

Les problèmes de l'eau potable an II

Philippe Pichat

En 1976, une sécheresse aiguë et étonnante dans le Nord de l'Europe avait ému une opinion publique qui croyait jusqu'alors qu'une telle calamité ne pouvait atteindre que les pays du Sud. Cet événement, une préoccupation croissante vis-à-vis de la pollution, avait incité *L'Actualité Chimique* à nous demander de traiter « Les problèmes actuels de l'eau » ; l'article expliquait comment une utilisation inadaptée de notre planète pouvait agir défavorablement sur notre approvisionnement en eau, tant sur le plan de la qualité que de la quantité, en favorisant de surcroît sécheresses et inondations [1]. Le présent article fait le point de la situation 26 ans plus tard, alors que l'Unesco vient de déclarer 2003 « Année de l'eau ».

Le cycle de l'eau – l'eau et l'environnement

« Deçà, delà, en haut, en bas... jamais elle ne connaît la quiétude... elle n'a rien à soi mais s'empare de tout... » (Léonard de Vinci, *Carnets*).

La biosphère n'est pas peuplée de façon désordonnée par les êtres vivants, mais par des communautés – associations de micro-organismes, de végétaux, d'animaux – installées dans un milieu déterminé ; cette biomasse est sensiblement proportionnelle au volume d'eau des précipitations à la surface des terres émergées qui, arrivant au sol, peut :

- ruisseler jusque dans les océans, en empruntant ruisseaux, rivières, fleuves.

Le ruissellement est important, on s'en doute, sur les terrains imperméables, par exemple granitiques. Dans ce cas, l'eau de pluie alimente essentiellement les eaux de surface. La conséquence est qu'il n'y a que peu de ressources en eau souterraine notable (c'est le cas de la Bretagne). Une autre conséquence est qu'en fonction des précipitations, les cours d'eau ont un débit irrégulier.

- percoler, s'infiltrer et alimenter les gisements aquifères souterrains.

Contrairement au cas précédent, l'infiltration et la percolation sont considérables dans les bassins sédimentaires (Ile-de-France, Aquitaine) constitués de couches de calcaire, de marne, d'argile...

Les réserves en eau souterraine sont considérables. Elles dépassent par des puissances de 10 le volume d'eau de surface. Environ 98 % de l'eau douce serait sous la surface de la Terre ; les 2 % restants constituant les rivières, les lacs, les réservoirs naturels et artificiels. Environ 97 % de l'eau qui serait sous la surface de la Terre constitue les nappes phréatiques ; les 3 % restants qui constituent l'humidité du sol sont essentiels pour la vie végétale. A la surface de la Terre, les précipitations sont dans de nombreuses régions si irrégulières dans le temps et dans l'espace que, sans

l'apport des eaux souterraines, les rivières seraient souvent asséchées.

Les phénomènes de percolation des précipitations jouent, on s'en doute, un rôle souvent essentiel dans la réhydratation des sols ; quant au processus de rétention de l'eau, il est effectué par imprégnation des roches microporeuses et par absorption à la surface de silico-aluminates, les argiles ; celles-ci ont la propriété de « gonfler » et de retenir des quantités considérables d'eau [2]. Des substances organo-minérales (complexes argilo-humiques) et des substances biologiques (humus, mousses, végétaux) fixent, comme nous l'avons tous observé pour ces dernières dans la nature, beaucoup d'eau.

- s'évaporer, transpirer (ces deux processus sont groupés sous le nom d'évapotranspiration) par l'intermédiaire du système foliaire alimenté en eau par les racines.

La figure 1 représente le schéma simplifié du cycle de l'eau.

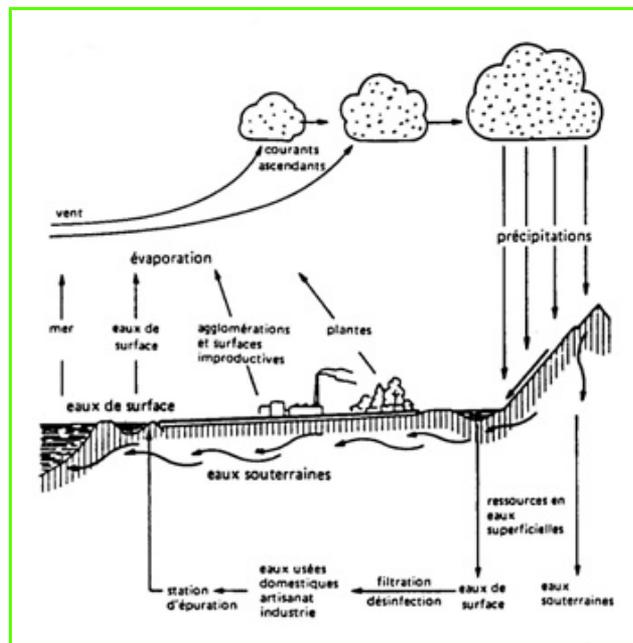


Figure 1 - Schéma simplifié du cycle de l'eau.

