



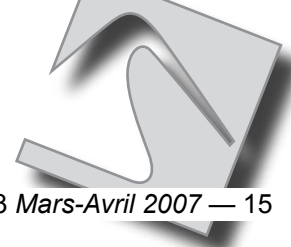
# NOUVEAUX RISQUES SANITAIRES ET NOUVEAUX ENJEUX POUR LE CONTRÔLE DE LA QUALITÉ DES EAUX POTABLES

Yves Levi

Université Paris Sud 11, Faculté de Pharmacie  
Laboratoire Santé Publique – Environnement  
5 rue J.B. Clément - 92290, Chatenay-Malabry, France  
yves.levi@u-psud.fr

**RESUME** : Le contrôle de la qualité des eaux destinées à la consommation humaine doit s'adapter aux nouveaux enjeux liés à la présence de nombreux nano ou micropolluants et de pathogènes émergents depuis les ressources jusqu'aux points d'usage. Aux besoins déjà classiques de développement de capteurs et de méthodes microbiologiques rapides permettant la surveillance en continu, s'ajoutent la nécessité d'évaluer les effets toxiques des mélanges de molécules en complément des analyses chromatographiques afin de limiter les coûts et de mener une analyse de risque objective. Que ce soit pour la mesure des effets perturbateurs endocriniens ou l'évaluation de l'impact des résidus de médicaments les essais *in vitro* ou *in vivo* sont en développement. La pollution croissante des ressources, le développement de la réutilisation des eaux usées et la gestion complexe des réseaux d'eau potable exigent des progrès analytiques pluridisciplinaires à l'interface chimie-biologie.

**Mots Clés** : Eau, qualité, microbiologie, toxicologie, micropolluants, pathogènes émergents.



**RESUME** : The quality control of drinking water must adapt to the new challenges linked to the presence of many nano or micropollutants and emerging pathogens from the resources to the points of use. Added to the already traditional needs for development of sensors and rapid microbiological methods allowing on-line monitoring, we now see the need for evaluating the toxic effects of molecules mixtures as a complement to chromatographic analyses in order to limit costs and to carry out an objective risk assessment. Be it for the measurement of endocrine disrupting effects or the evaluation of the impact of pharmaceutical residues, in vitro and in vivo tests are under development. The increasing pollution of resources, the development of waste waters reuse and the complex management of drinking water distribution systems require multidisciplinary analytical progress at the edge between chemistry and biology.

**Mots Clés** : Water, quality, microbiology, toxicology, micropollutants, emerging pathogens

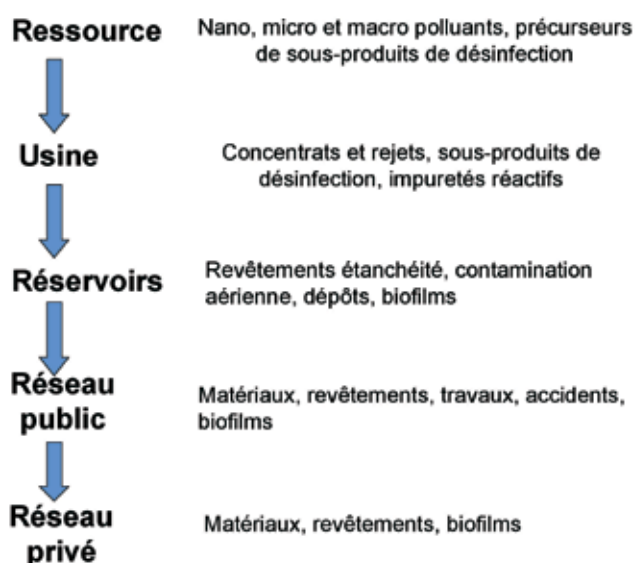
Les usages de l'eau sont très diversifiés et concernent de très nombreux domaines et notamment l'hygiène générale, la production énergétique, l'agro-alimentaire, l'agriculture, l'élevage, l'industrie ou les loisirs. Dans tous ces domaines, l'eau présente un lien fort avec la santé humaine et la protection des écosystèmes. Il est classique d'affirmer que « l'eau est la vie » mais on oublie aussi parfois d'ajouter que l'eau non assainie est source de dangers. Elle doit à la fois être d'une qualité sanitaire irréprochable pour contribuer à l'amélioration de l'espérance de vie et maintenir un environnement sain mais elle a également pour rôle, une fois salie et contaminée, de nous permettre d'éliminer nos déchets et les transporter loin des communautés humaines.

