

## APPROVISIONNEMENT EN EAU ET ASSAINISSEMENT EN MILIEU TROPICAL

P. HARTEMANN

• Département environnement et santé publique, INSERM U420, Faculté de Médecine, Université H. Poincaré, 54000, Nancy 1.

*Med. Trop.* 2001 ; **61** : 210-213

En mars 2000 le Forum mondial de l'Eau de La Haye débutait sur le constat suivant : « un habitant de la planète sur cinq (1,2 milliard) n'a pas d'eau potable et un sur deux (3 milliards) n'est pas relié à un système d'assainissement pour l'évacuation de ses eaux usées ; 3,4 millions d'êtres humains meurent chaque année de maladies liées à l'eau. La moitié d'entre eux sont des enfants. Il y aura 8 milliards d'habitants en 2025 qui vivront à 60 % dans les villes. Trois milliards d'entre eux auront moins de 1 700 m<sup>3</sup> d'eau par an, seuil d'alerte » retenu par l'ONU et beaucoup, moins de 500 m<sup>3</sup>, niveau de pénurie généralisée. Des cinq continents, 97,5 % de l'eau est salée et impropre à la consommation. Des 2,5 % restant, les deux tiers (1,6 % du total) sont de l'eau glacée. Le solde est souvent physiquement inaccessible ou survient au mauvais moment (moussons) ou au mauvais endroit (inondations). La ressource en eau douce aisément utilisable représente moins de 0,1 % des eaux de la planète.

Soixante-dix p. 100 de l'eau disponible est actuellement utilisée pour l'agriculture à des fins alimentaires. Dix pour cent sert à l'industrie et aux usages municipaux et domestiques. Le reste va à la production d'électricité (hydroélectrique et refroidissement des centrales), la navigation et les loisirs. Du fait de l'urbanisation et de l'accroissement démographique, les usages municipaux et domestiques font un bond de 40 % dans les 20 prochaines années et les usages agricoles (irrigation) de 17 %. La demande énergétique et industrielle ira elle aussi en augmentant.

Des systèmes de drainage insuffisants ou défectueux ont entraîné la salinisation de 50 millions d'hectares irrigués, soit 20 % de ces terres jusqu'à la fin des années 1980. La moitié de l'eau distribuée au Caire et à Mexico est actuellement perdue en raison de fuites dans les réseaux. La surexploitation des nappes souterraines réduit parfois de plusieurs mètres par an le niveau de celles-ci. Elle compromet la survie alimentaire de nombreuses régions, par exemple en Chine et au Mexique.

La moitié des fleuves et des lacs européens et nord-américains sont « gravement pollués ». La situation est encore plus grave dans les pays en développement ; 20 % des espèces aquatiques ont disparu dans les dernières années ou sont menacées d'extinction. La capacité des barrages diminue de 1 % par an en raison de la sédimentation alors que très peu de nouveaux ouvrages sont construits. En l'état actuel des

choses, une crise de l'eau mondiale pourrait être déclenchée par trois ans successifs de sécheresse, des inondations dans une partie de la planète ou un série d'épidémies dues à l'eau. L'ONU a recensé une soixantaine de foyers de tension liés à de graves pénuries d'eau, la plupart étant en Afrique et au Proche et Moyen-Orient.

Or l'OMS avait adopté en 1980 une stratégie pour l'instauration de la Santé pour tous en l'an 2000 dont certaines des buts avaient trait à l'eau et à l'assainissement : toutes les populations devraient disposer de quantités suffisantes d'eau potable d'ici 1980, ainsi que de moyens d'élimination des excréta et d'assainissement. Les années 80 avaient été instituées décennie de l'eau par toutes les agences internationales pour atteindre ces buts. Vingt ans après, il est clair que les objectifs n'ont pas été atteints, en particulier en zone tropicale qui pourtant n'est pas la plus défavorisée sur le plan de la ressource en eau, par rapport par exemple à l'Afrique du Nord (210 m<sup>3</sup> de ressources en eau renouvelables disponibles par habitant et par an). Il est utile de s'intéresser aux raisons qui ont conduit à cet échec, même si localement des progrès ont été enregistrés.

