

# Le déficit d'assainissement dans le monde et ses conséquences

À l'échelle planétaire, l'eau douce est une ressource rare, précieuse et menacée. De grandes disparités existent entre les différentes régions de la planète en ce qui concerne la disponibilité physique de l'eau, élément indispensable au monde vivant. Toutefois, la quantité d'eau sur Terre est constante ; l'eau se déplace entre les différents compartiments composant l'hydrosphère (eau de surface, eau des pôles et des glaciers, eau souterraine, eau atmosphérique, eau des êtres vivants). Le problème ne réside donc pas dans la quantité d'eau disponible, mais dans la qualité de la ressource.

En effet, les hommes consomment l'eau et génèrent diverses pollutions dans le cadre de leurs activités industrielles, artisanales, agricoles, domestiques et urbaines. Lorsque ces pollutions sont rejetées sans traitement préalable dans les milieux naturels, elles altèrent la qualité des rivières, lacs et nappes souterraines, provoquant de graves nuisances. Les eaux douces voient ainsi leur qualité dégradée tout autour du globe depuis plus d'un demi-siècle, du fait notamment de l'explosion démographique, occasionnant des difficultés d'approvisionnement en eau potable et des perturbations des écosystèmes aquatiques.

Pour remédier à cette catastrophe sanitaire et écologique, il est indispensable de développer le recours à des traitements de l'eau, qu'il s'agisse de potabilisation ou d'assainissement. Cependant, de grandes inégalités existent entre les pays concernant les moyens financiers et techniques pour assurer ces traitements.

## I. UNE COUVERTURE EN ASSAINISSEMENT INSUFFISANTE

### A. Assainissement et ressource en eau

#### 1. Cycle technique de l'eau et assainissement

Les transferts de l'eau entre les différents réservoirs naturels de l'hydrosphère sont souvent représentés sous la forme d'un schéma appelé cycle naturel de l'eau. De tout temps, les sociétés humaines ont interagi avec ce cycle pour assurer leurs besoins vitaux en prélevant de l'eau dans l'un de ces réservoirs et en la rejetant après l'avoir utilisée. Aujourd'hui, cette boucle anthropique est marquée par une forte technicité. L'eau subit différents traitements depuis son prélèvement jusqu'à son rejet dans le milieu naturel. C'est le **cycle technique de l'eau**, également appelé cycle domestique ou cycle urbain de l'eau.

L'eau est tout d'abord pompée dans un cours d'eau ou une nappe phréatique. Afin de garantir une eau propre à la consommation humaine, des usines de potabilisation assurent l'élimination des éléments potentiellement néfastes pour la santé humaine. L'eau est ensuite stockée, puis distribuée aux habitations et aux entreprises via un réseau d'adduction d'eau potable. Après utilisation, l'eau usée est évacuée et débarrassée de ses polluants avant son rejet au milieu naturel. C'est l'**assainissement**, c'est-à-dire la collecte, le transport et l'épuration des eaux usées. De manière schématique et selon la localisation de l'habitation, l'assainissement peut être collectif (transports des eaux usées dans un réseau d'égouts et dépollution dans une station d'épuration) ou individuel (équipement d'épuration autonome à proximité immédiate du logement).

#### 2. Principales fonctions de l'assainissement

Visualiser le cycle technique de l'eau permet de bien comprendre la fonction majeure de l'assainissement. Il est indispensable de rendre une eau propre au milieu naturel puisque les

sociétés humaines ont besoin d'y prélever une eau propre pour vivre. À l'inverse, l'absence ou l'inefficacité des dispositifs d'assainissement induisent la dispersion dans l'environnement de divers éléments polluants (matières fécales, urine, graisses, détergents, produits d'hygiène, etc.). Ces polluants contaminent alors les réserves d'eau utilisées par les populations. La fonction principale de l'assainissement est donc la **protection de la santé humaine**.

Ces dernières décennies, une autre fonction a été associée à l'assainissement du fait de la prise de conscience par la société et les gouvernements des dégradations de l'environnement : la **préservation des écosystèmes aquatiques**. Des réglementations de plus en plus contraignantes et des techniques de pointe permettent dans certains cas le rejet d'une eau de très bonne qualité permettant le développement d'une faune et d'une flore aquatiques qui avaient parfois disparu.

Cependant, ces résultats sont disparates à l'échelle mondiale et certaines régions du monde ne parviennent pas encore à assurer la protection de la santé des populations. Au Nord, si les aspects sanitaires restent au cœur des préoccupations, les enjeux de l'assainissement se sont fortement orientés vers la protection de l'environnement. Au Sud, la santé publique reste le principal moteur des programmes d'assainissement.

## B. Ampleur du déficit d'assainissement

### 1. Déficit dans la population mondiale

Lorsqu'elles disposent des capacités financières nécessaires, les sociétés intègrent l'assainissement dans leur cycle technique de l'eau. Le coût des installations reste prohibitif pour un grand nombre de pays.

En 2010, **2,6 milliards** de personnes n'ont pas accès à des infrastructures d'assainissement<sup>1</sup> qui garantissent une protection minimale de l'eau consommée dans la suite du cycle par la population, soit un taux de 39 % de la population mondiale. C'est l'**assainissement de base**. Il correspond à « l'accès à un système d'évacuation des excréta amélioré, ce qui inclut les connexions à un système d'égout, à une fosse septique, à une latrine à siphon hydraulique à fosse simple ou à fosse améliorée ventilée. En revanche, ne font pas partie des systèmes améliorés les latrines publiques ou partagées, les latrines à ciel ouvert (cas de nombreuses latrines à fosse simple), les latrines à seau et bien évidemment la défécation en plein air »<sup>2</sup>.

En considérant l'accès à des toilettes privées installées à proximité d'une arrivée d'eau courante, constituant des conditions d'hygiène fortement souhaitables, ce déficit atteint **4 milliards** de personnes, soit 61 % de la population mondiale.

