévenir la contamination de l'eau et protéger la santé publique.

La tularémie

La tularémie, causée par la bactérie *Francisella tularensis*, se caractérise par une grande résilience dans l'environnement extérieur. Cette bactérie peut rester viable dans l'eau pendant 2 à 3 mois et dans le sol, en fonction de ses caractéristiques comme le pH, la température et l'humidité, de 10 jours jusqu'à 2 mois. Les voies de transmission de la tularémie à l'homme incluent la consommation d'eau contaminée par l'urine, les excréments ou les cadavres de rongeurs infectés. En période estivale, les infections peuvent aussi résulter du contact avec de l'eau contaminée, par exemple lors de baignades. Le bacille de la tularémie est capable de traverser les barrières cutanées et muqueuses, y compris celles qui sont apparemment intactes, telles que la muqueuse conjonctivale. Cette capacité de transmission directe à travers la peau et les muqueuses souligne le risque d'infection même en l'absence de plaies ouvertes. Des épidémies de tularémie ont été périodiquement signalées dans des communautés situées à proximité de cours d'eau de basse altitude. Les enquêtes sur les conditions favorisant la persistance et la circulation de *Francisella tularensis* dans ces environnements aquatiques ont abouti à l'isolation du bacille à partir de plantes aquatiques et de mollusques, entre autres, ce qui indique la variété des vecteurs par lesquels cette maladie peut être transmise par l'eau. Bien que la tularémie déclenche rarement des épidémies et

se manifeste plus fréquemment sous forme de cas sporadiques, des flambées épidémiques ont été observées au sein de populations humaines lors d'épizooties, souvent liées à l'utilisation d'eau de puits, de ruisseaux ou d'étangs contaminés par les excréments ou les cadavres de rongeurs porteurs de la bactérie.

La tuberculose

La tuberculose, bien que principalement connue pour sa forme pulmonaire, peut également se manifester sous une forme intestinale, qui peut être transmise par l'eau. Cette voie de transmission est notamment concernée lorsque les eaux usées provenant de sanatoriums antituberculeux ou d'hôpitaux, où sont traités les patients atteints de tuberculose, sont rejetées dans les eaux de surface. Le bacille tuberculeux, *Mycobacterium tuberculosis* ou *bacille de Koch*, a été identifié dans les eaux usées de ces établissements de santé, ainsi que dans les eaux de surface situées en aval des points de rejet de ces eaux usées. Des communautés vivant le long de cours d'eau contaminés par les rejets d'eaux usées de sanatoriums ou d'hôpitaux antituberculeux ont signalé une incidence accrue de tuberculose intestinale chez l'homme et chez l'animal. Ce constat met en lumière les risques sanitaires associés à la contamination de l'eau par le *bacille de Koch*. La résistance du bacille tuberculeux dans l'environnement aquatique est notable, avec une viabilité pouvant aller jusqu'à 100 à 150 jours. Cette longévité, associée à une résistance particulière aux désinfectants couramment utilisés dans le traitement de l'eau, souligne les défis posés par la prévention de la transmission de la tuberculose par l'eau.

Les maladies virales d'origine hydrique

Les maladies virales transmises par l'eau représentent une catégorie significative de maladies infectieuses aiguës, causées par des virus qui affectent principalement le système digestif, mais aussi potentiellement les systèmes respiratoire et nerveux central. La mani-

festation clinique de ces maladies est très variable, allant de symptômes généraux d'intoxication à des atteintes spécifiques de différents organes et systèmes. Il est particulièrement important de noter que les enfants sont souvent les plus vulnérables à ces infections.

L'eau, en tant que vecteur de transmission de ces virus, joue un rôle important dans l'épidémiologie de ces maladies. La contamination de l'eau par des virus d'origine humaine est un problème majeur de santé publique, l'homme pouvant éliminer plus de 100 types de virus différents via les excréments. Parmi eux, de nouveaux types de virus apparaissent constamment, nécessitant des recherches continues pour comprendre pleinement leur comportement et leur impact sur la santé.

Des virus tels que *l'hépatite A*, le *poliovirus* responsable de la poliomyélite, et le *rotavirus*, connu pour causer des gastro-entérites sévères, sont particulièrement surveillés en raison de leur pertinence pour la santé publique. Les maladies qu'ils provoquent peuvent varier de formes bénignes à des issues potentiellement fatales.

Les sources d'eau varient considérablement en termes de vulnérabilité à la pollution virale, influencée par leur situation géographique et leur exposition aux sources de contamination. Les eaux profondes, telles que les aquifères, offrent une protection naturelle plus importante contre la contamination virale, grâce à leur éloignement de la surface et aux couches de sol qui peuvent agir comme des filtres naturels. En revanche, les eaux phréatiques ou peu profondes sont plus susceptibles d'être contaminées par des infiltrations provenant de la surface du sol, des latrines, ou des décharges, où les virus peuvent pénétrer dans l'eau à travers le sol.

Les eaux de surface, telles que les rivières, les lacs, et les étangs, sont parmi les plus exposées à la pollution, particulièrement lorsqu'elles reçoivent des eaux usées fécaloïdes domestiques. Ces eaux peuvent transporter une large variété de souches virales depuis les individus infectés vers de nouveaux hôtes potentiels. Dans les systèmes d'approvisionnement en eau, la contamination peut se produire à la fois dans les petits points de collecte d'eau non traitée et

dans les installations centrales de traitement de l'eau, à différents stades du processus, y compris le stockage et la distribution.

Les maladies virales d'origine hydrique peuvent se manifester de manière sporadique ou sous forme d'épidémies, avec un diagnostic qui peut s'avérer complexe en raison de la diversité des symptômes, qui peuvent affecter le système digestif, respiratoire, nerveux, ou même cutané. La gravité des maladies varie également, allant de formes modérées à très graves.

Les défis posés par l'identification et l'isolement des virus dans l'eau sont significatifs, car les méthodes actuelles ne permettent pas toujours une détection immédiate et exhaustive de tous les virus potentiellement présents. Cette limitation technique rend difficile la confirmation rapide du diagnostic lors d'une épidémie d'origine hydrique, malgré l'importance cruciale d'une telle capacité pour la réponse épidémiologique.

Bien que, théoriquement, tout type de virus pathogène pour l'humain puisse être transmis par l'eau, en pratique, seuls certains virus sont régulièrement détectés dans les sources d'eau et reconnus comme agents étiologiques majeurs de maladies chez l'homme. Ces virus, ayant une importance sanitaire avérée, comprennent notamment le rotavirus, responsable de gastro-entérites sévères chez les jeunes enfants, l'*hépatite A*, le *norovirus*, et le *poliovirus*, entre autres.

La durée de survie des virus dans l'eau peut aller de 150 à 200 jours, et nombreux sont ceux qui résistent aux concentrations de chlore couramment utilisées pour la désinfection de l'eau. Cette résistance pose un défi considérable pour les stratégies de traitement de l'eau, soulignant que même une eau considérée comme potable d'un point de vue bactériologique peut toujours être vecteur de maladies virales.

Les épidémies virales d'origine hydrique, comme celles causées par des hépatites infectieuses, la poliomyélite et l'adénovirose, représentent des menaces sérieuses pour la santé publique à travers le monde. Parmi ces épidémies, celles liées à l'hépatite infectieuse se distinguent par leur ampleur, ayant affecté des pays tels que les

États-Unis, la France, l'Italie, et la Suède. Un exemple marquant est l'épidémie d'hépatite à Delhi, en Inde, qui s'est déroulée entre décembre 1955 et janvier 1956. Cette épidémie a vu 29 300 cas d'hépatite ictérique et approximativement 70 000 cas d'hépatite latente, provoqués par la contamination de l'aqueduc par des résidus d'eaux usées.

L'hépatite virale A

L'hépatite virale A est un exemple notable de maladie virale transmissible par l'eau. La principale source d'infection dans le cas de *l'hépatite A* est la personne malade elle-même. Il est important de reconnaître que les porteurs anictériques (sans jaunisse) et asymptomatiques représentent une source d'infection particulièrement importante, car ils peuvent ne pas être conscients de leur maladie et, par conséquent, ne prennent pas de mesures pour éviter de transmettre le virus. Le virus commence à être excrété dans les selles des personnes infectées durant la seconde moitié de la période d'incubation, qui varie de 7 à 50 jours, avec une moyenne de 15 à 30 jours. La contagiosité atteint son apogée dans les 7 à 10 jours précédant l'apparition de la jaunisse (phase préictérique) et pendant celle-ci. Bien que la virémie (présence du virus dans le sang) soit de courte durée et considérée comme ayant peu d'importance épidémiologique, la transmission du virus via des eaux contaminées reste une voie de transmission significative. Une caractéristique particulière de *l'hépatite A* est sa saisonnalité, avec une augmentation des cas principalement en automne et en hiver. Les mois de juillet et août enregistrent une montée de la morbidité, avec un pic observé en octobre et novembre, suivie d'une baisse au cours de la première moitié de l'année suivante. Cette saisonnalité peut refléter des variations dans les pratiques humaines telles que la consommation d'eau et d'aliments, ainsi que des variations dans la survie du virus dans l'environnement en fonction des conditions climatiques. Dans le contexte de la transmission des maladies virales, et particulièrement de *l'hépatite virale A*, les matières fécales

jouent un rôle important en tant que principal vecteur de transmission du virus. Les recherches ont démontré qu'à la fin de la période d'incubation, durant le prodrome (phase précédant l'apparition des symptômes spécifiques de la maladie) et dans les premiers jours de la phase ictérique (jaunisse), une quantité de matières fécales d'un gramme peut contenir jusqu'à 10^8 virions, voire plus. Bien que le virus puisse également être présent dans les sécrétions nasopharyngées et vaginales, ces dernières ne jouent pas un rôle significatif dans la propagation de l'épidémie.