La vitesse de circulation de l'eau et ses implications

Le processus général de circulation des eaux dans le sol est gravitationnel, mais freiné par les phénomènes de capillarité. Il se développe dans le sous-sol des courants analogues à ceux des rivières et des fleuves. En milieu suffisamment homogène et isotrope, la vitesse de circulation de l'eau est très faible, de quelques mètres par an à quelques mètres par

jour ; alors que pour un cours d'eau de surface, la vitesse est de l'ordre du mètre par seconde. Lorsqu'un déchet sera déversé dans une eau souterraine au-dessus d'une nappe phréatique, la pollution n'apparaîtra que lentement : la contamination peut demander des années, voire des décades à se manifester.

Rappelons que la pollution est le résultat de la perturbation produite par la présence d'une substance en quantité trop importante dans un écosystème. L'humanité ne peut survivre qu'à la condition que les écosystèmes (rivières, prairies, forêts...) qui constituent notre biosphère ne soient pas trop perturbés. Le déversement des déchets dans l'environnement est une cause fréquente de pollution. Une eau de surface, par exemple celle de la Tamise, contient de l'oxygène dissout ; les poissons en ont besoin pour vivre et se développer. Quand des matières organiques y sont déversées, celles-ci sont dégradées par des micro-organismes qui consomment cet oxygène dissous. La teneur en oxygène de l'eau décroît et les espèces de poissons les plus sensibles à la teneur de l'eau en oxygène – truites, saumons, ombres – périssent en premier. La faune aquatique extrait l'oxygène de l'eau par des branchies, l'équivalent de nos poumons. En été, pour pouvoir disposer d'assez d'oxygène, ils peuvent être amenés à pomper davantage d'eau dans leurs branchies et, par là, absorber davantage de polluants.

Dans une eau de surface, une pollution peut être détectée soit directement (odeur, couleur, trouble...), soit indirectement par la mort de poissons, de crustacés, suite à un déversement d'une quantité importante de déchets tels que hydrocarbures ; c'est un cas de mort instantanée de poissons. Par contre, les éléments toxiques peuvent s'accumuler dans leurs corps : leur santé se détériore lentement, leur vie sera raccourcie, leur descendance pourra avoir des malformations, leur probabilité d'être atteint d'un cancer s'accroîtra... et ils pourront mettre en danger la santé des consommateurs... On a affaire dans ce cas, contrairement à précédemment, à de la toxicité chronique. Les mesures de toxicité aiguës sont traditionnellement effectuées sur des animaux (rats, souris...), sur de petits crustacés (daphnies...) ou sur des bactéries.

Pollution et nuisance – pouvoir auto-épurateur du sol

Notre nourriture provient principalement du sol qu'il importe donc de protéger des polluants puisqu'il fournit l'eau aux plantes qui peuvent fixer des substances toxiques dans leur système racinaire et foliaire lorsque ces substances atteignent des concentrations significatives dans le sol. Ces substances toxiques inhibent, on le sait, la croissance des végétaux, base du développement durable ; il importe de protéger contre les polluants les ressources en eau, qu'elles soient de surface (la banlieue de Paris par exemple est principalement alimentée par l'eau prélevée dans la Seine, la Marne et l'Oise) ou souterraines.

Les silicates complexes et divers carbonates qui forment le sol absorbent une partie des éléments polluants. Le sol, jusqu'à un certain stade, peut se protéger des polluants par :

- un bouclier physico-chimique lié à la capacité de neutraliser, par exemple, des composés acides au moyen de carbonates de calcium, d'échanger des composants des argiles qui se comportent comme des échangeurs d'ions,
- un bouclier physique assurant la protection contre les matières en suspension,

- un bouclier biologique formé de communautés de micro-organismes qui peuvent dégrader en gaz carbonique et en eau des polluants organiques.

Le cycle de l'eau est susceptible d'être perturbé de façon appréciable par les conséquences des occupations humaines dont les tendances porteuses sont rappelées ci-après.

Évolution de l'environnement – tendances générales

« *It is better to be alarmed and scared now than to be killed hereafter* » (Churchill, 1935).