De nombreux facteurs entrent en ligne de compte, en particulier l'absence de moyens financiers adaptés, mais aussi la répartition très inégale de l'eau, la croissance démographique, l'urbanisation galopante, et la non prise en compte des effets positifs sur la santé par la population elle-même.

En effet, il est difficile de démontrer ce qui apparaît à nos yeux de spécialistes de santé des pays riches comme une évidence. Si la fourniture d'eau potable améliore clairement l'espérance de vie, en particulier par la réduction de la mortalité infantile, la démonstration des effets bénéfiques de l'assainissement est plus délicate. L'OMS avance des chiffres de 30 % de réduction de la morbidité infectieuse dans les quelques études réalisées sur ce sujet, dans des conditions qu'un épidémiologiste rigoureux ne reconnaîtrait pas comme faisant partie de l'*evidence based medicine*. Et pour ces populations habituées à un certain mode de vie ancestral, le gain n'apparaît a priori pas assez évident pour justifier les frais liés à la mise en place d'un assainissement collectif. Il convient donc probablement de revoir la stratégie et nous proposerons successivement d'étudier l'évolution historique puis les modifications techniques dans ce domaine.

## HISTORIQUE DE L'APPROVISIONNEMENT EN EAU ET DE L'ASSAINISSEMENT

En Europe, si la nécessité d'une eau saine est connue depuis l'antiquité gréco-romaine, ainsi que les bases de l'assainissement, l'évolution des populations a conduit à une régression majeure dans ce domaine, au point qu'il a fallu attendre le 19<sup>e</sup> siècle pour que l'on passe du stade de la croyance et des mesures de précaution à celui de la connaissance et des mesures de prévention adaptées au danger bactérien (*Vibrio cholerae*, *Salmonella typhi*, etc.). Le risque viral n'a lui été découvert que dans les années 1950 avec la poliomyélite, dont on pense que l'épidémie est liée en partie à un assainissement collectif mal maîtrisé, rassemblant les virus dans les ressources en eau sans traitement permettant de les éliminer, puisque l'on vivait sur le concept de germes indicateurs de contamination fécale transformés à tort en indicateurs d'efficacité de traitement et donc de qualité de l'eau. De même, le risque parasitaire n'a été que très récemment pris en compte, après des épidémies fameuses telles celle de Milwaukee en 1993.

De nouvelles pathologies ont bien montré que certaines infections liées à l'eau, surtout dans les activités de loisirs, n'avaient plus rien à voir avec le péril fécal, par exemple : les légionelles (voie respiratoire - aérosols), les mycoses et mycobactéries atypiques (voie cutanéo-muqueuse), les pathologies chez des sujets affaiblis provoquées par des microorganismes aquatiques (*Aeromonas*, *Pseudomonas*), les pathologies anciennement considérées comme non-infectieuses (ex : ulcère de l'estomac) dont le germe responsable (*Campylobacter pylori*) est peut-être lié à l'eau.

Nous ne rappelons pas ce qui figure dans tous les traités sur la liste des classiques agents pathogènes transmissibles par voie hydrique.

Du nouveau tableau des risques infectieux par transmission hydrique, résultent quelques conséquences importantes : la recherche des germes pathogènes apparaît être un examen encore plus inutile qu'auparavant : devant la multiplicité des bactéries, virus et parasites pathogènes, susceptibles de se trouver dans une eau, il est impossible, économiquement et techniquement, d'effectuer de telles recherches, parce que : leur présence est souvent périodique, d'apparition inopinée, même dans une eau fréquemment soumise à une pollution fécale ; de telles recherches pour avoir un intérêt devraient être pratiquées très fréquemment, voire en permanence, pour tous les pathogènes envisageables ; il est probable que la liste des pathogènes transmissibles par l'eau n'est pas encore close (la permanence des épidémies d'origine inconnue en témoigne) et que, de ce fait, on n'est pas capable techniquement de rechercher tous les germes susceptibles d'être dangereux.