Le mécanisme de transmission le plus courant de *l'hépatite A* est le mode fécal-oral, par lequel l'infection humaine se produit principalement via la consommation d'aliments et d'eau contaminés par le virus. La dose infectieuse pour provoquer la maladie varie généralement entre 100 et 1 000 particules virales. Les enfants représentent la population la plus réceptive à l'infection par *l'hépatite A*, ce qui souligne l'importance d'une vigilance particulière pour protéger cette tranche d'âge. Les collectivités organisées, telles que les crèches, les écoles et les unités militaires, constituent des groupes à risque élevé de propagation de *l'hépatite A* en raison de la proximité et de l'intensité des interactions entre individus. *L'hépatite A*, causée par le *virus de l'hépatite A (VHA)*, se transmet par plusieurs vecteurs, soulignant la facilité avec laquelle ce virus peut se propager au sein des populations. Les mains sales, les produits alimentaires et l'eau potable contaminés, ainsi que l'utilisation partagée d'appareils électroménagers, représentent des voies courantes de transmission. Les piscines aquatiques peuvent également devenir des points de contagion si l'eau est contaminée par le VHA. En outre, les mouches synanthropes, qui vivent en étroite association avec l'humain, peuvent agir comme vecteurs mécaniques en transportant le virus d'un point à un autre. Certains produits de la mer, comme les huîtres, moules, palourdes et crevettes, peuvent également être des sources d'infection lorsqu'ils sont consommés crus ou insuffisamment cuits et qu'ils ont été contaminés par le VHA.

La poliomyélite

La poliomyélite est une autre maladie virale aiguë qui peut être transmise par l'eau. Cette maladie affecte le système nerveux central, en particulier la substance grise de la moelle épinière, ce qui peut entraîner une paralysie. L'inflammation de la membrane muqueuse de l'intestin et du nasopharynx fait également partie des manifestations cliniques de la poliomyélite. La transmission de la poliomyélite se fait principalement par la voie fécale-orale ou, dans une moindre mesure, par des gouttelettes respiratoires, rendant l'eau contaminée par le virus polio une source potentielle d'infection. Le *poliovirus*, agent causal de la poliomyélite, appartient à la famille des *Picornaviridae*, dans le genre *Enterovirus*. Sa résilience dans divers environnements est notable : le virus peut survivre jusqu'à 100 jours dans l'eau et jusqu'à six mois dans les excréments. Il résiste également bien au gel et au séchage, et n'est pas affecté par l'acidité gastrique ou les antibiotiques. Toutefois, il peut être éliminé par ébullition, l'exposition aux rayons ultraviolets, et certains désinfectants. En laboratoire, le poliovirus est cultivé sur des cultures cellulaires où il démontre un effet cytopathique distinct.

La principale source d'infection par la poliomyélite est la personne infectée, avec une incidence plus élevée chez les enfants de moins de 10 ans, en particulier ceux jusqu'à 4 ans, représentant 60 à 80 % des cas. La transmission de la maladie est principalement fécale-orale, bien que la transmission aérienne soit également possible. La morbidité tend à augmenter durant les mois d'été et d'automne, avec une période d'incubation variant de 5 à 12 jours, bien que cela puisse aller de 2 à 35 jours dans certains cas. Au cours des dernières années, grâce à des efforts intensifs de santé publique, notamment la mise en œuvre de programmes nationaux de vaccination et d'éradication de la poliomyélite, la maladie a été éliminée dans la plupart des pays européens, y compris en République de Moldavie. En 2000, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a reconnu la République de Moldavie comme un pays exempt de po-

liomyélite, marquant une victoire significative dans la lutte contre cette maladie débilitante.

L'infection à rotavirus

L'infection à rotavirus est une cause majeure de gastro-entérite chez les nourrissons et les jeunes enfants, ayant un impact significatif sur la santé publique à travers le monde. Le rotavirus, appartenant à la *famille des Reoviridae* et au *genre Rotavirus*, se distingue par sa résistance dans l'environnement, ce qui contribue à sa propagation facile et à la fréquence des épidémies, en particulier dans des conditions où l'hygiène est insuffisante. La transmission de l'infection à rotavirus se fait principalement par la voie fécale-orale. Le virus peut contaminer l'eau et les aliments, mais également se propager par contact direct avec des surfaces contaminées, comme des jouets, ce qui souligne l'importance de l'hygiène personnelle et de la désinfection régulière des espaces fréquentés par les enfants. La période d'incubation relativement courte, allant de 15 heures à 7 jours avec une moyenne de 1 à 2 jours, contribue à la rapidité de la propagation de l'infection au sein des collectivités. Un trait caractéristique de l'infection à rotavirus est sa saisonnalité, avec une augmentation de la morbidité observée pendant les mois d'hiver. Cette saisonnalité peut être liée à des facteurs tels que le temps passé en intérieur durant les mois froids, favorisant la transmission du virus, et la possible survie prolongée du virus dans des conditions de faible température et d'humidité élevée. La maladie se manifeste par une intoxication générale et des symptômes digestifs sévères, incluant des vomissements, des diarrhées aqueuses et une déshydratation potentiellement grave. Chez les nourrissons et les jeunes enfants, la déshydratation due au *rotavirus* peut nécessiter une hospitalisation et représente une cause importante de mortalité infantile dans les pays en développement.

Les maladies parasitaires transmises par l'eau

Outre les infections bactériennes et virales, l'eau constitue également un vecteur pour la transmission de divers helminthes et parasites, représentant un risque significatif pour la santé humaine, particulièrement dans certaines régions du monde comme l'Afrique et l'Inde. Parmi les agents pathogènes susceptibles d'être transmis par l'eau, on trouve les kystes de *Giardia lamblia*, les œufs d'*Ascaris lumbricoides* et de *Trichuris trichiura*, les larves d'*ankylostomes*, les cercariae de la *fasciole hépatique*, ainsi que les microfilaires responsables de la filariose. Ces parasites et helminthes peuvent infecter les humains lorsque ceux-ci consomment de l'eau contaminée, utilisent de petits bassins d'eau pour boire, laver le linge, ou se baigner. Leur présence dans l'eau est souvent due à la contamination fécale des sources d'eau, une problématique particulièrement prévalente dans les régions où l'accès à l'eau potable et à des systèmes d'assainissement adéquats est limité. Les parasitoses, ou maladies parasitaires, sont largement répandues à travers le monde et représentent un fardeau considérable pour la santé publique, en raison des maladies chroniques, de la malnutrition, et des retards de croissance qu'elles peuvent engendrer chez les enfants. Le rôle de l'eau dans la transmission des parasites est complexe, agissant à la fois comme vecteur passif, milieu de développement pour les phases larvaires de certains parasites, et habitat pour les vecteurs de maladies.

L'amibiase

L'amibiase, causée par *Entamoeba histolytica*, est une maladie parasitaire d'origine hydrique particulièrement répandue et représente un exemple significatif de transmission parasitaire via l'eau et les aliments. Cette maladie, également connue sous le nom de dysenterie amibienne, se caractérise par des lésions intestinales qui peuvent être graves et, dans certains cas, mortelles. Le mode de transmission principal de l'amibiase est la consommation d'eau

ou d'aliments contaminés par des kystes d'*Entamoeba histolytica*. Ces kystes sont éliminés dans l'environnement par les selles des personnes infectées ou par certains animaux, domestiques comme le chien et le cochon, ou sauvages comme le rat. La résistance des kystes dans l'environnement, notamment dans l'eau, est remarquable, pouvant aller jusqu'à 90 à 100 jours. Cette longévité est notamment influencée par la température de l'eau, les kystes survivant plus longtemps dans des conditions plus froides. Dans les régions chaudes, la prévalence de porteurs de *Entamoeba histolytica* peut être extrêmement élevée, atteignant parfois jusqu'à 30 % de la population. Cela souligne l'importance de la surveillance de la qualité de l'eau et des pratiques d'hygiène alimentaire dans la prévention de l'amibiase.

La giardiase

La consommation de fruits et légumes crus, lavés ou irrigués avec de l'eau contaminée, représente un risque particulier de la giardiase, est une infection intestinale causée par le parasite *Giardia intestinalis* (aussi connu sous le nom de *Giardia lamblia* ou *lamblia*). Tout comme l'amibiase, la giardiase se transmet principalement à travers la consommation d'eau contaminée par des kystes de *Giardia*, qui sont les formes résistantes du parasite capables de survivre dans l'environnement extérieur, notamment dans l'eau, pendant plusieurs mois. Les kystes de *Giardia* sont excrétés dans les selles des personnes infectées ou des porteurs asymptomatiques, contaminant ainsi les sources d'eau lorsque les eaux usées ou les matières fécales entrent en contact avec des sources d'eau potable ou de baignade. Bien que l'ingestion d'eau contaminée soit la voie de transmission la plus courante, la giardiase peut également se transmettre par la consommation d'aliments contaminés, bien que cela soit moins fréquent. La giardiase est reconnue pour sa prévalence particulièrement élevée chez les enfants, ce qui souligne l'importance de mesures préventives telles que l'assainissement de l'eau

et la promotion de bonnes pratiques d'hygiène personnelle dans les écoles et les foyers. Les symptômes de la giardiose varient de légers à sévères et peuvent inclure des diarrhées aqueuses, des crampes abdominales, des nausées et une perte de poids. Chez les enfants, l'infection peut entraver l'absorption des nutriments et contribuer à des retards de croissance et au développement de malnutrition.

La balantidose

La balantidose, également connue sous le nom de dysenterie balantidienne, est une maladie infectieuse causée par le protozoaire *Balantidium coli*. C'est la seule ciliée connue capable de parasiter l'homme. Cette maladie est plus commune dans les régions où les humains sont en contact étroit avec des porcs ou où l'hygiène sanitaire est déficiente, car ces animaux sont souvent des réservoirs du parasite. Le mode de transmission principal est féco-oral, souvent à travers l'ingestion d'eau ou d'aliments contaminés par des matières fécales contenant les kystes de *Balantidium coli*. Une fois ingérés, les kystes passent à travers l'estomac pour atteindre l'intestin grêle, où ils se transforment en trophozoïtes, la forme active du parasite. Ces trophozoïtes peuvent ensuite coloniser le gros intestin, causant des symptômes. Les symptômes de la balantidose peuvent varier de légers à sévères, incluant souvent de la diarrhée, des douleurs abdominales, et parfois une dysenterie sévère avec présence de sang et de mucus dans les selles. Dans des cas extrêmement rares, le parasite peut perforer la paroi intestinale, causant une péritonite et d'autres complications graves. La prévention de la balantidose repose principalement sur l'amélioration des pratiques d'hygiène, comme le lavage fréquent des mains, l'utilisation d'eau potable, et des mesures sanitaires appropriées pour éviter la contamination fécale des aliments et de l'eau. En zones endémiques, une attention particulière devrait être portée à la gestion et à l'élimination des déchets d'animaux domestiques, en particulier des porcs, pour réduire le risque de transmission.