Augmentation du pourcentage de populations urbanisées

Non seulement le pourcentage de populations urbanisées devrait augmenter sensiblement par rapport à la situation actuelle mais de plus, ces populations seraient dans des villes de plus en plus grandes : les mégapoles (plus de 2 millions d'habitants) ou *a priori*, pour des raisons d'échelle, il sera de surcroît de plus en plus difficile de lutter contre la pollution (27 des 33 mégapoles seraient dans des pays émergents) (tableau I).

Tableau I - Augmentation de la population des mégapoles (Source : Nations Unies).

		Augmentation 1994-2015
1	Dacca (Bangladesh)	+ 157 %
2	Lagos (Nigeria)	+ 151 %
3	Karachi (Pakistan)	+ 117 %
4	Djakarta (Indonésie)	+ 93 %
5	Bombay (Inde)	+ 89 %
6	Delhi (Inde)	+ 85 %
7	Istanbul (Turquie)	+ 64 %
8	Tianun (Chine)	+ 63 %
9	Manille (Philippines)	+ 63 %
10	Pékin (Chine)	+ 62 %
11	Shanghai (Chine)	+ 59 %
12	Le Caire (Égypte)	+ 54 %
13	Calcutta (Inde)	+ 53 %
14	Sao Paulo (Brésil)	+ 29 %
15	Mexico (Mexique)	+ 21 %
16	Rio De Janeiro (Brésil)	+ 18 %
17	Los Angeles (États-Unis)	+ 17 %
18	Séoul (Corée du Sud)	+ 14 %
19	Buenos Aires (Argentine)	+ 13 %
20	Tokyo (Japon)	+ 8 %
21	New York (États-Unis)	+ 8 %
22	Paris (France)	+ 2 %
23	Osaka (Japon)	+ 0 %

« *Les grandes villes risquent de trouver en elles-mêmes les principes de leur ruine* » (Louis XIV).

Cette situation constitue un défi :

- sur le plan de la quantité : l'eau nécessaire à une grande agglomération doit souvent être transportée sur de longues distances. C'est ainsi que de l'eau est transportée du Colorado en Californie sur plus de 500 kms.
- sur le plan de la qualité : l'épuration des eaux usées correspondantes doit être correctement effectuée pour ne pas perturber l'environnement.

Augmentation du pourcentage des surfaces imperméables à l'eau

Les eaux pluviales, en particulier dans le cas d'un orage nettoyant les toits, les rues, les parkings et les égouts des grandes agglomérations, se chargent de polluants divers tels que le zinc provenant des couvertures des constructions et les hydrocarbures des chaussées.

Dans le cas d'un rejet direct dans une eau de surface, la quantité importante de polluants apportée provoque une perturbation sérieuse du milieu aquatique ; il s'ensuit par exemple la mort de grandes quantités de poissons...

Dans le cas d'un envoi des eaux pluviales non plus directement dans une eau de surface mais dans une station d'épuration conçue pour fonctionner dans une certaine fourchette de débit et de charge de pollution, le fonctionnement de celle-ci est perturbé et ceci pendant une période qui va bien au-delà de la durée de l'orage pour une station biologique.

Il est donc nécessaire de trouver des solutions de stockage temporaire des eaux d'orage dans des bassins de rétention ; dans une optique préventive, il est souhaitable de mettre davantage en place des solutions qui minimisent la quantité d'eau d'orage type ruissellement en favorisant la pénétration sur place de l'eau dans le sol.

C'est ainsi que dans les parkings, une réalisation intéressante consiste à mettre en place une structure en nid d'abeille fait de polyéthylène haute densité recyclé, dont les alvéoles sont remplies avec un mélange de sable pour le drainage et de terre végétale (figure 2).



Figure 2 - Élément du parking de SARP Industries (Limay, Yvelines).

En ce qui concerne la construction, le « toit » de construction représenté figure 3 n'est pas recouvert de tuiles ou d'ardoises mais de terre mise en végétation qui absorbe l'eau d'un orage et évite le ruissellement. Ce système apporte confort thermique en hiver et fraîcheur en été, et peu de frais d'entretien de toiture...

Augmentation de la quantité de déchets produits

Ils sont d'origines domestique, industrielle et agricole. En ce qui concerne les premiers, le citoyen dispose en général de peu d'espace. Bien souvent, il ne bénéficie pas comme autrefois de cave, de grenier..., ce qui l'incite à jeter des produits ou des objets dont il n'a plus l'usage immédiat. Un habitant d'une grande agglomération telle que Paris rejette en général pondéralement environ 1 kg/jour, soit deux fois plus de déchets que quelqu'un vivant à la campagne, mais environ 2,5 fois moins qu'un nord-américain.



Figure 3.

Dans le monde, les déchets industriels solides représenteraient plus de 2 milliards de tonnes, dont plus de 300 millions de tonnes de déchets dangereux.