En second lieu, si l'on attend de découvrir la présence effective de pathogènes dans l'eau pour agir, celle-ci a déjà été consommée ou utilisée au moment de cette découverte et les consommateurs ont donc pu être contaminés avant celle-ci. Il apparaît préférable de disposer d'un signal permettant d'envisager non pas la présence réelle, mais la possibilité de présence de pathogènes, cette simple possibilité

devant entraîner une action préventive pour éviter que, de potentiel, ce danger ne se transforme en réel.

Or Escherich, en 1885, avait mis en évidence des bactéries considérées comme caractéristiques des matières fécales, matières fécales humaines ou provenant d'animaux susceptibles d'abriter des pathogènes transmissibles à l'homme, dans lesquelles elles se multiplient spécifiquement et en grande abondance. La présence dans une eau de tels germes, *a priori* non pathogènes puisque hôtes normaux de l'homme sain, prouve que cette eau a subi une contamination fécale, qui peut ou non être dangereuse selon que, parmi les individus concourant à cette pollution se trouvent ou non des porteurs de germes pathogènes. Ces bactéries d'Escherich, qui seront appelées *Escherichia coli*, ainsi que d'autres étudiées ultérieurement dans cette même optique, furent désignées sous l'expression de « germes tests de contamination fécale », leur présence dans l'eau constituait le signal d'alarme envisagé ci-dessus, démontrant une possibilité, mais une simple possibilité, de présence de pathogènes, donc de danger éventuel pour la santé des consommateurs.

Les différentes instructions et circulaires qui se sont succédées en France de 1924 à 1962, citent les « germes tests » à prendre en compte, en fonction de l'évolution de nos connaissances en ce domaine : *Escherichia coli*, streptocoques fécaux, *Clostridium* sulfito-réducteurs, bactériophages fécaux. Ces textes décrivent la concordance entre les qualités que l'on doit exiger de ces indicateurs et celles que l'on peut attribuer à ces divers germes. Cette dernière appréciation varie d'ailleurs selon les circulaires, en fonction des travaux de recherche effectués entre chacun d'entre elles. Finalement, depuis les années soixante, deux germes tests jouent un rôle principal : les *Escherichia coli* et les streptocoques fécaux.

Tous les textes de l'OMS prescrivent leur absence dans toute eau destinée à l'alimentation. L'absence de *Clostridium* sulfito-réducteurs (sous la forme de spores) n'est obligatoire que dans les eaux distribuées sans traitement. Ceci doit les faire considérer plus comme témoins d'une protection insuffisante des nappes souterraines que comme tests de contamination fécale, au même titre que les variations des concentrations globales des bactéries. Quant à la recherche des bactériophages fécaux ou des pathogènes, elle reste recommandée, plutôt sous forme incantatoire.

Les qualités exigibles de ces germes tests de contamination fécale sont leur spécificité, leur sensibilité, et leur résistance. Par ce terme de résistances, on entend la survie de l'indicateur dans les milieux naturels, et la résistance aux traitements désinfectants, qui doit être aussi grande que celle des pathogènes redoutés. Ceci traduit un glissement de la notion d'indicateur à celle de test ce qui pourrait se formuler de la façon suivante : si deux microbes, un pathogène et un indicateur, sont simultanément présents dans les matières fécales au moment de leur émission, la présence ou l'absence du microbe indicateur, recherché ultérieurement dans un autre milieu, ne peuvent être considérées comme témoignant valablement de la présence ou de l'absence simultanée du microbe pathogène que si le devenir de ces deux microbes a été exactement le même entre le moment de l'émission des

matières fécales et celui de la recherche de l'indicateur dans cet autre milieu. La valeur et la signification des indicateurs fécaux sont étroitement liées à la similitude de leurs comportements et de ceux des pathogènes correspondants, dans les diverses circonstances de leurs devenir.