La pénurie mondiale d'eau douce bouleverse le schéma classique du cycle des usages de l'eau qui consistait à la prélever dans la ressource, la traiter et la transporter avant de dégrader sa qualité, de l'assainir et de la remettre

dans l'environnement. Le manque d'eau et l'augmentation considérable de la demande ont induit une forte pression pour le développement de la réutilisation des eaux usées non seulement pour l'irrigation mais même pour la production d'eau potable aussi bien dans des pays industrialisés qu'en voie de développement.

Ce nouveau schéma conduit à une préoccupation mondiale croissante vis-à-vis des risques sanitaires qualifiés d'émergents et, par là-même, pour le domaine de l'analyse des micropolluants et contaminants dans les eaux usées et les ressources.

Chaque étape de la production d'eau destinée à la consommation humaine est concernée (Figure 1).



Une attention particulière est portée aux nano, micro et macro polluants qu'ils soient d'origine naturelle (cyanotoxines) ou anthropique (plastifiants, pesticides, détergents,



médicaments...) et aux précurseurs de sous-produits de désinfection au sein de la matrice de matière organique dissoute, colloïdale ou particulaire dans les eaux brutes avant traitement. La qualité et la fiabilité des filières de traitement seront également concernées puisque qu'il faut absolument réduire ou traiter les déchets de la potabilisation tels que les concentrats de traitement membranaires et les boues, mais également contrôler les impuretés des réactifs et limiter la production de sous-produits de désinfection (haloformes, bromates...) et de molécules odorantes. Dans les réseaux de distribution et les ouvrages de stockage une attention particulière est portée à la qualité des matériaux et des revêtements d'étanchéité, à la protection contre les contaminations aériennes dans les réservoirs, aux bonnes pratiques de travaux et de désinfection et à la sécurisation du système. Enfin, dans les réseaux intérieurs, de très nombreux paramètres peuvent encore dégrader la qualité de l'eau potable notamment en raison des petits diamètres des canalisations, de la stagnation et des multiples matériaux en contact.

Il existe donc de nouveaux enjeux et de nouveaux besoins pour la production et la surveillance de la qualité de l'eau destinée à la consommation humaine :

- Au niveau des ressources : il faut surveiller de nombreux paramètres microbiologiques, physiques et chimiques le plus rapidement possible compte tenu de la variabilité de la qualité en fonction des conditions atmosphériques. La mise en place d'unités de contrôle automatisées multiparamétriques se développe mais le nombre de paramètres est encore réduit et concerne exclusivement des paramètres physico-chimiques et la toxicité sur poissons mais rien en microbiologie. La fiabilité de ces unités de surveillance en continu passe par la mise en œuvre d'un système d'assurance qualité pour l'entretien et la calibration des capteurs et analyseurs.

- Au niveau des filières : il faut fiabiliser leur fonctionnement en surveillant et maîtrisant des paramètres à impacts sanitaires directs (efficacité de la désinfection, sous-produits de désinfection, nano- et micropolluants organiques et minéraux ...) et des paramètres ayant une influence sur la dégradation des ouvrages (corrosion, entartrage, relargages des matériaux, potentiel de formation des biofilms microbiens...).

- La qualité de l'eau en distribution et le fonctionnement des réseaux doivent être maîtrisés en particulier en assurant le maintien du résiduel de désinfectant grâce aux capteurs et aux modèles de prédiction du comportement du chlore. Les actions sont menées également pour réduire la turbidité et les biomasses fixées et éviter les flaveurs.

Pour l'ensemble de ces enjeux, il importe de pouvoir évaluer le plus objectivement possible les nouveaux risques sanitaires (pathogènes émergents, bactéries viables mais non cultivables, mélanges de micropolluants à effets perturbateurs endocriniens et/ou génotoxiques ...). Il faut également développer des méthodes analytiques accessibles au plus grand nombre à un coût acceptable par tous et élaborer de nouveaux capteurs/analyseurs pour favoriser une surveillance (semi) continue du système.