En ce qui concerne les déchets des activités agricoles pour augmenter les rendements à l'échelle internationale, on emploie engrais (azote, phosphore, potassium...) et produits phytosanitaires ; la portion de ceux-ci non utilisée par les plantes se retrouve dans l'environnement. Ces rejets, additionnés de ceux des élevages, ont pollué les ressources souterraines en eau potable de régions comme la Bretagne. Pour augmenter les rendements agricoles, on arrose, on irrigue. La surface des terres cultivées prises sur les forêts augmente ; les 2/3 seraient irriguées, ce qui provoque un prélèvement sur les ressources en eau insupportable à moyen terme car les sols deviennent trop salins ; c'est le cas de l'Andalousie qui doit envisager d'amener par une canalisation d'environ 1 000 km l'eau de l'Ebre.

En regardant le schéma du cycle de l'eau, il en découle que cette quantité croissante de déchets, à moins d'être gérée de façon optimale, ne peut que détériorer *a priori* la qualité des ressources en eau, qu'elles soient de surface ou souterraines, compte tenu des polluants lessivés (voir [1]). De plus, la gestion des déchets telle qu'elle est pratiquée actuellement consomme souvent de l'eau en tant que vecteur d'évacuation des déchets.

Augmentation de la quantité de déchets produits

« *I will show you fear in a handful of dust* » (T.S. Eliot, *The waste land*).

Nous avons déjà vu les conséquences de l'imperméabilisation de surfaces sur le cycle de l'eau. Des sols peuvent aussi être dégradés chimiquement en devenant trop salins, en étant l'exutoire de pollutions municipales, industrielles ou agricoles. De plus, ils perdent en général leur couvert végétal (ce qui est le cas en Andalousie). Chaque année dans le monde, 6 millions d'hectares de terres agricoles seraient désertifiées, 24 milliards de tonnes de terres arables seraient perdues, 20 % des terres irriguées seraient devenues trop salines ; de nombreuses terres doivent donc être abandonnées.

Les conséquences de cette dégradation des sols sont bien sûr la perturbation du cycle de l'eau avec pour résultat la diminution de la quantité et la qualité de la « ressource ».

Résultats obtenus en matière de « gestion » de l'eau

« Qui sait si l'art de vivre en société n'est pas susceptible d'être perfectionné comme les autres arts » (Lavoisier).

Les tendances générales de l'évolution de notre environnement créent des conditions propices à une situation globale alarmante en ce qui concerne la fourniture d'eau potable aux populations. En fait, la mise en œuvre de sciences et techniques permet de lutter contre ces tendances bien que l'amélioration des techniques analytiques permette de détecter des polluants insoupçonnés ; en d'autres termes, les exigences de qualité vis-à-vis de l'eau potable sont croissantes.

Rappel sur la production d'eau potable

« Il faut qu'une eau soit limpide, aérée, sans odeur ou saveur sensibles » écrivait déjà Hippocrate il y a plus de 2 000 ans. Les Romains ont ensuite organisé leur vie sociale autour de l'eau, amenée par des aqueducs. Ils avaient bien observé l'importance de fournir aux populations de l'eau de qualité, tant pour préparer les aliments que comme boisson et pour la prévention des maladies par l'hygiène corporelle. Les ouvrages mis en place pour fournir de l'eau potable étaient accompagnés par des ouvrages pour évacuer les eaux usées.

Les grandes invasions du IV^e siècle ont détruit dans l'Europe romanisée cette organisation et il a souvent été nécessaire dans de nombreuses régions d'attendre la seconde partie du XIX^e pour retrouver une organisation sanitaire similaire. A Londres, George Keate écrivait en 1779 : « *What is perhaps the most essential of all, the astonishing supply of water which is poured into every private house, however small, even to profusion ! The superflux of which clears all the drains and sewers and assists greatly in preserving good air, health and comfort* ». A Paris, en 1854, les travaux dirigés par l'ingénieur Belgrand, collaborateur d'Haussmann, ont enfin permis de fournir à nouveau aux populations de l'eau de qualité et d'évacuer les eaux usées (figure 4).

Il est de plus en plus difficile de trouver près d'un centre urbain, et à plus forte raison d'une mégapole, de l'eau de qualité potable sans traitement en quantité suffisante. Au début du XIX^e siècle, on s'est rendu compte que l'addition d'une petite quantité de chlore désinfectait l'eau d'une vaste catégorie de micro-organismes pathogènes et que de plus, l'eau désinfectée ne se réinfectait pas dans le circuit de distribution lorsqu'on avait pris la précaution de prévoir lors de la désinfection un certain surplus de chlore. A noter : dès que cette précaution n'est plus suivie dans la fourniture d'eau de boisson, les épidémies réapparaissent. C'est ainsi qu'au Pérou en 1991, il y aurait eu 300 000 cas de choléra.