### 2. Déficit par pays

Dans le monde, l'accès à l'assainissement de base est fortement variable. La carte n°1, présentant la couverture de l'assainissement de base en 2004, montre que les pays développés (Europe, Amérique du Nord, Australie, Japon) sont généralement couverts par un réseau d'assainissement complet, permettant l'évacuation et le traitement des eaux usées. À l'opposé, les pays moins développés (Afrique, Asie, Amérique latine) présentent des taux d'équipement beaucoup plus faibles. Les pays les plus défavorisés – dont le taux de couverture en assainissement est inférieur à 25 % des foyers – sont situés en Afrique subsaharienne (Niger, Burkina Faso, Somalie, Éthiopie, etc.) et quelques uns en Asie (Afghanistan, Cambodge, Laos).

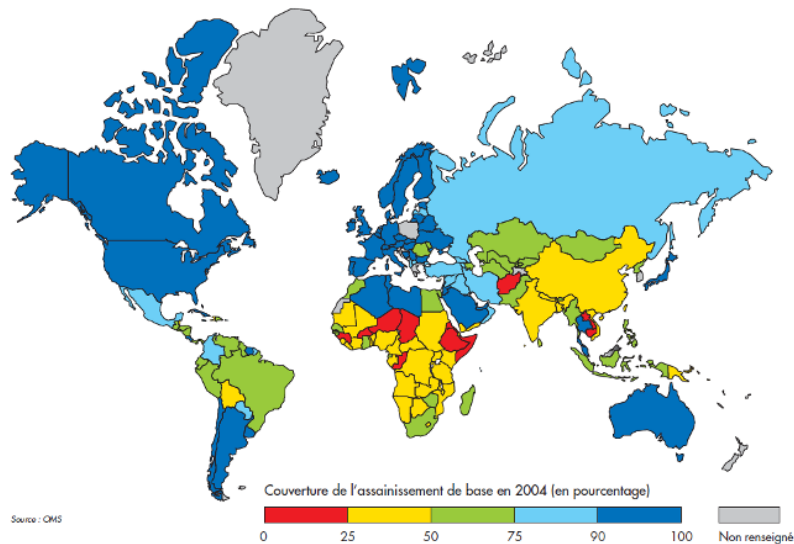
<sup>1</sup> "Rapport mondial sur le développement humain 2006", PNUD.

<sup>2</sup> La couverture mondiale de l'assainissement de base provient d'une estimation effectuée par le Water and Sanitation Program en 2002 (le Programme sur l'eau et l'assainissement, branche de la Banque mondiale, est un partenariat international qui réunit les grandes agences de développement : <http://www.wsp.org/>).

Sur la carte n°2, présentant le produit intérieur brut par habitant (PIB) en 2007, le même clivage apparaît entre pays développés avec les PIB les plus élevés et pays en développement avec les PIB les plus faibles.

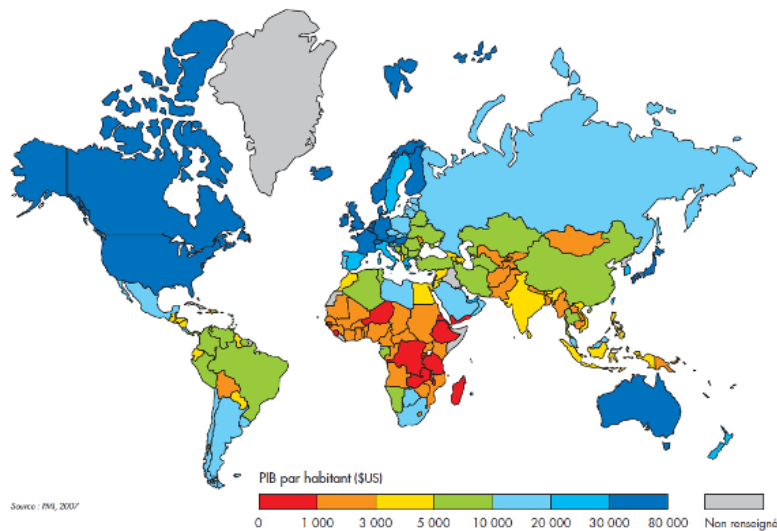
Une corrélation peut donc être établie entre PIB et couverture de l'assainissement de base. Ainsi, la plupart des pays affichant des PIB inférieurs à 3 000 dollars possèdent une couverture en assainissement inférieure à 50 %. Tous les pays avec un PIB supérieur à 30 000 dollars présentent une couverture en assainissement supérieure à 90 %.

Comme pour les soins médicaux, la nourriture et l'eau potable, l'accès à l'assainissement est marqué par le fossé économique qui sépare les pays du Nord et ceux du Sud.



**Carte 1 : Couverture de l'assainissement de base (2004)**

(Source : © OMS)



*Figure 5 : Produit intérieur brut par habitant*

**Carte 2 : Produit intérieur brut par habitant (2007)**

(Source : © FMI)

## II. CONSÉQUENCES DU DÉFICIT D'ASSAINISSEMENT

### A. Conséquences sanitaires

Un système d'assainissement assure en premier lieu l'évacuation des excréments et des urines. En l'absence de telles infrastructures, les déjections humaines restent à proximité des lieux de vie. Au-delà des gênes évidentes occasionnées par les odeurs, l'absence de système d'assainissement a des conséquences sanitaires directes : le développement de maladies liées à l'eau, les maladies hydriques.

#### 1. Maladies hydriques

À l'échelle mondiale, l'impact des maladies hydriques, en général de type diarrhéique, est considérable. Dans les pays développés, les épidémies de gastro-entérites sont régulières mais les symptômes sont limités dans leurs effets et leur durée. Il faut considérer que les populations « à risque » des pays en développement sont fragilisées par la malnutrition, le manque d'eau potable et le faible accès aux soins hospitaliers. Chaque année, 2 millions de personnes meurent de maladies diarrhéiques, dont 90 % d'enfants de moins de cinq ans (soit 5 000 enfants par jour). 88 % de ces maladies sont liées aux problèmes de qualité de l'eau, d'assainissement et au manque de salubrité et d'hygiène.

Une maladie hydrique est provoquée par l'ingestion ou le contact avec une eau insalubre, en particulier lorsqu'elle a été contaminée par des déjections. En effet, de nombreux organismes responsables de maladies chez l'Homme passent une partie de leur cycle de vie dans les excréments et urines humaines ou animales. Ces organismes sont pour la plupart microscopiques.