À la fin du siècle dernier, la filtration sur sable était le seul traitement connu et en même temps que l'on constatait que les épidémies de choléra et de typhoïde étaient en relation avec la consommation d'eau polluées par les égouts, on observait que lorsque celles-ci étaient filtrées, le risque sanitaire semblait diminuer. Une preuve éclatante en fut donnée en 1892 lorsque l'Elbe, en amont de Hambourg, fut contaminé par un camp d'immigrants atteints du choléra. Cette ville, dont l'eau puisée dans le fleuve était soumise à une simple décantation, connut une épidémie qui fit 7 500 victimes. La population de la cité voisine d'Altona, consommant la même eau, mais filtrée, fut quasiment saine et sauve. Plus tard, on chercha non plus seulement à retenir les germes dans des filtres, mais à les tuer par les procédés chimiques : chlore, ozone, iode, permanganate. Ceci tend à limiter l'intérêt de la recherche des germes de contamination fécale si ceux-ci ont une résistance différentielle par rapport aux pathogènes vrais.

Au cours de ces dernières décennies, on prit de plus en plus conscience que ces traitements chimiques, pouvaient entraîner des nuisances par formation de produits secondaires. Ceux-ci peuvent avoir une action sur la santé des consommateurs soit directement, par une toxicité propre, soit indirectement par altération de la qualité organoleptique de l'eau : l'usager peut alors se détourner de l'eau de distribution et, surtout en milieu rural, préférer l'eau de puits privés, non contrôlée et souvent contaminée.

De nombreuses études portèrent sur la formation de ces sous-produits, mettant en évidence le rôle des matières organiques contenues dans l'eau, et leur action initiale sur des oxydants, notamment chlorés, inhibant de ce fait leur activité désinfectante, et la formation de produits soit malodorants soit toxique, comme les haloformes ; le support nutritif qu'elles apportent au développement des bactéries banales de l'eau, aux exigences qualitativement réduites (au contraire des bactéries pathogènes fécales. Ce développement, s'il entraîne aucune conséquence grave du point de vue microbiologique sur la santé des consommateurs, accroît le potentiel organique de l'eau et les nuisances qui peuvent en résulter. Ceci a conduit parfois à arrêter la chloration au mépris de toute analyse de risque et l'on dit que c'est la raison de la dernière épidémie de choléra en Amérique du Sud.

On s'est aperçu que beaucoup des « nouveaux » germes cités plus haut étaient plus résistants aux désinfectants usuellement utilisés que les germes tests. Plusieurs épidémies survenant après la consommation d'eaux polluées, mais traitées par chloration de façon à éliminer les germes tests, illustrèrent ce fait : on peut citer, entre autres, une grande épidémie d'hépatite infectieuse aux Indes atteignant des dizaines de milliers d'individus et plusieurs épidémies de giardiose et de cryptosporidiose aux États-Unis, telle celle de Milwaukee en 1993.

En France, une enquête épidémiologique, réalisée dans la région Rhône Alpes, compara les troubles gastro-intestinaux observés chez des enfants consommant les uns une eau totalement exempte de pollution fécale, les autres une eau fécalement polluée mais traitée par chloration (simple, sans autre traitement associé) suffisamment pour détruire entièrement les « germes tests » et être potable : les troubles étaient significativement plus nombreux chez les seconds que chez les premiers.

Plus récemment, des études sur le devenir des microorganismes dans les milieux naturels mirent en évidence des divergences du même type entre les « germes tests » et certains pathogènes. Des études conduites notamment dans les milieux marins, dans le cadre de la protection des conchylicultures, ont montré que des virus fécaux pouvaient être décelés dans des zones où tous les germes tests avaient disparu. Ces différences de comportements très importantes, notamment chez les virus, expliquent que les résultats expérimentaux obtenus en laboratoire ne permettent guère de prévoir ce qui se passera en réalisé in situ.