Amélioration des techniques analytiques

L'amélioration des techniques analytiques permet de détecter et de mesurer la présence de polluants qui n'étaient pas auparavant pris en compte (composés organochlorés...), non plus seulement au niveau de la fraction de la partie par millions comme il y a une trentaine d'années, mais au niveau de la partie par billions. C'est ainsi que les médicaments – que ce soient des analgésiques, des antirhumatismes, des anticholestérols, des vasodilatateurs, des tranquillisants ou des antibiotiques qui comme on le sait sont utilisés à faible



Figure 4 - Le choléra proteste vigoureusement auprès du Préfet Haussmann des grands travaux d'assainissement qui l'ont chassé de Paris (L'Illustration, 13 mars 1869).

concentration... – sont cependant détectés et dosés dans des nappes phréatiques.

Cette amélioration des limites de détection de substances a été possible d'une part par l'évolution des techniques analytiques à caractère physico-chimique (telles que la spectrométrie d'émission avec excitation plasma) et, fait nouveau, par le couplage de différentes techniques entre elles (ICP-MS, IC-MS) qui crée un effet de synergie. Enfin sont apparues des méthodes nouvelles issues de la biologie moléculaire. La bactérie *Escherichia coli* se trouve dans les déjections des humains et des animaux. Sa présence dans l'eau indique un risque de propagation de germes transmissibles par voie oro-fécale : virus hépatite A ou E, vibrions du choléra. La méthode classique nécessite une identification par une mise en culture longue (plusieurs jours) et coûteuse. La société Aquabiolab utilise une sonde moléculaire marquée par une substance fluorescente qui se lie à *E. Coli* et permet de localiser et de dénombrer ces bactéries au microscope.

On a pendant longtemps, par précaution, « potabilisé » l'eau en utilisant un excès substantiel de réactifs (chlore...) compte tenu de l'imprécision avec laquelle on connaissait les concentrations en différents polluants. Une meilleure connaissance tout d'abord des polluants présents, ensuite de leur concentration, permet de mieux adapter la dose de réactifs aux caractéristiques de la ressource et de diminuer des réactions secondaires (par exemple avec le chlore) qui sont revues ultérieurement.

Les informations ainsi recueillies par l'utilisation de ces nouvelles méthodes analytiques ont été apportées aux toxicologues et législateurs afin que la législation et la réglementation soient adaptées vers davantage d'exigences.

Un cas particulièrement important est celui-ci : l'eau de surface utilisée par les fabricants d'eau potable contient en général des matières humiques provenant comme on le sait du monde végétal. On a observé dès 1974, à Amsterdam,

que le chlore réagissait avec elle pour former des trichalométhanés (THM) dont les plus courants sont le chloroforme, le bromodichlorométhane (BDCM), le dibromochlorométhane (DBCM) et le bromoforme. D'autres sous-produits chlorés ont été identifiés tels que le 3-chloro-4-dichlorométhyl-5-hydroxy-2-5H-furanone (MX). Les concentrations de ces substances vont de quelques ng/L dans le cas de MX à plusieurs centaines de µg/L dans le cas de THM. Ces sous-produits, suscitant des craintes au point de vue santé publique, ont incité à traiter la matière organique présente dans l'eau par un autre oxydant que le chlore, par exemple l'ozone. De nouveaux progrès en techniques analytiques ont permis de constater qu'un tel traitement induit lui aussi la formation de sous-produits, certes en moindre quantité que précédemment. La crainte que ces sous-produits donnent au point de vue toxicité a incité à « potabiliser » les eaux brutes par une méthode complémentaire utilisant des membranes qui ne provoquent pas la production chimique de coproduits et qui sera exposée plus loin.

Adoption de normes plus exigeantes

C'est ainsi que peu à peu en analysant des eaux brutes, en les traitant, en analysant l'eau traitée, l'Union Européenne a dressé une liste actuellement de 132 substances considérées comme toxiques (Directive du 3 novembre 1998). L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a aussi un rôle important dans l'élaboration de normes pour l'eau potable. Les domaines particuliers récemment pris en compte sont la présence :

- de trihalométhanes sur laquelle nous reviendrons,
- de certains micro-organismes pathogènes,
- de pesticides.

Une directive européenne limite à 0,1 mg/L la concentration maximale d'un pesticide et à 0,5 mg/L la concentration totale en pesticides dans l'eau. Plus récemment, les métabolites provenant de la décomposition des pesticides ont même été pris en compte.