La trichomonase

La trichomonase est une infection parasitaire principalement reconnue comme une infection sexuellement transmissible, causée par le protozoaire *Trichomonas vaginalis*. Bien que la voie de transmission la plus courante de la trichomonase soit le contact sexuel direct, il existe des preuves suggérant que l'eau, notamment l'eau de piscines, peut jouer un rôle dans sa transmission, bien que cela soit moins fréquent. *Trichomonas vaginalis* est un organisme peu résistant dans l'environnement extérieur, sa viabilité se limitant à quelques heures hors de l'hôte. Cependant, dans des conditions spécifiques, comme dans l'eau chaude (au-dessus de 30°C), sa résistance peut être plus élevée. Cette caractéristique peut expliquer la transmission potentielle de l'infection dans des piscines et autres milieux aquatiques chauds où les personnes infectées et non infectées sont en contact étroit. La transmission de la trichomonase peut également être favorisée par le partage d'articles de toilette personnels et, dans des cas plus rares, par le partage de vêtements. Cependant, ces modes de transmission sont considérés comme moins courants par rapport à la transmission sexuelle directe.

Les cestodes

Les cestodes, ou vers plats, sont responsables de diverses maladies parasitaires chez l'homme, notamment la cysticercose et l'échinococcose, qui sont transmises par la consommation d'eau ou d'aliments contaminés par des embryophores, ou œufs de ces parasites.

- La cysticercose est causée par l'ingestion des œufs de *Taenia solium* (et non *Cysticercus bovis*, qui est en fait une forme larvaire de *Taenia saginata* liée à une autre maladie, la taeniose bovine). Lorsque ces œufs sont ingérés par l'homme, ils peuvent se développer en larves cysticerci dans divers tissus de l'organisme, y compris les muscles, le cerveau et les yeux,

ce qui peut entraîner des symptômes graves. La cysticerose humaine se produit généralement lorsque les gens consomment de l'eau ou des aliments contaminés par les matières fécales d'une personne infectée par le stade adulte du ténia.

- L'échinococcose, également connue sous le nom d'hydatidose, est causée par l'ingestion d'œufs de *Echinococcus granulosus*, un petit ténia trouvé dans l'intestin de certains carnivores, principalement des chiens. Les humains s'infectent en ingérant de l'eau ou des aliments contaminés par les matières fécales de ces animaux. Les œufs éclosent dans l'intestin de l'homme, libérant des larves qui migrent vers différents organes, où elles peuvent former des kystes hydatiques, provoquant des dommages aux tissus et des symptômes graves.

Les trématodes

Les trématodes sont des parasites responsables de diverses maladies chez l'homme, transmises principalement par la consommation d'eau ou de plantes aquatiques contaminées par leurs formes larvaires. Parmi ces maladies, on trouve la fasciolose et la distomatose intestinale.

- La fasciolose hépatique, également connue sous les noms de distomatose hépatique ou infection par *Fasciola hepatica*, est une maladie parasitaire affectant le foie. Les œufs du parasite *Fasciola hepatica* sont excrétés dans l'environnement par les selles d'animaux infectés (principalement des herbivores comme les moutons et les vaches) ou parfois des humains. Une fois dans l'eau, les œufs éclosent, libérant des larves miracidium qui infectent un hôte intermédiaire spécifique, un type de gastéropode aquatique. À l'intérieur de cet hôte, les larves se développent en une forme infectieuse appelée cercarie. Les cercaries quittent l'escargot et s'encystent sur des plantes aquatiques sous forme de méta-

cercaires, la forme qui, une fois ingérée par l'homme ou par des animaux, peut causer l'infection.

- La fasciolose intestinale ou distomatose intestinale est causée par d'autres espèces de trématodes, qui, similaires à *Fasciola hepatica*, ont un cycle de vie impliquant des hôtes intermédiaires aquatiques et des plantes aquatiques. Cette maladie affecte principalement l'intestin plutôt que le foie. Les infections par ces parasites sont principalement transmises à l'homme par la consommation d'eau contaminée par des cercaries ou par la consommation de plantes aquatiques (comme des cressons) sur lesquelles les métacercaires se sont encystés. Les symptômes varient en fonction de l'intensité de l'infection et peuvent inclure des douleurs abdominales, de la diarrhée, et dans le cas de la fasciolose hépatique, une inflammation et des dommages au foie. La *Fasciola*, également connue sous le nom de distome intestinal, présente une progression pathologique similaire à celle de la *Fasciola hepatica*, cependant, elle se distingue par son utilisation d'un hôte distinct, à savoir un mollusque d'eau douce, et par son emplacement spécifique dans l'intestin.
- La bilharziose intestinale, ou achistosomiase intestinale, est causée par l'agent pathogène *Schistosoma mansoni*. La bilharziose vésicale, ou schistosomiase vésicale, est provoquée par l'agent pathogène *Schistosoma hematoum*. La bilharziose artério-veineuse, ou bilharziose, est induite par l'agent pathogène responsable de la schistosomiase sino-japonaise. La schistosomiase, également appelée bilharziose, est une parasitose à évolution aquatique. Elle est prévalente dans les régions tropicales, affectant un nombre considérable d'individus, dépassant les 200 millions. La forme humaine du parasite se compose de trois espèces distinctes : *Schistosoma mansoni*, *Schistosoma japonicum* et *Schistosoma hematobium*. Les deux premières espèces se localisent au niveau du système digestif, tandis que la troisième affecte le système

génito-urinaire. La voie d'infection dans l'organisme est cutanée. Il est pertinent de souligner que la schistosomiase, également connue sous le nom de bilharziose, est principalement contractée par la pénétration de cercaires à travers la peau lors d'activités telles que le bain ou la marche pieds nus dans l'eau. L'expansion constante de la construction de réservoirs et de structures hydrauliques nécessaires à l'industrie et à l'agriculture dans les pays en développement a entraîné une augmentation de la population de mollusques, qui sont les principaux hôtes intermédiaires du parasite. Par conséquent, cette expansion a contribué à une augmentation de l'incidence de la schistosomiase.

Les maladies causées par les nématodes peuvent être contractées par l'introduction dans l'organisme de personnes saines, souvent par le biais de la nourriture ou de l'eau, bien que plus rarement, ou par le contact avec des mains contaminées portant des œufs embryonnaires ou des larves infestées éliminées par des personnes malades. Les affections suivantes peuvent en découler :

- Ascariadiase - causée par l'agent pathogène *Ascaris lumbricoides*.
- Trichocéphalose - induite par l'agent pathogène *Trichocephalus hominus*.
- Entérobiose - provoquée par l'agent pathogène *Enterobius vermicularis*.
- Strongyloïdose - causée par l'agent pathogène *Strongyloides stercoralis*.
- Ankylostome - induite par l'agent pathogène de *Ankylostome duodéal*.

Il est à noter que ces deux dernières affections, bien qu'elles puissent également être causées par l'ingestion d'eau contaminée, sont généralement le résultat de la pénétration des larves filiformes du parasite à travers la peau.

La prophylaxie des pathologies hydriques infectieuses implique plusieurs mesures préventives, notamment :

- Assainissement de l'eau - cela comprend le traitement de l'eau pour éliminer les agents pathogènes, ainsi que la promotion de l'accès à de l'eau propre et potable.
- Hygiène personnelle - encourager le lavage fréquent des mains avec du savon et de l'eau propre, en particulier après avoir utilisé des toilettes et avant de manipuler des aliments.
- Éducation sanitaire - sensibiliser la population aux risques associés à l'eau contaminée et aux bonnes pratiques d'hygiène, telles que la cuisson adéquate des aliments et l'élimination appropriée des excréments.
- Contrôle des vecteurs - cela peut inclure des mesures telles que la destruction des habitats de moustiques ou l'utilisation de moustiquaires imprégnées d'insecticide pour prévenir les maladies comme le paludisme.
- Vaccination - lorsqu'elle est disponible, la vaccination contre les maladies hydriques infectieuses peut être une mesure efficace de prévention.
- Surveillance et contrôle des maladies - mener des programmes de surveillance pour détecter et contrôler rapidement les épidémies de maladies hydriques infectieuses. En combinant ces stratégies, il est possible de réduire considérablement le fardeau des maladies hydriques infectieuses et de protéger la santé publique.

PATHOLOGIE HYDRIQUE NON INFECTIEUSE

L'eau, en tant que composante essentielle de l'environnement biologique, contient des bioéléments, des substances minérales nécessaires au bon fonctionnement du corps humain. Ces bioéléments sont classés en deux catégories principales : les macroéléments et les microéléments. Les macroéléments, tels que les sels de calcium, de magnésium, de sodium, de potassium et les chlorures, sont présents en concentrations significatives dans l'eau et dans le corps humain. Les microéléments, en revanche, se trouvent en concentrations plus faibles mais jouent néanmoins des rôles essentiels dans les processus biologiques.

La quantité de bioéléments présents dans le corps humain est directement influencée par leur concentration dans l'environnement, y compris dans l'eau, l'air, le sol et les aliments. Bien que l'eau potable puisse fournir une partie des besoins quotidiens en bioéléments, généralement entre 1 et 10 %, certains éléments comme l'iode, le fer, le zinc, le magnésium, le molybdène, le cobalt, le fluor et le strontium sont principalement apportés par l'eau.

Les déséquilibres dans la concentration des bioéléments dans l'eau et les aliments peuvent conduire à des dysfonctionnements physiologiques et à des états pathologiques dans l'organisme. Ainsi, une carence ou un excès de certains bioéléments peut engendrer des problèmes de santé, soulignant l'importance de maintenir un équilibre adéquat dans la composition minérale de l'eau et de l'alimentation.

Effectivement, la répartition des microéléments sur terre est sujette à des disparités géographiques importantes, résultant en

des carences ou des excès caractéristiques dans l'eau, le sol et les plantes, selon les régions. Ces régions spécifiques sont désignées comme des *provinces biogéochimiques*, où les conditions environnementales influencent la disponibilité des microéléments et leur absorption par les organismes vivants, y compris les humains.