La mise en œuvre des systèmes d'assurance qualité et le développement de stratégies d'action nécessitent une bonne analyse des risques. Celle-ci repose sur l'identification des dangers par l'étude des effets d'un agent biologique, chimique ou physique sur la santé (cancers, atteintes génétiques, allergies) ou sur l'environnement (eutrophisation, biodiversité). Cette étape est complétée par la caractérisation du danger avec la détermination de la nature et de la sévérité des effets nocifs pour la santé et l'environnement et la mesure des relations dose / effet. L'évaluation de l'exposition servira ensuite à mesurer selon les voies et modes l'exposition des populations aux dangers identifiés tout en prenant en compte les spécificités géographiques ou écologiques. Enfin l'analyse du risque permettra la détermination de la probabilité d'occurrence et de la gravité des effets néfastes connus ou supposé sur l'environnement ou les personnes.

#### **Concernant la microbiologie :**

Les populations actuelles présentent des variations de sensibilité aux infections qui sont liées au vieillissement, aux traitements immunosuppresseurs, aux changements climatiques et conditions sociales. Elles sont confrontées à des pathogènes émergents ou ré-émergents comme *Pseudomonas aeruginosa*, *Legionella pneumophila*, *Helicobacter pylori*, virus, *Cryptosporidium*, *Giardia*, *E. coli* O 157, des mycobactéries (Dailloux *et al.* 2003, Jones et Roworth 1996, Park *et al.* 2001). Ces microorganismes présentent une écologie microbienne particulière composante des biomasses des réseaux de distribution d'eau. Dans les établissements de soins, l'eau est parfois en cause dans la transmission des infections nosocomiales. Par ailleurs, la fiabilité des installations et des réseaux est très variable et les risques de contamination permanents.

Dans ce domaine de nouveaux outils doivent être développés car les méthodes traditionnelles par culture sont encore très largement utilisées en raison de leur qualité, de leur faible coût et de l'interprétation aisée des réponses apportées notamment vis-à-vis de la cultivabilité et de la viabilité des organismes isolés de l'eau (Maalej *et al.* 2004). Il n'existe pas de capteurs commercialisés pour la surveillance microbiologique de l'eau mais un analyseur de coliformes automatique a été développé (Kiene *et al.* 1999). La biologie moléculaire a apporté de très grands progrès dans ce domaine analytique mais les capacités très importantes et multiples de ces technologies ne donnent pas encore suffisamment d'information sur la viabilité ou la virulence des microorganismes isolés alors que cet élément est majeur pour décider du risque sanitaire. Pourtant, la présence de désinfectants et le manque d'éléments nutritifs conduit à observer des bactéries dans un état viable mais non cultivable qui peut induire des risques sanitaires et passer inaperçu au contrôle qualité. L'imagerie a également réalisé de grands progrès mais le matériel est encore lourd et coûteux si l'opérateur cherche à obtenir simultanément les informations sur l'identification de l'organisme et sa viabilité. Enfin, la complexité de l'écologie microbienne qui constitue un univers avec des fonctionnements, des échanges et des régulations inter-organismes reste encore à découvrir largement (Thomas *et al.* 2004).

Il n'existe pas de méthode analytique idéale pour le contrôle microbiologique des eaux.

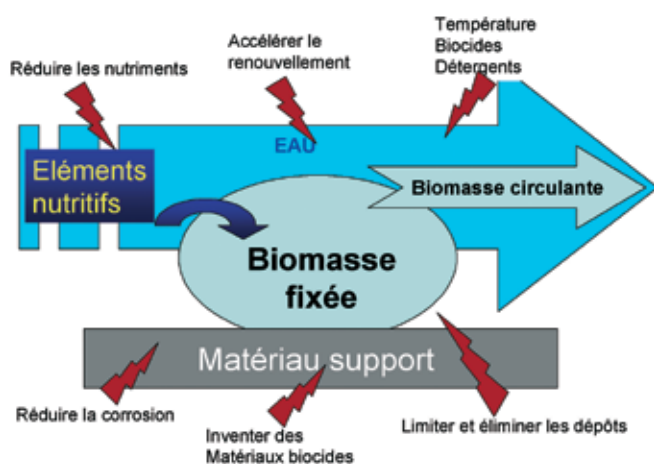
Les cultures sur milieux solides ou liquides donnent des informations sur la cultivabilité, la viabilité mais une faible notion de spécificité. Les méthodes sont simples, assez fiables, à faible coût avec une réponse obtenue en 1 à 10 jours. Les marquages sont réalisés par colorants (apportant des notions sur la viabilité), par anticorps (spécificité) ou par hybridation moléculaire (spécificité, rapidité, coût, complexité). La biologie moléculaire offre une spécificité rigoureuse, la rapidité, un coût acceptable, une certaine complexité mais pas encore assez d'informations sur la viabilité.