Les molécules de nombreux pesticides récents sont solubles et ne s'absorbent pas. La conséquence est que les procédés traditionnels de traitement utilisant la floculation, décantation et filtration sur sable déjà évoquées [1]... ne sont pas efficaces et il a été nécessaire de faire appel à des procédés physiques d'élimination de ces molécules mentionnés auparavant et décrits ci-après.

Au stade atteint par les possibilités analytiques, ne faudrait-il pas davantage établir les normes de potabilité de l'eau en fonction de la toxicologie plutôt qu'en fonction de ces possibilités analytiques, sachant que les deux sont liés et que l'on estime avoir des connaissances insuffisantes sur la toxicologie chez les humains, sur de nombreux produits et en particulier de leurs mélanges ?

Nouvelles technologies de production d'eau potable

Pour satisfaire les besoins en eau potable de la mégapole de la région parisienne, on a utilisé pour la première fois les techniques de nanofiltration sur de l'eau de surface à l'usine de Méry qui fabrique de l'eau potable à partir de l'eau de l'Oise et alimente 800 000 habitants de 39 communes situées au nord-ouest de l'Île-de-France.

En amont de Méry, des unités industrielles de chimie sont implantées sur l'Oise... ainsi que des exploitations agricoles.



Figure 5 - Coupe d'un module : la filtration tangentielle de l'extérieur vers l'intérieur du module s'effectue à une vitesse de quelques cm/h.

Notre premier contact avec cette usine remonte à 1973. Le procédé de fabrication d'eau potable était alors : filtration de l'eau de l'Oise sur sable, floculation au moyen d'un sel d'aluminium, décantation, ozonisation. Une grande partie des matières en suspension était éliminée et on dégradait ensuite la matière organique présente au moyen d'ozone, ce qui présentait déjà un progrès par rapport à l'utilisation du chlore seul.

Ce procédé est ensuite devenu insuffisant compte tenu de la dégradation des caractéristiques de l'eau de l'Oise provenant d'activités agricoles, les nouvelles techniques analytiques ayant détecté de petites quantités de pesticides. En définitive, le procédé adopté pour traiter l'eau est le suivant : on envoie sous pression l'eau à purifier à travers une membrane dont le diamètre des pores est plus petit que le diamètre des molécules, en particulier des pesticides à éliminer (figure 5). Les membranes utilisées sont en polyamide composite perforées par un bombardement d'électrons (figure 6). A Méry-sur-Oise, la surface totale des



Figure 6 - Unité de nanofiltration.

membranes est de 340 000 m². La membrane retient des matières organiques mais aussi une partie du calcium. Les équilibres chimiques sont modifiés et il faut éliminer le gaz carbonique libéré, compte tenu en particulier de la corrosion qu'il pourrait provoquer.

La désinfection de l'eau est achevée ultérieurement par un traitement aux UV rendu possible par la grande limpidité de l'eau obtenue par la nanofiltration.

L'eau d'une rivière comme l'Oise ne constitue pas, il s'en faut, une matière première aux caractéristiques constantes sur le plan microbiologique, chimique et physique... C'est ainsi que compte tenu de l'évolution de la température de l'eau, la pression d'injection de celle-ci dans les membranes de 8 bars en été doit être élevée à 15 bars en hiver.

L'eau obtenue est caractérisée par une faible teneur en matière organique, ce qui permet en particulier d'abaisser la quantité de chlore utilisée pour protéger l'eau dans le circuit de distribution et donc d'améliorer ses propriétés gustatives. Ces technologies pourront bien sûr bénéficier d'améliorations dans les années à venir.

Protection des ressources en eau potable – combat contre le gaspillage

Elle a lieu en amont et en aval de la production d'eau potable.

En amont de la production d'eau potable

En remplaçant dans des productions industrielles des produits toxiques tels que le plomb, le mercure, le cadmium ou des solvants aromatiques, on décroît la probabilité de pollution dans les ressources en eau potable. Un cas exemplaire est constitué par les encres d'imprimerie, les métaux lourds et les hydrocarbures aromatiques, utilisés autrefois et remplacés par des colorants non toxiques et par de l'huile végétale.

Il existe des situations où, pour des raisons diverses, le producteur de déchet toxique, qu'il soit industriel, agricole ou municipal, n'est pas le mieux placé pour gérer des déchets. C'est pourquoi depuis 1976, se sont peu à peu développées en France des entreprises qui, bénéficiant d'un effet d'échelle, valorisent thermiquement ou sous forme de matières premières des déchets qui leur sont confiés par des producteurs divers (figure 7).



Figure 7 - Où le déchet toxique... se transforme en électricité.