Maillon essentiel des écosystèmes, les micro-organismes peuvent être des producteurs primaires (ayant la capacité d'utiliser la matière inorganique pour se développer) ou des recycleurs (consommant la matière organique des végétaux ou animaux morts et participant ainsi au recyclage des éléments constitutifs de la vie : carbone, azote, etc.).

Parmi les micro-organismes résidant dans les matières fécales, certains sont pathogènes. Lorsqu'ils sont ingérés ou pénètrent d'une autre façon dans l'organisme, ils sont responsables de maladies. La contamination peut avoir lieu de différentes façons<sup>3</sup> :

- consommation d'une eau contaminée par des matières fécales ;
- contact des mains sales avec la bouche ;
- fertilisation des terres agricoles avec des eaux d'égouts ;
- contamination par un hôte intermédiaire (exemple : le moustique) ;
- pénétration au travers de la peau.

#### 2. Micro-organismes responsables des maladies hydriques

Les organismes responsables de maladies sont de différents types. Par ordre croissant de taille se succèdent les virus, les bactéries, les champignons, les protozoaires et les vers. Des exemples sont décrits succinctement pour chaque catégorie<sup>4</sup>. Les premiers moyens de prévention face à ces maladies sont dans tous les cas un système d'assainissement et une hygiène stricte autour de l'eau de consommation.

<sup>3</sup> *Safe Drinking Water*, S.E. Hrudney, E.J. Hrudney, Hardback, 2004.

<sup>4</sup> *Microbiologie*, L.M. Prescott, J.P. Harley, D. Klein, De Boeck, 2003 et *Microbiologie*, J. Perry, J. Staley, S. Lory, Dunod, 2004.

## **a. Virus**

Cette catégorie constitue la forme la plus simple d'organisme pathogène. Le virus est constitué d'au moins une coque (appelée capsid) qui enferme son ADN ou ARN, structures chimiques constituant l'identité génétique. Pour se reproduire, les virus infectent une cellule et s'y multiplient. Les virus véhiculés dans les eaux usées sont responsables en grande partie des gastro-entérites.

### **- Poliovirus**

Maladie associée : poliomyélite

Épidémiologie : éradiquée à 99 % depuis 1988, son incidence est passée de 350 000 cas en 1988 à 500 cas en 2011. Présente dans 125 pays il y a 20 ans, elle était endémique dans quatre pays en 2008 (Afghanistan, Inde, Nigeria Pakistan). Mais en 2010, une flambée épidémique a atteint au moins 130 personnes au Tadjikistan.

Prévention et traitement : vaccination, pas de traitement.

### **- Rotavirus**

Maladie associée : gastro-entérite

Épidémiologie : principale cause de mortalité infantile dans le monde, le Rotavirus est à l'origine du décès d'un demi-million d'enfants de moins de cinq ans par an. Des épisodes épidémiques sont réguliers dans le monde entier (épisode hivernal systématique), mais le plus grand nombre de décès ont lieu en Afrique de l'Ouest et en Asie du Sud-Est.

Prévention et traitement : pas de traitement antiviral spécifique. L'immunité acquise après la contamination est efficace uniquement contre le spécimen (sérotipe) responsable de la contamination. Deux vaccins disponibles.

### **- Norovirus**

Maladie associée : gastro-entérite

Epidémiologie : c'est l'agent qui occasionne le plus de gastro-entérites, souvent d'origine alimentaire, toutes classes d'âge confondues. Il est très actif à l'échelle mondiale. 90 % des adultes auraient déjà été contaminés par le Norovirus.

Prévention et traitement : ni antiviral, ni vaccin ; contrôle nécessaire des fruits de mer crus.

## **b. Bactéries**

Les bactéries constituent la forme d'organismes responsables de maladies hydriques qui a été identifiée en premier par Louis Pasteur. Ce sont des organismes unicellulaires dont le matériel génétique n'est pas protégé par une coque. Les bactéries présentent la particularité de pouvoir se développer dans tous les milieux. Cette caractéristique, appelée ubiquité bactérienne, implique leur présence dans tous les écosystèmes. Un grand nombre de bactéries vivent en symbiose avec notre organisme et participent notamment au processus de digestion des aliments. Une faible proportion du monde bactérien est pathogène (environ 3 %). La capacité d'adaptation des bactéries aux milieux hydriques facilite leur survie dans les eaux usées.

### **- Escherichia coli**

Maladies associées : gastro-entérites, infections urinaires, méningites, septicémies

Epidémiologie : cette bactérie intestinale très commune est majoritairement sans danger mais il existe des formes pathogènes (telle que Escherichia coli entérohémorragique). Sa présence dans l'eau, lorsqu'elle est détectée en grande quantité, indique la contamination potentielle de l'eau par des bactéries plus virulentes, comme Salmonella typhi ou Shigella dysenteriae, respectivement responsables du typhus et de la dysenterie bactérienne.

Prévention et traitement : cuisson à plus de 70 °C des viandes.

### **- Leptospira interrogans**

Maladie associée : leptospirose

Epidémiologie : 500 000 cas sévères par an dans le monde, avec un taux de mortalité supérieur à 10 % ; principalement dans les zones chaudes et humides d'Asie, d'Afrique et d'Amérique latine, également dans les cours d'eau des régions tempérées (les rongeurs sont des hôtes intermédiaires par le biais de leur urine) ;

Prévention et traitement : vaccin (contre une seule souche), lutte contre l'exposition professionnelle, information près des lieux de baignade, contrôle des eaux.

#### - **Vibrio cholerae**

Maladie associée : choléra

Épidémiologie : épidémies régulières dans les pays en développement. Le nombre de cas annuel est en constante augmentation ces dernières années (190 130 cas notifiés en 2008, dont 5143 mortels). Toutefois, le bilan véritable de la maladie pourrait se chiffrer à 3-5 millions de cas et 100 000-120 000 décès par an (OMS)<sup>5</sup>. Ainsi, il y a eu en Haïti entre octobre 2010 et avril 2012 plusieurs centaines de milliers de cas et plus de 7 000 décès.

Prévention et traitement : plusieurs vaccins disponibles, mais avec un prix de 20 dollars la dose et une efficacité de six mois à un an, ils sont inaccessibles aux populations les plus pauvres.

