

LES RISQUES LIÉS AUX ÉLÉMENTS BIOLOGIQUES ET MINÉRAUX DES EAUX USEES URBAINES

Auteurs : **Khaled HASSINE*** **Ridha HAMZA****

* *Agence nationale de contrôle sanitaire et environnemental
des produits -Tunis*

** *Direction régionale de la santé publique de Bizerte*

RESUME

Les eaux usées urbaines, même traitées, renferment des micro-organismes pathogènes ainsi que des éléments organiques et minéraux potentiellement toxiques. L'intrusion dans l'environnement de produits pharmaceutiques et de soins personnels par l'intermédiaire des effluents d'eaux usées, et qui connaît un regain d'intérêt depuis quelque années, présente également d'énormes risques pour la santé humaine et pour la vie aquatique. La survie des virus dans les milieux extérieurs ainsi que l'exposition chronique et multiple, à travers l'eau et l'alimentation, aux faibles doses de métaux lourds, de pesticides et de PPSP fait de l'utilisation d'eaux usées traitées et de ses conséquences un problème émergent de santé publique qu'il serait important de restreindre. L'amélioration des procédés de désinfection des eaux usées et le perfectionnement des techniques atténuant les effets nocifs des éléments organiques et minéraux qu'elles renferment réduiraient énormément leur impact sur l'environnement et sur la santé des populations.

Mots clés: eaux usées urbaines, boues, produits pharmaceutiques et de soins personnels, dangers environnementaux.

Summary

Urban sewage, even treated, contains micro-organisms as well as organic and inorganic toxic. The intrusion into the environment of pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) through wastewater effluent, and who knows a renewed interest for some years, also presents huge risks to human health and the aquatic life.

Réflexions sur les grands problèmes de santé publique

The survival of viruses in outdoor environments as well as chronic and multiple exposure, through water and food to low doses of heavy metals, pesticides and PPCPs frame the use of treated wastewater and its consequences as an emerging public health problem that would be important to restrict.

Improved methods of wastewater disinfection and advanced technologies mitigating the harmful effects of organic and mineral elements they contain will greatly reduce their impact on the environment and the health of populations.

Keywords: municipal wastewater, sludge, pharmaceutical and personal care products, environmental hazards.

I.- Introduction

La réutilisation des eaux usées traitées en agriculture constitue une importante alternative d'approvisionnement pour pallier à la raréfaction des ressources en eau et à la dégradation de leur qualité. L'exploitation de cette opportunité n'est cependant pas dénuée de dangers et pourrait exposer la population à de multiples risques sanitaires du fait de la charge excessive de ces eaux en contaminants divers [1].

Nous procédons dans cet article à une synthèse des connaissances actuelles sur la composition des eaux usées et sur les dangers sanitaires associés à leur utilisation. Nous détaillons particulièrement la partie relative aux produits pharmaceutiques et de soins personnels (PPSP) pour les raisons suivantes :

- la réactivation de l'intérêt porté à ce groupe de produits suite à l'amélioration, depuis une quinzaine d'années, des techniques analytiques quantifiant ces substances dans les eaux et dans les sols ;

- l'impact environnemental de la genèse de ces substances potentiellement polluantes.

Les eaux usées sont des déchets liquides. Toutes les activités humaines qui nécessitent de l'eau, produisent des eaux usées. En effet, de grandes quantités d'eau sont quotidiennement utilisées, pour produire des biens, nettoyer, cuisiner, refroidir, évacuer des déchets, diluer, transporter, générer de la chaleur. L'eau modifiée à chaque usage d'une façon ou d'une autre (physiquement, chimiquement ou biologiquement) génère des eaux usées.

II.- Les différents types d'eaux usées

On peut classer les eaux usées en différentes catégories selon l'endroit où elles sont produites et la façon dont elles sont générées [2] :

- **Les eaux usées domestiques** qui sont utilisées pour la cuisine, le nettoyage, les bains, les douches. Elles contiennent des déchets humains (et éventuellement animaux), du papier hygiénique, des cheveux, des cosmétiques, des médicaments, de la nourriture, des huiles, des graisses, des savons, des produits de nettoyage, de l'eau de Javel et tout ce qu'une personne peut réussir à mettre dans un évier.

- **Les eaux usées générées par les établissements commerciaux, les petites entreprises, les écoles, les bureaux, les stations services** qui peuvent contenir de l'argent provenant des laboratoires de photo, des solvants utilisés par les établissements de nettoyage à sec, des encres et des colorants utilisés par les imprimeries, des produits chimiques divers, des bactéries, des virus et d'autres micro-organismes. Les eaux usées provenant des sources sus-indiquées sont généralement captées par les réseaux d'assainissement.