Dans cet incinérateur européen, les déchets les plus toxiques sont brûlés et produisent de l'électricité sans apport d'énergie extérieur. Ph. © Merex.

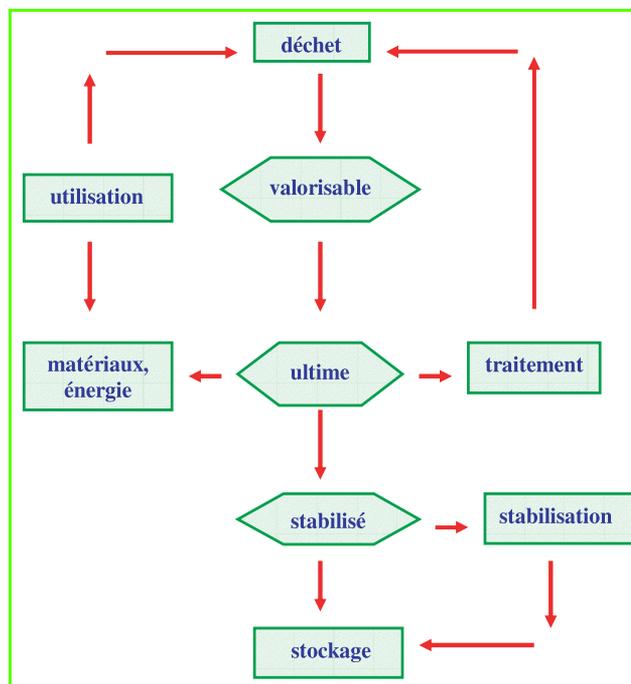


Figure 8 - Les choix essentiels de la gestion des déchets.

Dans ces entreprises, le traitement des déchets est mené jusqu'au bout en inertant par exemple les déchets d'épuration de fumée de la combustion de déchets (figure 8). Un indice de la qualité du service fourni par ces entreprises nées en France (SARP Industries, Tredi...) est leur implantation dans toute l'Europe, en Asie, en Afrique, ainsi qu'en Amérique du Nord et du Sud.

En aval de la production d'eau potable (lutte contre le gaspillage)

Une autre méthode de protection des ressources en eau potable dont l'importance économique et écologique est parfois sous-estimée est de minimiser les pertes dans les circuits de distribution d'eau potable, soit en France une longueur de 800 000 km de canalisation distribuant 5,6 milliards de m³.

En Europe de l'Est, certains réseaux perdent de l'ordre de 50 % de l'eau transportée ; ils peuvent bénéficier de l'expertise des sociétés françaises (Vivendi Water, Ondeo...) aptes à rénover les réseaux car elles ont œuvré sur ce problème en France il y a déjà plusieurs dizaines d'années. L'industrie chimique facilite les opérations de rénovation et de pose faites par les fabricants et distributeurs d'eau potable en produisant en particulier les polyéthylènes moins cassants que les matériaux traditionnels.

Une gestion de l'eau par bassins hydrographiques

Le territoire arrosé par un fleuve et ses affluents constitue un bassin hydrographique ; la quantité et la qualité de l'eau disponibles dépendent des activités qui y ont lieu en amont. La Loi française sur l'eau du 16 décembre 1964 a créé dans chacun des six grands bassins hydrographiques de la France un établissement public, l'Agence de l'eau. Celle-ci s'appuie sur un outil de concertation, le Comité de Bassin, où l'on retrouve les élus, les usagers, les représentants de l'État et du mouvement associatif.

Un bassin hydrographique tel celui du Rhin sera, on s'en doute, géré à l'avenir dans un contexte européen par

l'incitation financière et l'assistance technique, de façon à ce optimiser les ressources en eau et à minimiser les causes de pollution.

Les fonds des Agences proviennent des redevances perçues en fonction des quantités d'eau prélevées et de la pollution rejetée par les différents utilisateurs.

Cette organisation administrative initialement française a fait école puisque 50 pays adhèrent actuellement au Réseau International des Organisations de Bassin.

Rappelons que la gestion du service d'eau potable d'une commune française comme celle du service d'eau usée peuvent être déléguées pour une durée allant jusqu'à 20 ans à une entreprise qui est en mesure de la faire bénéficier de son expérience, de ses moyens de recherche-développement et de son réseau international.

Conclusion

« Je donnerais le Musée du Louvre, les Tuileries... pour être dans une petite maison au centre d'un petit enclos où j'aurais de l'eau » (Proud'hon).

Pendant ces vingt dernières années, des résultats importants ont été obtenus à l'échelle internationale en matière de fourniture d'eau potable et d'épuration d'eaux usées. Plusieurs autres aspects du sujet d'un grand intérêt n'ont pas pu être développés dans un souci de concision.