### c. **Champignons**

Les champignons sont des organismes dont la reproduction s'effectue par spores. Ils se nourrissent par absorption et sont dépourvus de chlorophylle. Ces organismes sont en grande partie pathogènes et infectent plantes et animaux. Chez les plantes, ce sont les principaux responsables de maladies telles que le mildiou. En revanche, une partie des champignons entretient une relation symbiotique avec les plantes ; sur les racines, elle participe en particulier à une bonne absorption de l'eau. Chez les animaux, les maladies causées par les champignons sont appelées mycoses. Tout comme les bactéries, ils dégradent la matière organique et participent au recyclage des éléments nutritifs. Parmi les centaines de milliers d'espèces identifiées sur Terre, environ cinquante provoquent une maladie chez l'être humain.

#### - **Aspergillus fumigatus**

Maladie associée : aspergillose (affection des poumons, nocive si le système immunitaire est affaibli).

Épidémiologie : champignon présent dans les matières organiques en décomposition au niveau des canalisations inusitées ou des bras morts. Ses spores sont transportées dans l'air, puis inhalées.

Prévention et traitement : contrôle des canalisations et des dispositifs de filtration d'air, traitements.

### d. **Protozoaires**

Les protozoaires sont des organismes constitués d'une seule cellule et dotés d'un noyau. Ils sont pour la plupart capables de se déplacer et peuvent parasiter l'intestin grêle. Seuls vingt genres de protozoaires sont responsables de maladies humaines mais, à l'échelle mondiale, leur impact est considérable.

#### - **Giardia lamblia**

Maladie associée : giardiase (infection intestinale avec troubles digestifs)

Épidémiologie : distribution mondiale.

Prévention et traitement : traitement antiparasitaire.

#### - **Entamoeba histolytica**

---

<sup>5</sup> <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs107/fr/index.html>

Maladie associée : amibiase (infection intestinale avec troubles digestifs, forme de dysenterie)

Épidémiologie : 10 % de la population mondiale infectée, principalement dans les pays dont les conditions d'évacuation des eaux usées et d'hygiène générale sont mauvaises.

Prévention et traitement : traitement amoebicide.

#### **- Plasmodium**

Maladie associée : paludisme (pas à proprement parler une maladie hydrique, mais son occurrence est directement liée à la présence de l'eau et c'est de plus la parasitose la plus répandue dans le monde).

Épidémiologie : transmis à l'Homme par une piqûre d'anophèle (moustique majoritairement présent dans les régions chaudes et marécageuses), 400 à 900 millions de cas de fièvre et entre 1 et 3 millions de morts par an. 80 % des cas sont situés en Afrique subsaharienne.

Prévention et traitement : vaccins en phase d'essais, traitements prophylactiques ou curatifs.

#### **e. Vers et œufs parasites**

Les vers parasites (ou helminthes) forment un ensemble très hétérogène, caractérisé par l'absence de patte, de flagelle et d'appareil rotateur céphalique. Plus de trois milliards d'individus sont atteints d'une maladie ou d'une autre affection due à un ver ou helminthe parasite (tel que le ver solitaire).

##### **- Ascaris lumbricoides**

Maladie associée : ascaridiose

Épidémiologie : vers présents chez plus d'un milliard d'individus (20 000 décès par an, forte mortalité infantile), surtout dans les zones tropicales.

Prévention et traitement : lavage des légumes crus (zones où les selles sont utilisées comme engrais), traitements forçant l'évacuation des vers (vermifuges).

##### **- Ankylostoma duodenale et Necator americanus**

Maladie associée : ankylostomose

Épidémiologie : vers présents chez 1,3 milliard d'individus (65 000 décès par an), surtout dans les pays en développement, où le pourcentage de personnes infectées peut atteindre 90 %.

Prévention et traitement : ne pas marcher pieds nus dans les zones à risques, traitements.

Cette liste de micro-organismes et des maladies hydriques associées met en évidence les risques sanitaires liés au manque d'assainissement. Or, des études ont fait apparaître que l'assainissement de base pourrait empêcher jusqu'à 77 % de ces infestations.

Il existe un autre groupe de risques sanitaires liés non plus à des micro-organismes, mais à la toxicité des polluants. Ces polluants et ces risques sont décrits dans le chapitre *B. Conséquences environnementales*, car davantage associés à la faune aquatique, même si les humains peuvent être touchés dans certains cas.

### 3. Répercussions socio-économiques

Les conséquences du manque d'assainissement ne s'arrêtent pas à la santé humaine, elles influent sur les possibilités de développement des individus et des sociétés.

L'absence d'installations d'assainissement est un réel obstacle à la dignité humaine. Quand les commodités sanitaires font défaut, il devient souvent impossible de se soulager à l'abri du regard des autres. Les normes en vigueur dans la plupart des sociétés sont souvent plus strictes à l'égard des femmes, confrontées parfois à l'interdiction d'assouvir leurs besoins avant la tombée de la nuit. L'absence de toilettes dans l'école ou à proximité est aussi un facteur de déscolarisation des jeunes filles.

Le manque d'assainissement peut être évalué en termes de dommages économiques dus à la **perte de productivité** (journées de travail perdues pour maladies ou garde d'enfants, temps passé à faire la queue devant des latrines publiques ou à chercher des endroits isolés) et aux **dépenses de santé**.

## B. Conséquences environnementales

Près de 90 % des rejets domestiques et industriels dans le monde sont déversés sans aucune épuration dans les milieux naturels<sup>6</sup>, modifiant ainsi les conditions de vie des animaux et végétaux qui les peuplent. Parmi ces rejets, 200 millions de tonnes d'excréments humains finissent chaque année dans les rivières.

Il est possible de distinguer trois grandes catégories de pollutions domestiques aux caractéristiques et aux conséquences variables : les matières organiques, les nutriments et les micropolluants depuis la seconde moitié du 20<sup>ème</sup> siècle.

### 1. Matière organique et respiration aquatique

#### a. Caractéristiques de la matière organique

La matière organique est le terme qui englobe tout ce qui est vivant ou l'a été ; l'autre terme employé est la matière carbonée. Dans un cours d'eau, elle comprend le matériel végétal mort et la matière organique animale provenant des excréments et des cadavres des animaux. Les populations humaines sont à l'origine de rejet dans les cours d'eau de matières organiques d'origine agricole (engrais, lisier), industrielle et domestique (matières fécales, restes alimentaires).