Aucune de ces méthodes ne permet véritablement d'accéder à l'information sur l'infectiosité et/ou la virulence de la souche dans les conditions où elle se trouve dans l'eau.

Par conséquent, les interprétations sont souvent confuses si l'opérateur ou le décideur ne sait pas exactement ce que chaque méthode lui apporte et ses limitations. Ainsi, les dénombrements et les données de risques sanitaires sont largement dépendantes de chaque méthode.

Concernant les études de biofilms, il existe de nombreux dispositifs incubateurs utilisés par les producteurs et distributeurs d'eau permettant de suivre les biomasses et tester des biocides mais ces dispositifs et leurs méthodes restent expérimentaux et ne sont pas normalisés (Piriou *et al.* 1996, Pereira *et al.* 2002, Delahaye *et al.* 2006). De même les méthodes de décrochage de la biomasse notamment par grattage ou ultra-sonication et permettant d'effectuer des dénombrements ne sont pas normalisées.

Pour la gestion de la qualité microbiologique globale en réseau, de très nombreux domaines restent à explorer ou optimiser. Les méthodes de mesure du carbone organique dissous bioéliminable (CODB), du carbone organique assimilable (COA) ou du potentiel de biofilm ont permis de bien optimiser la qualité des filières de traitement pour limiter les recroissances et proliférations (van der Kooij 1999, Dukan *et al.* 1996, Wooschlager et Rittman 1995) (Figure 2). L'installation de capteurs de résiduel de chlore permet d'assurer un suivi, d'optimiser les doses de désinfectant et de donner des alertes (Archenault *et al.* 1996).



Les actions à mener concernent donc :

La sélection de nouveaux types d'indicateurs de contamination directs ou indirects pour prédire la présence de bactéries, virus ou parasites fécaux. Des expériences sont menées pour la mise au point de puces à ADN multiparamétriques mais qui nécessitent tout de même de développer également des méthodes d'extraction des microorganismes de l'eau de manière fiable et reproductible. Actuellement, le suivi porte essentiellement sur les bactéries du « péril fécal » mais le niveau de connaissance est très faible sur les virus transmis par l'eau et la morbidité associée. Ceci implique de développer les capacités à détecter les virus, les dénombrer, en évaluer l'infectiosité et savoir ainsi mettre en œuvre un procédé analytique accessible à tous. Il faut poursuivre les efforts pour ajouter aux très grandes capacités de la biologie moléculaire celle d'informer sur la viabilité de l'organisme détecté.

Le développement d'analyseurs fiables accessibles au plus grand nombre est un enjeu majeur afin de pouvoir assurer un contrôle plus fréquent y compris en période de fermeture des laboratoires. Les outils existants dans le domaine de la recherche doivent encore être optimisés pour permettre de décrire au mieux l'écologie microbienne et ses interrelations complexes dans les réseaux. Ceci devrait permettre de mieux comprendre les modes de survie, de croissance et de protection des microorganismes des biofilms vis-à-vis des agents biocides. Concernant les pathologies transmises par les aérosols (légionellose) les méthodes sont en cours d'étude mais leur fiabilité reste à éprouver pour prédire leur devenir et leur virulence notamment dans les panaches des tours aéro-réfrigérantes. Enfin, en règle générale tous les efforts doivent être faits pour réduire les coûts.

### Concernant les enjeux liés aux risques chimiques

Dans ce domaine également le niveau de préoccupation augmente rapidement. Les progrès accomplis dans les méthodes de couplage chromatographie gaz et liquide et la spectrométrie de masse permettent d'accéder à des traces de composés de plus en plus infimes ce qui pose la question de la nature même d'une eau ou un aliment non pollués ?