Les résultats obtenus en matière de fourniture d'eau potable courante ont été rendus possibles par la mise en œuvre de nouvelles techniques à caractère chimique et physico-chimique. Toutefois, la complexité scientifique, technique et économique du domaine ne doit pas être sous-estimée, compte tenu des propriétés intrinsèques de chaque « ressource ». On ne peut pas étudier de façon similaire un projet de production d'eau potable ou d'épuration d'eaux usées situé sur le bassin du Rhône et sur celui du Rhin. Il serait cependant intéressant pour des raisons économiques d'essayer de minimiser le nombre de réalisations sur mesure comme ont réussi à l'effectuer d'autres industries.

Les pays en voie d'industrialisation pourraient bénéficier encore davantage des techniques existantes dans la mesure où des moyens de financement appropriés seront dégagés ; l'enjeu est la vie d'une vingtaine de milliers d'enfants qui mourraient prématurément chaque jour par suite d'un manque d'accès à de l'eau de qualité, la mort prématurée d'adultes, l'état sanitaire des élevages. Pas de développement durable sans santé publique, pas de santé publique sans fourniture aux humains et aux animaux du « service » eau potable et du traitement des eaux usées correspondantes. Ces deux services seront de plus en plus liés de façon à recycler davantage l'eau dans les zones dont la pluviométrie n'est pas favorable.

Remerciements

L'auteur remercie :

Jean-Loup Bussièrre (docteur en pharmacie et professeur à l'université d'Angers), Jean-Pierre Deburge (docteur en médecine), Michel Dutang (Vivendi Environnement), Bertrand Gontard (ingénieur civil des Mines), P.L. Girardot (Vivendi Environnement), Jean-Jacques Marcos (ingénieur informaticien), Dorothee Romain (docteur vétérinaire), Jean-François Saglio (ingénieur général des Mines) et Eric Schmieder (inspecteur général au Ministère de la Santé).

Références

- [1] Pichat P., Les problèmes de l'eau, *L'Act. Chim.*, nov. 1976, p. 18 et déc. 1976, p. 17.
- [2] *Le Grand Livre de l'Eau*, Manufacture et Cité des Sciences et de l'Industrie, Paris, 1990.

Pour en savoir plus

- Decrosse A., *Toute l'eau du Monde*, Du May, 1990.
- Ghislain de Marcilly, *L'eau*, Collection Domino, Flammarion, 1995.
- Nowak F., *Le prix de l'eau*, Economica, 1995.
- Pichat P., *La gestion des déchets*, collection Domino, Flammarion, 1995.
- Girardot P.L., *Sur l'application du principe pollueur payeur*, 22 octobre 2001.
- O'Neill G., The use of toxicology in the strategic planning and operational control of drinking water disinfection processes, *TSM*, 7-8, juillet-août 1997, p. 37.
- *L'Act. Chim.*, numéro spécial « l'Environnement », novembre 1999.
- Postel S.L., Gretchen C., Ehrlich D.P.R., Human appropriation of renewable fresh water, *Science*, 9 février 1996, vol. 271, p. 785.
- Blanchy S. et col., *Eau et Santé à Madagascar*, Journées de l'eau, 16-21 novembre 1992.
- *Population et changement*, Environnemental Rapport 2001 du Fonds des Nations Unies pour la population (FNUAP).
- Sacher F., Lange F.T., Brauch H.J., Blankenhorn I., Pharmaceuticals in groundwater. Analytical methods and results of a monitoring program in Baden, Wurtemberg, Germany, *J. Chromato. A*, Elsevier Science, 2001, 938(1-2), p. 199.
- Paparacovan I., Waste water reuse in Limassol as an alternative water source. *Severage orf of Limassol - Amathus*, Limassol, Cyprus 3608, *Desalination*, Elsevier Science, 2001, 138(1-3), p. 55.
- *E. Coli* indicateur de contamination fécale détectée en deux heures, 14 janvier 2002, http://www.pasteur.fr/actu/presse/com/communiqué_coli.html.
- Galuska C.M., Reel D.V., *Water reuse cooperation blooms in the desert*, Proceedings Annual Conference American Water Works Association, NV, États-Unis (computer optical disk 2001, 2192-2209).



Philippe Pichat

est attaché scientifique à la direction de SARP Industries*, filiale de Vivendi Environnement dans le traitement des déchets, expert agréé par la Cour de cassation, expert près la Cour administrative d'appel de Paris et membre du comité de rédaction de *L'Actualité Chimique*.

* Zone portuaire, 427 route du Hazay, 78520 Limay.
Tél. : 01 34 97 26 05/25 57. Fax : 01 34 97 26 06.