Un déversement de matière organique génère une réponse de l'écosystème. Partiellement biodégradable, la matière organique présente en petite quantité est assimilée par des micro-organismes. C'est le phénomène d'**autoépuration** du milieu permettant de dégrader une pollution légère. L'autoépuration assure en outre le recyclage naturel des réserves minérales d'azote et de phosphore nécessaires aux producteurs primaires en plus de l'énergie lumineuse et du dioxyde de carbone. La décomposition de la matière organique est réalisée par des bactéries dites aérobies, qui en respirant consomment du **dioxygène** dissous dans l'eau.

#### b. Conséquences sur les conditions de respiration dans les écosystèmes aquatiques

L'urbanisation de nos sociétés concentre les populations ainsi que leurs déchets. L'agrégation des flux d'eaux usées implique de très forts rejets de matière organique. Dans le meilleur des cas, l'exutoire est situé au niveau des stations d'épuration, où malgré un abattement plus ou moins important en fonction du niveau de traitement, il peut se produire une augmentation de la quantité de matière organique dans le cours d'eau.

---

<sup>6</sup> Assurer l'assainissement pour tous, Arene Île-de-France, pS-Eau, SIAAP, 2009.



Le déversement d'une quantité importante de matière organique provoque des dysfonctionnements dans les cours d'eau. Lorsque le milieu ne parvient plus à éliminer cette matière organique, les capacités d'autoépuration du cours d'eau sont dépassées. L'écosystème aquatique peut alors subir de forts déséquilibres car la décomposition par les micro-organismes aquatiques s'accompagne d'une **baisse de la teneur en dioxygène dissous**, au détriment de la respiration des poissons et des autres espèces hétérotrophes du milieu.

Les faibles concentrations en dioxygène dans l'eau font de la respiration un facteur limitant pour le développement des poissons ; le coût énergétique de l'extraction de l'oxygène est en effet élevé et affecte les autres activités de leur organisme : nutrition, locomotion, reproduction. L'exigence en dioxygène des poissons est variable selon les espèces et dépend de nombreux facteurs : l'activité alimentaire, le type d'habitat, le cycle de reproduction et l'activité natale. Dans les cours d'eau français, les plus exigeants sont les salmonidés (Truite, Saumon), pour lesquels des concentrations supérieures à 5 mg/L sont vitales. C'est l'une des raisons pour lesquelles ces poissons se trouvent dans les petites rivières froides et à courant rapide en tête de bassin. À l'opposé, certains poissons tolèrent de faibles taux de dioxygène dissous ; la Carpe peut ainsi survivre à des concentrations de l'ordre de 0,5 mg/L.

## 2. Azote-phosphore et eutrophisation

### a. Caractéristiques des nutriments

Les termes nutriments ou éléments nutritifs désignent les composés chimiques utilisés par les organismes autotrophes pour synthétiser de la matière vivante lors de la photosynthèse. Les plus importants sont l'azote et le phosphore. Les nutriments se présentent sous des formes chimiques variées ou sous forme libre : ions azotés (ammonium  $\text{NH}_4^+$ , nitrites  $\text{NO}_2^-$ , nitrates  $\text{NO}_3^-$ ) et phosphorés (phosphates  $\text{PO}_4^{2-}$ ), ainsi que les silicates ( $\text{SiO}_2$ ), chlorures (Cl), sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) et carbonates ( $\text{CO}_3^{2-}$ ). Ces éléments conditionnent le développement des végétaux et du phytoplancton ; ils sont à ce titre à la base de l'écosystème aquatique. L'Homme peut être à l'origine de la dispersion de nutriments dans un cours d'eau selon deux sources principales : les rejets domestiques et agricoles (engrais pour les cultures, effluents d'élevage). Seuls les effluents domestiques entrent dans le cadre de l'assainissement et sont donc abordés ici.

#### - Azote

Dans les eaux usées, l'azote est présent sous les formes organique et ammoniacale ( $\text{NH}_4^+$ ). Au cours des procédés d'épuration des eaux, ces composés sont transformés en nitrates par l'action de certaines bactéries. En Europe, depuis la Directive relative au traitement des Eaux Résiduaires Urbaines (DERU) de 1991, une grande partie des nitrates est transformée en azote gazeux et ne se retrouve plus dans les cours d'eau.

#### - Phosphore

Le phosphore contenu dans les eaux usées est issu essentiellement des détergents et produits d'hygiène. Des procédés d'épuration adaptés (déphosphatation) et l'arrêt de l'utilisation des polyphosphates dans les lessives limitent aujourd'hui le rejet de composés phosphorés dans certains pays.

Il apparaît donc clairement qu'en dehors des procédés d'épuration poussés mis en place dans certaines agglomérations des pays développés, de grandes quantités de nutriments parviennent aux cours d'eau.

### b. Conséquences de l'enrichissement d'un cours d'eau en nutriments

Les masses d'eau contenant de fortes concentrations en nutriments peuvent devenir impropres à la consommation humaine. Les nitrates sont sans danger pour l'Homme, mais ils peuvent se transformer en nitrites, dont la présence dans le sang empêche l'hémoglobine de fixer

convenablement l'oxygène. Cette transformation est possible sous l'action de bactéries présentes dans le tube digestif des nouveau-nés (méthémoglobinémie). Chez l'adulte, les nitrites peuvent se transformer en nitrosamines cancérigènes.