Le seul respect par une eau de boisson du critère absence de germes de contamination fécale n'est donc plus suffisant.

---

### CONSEQUENCES POUR LA STRATEGIE A MENER EN MILIEU TROPICAL

---

Il convient de bien distinguer deux situations :

- les zones rurales où les mesures classiques restent parfaitement pertinentes : création de puits avec périmètre de protection, assainissement individuel au semi collectif avec les différents modèles de latrines et utilisation de ces indicateurs comme critères de qualité puisqu'il n'y a pas de traitement.

- les zones urbanisées, de plus en plus importantes, où la distribution d'eau peut s'envisager soit sous forme d'accès à un réseau soit sous d'autres formes plus proches des situations de crise, ainsi que l'assainissement, et nous limiterons notre exposé à ces zones.

En zone urbanisée, les volumes à distribuer sont énormes, les réseaux très diffus ; on a vu que des populations n'hésitaient pas à se fournir directement sur des tuyaux, même de gros diamètre, lorsqu'ils étaient accessibles. Il faut donc enterrer les réseaux et traiter l'eau selon les standards des pays développés pour assurer une qualité telle que les usagers puissent la boire en confiance et non pas s'en servir uniquement pour se laver. Ceci n'est-il pas un luxe compte-tenu des critères de qualité de plus en plus exigeants auxquels il n'y a aucune raison de ne pas soumettre tous les pays ? Chaque habitant de la planète a droit au même niveau de sécurité sanitaire !

Il semble indispensable de réfléchir à une eau de distribution publique saine, indispensable à tous les usages de la vie domestique, non susceptible d'induire une pathologie en cas de consommation accidentelle, et à une eau conditionnée destinée à la boisson, distribuée dans des récipients de volume adapté, et non pas les bouteilles d'eau minérale

ou de source, qui représentent un gâchis monstrueux !). La croyance en la qualité des eaux embouteillées est telle que l'on a vu des armées de pays développés utiliser localement une eau dont la provenance était plus que douteuse, (mal) traitée (alors que c'est interdit !), alors qu'elle était exactement la même que celle distribuée au robinet ! Il existe maintenant des unités de traitement par ultrafiltration, bien connues des armées en campagne, et des unités de conditionnement permettant d'assurer un service peu coûteux à une population. Dans le même temps, on peut lui fournir une eau sécurisée pour ses besoins domestiques, mais dans laquelle l'absence de germes tests de contamination fécale, même assurée tant bien que mal, ne garantira pas l'absence de danger viral ou parasitaire plus résistant au traitement.

En effet, cette notion reste toujours pertinente pour apprécier le risque d'infection par des maladies d'origine fécale (péril fécal) pour une eau non traitée (eau de nappe de puits, eau de baignade). En revanche l'intervention d'un traitement peut induire la destruction de ces bactéries fragiles et livrer à la consommation une eau conforme aux normes, mais contenant encore des pathogènes plus résistants (virus et parasites). Il convient donc dans ce cas d'utiliser des indicateurs d'efficacité de traitement (microorganismes ou paramètres physico-chimiques tels que C.T.) garantissant la destruction des organismes pathogènes les plus résistants. Dans ce cadre, l'épidémie survenue en juin 1993 à Milwaukee, Etats-Unis, avec 400 000 cas de gastro-entérites à *Cryptosporidium* avec une eau conforme à tous les critères classiques de potabilité, montre bien la réalité du risque. Quant à la distribution, elle mérite aussi pour l'avenir la définition d'indicateurs de qualité adaptés.

Il apparaît certain que la recherche des germes tests a montré son efficacité dans l'amélioration de la qualité des eaux au XX<sup>e</sup> siècle. L'abondance des contaminations fécales constatées dans les distributions, en particulier de petite taille, et, proportionnellement, la rareté de la pathologie infectieuse prouvent que la réglementation assure une marge de sécurité satisfaisante. Dans l'enquête épidémiologique conduite en Rhône Alpes, on a observé que les très faibles contaminations fécales (deux ou trois germes fécaux par 100 mL) ne correspondent pas à une augmentation significative des troubles gastro-intestinaux.

