

Hygiène de l'eau (1)

Sources, besoins, traitement

La terre est la seule planète du système solaire à posséder une hydrosphère. Élément indispensable à la vie, l'eau couvre les trois quarts du globe et confère à la terre son nom de planète bleue. Grâce aux conditions de pression et de température qui régissent sur terre, l'eau y est présente dans ses trois états, c'est-à-dire sous forme liquide (mers, océans, eaux continentales, organismes vivants), sous forme gazeuse (vapeur d'eau dans l'atmosphère) et sous forme solide (glace au niveau des pôles et au sommet des montagnes). A l'heure actuelle, on estime la quantité d'eau totale sur terre à 1 400 millions de km³.

La plus grande partie de cette eau, soit 97,2 % correspond aux eaux salées des mers et océans. Les eaux douces ne représentent quant à elles que 2,8 % du stock total. Ces eaux douces sont pour l'essentiel mobilisées sous forme de glace au niveau des calottes glaciaires (2,15 %) ou circulent en profondeur (0,63 %). Ainsi, seule une infime partie de l'eau douce, soit 0,02 % est directement disponible pour la vie terrestre : lacs, rivières, vapeur et humidité des sols.

Tous les organismes vivants ont besoin d'eau pour rester en vie. La quantité d'eau moyenne d'un individu adulte est de l'ordre de 65 %. A l'intérieur de l'organisme, l'eau n'est pas répartie uniformément : si elle ne représente que 1 % de l'ivoire des dents ou 22 % des os, elle intervient à 76 % dans la constitution du cerveau et à 80 % dans celle du sang.

Un déficit en eau conduit à de graves troubles de santé, voire à la mort de l'organisme. Chez l'homme, un déficit de 1 à 2 % déclenche la sensation de soif. Ce mécanisme avertit l'organisme qu'il est en état de déshydratation. À 5 % de déficit en eau, la peau se rétracte et la bouche se dessèche. Au-delà de 15 %, l'issue peut être fatale. Chez l'enfant et surtout le nourrisson, la sensibilité à la déshydratation est beaucoup plus élevée.

Besoins physiologiques

La quantité d'eau nécessaire à un adulte est d'environ 2,5 litres par jour, dont 1 litre est apporté par les aliments et 1,5 litre par les boissons. Sans apport d'eau d'aucune sorte, la survie ne peut pas excéder 2 ou 3 jours.

Besoins domestiques

L'homme utilise de grandes quantités d'eau pour la préparation des aliments et pour maintenir un niveau d'hygiène et de confort acceptable. En France, la consommation moyenne par habitant est aujourd'hui de 150 litres pour les usages domestiques. Si l'on rajoute l'eau nécessaire aux besoins collectifs (écoles, hôpitaux, piscines, lavage des voiries...), c'est plus de 200 litres d'eau qui sont consommés par jour et par habitant. Selon OMS le besoin personnel de l'eau par jour est : minimum 5l/j, optimum 100 l/j .

Besoins agricoles

L'usage de l'irrigation permet d'augmenter la superficie des surfaces cultivées, d'assurer deux, voire trois récoltes annuelles au lieu d'une, d'améliorer les rendements et de stabiliser la production en se libérant des risques de sécheresse. L'agriculture représente la plus grande source de consommation d'eau dans le monde : 18 % des terres agricoles sont aujourd'hui irriguées et elles utilisent les trois quarts de tout le volume d'eau consommé.

Besoins industriels

En raison de ses propriétés physico-chimiques, l'eau remplit de nombreuses fonctions dans l'industrie.

Besoins en énergie

L'homme utilise depuis très longtemps l'énergie offerte par l'écoulement de l'eau. L'eau peut également être une source d'énergie thermique lorsque l'eau chaude présente dans les aquifères de la croûte terrestre est pompée et ramenée à la surface. Elle peut être utilisée pour le chauffage des habitations ou pour la production d'énergie électrique lorsque ces nappes sont très chaudes.