Concernant les écosystèmes aquatiques, les nutriments favorisent le développement des organismes photosynthétiques (phytoplancton, algues et végétaux supérieurs). Tous ces organismes sont essentiels mais lorsque leur développement est excessif du fait d'un enrichissement des eaux trop important, l'écosystème est déséquilibré, c'est l'**eutrophisation**. Dans les cours d'eau, l'eutrophisation est principalement corrélée à la quantité de phosphore présente. Le phosphore est en effet un facteur limitant comparé aux très fortes teneurs en azote. Les nitrates sont néanmoins responsables de proliférations algales dans certaines zones. À long terme, l'eutrophisation altère la qualité du milieu et diminue sa biodiversité. Les effets indésirables de la prolifération d'organismes photosynthétiques sont nombreux et concernent à la fois le milieu naturel et les usages de l'eau :

- La respiration des végétaux en surnombre génère des chutes du taux d'oxygène dissous et occasionne l'asphyxie des organismes aquatiques.
- La mort des végétaux est suivie de leur dégradation par des bactéries consommatrices elles aussi de dioxygène.
- Les eaux étant turbides, les traitements de potabilisation doivent être plus poussés et sont plus onéreux.
- Les diverses activités économiques et de loisirs liées aux cours d'eau sont perturbées.
- Les opérations de nettoyage et de faucardage représentent un coût important.

Dans les petites rivières et les lacs, l'eutrophisation se manifeste par une croissance excessive de végétaux fixés qui encombrant le lit du cours d'eau ou le plan d'eau. Dans les grands cours d'eau, l'eutrophisation prend la forme d'efflorescences algales (ou blooms algaux) constituée par un développement intense de phytoplancton. Ces événements saisonniers ont lieu au printemps et sont particulièrement gênants pour la production d'eau potable. Suite à ce type d'événement, la présence de grandes quantités de matières organiques dissoutes entraîne la baisse de la teneur en dioxygène dans l'eau.

Si l'accent a été mis sur les facteurs anthropiques de l'eutrophisation, il faut souligner que d'autres paramètres influent sur le développement algal. La lumière ou encore la disponibilité de silicates apportés par l'érosion des roches sont essentiels et contrôlent en grande partie ce phénomène.

### **3. Micropolluants et toxicité**

#### **a. Caractéristiques des micropolluants**

Les activités agricoles, industrielles et tertiaires ont entraîné la dispersion volontaire ou accidentelle de nombreux composés présentant divers degrés de toxicité. Les trois compartiments que sont l'air, le sol et l'eau sont concernés. Ces produits dits toxiques sont très variés mais ont tous en commun le fait d'être absents de l'environnement naturel dans les quantités détectées. Ils sont considérés comme toxiques car un contact donné avec ces produits altère une ou plusieurs fonctions métaboliques chez l'organisme concerné. Il est possible de distinguer les polluants inorganiques et les polluants organiques.

L'assainissement des eaux usées a connu plusieurs phases : d'abord axé sur l'abattement des matières organiques, l'élimination des nutriments est un grand chantier depuis quelques décennies. Aujourd'hui, la question de la dégradation des micropolluants est posée du fait de la multiplication des polluants et des découvertes concernant leur toxicité. Cependant, il faut considérer la quasi absence de traitement à l'échelle mondiale de ces divers micropolluants, participant au déficit global d'assainissement.

### ▪ **Pollutions métalliques**

Les métaux sont un facteur clef du développement des sociétés humaines qui ont de tous temps exploité ces ressources. Ils sont présents dans l'environnement sous forme pure, d'oxyde ou de sulfure dans les minerais. Contrairement à d'autres types de pollutions, la pollution métallique n'est pas née avec la révolution industrielle, des épisodes de forte contamination métallique ont en effet été mis en évidence bien avant le début de notre ère (par exemple à l'âge de fer). La production d'énergie par combustion du charbon et du pétrole, les industries de métallurgie et de construction sont cependant bien corrélées aux contaminations métalliques plus récentes.

Si les sources diffuses de pollution métallique ne sont pas maîtrisées, les sources ponctuelles (effluents urbains, rejets industriels) peuvent aujourd'hui faire l'objet d'une surveillance particulière. D'une manière générale, les métaux sont très mobiles et se déplacent entre l'atmosphère, le sol, les milieux aquatiques et les êtres vivants. Lors de ces nombreux transferts, les métaux se trouvent sous différentes formes que l'on peut classer selon leur biodisponibilité. Elle dépend du caractère labile du métal. Un métal labile est sous forme d'ion libre, de complexe minéral ou de complexe organique peu stable. Les métaux non labiles sont sous des formes plus complexes et sont liés à des particules organiques ou à des particules macroscopiques.

Si de nombreuses caractéristiques sont communes aux métaux, il subsiste une grande variabilité de leur comportement dans l'environnement et de leurs effets sur les écosystèmes et la santé.

### ▪ **Pollutions chimiques**

L'industrie chimique a conduit à la création et la dispersion dans l'environnement de nombreuses molécules dont la toxicité est avérée. La variété de ces molécules organiques de synthèse illustre une métamorphose de notre société et offre des domaines d'application très nombreux : industries pharmaceutiques, cosmétiques et de traitement de surface. De nouvelles molécules apparaissent chaque année et s'ajoutent au panel de substances dispersées dans l'environnement. En règle générale, leurs concentrations dans le milieu sont très faibles, mais les organismes aquatiques en contact régulier avec le contaminant subissent néanmoins une grande variété d'effets toxiques. Face aux risques environnementaux générés par l'introduction de nombreuses substances chimiques, la réglementation européenne REACH (enRegistrement, Évaluation, Autorisation et restriction des substances CHimiques) est entrée en vigueur en 2007. Elle a pour objectif de protéger la santé humaine et l'environnement contre les risques que peuvent poser les produits chimiques, et de faire porter à l'industrie la responsabilité d'évaluer et de gérer ces risques, et de fournir des informations de sécurité adéquates à leurs utilisateurs.

Les PolyChloroBiphényles (PCB) peuvent être cités en exemple pour leur toxicité à très faible dose. Du fait de leur liposolubilité et de leur rémanence, ils se rencontrent fréquemment dans l'environnement : dans les sédiments, mais aussi concentrés dans les graisses animales, en particulier des animaux aquatiques. Ces animaux peuvent ensuite transporter ces polluants via la chaîne alimentaire. Comme les autres êtres vivants, l'Homme peut subir une contamination par voie cutanée, digestive ou respiratoire du fait d'empoisonnements par contacts réguliers avec de petites doses ou de contaminations accidentelles. Les PCB sont des cancérigènes probables, des perturbateurs endocriniens (paragraphe suivant) et des mutagènes avérés. Un autre exemple concerne les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP), fortement toxiques pour les organismes aquatiques. Transformés au sein des organes internes des poissons, ils génèrent divers effets mutagènes, cancérigènes et perturbateurs endocriniens. Chez l'Homme, l'intoxication est due à l'inhalation d'air contaminé, l'ingestion ou le contact cutané avec des matières polluées.