Les maladies associées à ces déséquilibres minéraux sont appelées *endémies biogéochimiques*. Parmi les endémies biogéochimiques les plus répandues, on trouve celles causées par des carences ou des excès de fluor, d'iode, de strontium et de cobalt. Par exemple, dans les régions où l'eau contient une quantité excessive de fluor, on observe fréquemment des cas de fluorose, une maladie caractérisée par des anomalies osseuses et dentaires. De même, le goitre endémique, résultant d'une carence en iode, est courant dans les régions où le sol et l'eau manquent de cet élément essentiel à la thyroïde. Ces endémies biogéochimiques soulignent l'importance de comprendre la géochimie locale et son impact sur la santé publique, afin de mettre en œuvre des stratégies de prévention et de traitement adaptées à chaque région.

Certains oligoéléments comme le sélénium et le fluor jouent des rôles essentiels dans le fonctionnement optimal de l'organisme humain. Leur présence doit être maintenue à des niveaux adéquats pour éviter le développement de conditions telles que l'*hypomicroélémentose* (carence) ou l'*hypermicroélémentose* (excès). Une régulation précise de leur apport est donc nécessaire pour garantir un équilibre optimal dans le corps.

D'autres substances chimiques d'origine naturelle telles que le béryllium, l'arsenic, le plomb, les nitrates et le strontium ne sont pas indispensables au fonctionnement de l'organisme humain. Leur excès peut conduire à des cas d'intoxication, avec des conséquences néfastes sur la santé. En outre, la présence accrue de ces substances peut favoriser l'émergence de maladies endémiques spécifiques à certaines régions géographiques.

La concentration élevée en sels dans l'eau potable, en particulier le sulfate de magnésium, confère à l'eau un goût amer. Cette

composition minérale, connue sous le nom de dureté de l'eau, peut avoir un impact sur la santé des individus. Le passage soudain d'une eau douce à une eau dure, et inversement, peut entraîner des problèmes gastro-intestinaux tels que la dyspepsie, souvent liée à une présence excessive de sulfate de magnésium.

Dans les populations vivant dans des climats chauds, l'eau dure peut aggraver les conditions des patients souffrant de calculs biliaires. De plus, dans l'étiologie de la lithiase urinaire, le niveau de dureté de l'eau potable joue un rôle significatif. Ainsi, cette maladie tend à se propager dans des régions spécifiques désignées comme des zones pierreuses, où elle est endémique. L'accès à une eau potable de qualité dans ces régions présente donc des défis supplémentaires.

Les sels contenus dans l'eau dure peuvent perturber l'absorption des lipides en raison de leur capacité à saponifier et à former des savons insolubles de calcium et de magnésium dans l'intestin. Cette réaction chimique altère la biodisponibilité des substances essentielles telles que les acides gras polyinsaturés, les vitamines liposolubles et certains microéléments, empêchant ainsi leur assimilation par le corps humain.

Dans les régions où l'apport en iode est insuffisant, la présence d'eau dure accroît le risque de développement du goitre endémique. Cette condition, caractérisée par une hypertrophie de la thyroïde, est exacerbée par la combinaison de l'eau dure et de la carence en iode, soulignant ainsi l'importance de garantir un approvisionnement suffisant en cet élément essentiel pour la santé thyroïdienne.

L'eau dure favorise l'apparition de dermatites par un mécanisme impliquant la saponification des lipides et la formation de savons insolubles de calcium et de magnésium dans l'eau, ayant un effet irritant sur la peau. Cependant, même l'eau douce n'est pas sans impact sur le corps humain, car elle peut réduire l'apport en calcium. Par conséquent, l'utilisation d'eau douce, pauvre en calcium, peut entraîner une carence de cet élément dans le corps humain.

Des études ont montré que chez les personnes vivant dans des zones où l'eau est douce, des taches violettes peuvent apparaître

sur l'émail des dents en raison de la décalcification de la dentine. Ceci souligne l'importance d'un apport adéquat en calcium pour maintenir la santé dentaire, ainsi que les effets négatifs potentiels de l'eau douce sur cette santé.

La maladie d'Urov, également connue sous le nom de maladie de Kashin-Beck, se manifeste par des altérations des os et des articulations et est typique des zones endémiques situées en Sibérie, en Chine, au Tibet et en Corée. Cette maladie est associée à une polyhypomicroélémentose, caractérisée par des concentrations excessives de fer, de manganèse, de zinc, de fluor, de plomb et d'argent dans l'organisme.

Il a été observé que cette maladie se développe dans des régions présentant une faible teneur en calcium dans l'eau potable et un excès de strontium. Ces déséquilibres dans la composition minérale de l'eau peuvent contribuer à l'apparition et à la progression de la maladie d'Urov, mettant en évidence l'importance de la qualité de l'eau potable dans la santé des populations vivant dans ces régions endémiques.

Les maladies cardiovasculaires sont multifactorielles, impliquant à la fois des facteurs exogènes tels que les habitudes de vie non hygiéniques (alimentation déséquilibrée, manque d'activité physique, tabagisme excessif, stress) et des facteurs environnementaux, notamment le facteur hydrique.

La dureté de l'eau, principalement déterminée par les sels de calcium et de magnésium, a été étudiée dans de nombreuses études épidémiologiques en relation avec la mortalité due aux maladies cardiovasculaires, menées dans divers pays tels que le Japon, les États-Unis, le Canada, la Suède, la Hongrie, la Roumanie. Ces études ont révélé que dans les zones où la concentration de sels de calcium et de magnésium dans l'eau est élevée, la prévalence de ces maladies est plus faible. Ce phénomène est particulièrement notable dans les pays du sud de l'Europe, où la croûte terrestre est d'origine karstique, favorisant une eau plus dure en minéraux.

Ces observations suggèrent un lien potentiel entre la dureté de

l'eau, riche en calcium et en magnésium, et une réduction du risque de maladies cardiovasculaires. Cependant, d'autres recherches sont nécessaires pour élucider pleinement les mécanismes sous-jacents à cette association et pour déterminer les implications cliniques de ces résultats.

Le calcium joue un rôle essentiel dans l'excitabilité neuromusculaire, notamment en régulant la contraction musculaire et la transmission de l'influx nerveux. Une diminution du calcium ionisé peut entraîner des troubles tels que la spasmodie et la tétanie, caractérisées par des spasmes musculaires et des arythmies cardiaques. Ces changements peuvent également se manifester à travers des altérations de l'électrocardiogramme, notamment au niveau de la repolarisation cardiaque.

Parallèlement, le magnésium agit également comme un cofacteur enzymatique essentiel, participant activement au métabolisme des lipides et régulant l'excitabilité neuromusculaire. Des niveaux insuffisants de magnésium peuvent affecter la fonction musculaire et nerveuse, entraînant des manifestations similaires à celles observées lors d'une diminution du calcium, telles que la tétanie et d'autres troubles neuromusculaires.

Ainsi, une balance adéquate entre le calcium et le magnésium est important pour maintenir la fonction neuromusculaire et cardiaque normale, soulignant l'importance de ces minéraux dans la régulation des processus physiologiques fondamentaux.

Certains éléments minéraux jouent un rôle substantiel dans la protection et la préservation de la santé cardiovasculaire, participant ainsi à la fonctionnalité du muscle cardiaque. Des recherches menées dans le cadre d'un programme d'études international lancé par l'Organisation Mondiale de la Santé ont identifié plusieurs de ces éléments, mettant en évidence leur effet bénéfique sur le système cardiovasculaire, tandis que d'autres ont été associés à des effets défavorables.

Les microéléments ayant un rôle protecteur au niveau cardiovasculaire sont :

- Le zinc a été expérimentalement prouvé comme ayant un effet hypotenseur, souvent influencé par le rapport entre le cadmium et le zinc.
- Le chrome intervient dans le métabolisme des glucides et des lipides, ce qui en fait un élément important dans la prévention de l'athérosclérose. Des études épidémiologiques ont également révélé des niveaux faibles (carence) de chrome chez les personnes atteintes de maladies cardiovasculaires.
- Le manganèse agit comme un activateur enzymatique avec des effets hypocholestérolémiants, tout en jouant un rôle vital dans le transport de l'oxygène. Son utilisation, en conjonction avec le nickel, dans le diagnostic des récents états d'infarctus du myocarde, montre des niveaux accrus.
- Le vanadium est également impliqué dans le transport de l'oxygène et, en combinaison avec le manganèse et le zinc, exerce une action antihypoxémique, aidant ainsi à maintenir des niveaux adéquats d'oxygénation tissulaire.

Certains microéléments peuvent avoir des effets néfastes sur le système cardiovasculaire, contribuant ainsi au développement de diverses conditions pathologiques :

- Le cadmium, lorsqu'il est présent en excès, peut stimuler le métabolisme du cholestérol par un mécanisme enzymatique, favorisant ainsi le dépôt de plaques d'athérome dans les vaisseaux sanguins et conduisant à l'athérosclérose et à l'hypertension.
- Le cobalt, bien qu'il soit un élément chimique avec une action catalytique significative et un constituant de la vitamine B, peut avoir des effets cardiovasculaires indésirables lorsqu'il est présent en grande quantité. Par exemple, une cardiopathie a été décrite chez les gros consommateurs de bière, attribuée à l'ajout de cobalt en tant que stabilisant de mousse.

- Le cuivre, bien qu'il soit un constituant important des enzymes et qu'il favorise l'absorption du fer, peut également avoir des effets athéromatogènes lorsqu'il est présent en concentrations élevées dans l'organisme.
- Le sodium, lorsqu'il est en excès, joue un rôle important dans le développement de l'hypertension artérielle en raison de la rétention d'eau. Cependant, la réduction excessive du sodium dans l'organisme peut également avoir des conséquences cardiovasculaires néfastes, entraînant une diminution des ions calcium et des signes de collapsus périphérique.

Effectivement, pour de nombreux éléments chimiques qui entrent dans le corps humain de diverses manières, leur impact sur la santé dépend principalement de leur concentration, mais aussi d'autres facteurs. Une caractéristique majeure des substances minérales est leur niveau d'activité biologique, qui varie en fonction de leur concentration, ce que l'on appelle une action graduée.

De petites quantités de ces substances minérales sont nécessaires pour une croissance et un développement optimaux du corps humain. À des niveaux plus élevés, ces éléments sont stockés dans divers tissus et organes pour une utilisation future. Cependant, des concentrations excessives de ces substances minérales peuvent devenir toxiques et avoir des effets néfastes sur la santé.