Usages de loisirs

De nos jours, l'eau constitue une source importante de loisirs : pêche, baignade, canoë-kayak, aviron, raft, nage en eau vive, *canyoning*... sont autant d'activités qui illustrent l'attraction qu'ont toujours manifestée les hommes pour cet élément. Face à ces multiples usages, les interventions humaines se sont portées d'abord sur les aspects quantitatifs de la gestion de l'eau, avec pour objectif de disposer d'eau en quantité suffisante. Depuis plusieurs décennies, l'objectif prioritaire est d'ordre qualitatif.

Les différentes sources de pollution des eaux

Selon la nature des polluants, on distingue plusieurs types de pollutions : la pollution physique, la pollution chimique, la pollution organique et la pollution biologique.

La pollution physique

La pollution physique se présente sous deux formes : les matières en suspension et la pollution thermique.

Les matières en suspension - *Les eaux résiduaires sont chargées de matières minérales et organiques en suspension. On parle dans ce cas de pollution macroscopique. Ces matières sont responsables de la turbidité de l'eau, paramètre mesuré au moyen de la teneur en matières en suspension (MES). Ces matières en suspension précipitent et constituent des dépôts plus ou moins nocifs selon leur composition. Ceux-ci peuvent s'opposer au développement des faunes et des flores benthiques. Le phénomène des boues rouges est une bonne illustration de ce type de pollution.*

Par ailleurs, outre leur toxicité, ces matières limitent la pénétration de la lumière dans l'eau en augmentant sa turbidité. Cet effet d'écran influence considérablement le développement de la vie animale et végétale en milieu aquatique, et entraîne de ce fait une altération de la qualité des milieux.

La pollution thermique - *Les rejets de chaleur dans l'environnement entraînent des modifications thermiques des milieux et constituent une autre forme de pollution physique.*

De tels rejets se produisent en particulier au voisinage des centrales de production d'énergie et au niveau des zones de concentration urbaine et industrielle. L'augmentation de température modifie profondément les paramètres des milieux naturels : diminution de la solubilité des gaz dans l'eau, dépassement des tolérances thermiques des espèces, accroissement de l'activité cellulaire... Ces apports thermiques peuvent altérer profondément les équilibres écologiques.

La pollution chimique ou pollution toxique

Origine et nuisances

Les substances chimiques rejetées par les activités humaines sont extrêmement variées. Toutes ces substances ne sont pas toxiques. Certaines sont même indispensables à la vie, mais ne sont présentes dans le milieu naturel qu'à l'état de traces. C'est le cas notamment des oligoéléments et des métaux lourds : ils deviennent dangereux lorsque leur concentration est élevée. D'autres substances polluantes sont totalement étrangères aux milieux naturels : il s'agit des produits de synthèse. L'origine de ces polluants est essentiellement industrielle : métallurgie, pétrochimie, industrie chimique et parachimique. Leur rejet dans les milieux aquatiques peut être d'origine :

- industrielle : sous-produits de fabrication, solvants, matières premières de synthèse
- agricole : engrais, pesticides (fongicides, herbicides, insecticides...).

La nuisance essentielle de ces produits réside dans leur toxicité. Ils portent en effet atteinte à l'ensemble de la vie aquatique (organismes unicellulaires, invertébrés, poissons...). Beaucoup présentent une toxicité aiguë ou chronique (ou à long terme), se traduisant par des effets mutagènes et cancérogènes sur la santé humaine. Les intoxications aiguës se manifestent rapidement après absorption de doses relativement élevées. A l'inverse, les intoxications

chroniques surviennent après des absorptions répétées de faibles doses. La toxicité des produits polluants, donc les risques pour la santé peuvent se manifester de deux façons :

- par absorption directe, c'est-à-dire par ingestion directe d'une eau chargée en produit polluant
- par voie indirecte, par le biais de la bioconcentration des produits toxiques le long des chaînes alimentaires.