### ▪ **Substances médicamenteuses et perturbateurs endocriniens**

Les glandes endocrines sécrètent des hormones qui agissent comme des messagers chimiques. Ces hormones déclenchent des réactions spécifiques régulant de nombreuses fonctions de l'organisme, telles que la croissance, la reproduction et le comportement. Or, parmi les milliers de molécules chimiques introduites dans l'environnement, certaines sont soupçonnées d'avoir des effets similaires à ceux des hormones naturelles et de perturber le système reproducteur, les perturbateurs endocriniens : des œstrogènes médicamenteux, des pesticides organochlorés (DDT), des plastifiants (bisphénol A, phtalates), des dioxines (PCB).

Plusieurs études ont montré que dans certains cours d'eau, une forte proportion d'organismes aquatiques mâles, notamment des poissons (Gardons, Truites) présentaient des signes de féminisation. Les hormones naturelles et de synthèse présentes dans les pilules contraceptives et d'autres produits pharmaceutiques rejetés dans les eaux usées seraient responsables de ce phénomène, qui pourrait se traduire par un déclin des populations. Les crustacés sont eux aussi sensibles aux perturbateurs endocriniens. L'Écrevisse de Louisiane est perturbée par l'exposition au cadmium, dont les effets sont visibles au niveau de sa fécondité et de son éclosion.

## **b. Conséquences des toxicités sur les êtres vivants**

### **▪ Contamination des êtres vivants**

Une partie seulement de la quantité totale d'une substance présente dans l'environnement est absorbable par un être vivant : la fraction biodisponible. La quantité de polluants qui passe dans le système digestif des animaux sans être absorbée est exclue. L'absorption de la fraction biodisponible d'un polluant est la **bioaccumulation**.

Chez les végétaux, il s'agit des mécanismes d'absorption racinaires et foliaires. Chez les animaux, les processus concernés sont variés : les mécanismes respiratoires, digestifs, transcutanés et transbranchiaux. Le poisson est tout particulièrement révélateur de la contamination de son environnement car il est par nature totalement inféodé aux cours d'eau. Il est concerné par deux voies principales d'absorption : l'ingestion de nourriture et la filtration continue d'eau au niveau branchial.

Parmi les différents phénomènes de bioaccumulation, sont distinguées la bioconcentration et la bioamplification. Lorsque les polluants proviennent de l'eau environnante et que leur concentration dans un organisme est supérieure à leur concentration dans l'environnement, on parle de **bioconcentration**. Lorsque les polluants s'accumulent dans un organisme proviennent de proies contaminées, on utilise le terme de **bioamplification**.

Tous les organismes subissent, à des degrés divers, le phénomène de bioaccumulation. En conséquence, la concentration augmente le long d'une chaîne trophique dans un environnement contaminé ; les concentrations maximales étant obtenues chez les carnivores secondaires. Les polluants pas ou très peu biodégradables sont caractéristiques de ce phénomène.

### **▪ Différents types de toxicité**

Une toxicité s'établit selon les quantités absorbées et la durée d'exposition à une substance donnée.

#### **- Toxicité aiguë**

Elle provoque la mort ou des altérations physiologiques très graves après un court délai suivant l'absorption d'une dose importante d'une substance nocive. En guise d'exemple de ce type de toxicité très spectaculaire, citons l'inhalation de monoxyde de carbone par tout invertébré terrestre, l'ingestion d'un insecticide organophosphoré, de cyanure à de très faibles doses ou encore l'exposition d'un végétal à de faibles concentrations d'ozone.

#### **- Toxicité subaiguë**

Elle se caractérise par le fait qu'une proportion significative de la population peut survivre à l'intoxication tout en présentant des signes physiques de l'intoxication. Il peut s'agir du contact avec de moindres concentrations des mêmes substances que celles associées à une toxicité aiguë.

#### **- Toxicité à long terme**

C'est le cas le plus courant. Elle est la manifestation du risque lié au contact prolongé à de très faibles concentrations de polluants. L'exposition permanente est généralement la conséquence de la contamination de l'environnement direct de l'individu considéré (air, eau, sol).

L'étude de la toxicité parmi ce cocktail de substances diverses n'en est que plus difficile. En effet, deux ou plusieurs substances peuvent voir leur toxicité modifiée par cette cohabitation. Il y a antagonisme lorsque les effets toxiques de deux substances se compensent ou s'annulent, et potentiation lorsque l'effet toxique observé dépasse les effets cumulés des deux substances prises isolément.

#### **▪ Principaux effets de l'exposition à des polluants**

La diversité des micropolluants, organiques ou minéraux, va de pair avec la variété des types de toxicité. Des effets toxiques peuvent être observés chez les végétaux à différents niveaux, les différents herbicides sont une utilisation de cette toxicité qui peut se localiser sur les feuilles et le système racinaires, altérer la croissance ou la germination. Les animaux dont l'organisme est plus complexe peuvent être sujets à de nombreux types de toxicité.

#### **- La perturbation des fonctions vitales**

L'impact peut se localiser au niveau du système respiratoire, des organes dits « détoxifiants » (foie, reins), ou encore du système immunitaire.

#### **- La neurotoxicité**

Elle concerne les cellules du système nerveux. Un blocage de leur fonction, même très bref, induit de graves lésions pouvant être fatales.

#### **- La perturbation endocrinienne**

Il s'agit de l'action du polluant toxique sur l'activité hormonale de l'animal. Elle peut, d'une part, être liée à l'action sur une glande endocrine. D'autre part, elle peut résulter d'une neurotoxicité perturbant le système hormonal. Les équilibres neuroendocriniens sont en effet essentiels pour l'équilibre hormonal de l'organisme.

#### **- Les perturbations de la fécondité**

La fécondité peut être affectée par action directe sur les gonades ou en agissant sur l'embryon. Certains toxiques aux effets tératogènes induisent des malformations corporelles chez la descendance de l'individu exposé au toxique.