- **Les eaux usées générées par les installations industrielles**, dont la composition dépend des produits fabriqués et des procédés utilisés pour leur production, peuvent contenir différents produits chimiques, acides, métaux lourds, déchets radiologiques ou autres produits toxiques.

III.- Les risques biologiques liés aux eaux usées

La plupart des maladies qui résultent d'un contact avec les eaux usées sont causées par des germes pathogènes tels que les bactéries, les parasites et les virus. Ces agents pathogènes peuvent causer de graves maladies notamment chez les groupes particulièrement vulnérables (les enfants, les personnes âgées, les personnes dont le système immunitaire est affaibli) et les travailleurs en contact avec ces eaux tels que les égoutiers, les employés de stations d'épuration et surtout les ouvriers agricoles qui constituent le groupe le plus exposé [1].

Les agents pathogènes présents dans les eaux usées ou dans les eaux contaminées par des eaux usées se répartissent en plusieurs groupes d'agents, potentiellement présents dans les déchets d'origine

Réflexions sur les grands problèmes de santé publique

humaine. Il s'agit essentiellement des bactéries, des virus, des protozoaires et des helminthes. Il faut cependant souligner que les eaux usées recèlent également une grande variété de micro-organismes non pathogènes et sans impact sur la santé humaine. Ils sont présents en quantités importantes et participent à la transformation des boues.

III-1°.- Les bactéries

Les bactéries entériques sont adaptées aux conditions de vie dans l'intestin (*importante quantité d'éléments nutritifs, température à 37°C*). Leur temps de survie dans le milieu extérieur où les conditions sont totalement différentes, est par conséquent limité. Les eaux usées contiennent en moyenne 10^7 à 10^8 bactéries/l (cf. tableau I). La concentration en bactéries pathogènes est de l'ordre de 10^4 /l. Les eaux stagnantes constituent un milieu favorable au développement de films bactériens propices aux contaminations.

Tableau I : Bactéries susceptibles d'être rencontrées dans les eaux usées

Genre	Famille	Maladie
<i>Escherichia</i>	<i>Coli</i>	Gastro-entérite, septicémie, infections urinaires
<i>Salmonella</i>	<i>Typhi</i>	Fièvre typhoïde
	<i>Tiphymurium</i>	Toxi-infection alimentaire
<i>Shigella</i>		Dysenterie
<i>Yersinia</i>	<i>Enterolitica</i>	Entérocolite, septicémie
<i>Vibrio</i>	<i>Cholerae</i>	Choléra, Gastro-entérite
<i>Pseudomonas</i>	<i>Aeruginosa</i>	Gastro-entérite, infections diverses
<i>Campylobacter</i>	<i>Fetus</i>	Gastro-entérite
<i>Leptospira</i>	<i>Interrogans</i>	Leptospirose
<i>Legionella</i>	-	Légionellose
<i>Mycobacterium</i>	<i>Tuberculosis</i>	Tuberculose

Source : Observatoire Régional de la Santé d'Ile de France. Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région Ile de France. 2004

Réflexions sur les grands problèmes de santé publique

III-2°.- Les virus

Contrairement aux bactéries, les virus ne sont pas naturellement présents dans l'intestin. Ils le colonisent soit intentionnellement (*après une vaccination contre la poliomyélite par exemple*) soit suite à une infection. Dans la majorité des cas l'infection se produit par ingestion (notamment via la consommation de crudités) sauf pour le coronavirus où elle peut aussi avoir lieu par inhalation. Le tableau suivant présente les principaux virus que l'on peut trouver dans les eaux usées.

Tableau II : Virus susceptibles d'être rencontrés dans les eaux usées

Genre	Espèce	Maladie
Entérovirus	Coxsackie	Méningite, myocardite, infection respiratoire
	Echovirus	Méningite, infection respiratoire, diarrhée
	Entérovirus 68 à 71	Méningite, encéphalite, conjonctivite hémorragique
	Poliovirus	Paralysie
Hépatovirus	A et E	Hépatite A et Hépatite E
Rotavirus		Gastro-entérite
Norwalk-like virus		Gastro-entérite
Calicivirus		Gastro-entérite
Astrovirus		Gastro-entérite
Coronavirus		Gastro-entérite
Adénovirus	Adénovirus 40 et 41	Infection respiratoire, gastro-entérite

Source : Observatoire Régional de la Santé d'Ile de France .Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région Ile de France. 2004

Réflexions sur les grands problèmes de santé publique

III-3°.- Les protozoaires.

Les protozoaires sont des organismes unicellulaires munis d'un noyau. Il existe de nombreuses espèces de protozoaires infectant l'homme. La majorité des protozoaires pathogènes sont des organismes parasites se développant aux dépens de leur hôte. Certains protozoaires adoptent au cours de leur cycle de vie une forme kystique qui leur permet de résister notamment aux procédés de traitement des eaux usées. L'homme s'infecte par ingestion et les espèces qui sont considérées comme pathogènes sont : *Entamoeba histolytica* et *Giardia lamblia*.