Il devient très difficile de proposer une liste de micropolluants organiques dissous à rechercher dans le cadre du contrôle sanitaire des eaux destinés à la consommation humaine tant la longueur de la liste devient impressionnante et le coût analytique correspondant inacceptable. Par ailleurs, sans informations suffisantes sur les effets biologiques globaux des mélanges de polluants aussi bien en écotoxicologie que dans le domaine de la santé publique, les analyses chromatographiques ne peuvent suffire à orienter les décideurs. Se pose alors la question des outils permettant d'assurer l'analyse des niveaux de risques.

Parmi les dangers émergents figurent des contaminants naturels comme les toxines de cyanobactéries (AFSSA-AFSSSET 2006) ou les hormones mais également les contaminants d'origine anthropique et en particulier les



résidus de médicaments, les retardateurs de flamme, des plastifiants. D'autres, qui sont déjà beaucoup étudiés comme les hydrocarbures aromatiques polycycliques, les produits phytosanitaires, le plomb, les organostanneux, représentent également de nouvelles préoccupations car c'est à l'effet toxique global des mélanges qu'il faut s'intéresser comme se produit l'exposition du consommateur.

Les questionnaires se trouvent maintenant confrontés à une très grande liste de contaminants constituant un mélange complexe de faibles doses de molécules. Par ailleurs, les effets biologiques résultent des divers effets de chaque composé soit en mode additif soit avec des synergies et antagonismes entre polluants. L'individu sera exposé sur toute sa vie via l'eau de boisson mais également avec les expositions liées à l'air, aux aliments et cosmétiques. Les risques sanitaires se produisent à moyen ou long terme et pendant que les experts cherchent à évaluer les niveaux de risques, il se développe une inquiétude croissante des consommateurs.

La situation est donc très complexe et nécessite d'importants programmes de recherche. Concernant la gestion, le producteur d'eau potable est inquiet de la pollution croissante des ressources qui elle-même est liée en particulier à la qualité d'épuration des unités d'assainissement (lorsqu'elles existent) qui ne sont pas prévues pour l'élimination de ces traces de polluants. La collecte des égouts, malheureusement encore considérée comme un «tout à l'égout», amène ainsi à la station des quantités importantes de polluants provenant des activités humaines et les consommateurs ne veulent pas se voir mis en cause alors que de très nombreux produits sont en libre vente notamment pour usages domestiques.

Ces enjeux sanitaires économiques et technologiques constituent actuellement un défi considérable surtout pour le traitement des eaux usées et la réutilisation.

Concernant les méthodes d'extraction, globalement les techniques sont assez bien développées et les laboratoires disposent largement de méthodes d'extraction liquide/liquide, liquide/solide, vapeur/solide, SPME même si les matrices chargées des eaux usées posent de véritables problèmes pour l'analyse de traces. Il reste toutefois encore des difficultés d'accès aux molécules polaires et des progrès à accomplir dans la stratégie d'échantillonnage compte tenu des volumes en jeu et des variabilités de qualité au cours du temps.

Quelques exemples illustrent les domaines en évolution :

Les effets perturbateurs endocriniens sont largement étudiés dans le monde car les mélanges de micropolluants peuvent perturber la production, le transport et la métabolisation notamment des hormones sexuelles et thyroïdiennes ainsi que la fixation sur les récepteurs et leur expression. La liste des molécules en cause est très importante (pesticides, plastifiants, retardateurs de flamme, métaux lourds, résidus de détergents...) et les voies de perturbation également complexes (EPA 2007, Europe 2007). Il est donc observé dans la nature des troubles de la reproduction, de la croissance ou des malformations chez les animaux exposés. Ces effets toxiques sont confirmés *in vitro* et *in vivo* en laboratoire et fortement suspectés chez l'homme (Jensen *et al.* 1995). Des études épidémiologiques sont en cours dans de nombreux pays.

Dans ce domaine, pour compléter les méthodes chromatographiques et limiter les coûts, il est nécessaire de mener des contrôles de pré-screening grâce aux tests *in vitro* existants qui permettent de déceler ces effets perturbateurs sur lignées cellulaires transformées. Le principe est basé soit sur une étude de la prolifération de cellules cancéreuses soit sur la mesure lumineuse de l'expression d'un gène rapporteur couplé aux éléments de réponse aux récepteurs aux hormones (Soto *et al.* 1995, Demirpence 1993, Fang *et al.* 2000).