#### **- L'allergogénèse**

C'est, chez l'Homme, l'effet le plus courant consécutif à l'exposition à de très nombreuses substances minérales et organiques générant différentes réactions allergiques. L'asthme est une manifestation caractéristique des toxiques aériens, plus répandue en milieu urbain.

#### **- La génotoxicité**

L'expression de ce type de toxicité est la mutagenèse. Un effet mutagène affecte le code génétique d'une cellule. Ces effets peuvent être à l'origine de l'apparition de cancers (effets carcinogènes).

### III. PERSPECTIVES

#### A. Eau et assainissement au cœur des enjeux de l'ONU

Une prise de conscience de la priorité à donner à l'assainissement se produit depuis quelques années. L'Assemblée générale des Nations unies a ainsi proclamé 2008 Année internationale de l'assainissement.

Quelques années plus tôt, en 2000, l'assainissement fait partie des **objectifs du millénaire pour le développement (OMD) : diviser par deux le pourcentage de personnes n'ayant pas accès à des sanitaires d'ici à 2015.**

Les objectifs du millénaire pour le développement ont été rédigés par le Programme des Nations unies pour le développement (PNUD) sur la base d'une idée directrice : l'inégalité de la condition humaine dans le monde n'est pas inéluctable et il convient de réduire les facteurs qui en sont responsables, tels que l'assainissement. Ils ont pour but de réduire d'ici à 2015 la pauvreté extrême et d'accroître la liberté humaine. Les thèmes dominant la réflexion développée dans les OMD sont la pauvreté, la faim, l'éducation, la santé et l'égalité des sexes.

L'objectif 7, intitulé « *Préserver l'environnement* », inclut les problématiques liées à l'eau. La cible 7.C. en particulier, « *Réduire de moitié, d'ici à 2015, le pourcentage de la population qui n'a pas d'accès à un approvisionnement en eau potable ni à des services d'assainissement de base* », propose une réflexion sur une gestion globale et durable de la ressource en eau. Cependant, la question de l'eau est présente dans chacun des huit objectifs.

Depuis 1990, le nombre de personnes utilisant des installations sanitaires améliorées a augmenté de plus d'un milliard. Le taux de couverture par un assainissement de base est ainsi passé de 18 % à 35 % entre 1990 et 2004 en Asie du Sud. Néanmoins, un pourcentage peut masquer une réalité différente. Si partout dans le monde le pourcentage de personnes n'ayant pas accès à des infrastructures d'assainissement baisse, il convient de garder à l'esprit que le nombre de personnes continue quant à lui d'augmenter, du fait de l'accroissement démographique (en Afrique, le nombre de personnes non équipées est ainsi passé de 353 000 à 463 000 en quinze ans)<sup>7</sup>.

Pour conclure, malgré les améliorations en cours, il est d'ores et déjà établi que les OMD en matière d'assainissement ne seront pas atteints partout : on estime qu'il faudra attendre 2019 pour l'Asie du Sud et 2076 pour l'Afrique.

#### B. Comblement du déficit d'assainissement

Le déficit d'assainissement apparaît comme un révélateur de pauvreté et les conséquences des maladies hydriques qui lui sont associées sont, à l'échelle mondiale, dramatiques et diverses.

Il est apparu que les projets de traitement des eaux usées se montrent plus efficaces que ceux favorisant l'approvisionnement en eau potable ; une amélioration de l'assainissement permet de réduire la morbidité diarrhéique de 36 %, tandis qu'une amélioration de la qualité de l'eau potable permet de l'abatre de 16 %<sup>8</sup>. Pourtant les projets d'adduction d'eau potable sont souvent privilégiés, ce besoin étant plus aisément identifiable.

Certaines études socio-économiques ont mis en évidence que le combat mené par les institutions internationales, les États, les collectivités, les ONG et autres structures diverses pour combler ce déficit d'assainissement pourrait être gagné à condition d'y consacrer les fonds nécessaires.

Selon les Nations unies, il faudrait 10 milliards de dollars par an pendant dix à vingt ans pour gagner la bataille de l'assainissement, soit :

- moins de 1 % des dépenses militaires mondiales ;

<sup>7</sup> Assurer l'assainissement pour tous, Arene Île-de-France, pS-Eau, SIAAP, 2009.

<sup>8</sup> Eau, hygiène, assainissement pour les populations à risque, Action contre la faim, Hermann, 2006.

- un tiers des dépenses mondiales en bouteilles d'eau ;
- l'équivalent de ce que les Européens dépensent chaque année en glaces.

En outre, les investissements dans l'assainissement sont particulièrement rentables : chaque dollar investi dans l'assainissement se traduit en moyenne par un retour sur investissement de 7 dollars<sup>9</sup>.

I. UNE COUVERTURE EN ASSAINISSEMENT INSUFFISANTE .....	1
A. Assainissement et ressource en eau .....	1
1. Cycle technique de l'eau et assainissement.....	1
2. Principales fonctions de l'assainissement .....	1
B. Ampleur du déficit d'assainissement.....	2
1. Déficit dans la population mondiale.....	2
2. Déficit par pays.....	2
II. CONSÉQUENCES DU DÉFICIT D'ASSAINISSEMENT.....	4
A. Conséquences sanitaires .....	4
1. Maladies hydriques.....	4
2. Micro-organismes responsables des maladies hydriques .....	4
a. Virus .....	5
b. Bactéries .....	5
c. Champignons .....	6
d. Protozoaires .....	6
e. Vers et œufs parasites .....	7
3. Répercussions socio-économiques .....	8
B. Conséquences environnementales .....	8
1. Matière organique et respiration aquatique .....	8
a. Caractéristiques de la matière organique.....	8
b. Conséquences sur les conditions de respiration dans les écosystèmes aquatiques .....	8
2. Azote-phosphore et eutrophisation.....	9
a. Caractéristiques des nutriments .....	9
b. Conséquences de l'enrichissement d'un cours d'eau en nutriments .....	9
3. Micropolluants et toxicité.....	10
a. Caractéristiques des micropolluants .....	10
b. Conséquences des toxicités sur les êtres vivants.....	12
III. PERSPECTIVES.....	14
A. Eau et assainissement au cœur des enjeux de l'ONU.....	14
B. Comblement du déficit d'assainissement .....	14

---

<sup>9</sup> OMS.