La pollution organique

Les composés à l'origine de ce type de pollution sont très variés. Il s'agit de composés biogènes participant à la composition de la matière vivante : ils ont leur place dans les milieux naturels. Ils sont pour l'essentiel composés de carbone, d'oxygène, d'hydrogène, d'azote et de phosphore. On parle de pollution lorsque l'apport de ces éléments est excessif, c'est-à-dire lorsque la capacité de leur transformation dans les cycles biogéochimiques est dépassée.

► LA DÉGRADATION DES MATIÈRES ORGANIQUES se produit par oxydation, suivant deux voies.

- La voie biologique met en œuvre l'activité des bactéries aérobies. La quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation de la matière organique par voie aérobie correspond à la « demande biologique en oxygène (DBO) ». Cet indice est un bon indicateur de la quantité de matières organiques biodégradables présentes dans l'eau. La durée de cette mesure est généralement de cinq jours, d'où le nom de DBO5.
- La voie chimique met en œuvre des composés oxydants. La quantité de matières oxydantes nécessaires à l'oxydation par voie chimique des matières organiques correspond à la « demande chimique en oxygène (DCO) ».

Lorsque le taux de matière organique en milieu aquatique est élevé, une grande partie de l'oxygène dissous dans l'eau est mobilisée pour l'oxydation de ces matières. La conséquence en est une diminution de la teneur en oxygène du milieu, pouvant aller jusqu'à la désoxygénation totale de l'eau. Celle-ci entraîne la mort de tous les organismes aquatiques pour lesquels l'oxygène est vital. Ces accidents surviennent en particulier durant l'été, lorsque la teneur en oxygène dissous est basse, et l'activité des bactéries maximale du fait de l'échauffement de l'eau.

► L'EUTROPHISATION DES RIVIÈRES est un exemple de pollution organique. Il s'agit d'un phénomène lié à une concentration excessive en composés azotés et surtout phosphorés. L'eutrophisation se manifeste par un déséquilibre trophique caractérisé par une production végétale excédentaire, source directe et indirecte de nuisances. Cette prolifération végétale trouve son origine dans l'excès d'éléments fertilisants présents dans les eaux. Phytoplancton, algues filamenteuses, diatomées et végétaux supérieurs bénéficient de cette fertilisation et prolifèrent. Les nuisances liées à l'eutrophisation sont multiples : difficulté à produire une eau potable de qualité, perturbation des activités de loisir, de baignade et de pêche, dégradation de la vie piscicole, perturbation des écoulements, nuisances esthétiques et

olfactives, augmentation de l'acidité de l'eau...

La pollution biologique

Les matières organiques fermentescibles (MOF) constituent une cause majeure de pollution des eaux. En effet, les déchets humains et animaux disséminent dans le milieu naturel quantité de virus, de bactéries et de parasites qui peuvent être pathogènes. Ce mode de contamination est souvent à l'origine de graves problèmes d'hygiène publique : les grandes épidémies qui sévissaient avant le contrôle strict des eaux destinées à la consommation publique en sont l'illustration. Dans les régions les plus déshéritées de la planète, l'eau représente encore un vecteur privilégié pour le développement de telles épidémies : dysenteries, typhoïde, paludisme, choléra, salmonellose, infections entérovirales, hépatites, parasitoses... qui sont la cause de millions de décès chaque année.

Production et distribution de l'eau

Captage et pompage

L'eau peut être prélevée dans les eaux souterraines par captage de sources ou par puits de forage dans les nappes profondes. Elle peut être également puisée directement dans les eaux de surface (rivières, lacs naturels ou retenues artificielles). A l'état naturel, l'eau pure n'existe pas : quelles que soient leurs origines, les eaux prélevées (ou eaux brutes) contiennent de nombreux composés.