Les applications aux eaux montrent des niveaux de réponse très significatifs en sortie de STEP essentiellement pour les perturbations de type estrogéniques (Cargouët *et al.* 2004).

Concernant les résidus de médicaments, la liste est également très longue des diverses classes de molécules retrouvées dans les eaux continentales et même parfois dans des eaux potables : antibiotiques, antidépresseurs, hypolipémiants, anticancéreux ... (Ternes 2001, Daughton et Ternes 2000). Il est quasiment impossible pour le moment de prédire un effet biologique global de ces molécules en combinaison avec les autres polluants ce qui implique encore une fois de bien mettre en œuvre une double démarche d'analyse biologique et chimique dans une perspective d'éco-pharmaco-toxicologie.

Le protocole de contrôle réglementaire des eaux devra sans doute prochainement comporter un ensemble de méthodes associant des tests biologiques et des analyses physico-chimiques pour garantir l'absence d'effets sans pour autant augmenter le coût par de trop grandes exigences en matière d'analyse chromatographiques.

Les actions de gestion qui doivent être mises en œuvre sont d'abord essentiellement de réduire les émissions et traiter à la source grâce au développement de la chimie «verte», les recyclages et la réglementation à la mise sur le marché come dans le cadre du programme REACH en Europe.

Il faut également poursuivre les progrès analytiques et savoir en interpréter en termes de risque écotoxicologique et sanitaire ce qui passe par un travail à l'interface chimie et biologie (biocapteurs, bioanalyseurs).

Les progrès ne seront pas possibles sans l'optimisation et la fiabilisation des filières d'assainissement pour l'élimination des polluants traces émergents. Les filières de potabilisation doivent également s'adapter et être couplées à des réseaux sains avec des matériaux inertes.

### Conclusion

La stratégie et les méthodes analytiques jouent depuis toujours un très grand rôle dans la mesure où elles aident à révéler les dangers. Aujourd'hui les nouveaux besoins en eau, le nombre élevé de nanopolluants à effets biologiques et la forte demande sociétale pour une sécurité sanitaire et environnementale exigent que l'interface chimie-biologie se développe dans le cadre du contrôle de la qualité des eaux.

Le découpage traditionnel qui existe au sein des laboratoires de contrôle des eaux entre la chimie minérale, la chimie organique et la biologie doit évoluer pour assurer une évaluation des effets biologiques en première intention suivi d'identification des molécules en cause dans les échantillons positifs.

Ceci nécessite de développer la pluridisciplinarité afin que l'identification et la quantification des dangers soit possible en temps réel ou avec un délai de réponse le plus réduit possible. Les besoins ne sont pas récents mais les risques nouveaux

liés aux effets perturbateurs endocriniens, génotoxiques et reprotoxiques des mélanges de nanopolluants et ceux liés aux pathogènes émergents exigent qu'un progrès rapide soit accompli.

## RÉFÉRENCES

AFSSA-AFSSSET (2006) Rapport sur l'évaluation des risques liés à la présence de cyanobactéries et de leurs toxines dans les eaux destinées à l'alimentation, à la baignade et autres activités récréatives : [www.afssa.fr/ftp/afssa/37423-37424.pdf](http://www.afssa.fr/ftp/afssa/37423-37424.pdf)

Archenault M., Chatre M., Levi Y., Wable O., Petillot F. (1996) Application of the chlorine amperometric microsensor Chlorscan VD for the monitoring of drinking water. TSM L'eau, 5, 327-333

Cargouet M., Perdiz D., Mouatassim-Souali A., Tamiser-Karolak S., Levi Y. Assessment of river contamination by estrogenic compounds in Paris area (France). (2004) Sci. Total Environ., 25, 324, 1-3, 55-66

Dailloux M., Albert M., Laurain C., Andolfatto S., Lozniewski A., Hartemann P., Mathieu L. (2003) Mycobacterium xenopi and Drinking Water Biofilms. Appl. Environm. Microbiol., 69, 11, 6946-6948

Daughton C.G., Ternes T.A., (1999) Pharmaceuticals and Personal Care Products in the Environment: Agents of Subtle Change? Environ. Health Perspect., 10, 103, 7, 113-122