Le fluor, dont la norme dans l'eau potable est de 1,5 mg/l, est un élément abondant et actif du groupe des halogènes. On le retrouve principalement dans les zones géographiques riches en fluor, telles que les dépôts de composés fluorés, les sols fertilisés, ainsi que dans les produits marins et les feuilles de thé. Le fluor est un élément biogénique important, participant au métabolisme des substances minérales de l'organisme et à la formation des os et des dents. L'eau potable constitue la principale source d'apport en fluorure pour l'organisme. Les aliments, à l'exception de certains produits marins et des feuilles de thé, sont généralement pauvres en fluor. Le fluor a un effet protecteur contre les caries dentaires, notamment en favo-

risant la formation de fluorapatite dans l'émail dentaire, ce qui réduit sa solubilité dans les environnements acides de la cavité buccale. De plus, il favorise la reminéralisation des lésions carieuses précoces de l'émail. Cependant, un excès de fluorure dans l'eau potable peut entraîner une fluorose endémique, caractérisée par des taches blanches nacrées sur l'émail dentaire, qui évoluent ensuite vers une coloration brunâtre, une fragilité dentaire et une destruction facile des dents. À des concentrations supérieures à 2 mg/l, appelées fluorose dentaire, les lésions dentaires deviennent plus sévères. À des concentrations encore plus élevées, une ostéofluorose peut se développer. Dans sa phase asymptomatique, elle se manifeste par une opacité osseuse accrue visible aux radiographies, sans symptômes cliniques apparents. À des concentrations supérieures à 10 mg/l, une ostéofluorose symptomatique peut apparaître, entraînant une ostéoporose, des exostoses, des courbures osseuses et des fractures spontanées. À des concentrations encore plus élevées, une ostéofluorose ankylosante peut se développer, bien que cela soit principalement observé chez les animaux, conduisant à une cachexie et à la mort. En revanche, une faible concentration de fluorure dans l'eau potable (0,5-0,6 mg/l) peut entraîner une destruction de l'émail dentaire et une prédisposition accrue aux caries dentaires. Ainsi, il est important de maintenir une concentration appropriée de fluor dans l'eau potable pour bénéficier de ses effets protecteurs sur la santé dentaire sans risquer de complications dues à un excès.

L'iode, avec une norme de 200 à 220 µg/l, est un halogène important. Au sein du corps humain, il participe à une multitude de processus biochimiques et oxydatifs. Les tissus où l'iode est le plus abondant sont la thyroïde et les muscles. On le retrouve répandu dans la nature sous forme de divers sels, notamment d'iodure de sodium, de potassium, de calcium et de magnésium. Bien que présent dans l'environnement, la principale source d'iode pour l'organisme provient de l'alimentation, l'eau ne fournissant qu'une partie relativement faible, soit 10 à 20 % des besoins quotidiens. Cependant, dans

certaines provinces biogéochimiques déficitaires en iode, telles que la République de Moldavie, la population peut souffrir de goitre endémique. Cette condition est caractérisée par un dysfonctionnement de la thyroïde, souvent accompagné d'une hypertrophie compensatoire de cet organe. L'iode joue un rôle essentiel dans la synthèse des hormones thyroïdiennes, notamment la triiodothyronine (T3) et la thyroxine (T4). La régulation de la sécrétion de ces hormones se fait par des signaux exogènes ou endogènes qui stimulent la sécrétion hypothalamique de la thyrotropin releasing hormone (TRH). Cette TRH est transportée via la circulation porte vers l'adénohypophyse, où elle stimule la sécrétion de la thyrotropine (TSH), également appelée thyrostimuline. La TSH agit ensuite au niveau de la thyroïde pour activer la pompe à iode et initier la synthèse des hormones thyroïdiennes. En cas de faible concentration d'hormones thyroïdiennes dans le sang, la libération de TRH et de TSH augmente, stimulant ainsi la thyroïde. Cela peut entraîner une augmentation de la substance colloïdale et donc une hypertrophie de la glande thyroïde, un état connu sous le nom de goitre. Ce goitre est souvent associé à un manque absolu d'iode dans l'eau, généralement lorsque la concentration d'iode est inférieure à 5 µg/l. Effectivement, il arrive que des cas de maladies liées à une carence relative en iode surviennent même lorsque la concentration d'iode dans l'eau est supérieure à 5-10 µg/l. Ces situations sont souvent déterminées par des facteurs extrinsèques ou biologiques qui influencent la synthèse la synthèse hormonale thyroïdienne. Parmi ces facteurs, on retrouve :

- La présence excessive de sels de calcium, qui peut diminuer l'absorption intestinale de l'iode.
- La présence excessive de fluorure, qui peut augmenter l'excrétion urinaire de l'iode.
- Un excès de manganèse, qui peut inhiber la synthèse hormonale thyroïdienne.
- La consommation importante de légumes tels que le chou-

fleur, le chou et le navet, qui contiennent des glucosinolates. Ces substances peuvent activer enzymatiquement la libération de thiocyanates, ce qui empêche l'accumulation d'iode dans la thyroïde.

De plus, un manque relatif d'iode peut également être influencé par des facteurs endogènes ou biologiques. Par exemple, des besoins accrus en iode peuvent survenir pendant la puberté, la grossesse ou en cas de troubles endocriniens. Le goitre, ou dystrophie endémique thyroïdienne, se caractérise par plusieurs symptômes, notamment une diminution du métabolisme basal, une réduction du débit circulatoire, une diminution de l'activité neuropsychique, un hypogonadisme et des troubles trophiques. Chez le fœtus, une carence en iode, résultant d'un apport insuffisant en iode chez la mère, peut entraîner divers problèmes, tels qu'une augmentation de la mortalité néonatale, des avortements spontanés, des malformations congénitales, un faible poids de naissance et un crétinisme avec atteinte neurologique. Chez les enfants, cette carence peut se manifester par une hypothyroïdie juvénile, entraînant un développement mental et physique médiocre. La nécessité d'introduire une prophylaxie à l'iode est soutenue par des examens cliniques. Des mesures prophylactiques spécifiques contre le goitre endémique comprennent l'iodation des produits alimentaires tels que le sel de cuisine, l'eau, le pain, l'huile végétale, ainsi que l'administration de comprimés d'iode. Ces stratégies visent à garantir un apport adéquat en iode dans les régions où la carence est prévalente, afin de prévenir les troubles associés à un dysfonctionnement thyroïdien.

Les nitrites, avec une norme de 0,5 mg/l, exercent une influence sur les enzymes responsables de la respiration tissulaire, de la fonction de l'hémoglobine, de l'hématopoïèse, de l'immunopoïèse et du fonctionnement des glandes endocrines. Il est observé que l'hypoxie tissulaire se produit plus fréquemment chez les jeunes.

Les nitrates, dont la norme est de 50 mg/l, peuvent présenter une concentration élevée dans les eaux souterraines et de surface en raison de l'utilisation d'engrais azotés en agriculture ou de la

pollution des sols par des résidus organiques naturels et artificiels. L'excès de nitrates dans l'eau potable a un impact négatif sur la santé de la population. Leur toxicité se manifeste de manière endogène, lorsque dans l'organisme, sous l'action des micro-organismes présents dans l'intestin, les nitrates se transforment en nitrites. Ces nitrites, lorsqu'ils pénètrent dans le sang, inactivent l'hémoglobine, ce qui entraîne une hypoxie. L'interaction des nitrates avec l'hémoglobine conduit à la formation de méthémoglobine, ce qui empêche l'hémoglobine de transporter efficacement l'oxygène vers les tissus. Les nitrites ont la capacité de traverser le placenta et de former de la méthémoglobine chez le fœtus. Les intoxications associées surviennent principalement chez les nouveau-nés, les nourrissons et les jeunes enfants, en raison de plusieurs facteurs de risque :

- Un déficit enzymatique érythrocytaire en méthémoglobine réductase, une enzyme qui convertit la méthémoglobine en hémoglobine.
- La présence d'une hémoglobine de type fœtal, qui s'oxyde beaucoup plus facilement en présence de nitrites.
- L'alimentation du nourrisson peut constituer une autre source de nitrates, car les racines des aliments concentrent les nitrates présents dans le sol, tandis que certains produits laitiers peuvent contenir des germes réducteurs, tels que *B. subtilis*.
- Une acidité gastrique réduite peut favoriser l'accumulation de nitrites.
- Les besoins physiologiques en eau par kilogramme de poids corporel sont beaucoup plus élevés chez les nourrissons que chez les adultes.
- Les troubles gastro-intestinaux, plus fréquents chez les nourrissons, peuvent favoriser la prolifération d'une flore intestinale réductrice.
- Les foyers infectieux extra-intestinaux, tels que les infec-

tions ORL, dentaires, ou parotidites, peuvent entraîner une contamination descendante de la flore intestinale avec des micro-organismes réducteurs.

La méthémoglobinémie, également connue sous le nom de « syndrome du bébé bleu » dans la littérature, se caractérise par une déshydratation et une cyanose, malgré une pression artérielle pulmonaire normale en oxygène. Le sang présente une teinte chocolatée qui ne redevient pas rouge lors de l'exposition à l'oxygène. D'autres symptômes peuvent inclure une bradypnée, une anxiété, des palpitations et une confusion à mesure que les niveaux de méthémoglobine augmentent. Les enfants d'âge préscolaire et primaire, qui consomment de l'eau contaminée par les nitrates, peuvent présenter un retard de développement biologique, une immunosuppression, une morbidité générale élevée, une susceptibilité accrue aux infections virales, des états inflammatoires, une anémie ferriprive, ainsi que des anomalies congénitales, entre autres. Une concentration élevée de nitrates dans l'eau potable peut entraîner :

- La méthémoglobinémie, caractéristique des nourrissons nourris artificiellement et des personnes âgées, est un trouble où la quantité de méthémoglobine dans le sang est augmentée, ce qui diminue la capacité de l'hémoglobine à transporter l'oxygène. Cela peut conduire à une cyanose et d'autres symptômes associés à une insuffisance d'oxygène dans le sang.
- La formation de nitrosamines et de nitrosamides, des composés connus pour leur action mutagène et cancérigène. Ces substances peuvent augmenter le risque de développement de cancers chez les personnes exposées à des concentrations élevées de nitrates dans l'eau potable.

La prophylaxie vise à réduire l'exposition aux nitrates dans l'organisme humain par plusieurs mesures :

- Détermination de la concentration de nitrates dans l'eau des puits utilisée à des fins de consommation, en particulier par les femmes enceintes, afin de s'assurer qu'elle est conforme

aux normes de sécurité.