Les procédés de traitement de l'eau

Les zones de captage et de pompage des eaux brutes font l'objet d'attentions particulières visant à les protéger des pollutions chimiques (diffuses et accidentelles) et bactériologiques. Néanmoins, l'eau brute constitue une matière première qui n'est pas distribuable directement : elle doit faire l'objet de nombreux traitements. Ces traitements incombent aux réseaux de distribution publique qui ont pour objectif de fournir de l'eau potable à la collectivité. La qualité de cette eau doit répondre à deux exigences :

- une qualité sanitaire
- un confort domestique : selon l'OMS, « l'eau doit être aussi agréable à boire que les circonstances le permettent ». Les principales préoccupations relèvent de la saveur (notamment en liaison avec les teneurs en chlore) et de la dureté (charge en calcaire).

L'oxydation

Si les eaux à traiter contiennent beaucoup de matières organiques, de métaux (fer ou manganèse par exemple) ou d'ammoniac, une étape d'oxydation préalable peut être nécessaire. On utilise à cette fin des produits oxydants comme le chlore ou l'ozone.

La clarification

Cette étape vise à éliminer la turbidité et la couleur de l'eau, et à la débarrasser des éléments

indésirables ou toxiques en suspension. Elle consiste en une série de traitements physico-chimiques.

- LE DÉGRILLAGE ET LE TAMISAGE permettent de retenir les déchets et les corps flottants par un passage de l'eau à travers des grilles et des tamis dès la prise d'eau.
- La DÉCANTATION en bassins permet de débarrasser l'eau des matières en suspension (algues, particules minérales ou organiques).
- La TECHNIQUE DE FLOTTATION est utilisée de préférence pour les eaux riches en matières organiques : le procédé consiste à faire remonter les matières floculées sous forme d'écume en utilisant de l'air sous pression. L'eau claire est dans ce cas soutirée au fond du bassin
- L'EAU SUBIT UNE FILTRATION après la décantation ou la flottation. Celle-ci est classiquement réalisée sur lit de sable. L'eau y circule par gravité, les grains de sable jouant le rôle de tamis. La filtration peut être également réalisée au moyen de membranes.

La désinfection

La désinfection est une étape primordiale ayant pour but de débarrasser l'eau des germes pathogènes. Les produits utilisés sont essentiellement des agents chimiques : eau de javel, composés chlorés ou ozone. Ces agents détruisent les germes par oxydation de la matière vivante. Depuis peu, des traitements faisant appel aux rayons ultraviolets ont vu le jour. L'utilisation généralisée de réactifs chimiques tels que le chlore peut poser certains problèmes. Par exemple, au fur et à mesure de ses réactions avec les molécules organiques, le chlore voit sa concentration diminuer le long des réseaux de distribution, ce qui peut favoriser le développement de micro-organismes. Par ailleurs, ces réactions conduisent à la formation de produits secondaires dont certains sont suspectés d'être toxiques pour l'homme. Cependant, le chlore constitue toujours la meilleure garantie de préservation de la qualité microbiologique de l'eau durant son transport.

Le conditionnement de l'eau

Après les traitements de potabilisation, le voyage de l'eau dans le réseau de distribution dure de quelques heures à quelques jours. Ce voyage nécessite des traitements préalables.

► PRÉVENTION DES DÉVELOPPEMENTS MICROBIENS : les bactéries peuvent fréquemment s'accrocher aux parois des canalisations et s'y développer. Elles constituent alors des colonies qui forment un biofilm, lui-même source d'alimentation pour des microcrustacés indésirables. L'utilisation d'agents bactéricides (chlore, chlorures, bioxyde de chlore) évite la prolifération de ces bactéries. L'élimination des nutriments présents dans l'eau (fer, manganèse, ammoniac ou carbone organique) est également un moyen de prévenir le développement des micro-organismes.

Malgré les traitements de potabilisation, l'eau peut devenir source de contamination de la population par des germes se développant dans les circuits de distribution. C'est le cas des légionelles.