Delahaye E., Levi Y., Leblon G., Montiel A. (2006) A simple system for biofilm potential monitoring in drinking water. J. Basic Microbiol., 46, 1, 22 - 27

Demirpence E., Duchesne M.J., Badia E., Gagne D., Pons M. (1993) MVLN cells: a bioluminescent MCE-7-derived cell line to study the modulation of estrogenic activity. J Steroid Biochem Mol Biol., 9, 46, 3, 355-364

Dukan S., Levi Y., Piriou P., Guyon F., Villon P. (1996)

Dynamic modelling of bacterial growth in drinking water networks. Wat. Res., 30, 9, 1991-2002

EPA (2007): [www.epa.gov/scipoly/oscp/pendo/](http://www.epa.gov/scipoly/oscp/pendo/)

EUROPE (2007): [http://ec.europa.eu/research/endocrine/index\\_en.html](http://ec.europa.eu/research/endocrine/index_en.html)

Fang H., Tong W., Perkins E., Soto A.M., Prechtl N.V., Sheehan D.M. (2000) Quantitative comparisons of in vitro assays for estrogenic activities. Environ Health Perspect., 108, 8, 723-729.

Jensen T.K., Toppari J., Keiding N., Skakkebaek N.E. (1995) Do environmental estrogens contribute to the decline in male reproductive health? Clin. Chem., 41, 1896-1901

Jones I.G., Roworth M. (1996) An outbreak of Escherichia coli O157 and campylobacteriosis associated with contamination of a drinking water supply. Public Health., 110, 5, 277-82.

Kiene L., Levi Y., Petillot F., Dichter G. (1999) On-line detection of coliforms

Wat. Suppl., 17, 2, 81-86

Maalej S., Gdoura R., Dukan S., Hammami A., Bouain A. (2004)

Maintenance of pathogenicity during entry into and resuscitation from viable but nonculturable state in Aeromonas hydrophila exposed to natural seawater at low temperature. J. Appl. Microbiol., 97, 3, 557 - 565

Park S.R., Mackay W.G., Reid D.C. (2001) Helicobacter sp. recovered from drinking water biofilm sampled from

a water distribution system. Wat. Res., 35, 6, 1624-6.

Pereira M.O., Morin P., Vieira M.J., Melo L.F. (2002) A versatile reactor for continuous monitoring of biofilm properties in laboratory and industrial conditions Lett. Appl. Microbiol., 34, 1, 22-26.

Piriou P., Kiene L., Levi Y. (1996) The new tools for the management of water quality in distribution networks. TSM. L'eau, 6, 408-414

Soto A. M., Sonnenschein C., Chung K.L., Fernandez M.F., Olea N., Serrano F.O. (1995) The E-SCREEN assay as a tool to identify estrogens: an update on estrogenic environmental pollutants. Environ. Health Perspect., 103, 7, 113-122

Ternes T.A., (2001) Analytical methods for the determination of pharmaceuticals in aqueous environmental samples. TrAC, 20, 8, 419-434

Thomas V., Bouchez T., Nicolas V., Robert S., Loret J.F., Lévi Y. (2004)

Amoebae in domestic water systems: resistance to disinfection treatments and implication in Legionella persistence. J. Appl. Microbiol., 97, 5, 950-963

van der Kooij, D (1999) Potential for biofilm development in drinking water distribution systems. J. Appl. Microbiol., 85, 1, 39S-44S.

Woolschlager J., Rittmann B. (1995) Evaluating what is measured by BDOC and AOC tests. Rev. Sci. Eau, 1995, 8, 3, 371-385

**AQUA IONIQUE**  
TRAITEMENT DES EAUX



- Importation - Etude -
- Fourniture et Installation
- Déminéralisateurs et Osmose inverse • Adoucisseurs et Filtres à Eau • Piscines et Fontaines • Pompes et suppression d'eau
- Saunas et Hammams

**Tél: 022 97 54 01 / 02**

270, Lotissement Amine, Sidi Maârouf  
B.P. 66 - Casablanca — Fax : 022 97 54 03  
[www.aquaionique.ma](http://www.aquaionique.ma) — E-mail [aqua.ionique@menara.ma](mailto:aqua.ionique@menara.ma)