- Recommandation d'autres sources d'eau, présentant des concentrations de nitrates inférieures à 50 mg/l, pour l'alimentation des nouveau-nés et des nourrissons, afin de réduire leur exposition aux nitrates.
- Encouragement de l'allaitement maternel exclusif pendant les premiers mois de vie du nourrisson, car le lait maternel est une source d'alimentation exempte de nitrates.
- Protection des sources d'eau souterraine en promouvant une utilisation rationnelle des engrais azotés, qui sont la principale source de pollution des eaux par les nitrates. Cela peut impliquer l'adoption de pratiques agricoles durables et la mise en œuvre de mesures visant à limiter le lessivage des nitrates dans les eaux souterraines.

Les chlorures (normes de 250 mg/l). L'ion chlorure, présent dans l'eau potable, est l'anion le plus communément trouvé dans le corps humain, et il joue un rôle important dans le maintien de l'équilibre hydroélectrolytique et de la pression osmotique du liquide intercellulaire. Cependant, des concentrations élevées de chlorures dans l'eau potable peuvent altérer significativement les caractéristiques organoleptiques de celle-ci, en lui donnant un goût salé désagréable. De plus, des niveaux accrus de chlorures peuvent avoir des effets néfastes sur la santé, notamment en diminuant la sécrétion gastrique, en réduisant la diurèse et en augmentant la pression artérielle. Ces effets indésirables soulignent l'importance de contrôler les niveaux de chlorure dans l'eau potable afin de garantir sa qualité et de préserver la santé publique.

Les sulfates (normes de 250 mg/l). Les sulfates présents en quantités élevées dans l'eau potable altèrent ses caractéristiques organoleptiques en lui conférant un goût amer. Des concentrations de sulfates comprises entre 1 et 2 grammes, ou la présence de sulfate de magnésium à une concentration de 700 milligrammes par litre, peuvent avoir un effet laxatif sur l'organisme. Toutefois, avec

le temps, le corps humain développe une tolérance à des niveaux accrus de sulfates et les effets indésirables associés tendent à diminuer. Néanmoins, des quantités excessives de sulfates dans l'eau potable peuvent perturber le métabolisme hydrosalin et causer des troubles digestifs, notamment une dyspepsie. Il est donc essentiel de surveiller et de maintenir les niveaux de sulfates dans l'eau potable conformément aux normes établies afin de garantir sa qualité et de prévenir les effets néfastes sur la santé humaine.

Le fer (normes de 0,3 mg/l). Les concentrations élevées de fer dans l'eau potable peuvent altérer ses propriétés organoleptiques, mais du point de vue physiologique et toxicologique, elles ne présentent généralement pas de danger, étant donné que les besoins en fer du corps humain varient entre 15 et 21 milligrammes. Cependant, des cas plus graves sont documentés dans la littérature spécialisée. La consommation d'eau présentant une teneur élevée en fer peut accroître le risque de développer une hémossidérose du foie et de la peau. Bien que ces cas soient moins courants, ils soulignent néanmoins l'importance de surveiller et de maintenir les niveaux de fer dans l'eau potable conformément aux normes établies pour éviter tout risque pour la santé humaine.

Le manganèse (normes de 0,05 mg/l). Le manganèse est un bio-microélément important, avec des besoins quotidiens chez l'adulte oscillant entre 5 et 7 milligrammes. Des concentrations élevées de manganèse dans le corps humain peuvent entraver l'action des enzymes impliquées dans la conversion de l'iode inorganique en iode organique, ainsi que dans la transformation de la forme biologiquement inactive de l'iode (diiodothyronine) en sa forme active - l'hormone thyroxine. Un excès de manganèse peut donc inhiber la fonction thyroïdienne, en particulier en présence d'une carence en iode. Par ailleurs, un apport insuffisant de manganèse favorise l'accumulation de graisses dans le foie, le manganèse jouant un rôle lipotrope important, notamment lorsqu'il est associé à un apport adéquat en choline. De plus, le manganèse a des propriétés hypocholestérolémiantes et peut prévenir ou atténuer les changements

athéroscléreux dans les vaisseaux sanguins. Il contribue également à l'oxygénation des tissus, notamment du muscle cardiaque. Des études ont montré que les niveaux de manganèse augmentent dans le plasma sanguin et dans l'urine après un infarctus du myocarde, ce qui souligne son rôle potentiellement bénéfique dans la santé cardiovasculaire. Toutefois, comme pour tous les minéraux, un équilibre adéquat dans les niveaux de manganèse est essentiel pour éviter les effets néfastes d'une carence ou d'un excès.

Le cuivre (normes de 1 mg/l). Le cuivre est un élément important pour de nombreux processus physiologiques dans le corps humain. Bien que des concentrations élevées de cuivre dans l'eau puissent altérer les propriétés organoleptiques de celle-ci, elles n'ont généralement pas d'effet néfaste sur la santé humaine. Le cuivre est classé comme légèrement toxique, mais à des niveaux normaux, il est essentiel pour divers systèmes enzymatiques. En tant que composant de plusieurs enzymes, dont la catalase, la peroxydase et la cytochrome oxydase, le cuivre participe à la respiration cellulaire, à l'hématopoïèse (formation des cellules sanguines) et à l'ostéogenèse (formation osseuse). Il joue également un rôle dans la formation et la stabilisation du tissu conjonctif, aidant à transformer les plaques graisseuses en plaques fibreuses, ce qui peut être bénéfique pour la santé cardiovasculaire en réduisant le risque d'athérosclérose. Des études ont montré que des concentrations élevées de cuivre sérique peuvent être observées chez les patients ayant subi un infarctus du myocarde, ce qui suggère un lien potentiel entre le cuivre et la santé cardiovasculaire. De plus, dans le processus d'hématopoïèse, le cuivre est impliqué dans le stockage du fer dans le foie en vue de la synthèse de l'hémoglobine, ce qui stimule la fonction de production de cellules sanguines dans la moelle osseuse. En cas de carence en cuivre, une condition telle que l'anémie hypochrome microcytaire peut se développer, soulignant l'importance de cet élément pour la santé globale de l'organisme.

Le zinc (normes de 3 mg/l). Le zinc est un élément vital pour de nombreux processus biologiques dans le corps humain. En tant

que biomicroélément, il est nécessaire pour plus de 200 métalloenzymes, ce qui souligne son rôle important dans diverses réactions enzymatiques. Le zinc participe à la synthèse des acides nucléiques. (ADN et ARN) et des protéines, ce qui est essentiel pour la croissance et le développement cellulaires. De plus, le zinc joue un rôle dans la stabilisation de la structure de l'ADN et de l'ARN, ainsi que dans le stockage de l'insuline dans les cellules pancréatiques, ce qui est important pour la régulation de la glycémie. Il est également impliqué dans l'hématopoïèse (formation des cellules sanguines) et le fonctionnement du système immunitaire, contribuant ainsi à la défense contre les infections. Le zinc est nécessaire à la calcification et à l'ostéogenèse, ce qui signifie qu'il est essentiel pour la santé osseuse et la régénération des tissus. De plus, il participe aux processus de réparation et de régénération cellulaires, ce qui est important pour la guérison des blessures et des lésions. Une carence en zinc peut entraîner divers problèmes de santé, notamment une anémie ferriprive sévère avec hépatosplénomégalie (augmentation du volume du foie et de la rate), un retard du développement sexuel, un nanisme (tel que la maladie de Prāsada, caractéristique de certaines régions comme l'Iran et l'Égypte), des naissances prématurées, des hémorragies atoniques et des malformations congénitales. Cependant, il est important de noter que les composés de zinc sont généralement considérés comme légèrement toxiques, ce qui signifie qu'une exposition excessive peut entraîner des effets néfastes pour la santé. Par conséquent, il est essentiel de maintenir un équilibre adéquat en zinc dans le corps pour assurer une santé optimale.

Le molybdène (non réglementé). La présence accrue de molybdène dans l'eau potable, comme observé en Arménie, peut entraîner des problèmes de santé, notamment une maladie connue sous le nom de « goutte au molybdène ». Cliniquement, cette maladie se caractérise par une crise d'arthrite, qui est causée par une hyperactivité de l'enzyme xanthine oxydase. Cette enzyme est impliquée dans le métabolisme des purines, ce qui entraîne une formation excessive

d'acide urique. L'accumulation d'acide urique dans le corps conduit au dépôt de cristaux d'acide urique dans les articulations, ce qui provoque des symptômes tels que la fièvre, la douleur, et le gonflement des articulations. Avec le temps, cela peut également conduire à des complications telles que l'arthrose (dégénérescence articulaire), la lithiase urinaire (formation de calculs rénaux à base d'acide urique), l'athérosclérose (accumulation de plaques de graisse dans les artères), l'hypertension artérielle, l'anémie, la leucopénie (diminution du nombre de globules blancs) et des troubles hépatiques fonctionnels. Il est essentiel de surveiller les niveaux de molybdène dans l'eau potable pour prévenir ces effets néfastes sur la santé. La « goutte au molybdène » est un exemple des conséquences de l'exposition à des concentrations élevées de certains minéraux dans l'eau potable, soulignant l'importance de maintenir des normes de sécurité appropriées en matière de qualité de l'eau.

Le sélénium (normes de 10µg/l). La teneur en sélénium dans l'eau potable peut varier considérablement selon la région géographique. Le sélénium est un élément essentiel pour le corps humain, étant un constituant essentiel de l'enzyme glutathion peroxydase et d'autres protéines. Dans certaines régions, comme en Chine, en Égypte et en Suisse, la maladie de Keshan, également connue sous le nom d'hypomicroélémentose, est observée. Cette maladie se caractérise par une cardiopathie endémique juvénile, une athérosclérose, une hypertension artérielle, une maladie ischémique du cœur et des troubles endocriniens. De plus, elle peut augmenter le risque de développer des tumeurs malignes de l'estomac, de l'intestin, du sein et des poumons. À l'inverse, dans certaines régions des États-Unis et du Venezuela, une condition appelée sélénose, ou hypermicroélémentose, peut se développer en raison d'une exposition excessive au sélénium. Les symptômes de la sélénose peuvent inclure des dermatites, des douleurs articulaires, des caries dentaires et une apathie. Il est essentiel de maintenir un équilibre approprié en sélénium dans l'eau potable pour éviter ces conditions néfastes pour la santé, soulignant l'importance du contrôle de la qualité de

l'eau et de la conformité aux normes de sécurité en matière de sélénium.