Mais cependant, il paraît certain que le devenir de ces germes tests ne peut pas systématiquement témoigner du devenir de nombreux pathogènes, en particulier des virus, et que, en conséquence, l'absence de ces germes tests dans une nappe ne donne pas la certitude absolue d'une absence de pathogènes fécaux. L'absence de germes tests dans une eau est donc une condition nécessaire, qu'il faut absolument vérifier (et respecter), mais non suffisante pour donner la certitude que l'eau est dépourvue de germes pathogènes. Il est donc nécessaire en l'absence de nouveaux indicateurs assez sensibles et spécifiques pour répondre à l'exigence du contrôle sanitaire absolu, d'ajouter à l'obligation de résultat une obligation de moyens, assurant dans les meilleures conditions connues à ce jour la protection des consommateurs, même si on ne peut pas prouver analytiquement la valeur de cette protection. Ces

exigences peuvent être formulées au niveau des textes, mais aussi au niveau des installations, lors des autorisations de captage et de distribution. Elles doivent porter sur le choix de la ressource ainsi que sur la protection de celle-ci, par des périmètres et des mesures de protection appropriés ; éventuellement sur le choix des traitements, et des filières de procédés mis en œuvre (concept du CT, filtration) et sur les modalités de la distribution. On peut penser que beaucoup de pays n'en auront pas les moyens avant longtemps, et dans l'objectif d'assurer la meilleure santé aux populations pourquoi ne pas revoir la stratégie et appliquer en zone tropicale la démarche d'évaluation et de gestion des risques que nous utilisons maintenant dans tous les pays développés ?

Pour l'assainissement il convient probablement d'avoir aussi une vision plus prospective. Si la collecte est indispensable dans toutes les zones urbanisées, le réseau de tout à l'égout n'est pas forcément la seule solution. Ensuite, le traitement doit être adapté. Le lagunage est une excellente technique, à condition que la population ne se baigne pas dans la lagune et a fortiori n'utilise pas cette eau ! Les eaux usées peuvent être réutilisées, en particulier en agriculture, mais ceci justifie des exigences de qualité microbiologique trop longues à développer ici, demandant par exemple une filtration sur sable après le lagunage. Les boues doivent être également réutilisées, mais comme elles concentrent plus de 90 % des microorganismes et des polluants chimiques, il faut absolument les traiter par digestion anaérobie, stabilisation aérobie, compostage chaulage ou pasteurisation, toutes techniques bien connues, mais dont la mise en œuvre et une parfaite maîtrise du processus sont le vrai défi qui est lancé aux responsables en zone tropicale.

---

## CONCLUSION

---

La très rapide urbanisation, en zone tropicale comme ailleurs, doit nous conduire à revoir nos classiques clichés relatifs à l'eau et à l'assainissement, trop imprégnés d'une vision rurale de ces populations. Si les concepts classiques restent parfaitement adaptés aux zones rurales, il nous faut adopter une vision nouvelle pour les villes ou bidonvilles qui se développent de plus en plus. Il semble que le concept d'eau du robinet conforme à la norme de potabilité en tout lieu mérite d'être discuté dans des zones où le faible niveau de vie n'est guère compatible avec le prix à payer pour une telle qualité (pour 2 litres à boire), alors que cette eau est surtout utilisée pour des besoins sanitaires. Actuellement, les vendeurs d'eau minérale s'engouffrent dans ce marché en créant de nouvelles inégalités entre ceux qui peuvent acheter ces bouteilles et les autres. Pourquoi ne pas fournir l'eau de boisson à faible coût, alors que l'on a toute la technologie à notre disposition, mais pas la volonté politique de se heurter à de puissants lobbies ? Pour l'assainissement, il faut tenir compte de la réutilisation des eaux épurées et des boues et mettre en œuvre tout de suite des filières de collecte et de traitement adaptées ■