Le bore (norme de 0,5 mg/l). L'entérite borique, qui résulte d'un excès de bore dans l'eau potable, est particulièrement observée dans certaines régions de Sibérie. Cette condition se caractérise par des symptômes tels que l'entérite (inflammation de l'intestin), la diarrhée, une sensation de faiblesse générale, ainsi que des perturbations du métabolisme des glucides et des protéines. L'excès de bore dans l'eau potable peut avoir des effets néfastes sur la santé humaine, et il est donc important de contrôler la concentration de bore dans l'eau pour garantir sa sécurité et prévenir les maladies associées à une exposition excessive à cet élément.

Le silicium (non réglementé). L'excès de silicium dans l'eau peut favoriser l'émergence de néphropathies endémiques, qui sont caractéristiques de certaines régions des Balkans. Ces néphropathies se manifestent par des problèmes rénaux et sont associées à un risque accru de cancer urogénital. D'autre part, une carence en silicium peut ralentir le processus de cicatrisation des plaies et diminuer la densité osseuse, augmentant ainsi le risque de fractures osseuses. Par conséquent, bien que le silicium soit nécessaire pour certaines fonctions biologiques, son excès ou sa carence peuvent avoir des conséquences néfastes sur la santé humaine.

L'arsenic (norme de 10 µg/l). L'empoisonnement à l'arsenic est une préoccupation majeure en raison de sa présence dans certaines sources d'eau, notamment les eaux souterraines. Les concentrations élevées d'arsenic dans l'eau peuvent provenir de sources naturelles ou de la pollution industrielle et agricole, notamment par l'utilisation de pesticides. L'arsenic est rapidement absorbé par le corps lorsqu'il est ingéré et peut être stocké dans divers organes, y compris le foie, les reins, les poumons et la rate. Il peut également être présent en grande quantité dans des tissus tels que la peau, les cheveux et les ongles. En raison de sa toxicité, l'arsenic peut causer une variété de problèmes de santé, notamment des troubles gastro-intestinaux, des problèmes cutanés, des lésions nerveuses et des

cancers, notamment du poumon, de la peau, de la vessie et du rein. La réglementation de la concentration d'arsenic dans l'eau potable vise à limiter l'exposition humaine à cette substance potentiellement dangereuse. Lorsque les niveaux d'arsenic dans l'eau potable sont élevés et que l'exposition se produit sur une période prolongée, les effets toxiques peuvent être graves et affecter divers systèmes du corps humain. La perte d'appétit, les nausées, les vomissements et les problèmes gastro-intestinaux sont parmi les premiers symptômes à apparaître. Ensuite, des symptômes cutanés comme la chute des cheveux, la fragilité des ongles et l'hyperkératose peuvent survenir. Ces symptômes sont souvent considérés comme des signes caractéristiques de l'empoisonnement à l'arsenic. À mesure que l'intoxication progresse, des complications neurologiques peuvent se développer, telles que la névrite et la paralysie, ainsi que des problèmes visuels. L'épaississement de la couche cornée des paumes et des plantes, connu sous le nom de « kératose palmo-plantaire », est en effet un symptôme spécifique qui peut aider à identifier une intoxication à l'arsenic. L'accumulation d'arsenic dans les cheveux est en effet utilisée comme indicateur de l'exposition chronique à cette substance toxique. Les cheveux, en particulier les cheveux en croissance, peuvent absorber l'arsenic présent dans l'eau et les autres sources environnementales. L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a établi que même de faibles concentrations d'arsenic dans l'eau potable peuvent augmenter le risque de cancer de la peau. Une concentration de 0,2 mg/l d'arsenic dans l'eau potable, peut augmenter ce risque de manière significative. Les zones endémiques où les concentrations d'arsenic dans l'eau potable sont élevées, comme à Taiwan et au Chili, sont confrontées à des problèmes de santé publique graves liés à l'exposition chronique à cette substance. Les effets cutanés, tels que la mélanose (une augmentation de la pigmentation de la peau) et l'hyperkératose (un épaississement de la couche cornée de la peau), sont des manifestations courantes de cette exposition et peuvent indiquer une intoxication à l'arsenic. Ces conditions peuvent prédisposer au développement de

cancers cutanés et d'autres complications graves. Il est donc essentiel de surveiller de près les niveaux d'arsenic dans l'eau potable et de prendre des mesures pour réduire l'exposition dans les régions où cette substance est présente à des concentrations élevées. Cela peut inclure des interventions telles que l'installation de systèmes de filtration d'eau ou la mise en œuvre de politiques de contrôle de la qualité de l'eau.

Le plomb (norme de 10 µg/l). Le plomb est en effet une substance toxique qui peut contaminer l'eau potable, principalement à partir de sources industrielles ou de vieillissement des canalisations. Bien que l'absorption du plomb provenant de l'eau soit généralement inférieure à celle de l'air, elle peut être significative, surtout à des concentrations élevées dans l'eau. Même de faibles quantités de plomb peuvent être absorbées de manière disproportionnée par l'organisme, en particulier chez les nourrissons et les jeunes enfants. Lorsqu'il est ingéré, le plomb est absorbé dans l'intestin grêle et peut ensuite passer dans la circulation sanguine. Le foie joue un rôle dans la détoxification du plomb, mais cela n'empêche pas totalement son accumulation dans l'organisme, en particulier chez les enfants en bas âge, dont le système immunitaire et les organes en développement sont plus sensibles aux effets toxiques du plomb. Les effets du plomb sur la santé peuvent être graves, notamment chez les enfants, et comprennent des troubles neurologiques, des retards de développement, des problèmes de comportement, des lésions rénales et une hypertension artérielle. Chez les adultes, l'exposition chronique au plomb peut également entraîner des problèmes de santé graves, notamment des troubles neurologiques, des problèmes rénaux et cardiovasculaires. Effectivement, le saturnisme, ou intoxication au plomb, peut résulter de l'utilisation d'eau potable contaminée par du plomb provenant du réseau d'aqueduc ou des canalisations. L'intoxication chronique au plomb est insidieuse et peut avoir des effets graves sur la santé à long terme. Les symptômes du saturnisme sont variés et peuvent inclure une fatigue générale, des maux de tête, des vertiges, une altération du goût, des

lésions dentaires, une perte d'appétit, une faiblesse musculaire, des tremblements, des douleurs abdominales, une anémie, des troubles neurologiques tels que la parésie et la paralysie, des problèmes de concentration, des troubles du comportement, et même des lésions cérébrales graves comme l'encéphalopathie. Chez les femmes enceintes, le plomb peut traverser la barrière placentaire et affecter le développement du fœtus, entraînant un risque accru de complications pendant la grossesse et des effets tardifs sur le développement et la santé mentale de l'enfant à naître. La prévention du saturnisme implique souvent la mise en œuvre de mesures de contrôle de la qualité de l'eau, telles que des tests réguliers pour détecter la présence de plomb, ainsi que des interventions pour éliminer ou réduire la contamination par le plomb dans les systèmes de distribution d'eau. Il est également important de sensibiliser la population aux risques associés à l'exposition au plomb et aux moyens de réduire cette exposition, notamment en utilisant des filtres à eau certifiés pour éliminer le plomb.

Le béryllium (non réglementé). Le béryllium est en effet un métal rare dans la nature et se trouve généralement à des concentrations très faibles dans l'eau. Cependant, même à de faibles concentrations, le béryllium peut avoir des effets néfastes sur la santé humaine. Des niveaux élevés de béryllium dans l'eau peuvent altérer les qualités organoleptiques de l'eau, ce qui peut rendre son goût désagréable. De plus, une exposition au béryllium peut entraîner des effets toxiques sur le corps humain, y compris l'inhibition de l'érythropoïèse (la formation des globules rouges), des perturbations de l'activité de la phosphatase (une enzyme importante pour de nombreux processus biologiques), ainsi que des troubles vasculaires et dystrophiques des organes internes et du tube digestif. En outre, le béryllium est classé comme un cancérigène potentiel par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS). Une exposition prolongée ou répétée au béryllium peut augmenter le risque de développer certains types de cancer, notamment le cancer du poumon, lorsqu'il est inhalé sous forme de poussières ou de particules. Pour

prévenir les effets néfastes du béryllium dans l'eau, il est important de surveiller régulièrement sa concentration dans les sources d'eau potable et de prendre des mesures pour réduire ou éliminer toute contamination au béryllium, le cas échéant. Cela peut inclure l'utilisation de techniques de traitement de l'eau appropriées pour éliminer le béryllium et la sensibilisation de la population aux risques associés à cette substance toxique.

Le strontium (non réglementé). Le strontium est en effet un élément chimique qui peut avoir des effets néfastes sur la santé humaine lorsqu'il est présent en concentrations élevées dans l'eau potable. L'un des problèmes de santé associés à une exposition accrue au strontium est la maladie d'Urov, également connue sous le nom de Kashin-Beck. Cette maladie est caractérisée par des troubles du développement du tissu osseux, notamment une déminéralisation osseuse, ce qui rend les os fragiles et augmente le risque de développer de l'arthrose. Chez les enfants exposés à des niveaux élevés de strontium dans l'eau potable, des retards dans le développement dentaire, une ossification prolongée de la fontanelle (une région molle sur le crâne des nourrissons) et des problèmes morpho-fonctionnels peuvent également être observés. Le strontium est assimilé plus rapidement que le calcium par l'organisme, mais il est également éliminé plus facilement. Cela peut perturber l'équilibre minéral dans les os, conduisant à une déminéralisation et à des problèmes de santé osseuse. Pour réduire les risques pour la santé associés au strontium dans l'eau potable, il est important de surveiller régulièrement sa concentration dans les sources d'eau et de mettre en œuvre des mesures de traitement de l'eau appropriées si nécessaire. De plus, la sensibilisation du public aux risques pour la santé associés à une exposition excessive au strontium peut contribuer à réduire les cas de maladies comme la maladie d'Urov.

Le mercure (norme de 1 µg/l). L'intoxication au mercure est en effet un problème sérieux, pouvant avoir de graves conséquences sur la santé humaine. Le mercure est un élément toxique qui peut se retrouver dans l'eau potable à la suite de diverses activités indus-

trielles et agricoles, ainsi que par des processus naturels. Les intoxications au mercure peuvent résulter de l'ingestion d'eau contaminée par des sels mercuriels organiques ou inorganiques, ou par du mercure métallique. Une fois absorbé, le mercure a tendance à s'accumuler dans divers organes du corps, en particulier dans les reins et le foie. Il peut traverser la barrière placentaire et avoir des effets tératogènes sur le fœtus lorsqu'une femme enceinte est exposée. Les symptômes initiaux d'une intoxication au mercure peuvent inclure des maux de tête, des vertiges, de la fatigue et des troubles visuels, ainsi qu'une légère anémie. Cependant, avec le temps, des troubles plus graves peuvent survenir, notamment des problèmes rénaux tels que la polyurie et l'azotémie. Effectivement, le mercure peut avoir des effets dévastateurs sur la santé humaine, en particulier lorsqu'il s'agit d'une exposition à long terme ou d'une intoxication massive. Le fait que le mercure puisse traverser la barrière placentaire et affecter le fœtus est particulièrement préoccupant, car cela peut entraîner des malformations congénitales et d'autres problèmes de développement chez le bébé à naître. Les symptômes d'intoxication au mercure, tels que les maux de tête, les vertiges, l'insomnie, la fatigue, les troubles visuels et l'anémie, peuvent constituer les premiers signes d'un problème d'exposition au mercure. Cependant, avec le temps, des complications plus graves, telles que des troubles rénaux comme la polyurie et l'azotémie, peuvent survenir, mettant en danger la santé à long terme de l'individu. L'exemple de l'intoxication au mercure à Minamata est tragique et souligne les dangers de la pollution industrielle sur la santé humaine et l'environnement. Le méthylmercure, en particulier, est connu pour être extrêmement toxique, et son accumulation dans les écosystèmes aquatiques peut entraîner des conséquences dévastatrices pour la faune, la flore et les populations humaines qui dépendent de ces ressources.

Le cadmium (non réglementé). Le cas de la maladie Itai-Itai au Japon est tragique et met en évidence les graves conséquences de l'empoisonnement au cadmium. Cette maladie, qui signifie littéra-

lement « Ça fait mal, ça fait mal » en japonais, a été nommée ainsi en raison des douleurs osseuses intenses qu'elle provoque chez les personnes touchées. Le cadmium est en effet un métal lourd toxique qui peut avoir des effets néfastes sur la santé humaine, en particulier lorsqu'il est ingéré régulièrement ou en grande quantité. Le cadmium peut se retrouver dans l'eau à la suite de diverses activités industrielles et agricoles, ainsi que par le biais de matériaux de construction et d'ustensiles de cuisine. L'absorption du cadmium par le corps humain peut être accrue en cas de carence en calcium et en protéines, ce qui est préoccupant car le cadmium a tendance à s'accumuler dans les reins et les os, provoquant des dommages à long terme. Les symptômes de l'empoisonnement au cadmium peuvent inclure des douleurs osseuses sévères, des troubles rénaux, des dommages hépatiques, des problèmes respiratoires et des troubles gastro-intestinaux. Le cadmium, un polluant cumulatif, est largement éliminé dans les selles sans être absorbé, bien qu'une petite quantité soit excrétée dans les urines. Sa capacité à s'accumuler dans l'organisme est continue, comme en témoigne le fait qu'à la naissance, sa présence est négligeable, indiquant qu'il n'est pas essentiel au fonctionnement normal du corps. Cependant, sa concentration augmente avec l'âge, atteignant un pic vers l'âge de 50 ans. Ce métal toxique est principalement stocké dans les reins, représentant plus de 50 % de sa rétention, ainsi que dans le foie, le cœur, le cerveau, les testicules, la peau et les globules rouges. Ses effets sur l'organisme sont diversifiés. Il agit sur le foie en désactivant certaines enzymes impliquées dans le métabolisme des glucides, et sur le système de formation des globules rouges, contribuant ainsi à l'anémie. Toutefois, son impact majeur se situe au niveau des reins, où il favorise l'excrétion accrue de calcium et de protéines. Cette augmentation de l'élimination de calcium et de protéines par les reins peut conduire à des fractures spontanées, en particulier chez les femmes multipares. Certains chercheurs ont également établi un lien entre le cadmium et l'hypertension artérielle. En somme, la présence de cadmium dans l'environnement et son accu-

mulation dans l'organisme peuvent avoir des conséquences graves sur la santé, soulignant ainsi l'importance de réduire l'exposition à ce polluant et de surveiller étroitement les sources potentielles d'exposition.

L'aluminium (norme de 200 µg/l). L'aluminium, bien que largement répandu dans la nature, ne joue qu'un rôle biologique limité. Toutefois, il peut être présent dans l'eau potable traitée par coagulation avec des composés d'aluminium, comme le sulfate d'aluminium. Des études épidémiologiques ont suggéré que l'aluminium dans l'eau potable peut avoir des effets néfastes sur la santé, surtout lorsqu'il est consommé en quantités excessives, ce qui entraîne une accumulation dans divers tissus de l'organisme, notamment le système osseux, les viscères et le système nerveux. Dans les années 1970, un syndrome de démence a été observé chez des patients sous dialyse, attribué à la présence d'aluminium dans l'eau utilisée pour préparer le liquide de dialyse. Certains chercheurs ont également établi un lien possible entre des concentrations élevées d'aluminium dans le cerveau et la maladie d'Alzheimer, une forme de démence précoce. Une étude menée en Norvège a même mis en évidence une corrélation entre l'augmentation des taux de démence et la concentration d'aluminium dans l'eau potable, ainsi que d'autres facteurs socio-économiques et démographiques. Ces résultats soulignent la nécessité de surveiller attentivement la présence d'aluminium dans l'eau potable et de limiter son exposition, surtout dans les populations vulnérables comme les patients sous dialyse et les personnes âgées susceptibles de développer des maladies neurodégénératives.

Le chrome (non réglementé). Le chrome se présente sous différentes formes, notamment bivalente, trivalente et hexavalente. Le chrome trivalent joue un rôle biologique important en tant que cofacteur de l'insuline, facilitant sa liaison aux récepteurs et contribuant ainsi à la régulation du glucose sanguin. Il est absorbé dans l'organisme par le biais de l'alimentation et de l'eau contaminée par des sources industrielles. En revanche, les formes tétra et hexava-

lentes du chrome sont associées à une toxicité significative pour les organes hématopoïétiques. Elles sont connues pour causer plusieurs problèmes de santé, notamment le cancer du poumon, des troubles hépatiques et rénaux, des réactions allergiques cutanées, la perforation de la cloison nasale, ainsi que des troubles respiratoires obstructifs chroniques.

Les cyanures (norme : 50 µg/l – cyanures totaux, 10 µg/l – cyanures libres). Les cyanures, présents dans l'eau à des concentrations normalement très faibles selon les normes réglementaires, représentent une menace sérieuse en raison de leur extrême toxicité.

L'intoxication au cyanure est considérée comme l'une des plus graves, car elle interfère avec les enzymes oxydatives vitales, en particulier au niveau respiratoire. Les symptômes d'une intoxication au cyanure sont sévères et se manifestent par des sensations d'étouffement accompagnées de maux de tête, de vertiges, de difficultés respiratoires, de tachycardie, d'agitation et même de convulsions. Les organes les plus sensibles à l'action des cyanures sont le cerveau, le cœur et les poumons, où ils peuvent causer des dommages irréversibles en cas d'exposition prolongée ou à des concentrations élevées. La source principale de cyanures dans l'eau est la pollution industrielle, où ces substances peuvent être utilisées dans divers processus de fabrication.

La prophylaxie de pathologie hydrique non infectieuse repose sur une série de mesures visant à garantir la qualité chimique de l'eau potable et à protéger la santé publique contre les risques liés à la contamination chimique de l'eau. Les principales actions sont:

- Assurer que l'eau potable répond aux normes de qualité chimique établies, en surveillant régulièrement ses caractéristiques et en prenant des mesures correctives en cas de dépassement des limites acceptables pour les différents contaminants.
- Mettre en place des mesures de protection sanitaire des

sources d'eau et des installations d'approvisionnement en eau potable pour prévenir la contamination chimique, en contrôlant les activités industrielles, agricoles et urbaines susceptibles de polluer les sources d'eau.

- Appliquer des procédés de traitement de l'eau appropriés pour garantir sa potabilité, en éliminant ou en réduisant efficacement les contaminants chimiques présents, tout en maintenant un équilibre précis des substances désinfectantes pour assurer la sécurité microbiologique de l'eau.

BIBLIOGRAPHIE

1. Alexa L. *Curs de Igienă*. Iași: UMF „Gr.T.Popa”, 1994.
2. Bahnarel I., Ostrofeț Gh., Groza L. *Igiena generală*. Volumul I. Chișinău: CEP „Medicina”, 2013.
3. Bahnarel I., Ostrofeț Gh., Ciobanu E. et al. *Igiena generală: manual*. Chișinău:Garamont-Studio, 2022.
4. Friptuleac Gr. *Apa și importanța ei igienico-sanitară. Curs*. Chișinău: CEP „Medicina”,2004.
5. Friptuleac Gr. *Igiena mediului*. Chișinău: CEP „Medicina”, 2012.
6. Friptuleac Gr., Alexa L., Băbălău V. *Igiena mediului*. Chișinău: CEP „Medicina”, 1998.
7. Ostrofeț Gh., Ciobanu E., Tafuni O. *Igiena generală. Curs „Igiena Apei”*. Vol. I.Chișinău: CEP „Medicina”, 2016.
8. Vlaicu B., Bagiu R. *Curs de igiena mediului, alimentației și nutriției*. Timișoara: EdituraSolness, 2012.

Descrierea CIP a Camerei Naționale a Cărții din Republica Moldova

Ciobanu Elena.

Notes de cours de l'hygiène de l'eau / Elena Ciobanu, Cătălina Croitoru, Greta Bălan ; Université d'État de Médecine et Pharmacie „Nicolae Testemițanu”. – Chișinău : Print-Caro, 2024. – 99 p.

Avec le soutien de l'Agence Universitaire de la Francophonie. – Bibliogr.: p. 99 (8 tit.). – [30] ex.

ISBN 978-9975-180-94-8.

614.777:616.9(075.8)

C 51

Tipar executat la Tipografia Print Caro, mun. Chișinău, str. Columna, 170