III-4°.- Les helminthes

Les helminthes sont des vers multicellulaires qui sont classés en deux groupes principaux : les vers ronds (nématodes) et les vers plats (appelés aussi cestodes). Les oeufs d'helminthes sont très résistants et peuvent survivre dans le milieu extérieur (*sols, plantes cultivées*) pendant des semaines voire plusieurs mois.

La concentration en oeufs d'helminthes dans les eaux usées est de l'ordre de 10 à 10³ oeufs/l. Les stades de développement à travers lesquels passent les helminthes, avant d'infecter les humains, sont complexes.

Tableau III : Parasites susceptibles d'être rencontrés dans les eaux usées

Sous règne	Genre	Maladie
Protozoaires	Entamoeba	Amibiase
	Giardia	Dysenterie
	Toxoplasma	Toxoplasmose
	Cycospora	Diarrhée et perte de poids
	Cryptosporidium	Cryptosporidiose
Helminthes	Ascaris	Diarrhée et troubles nerveux
	Taenia	Diarrhée et douleurs musculaires

Source : Observatoire Régional de la Santé d'Ile de France .Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région Ile de France. 2004

Réflexions sur les grands problèmes de santé publique

III-5°.- Les champignons

Les espèces pathogènes retrouvées dans les eaux usées sont : *Aspergillus fumigatus*, *Allescheira boydii* et *Candida albicans*. Ils peuvent être à l'origine de nombreuses affections cutanées et muqueuses.

III-6°.- Les algues toxiques

La prolifération d'algues toxiques à proximité des points de rejet en mer des eaux usées, constitue un autre risque biologique. Les niveaux élevés en éléments nutritifs et les agents pathogènes que renferment les eaux usées, notamment brutes, peuvent créer des conditions propices à la prolifération d'algues qui constituent une importante source de nourriture à d'autres organismes.

Certaines algues sont toxiques pour les humains par l'intermédiaire de l'alimentation ou au travers d'un autre type d'exposition telle que la natation ou la navigation de plaisance dans les eaux contaminées. L'intoxication par ces algues peut se manifester par une perte de mémoire, des vomissements, une diarrhée, des douleurs abdominales, une paralysie des muscles respiratoires ou un coma. L'évolution peut être mortelle dans certains cas.

III-7°.- Les Agents Transmissibles Non Conventionnels (prions)

Même si à ce jour aucune contamination des eaux usées par les ATNC n'a pu être détectée, une attention particulière doit être portée à la sécurité des eaux en raison de la résistance des prions aux procédés d'inactivation chimique et physique et leur persistance dans l'environnement pendant plusieurs années.

IV°.- Les micropolluants organiques et non organiques des eaux usées

Les principaux micropolluants sont :

- les métaux lourds également appelés éléments trace métalliques (zinc, cuivre, plomb, chrome, nickel, cadmium, mercure...);
- les composés trace organiques (PCB, benzopyrène ...);
- les produits pharmaceutiques et de soins personnels.

Réflexions sur les grands problèmes de santé publique

Il s'agit d'une pollution multiple et complexe [2]. La voie de contamination principale est l'ingestion (réutilisation des eaux usées épurées) mais la contamination par voie indirecte existe.

Certains micropolluants, tels que les métaux lourds ou les pesticides, peuvent s'accumuler dans les tissus des animaux d'élevage et des plantes cultivées, contaminer par la suite la chaîne alimentaire et se concentrer dans l'organisme.

IV-1°.- Les métaux lourds

Les métaux lourds existant dans les eaux usées urbaines sont extrêmement nombreux. Les plus abondants sont le fer, le zinc, le cuivre et le plomb. Les autres métaux (manganèse, aluminium, chrome, arsenic, sélénium, mercure, cadmium, molybdène, nickel...) sont présents à l'état de traces. L'origine des métaux lourds est multiple. Ils proviennent notamment de la corrosion des matériaux des réseaux de distribution d'eau, de l'assainissement et de la collecte des eaux pluviales, des activités de service (santé, automobile) et de certains rejets industriels.

Les éléments les plus dangereux sont le plomb, l'arsenic, le mercure, le cadmium et le nickel.

Le plomb entraîne l'altération de la synthèse de l'hémoglobine au niveau de la moelle osseuse, augmente les risques d'avortement chez la femme enceinte et perturberait le développement du fœtus. Le plomb est également neurotoxique et hépatotoxique.

L'arsenic est classé parmi les substances cancérigènes par le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC). Il peut provoquer des cancers de la peau, des poumons, de la vessie. Une exposition aiguë entraîne une diminution de la conductivité des nerfs moteurs. Il peut être ingéré ou inhalé. Il peut aussi pénétrer dans l'organisme à travers la peau.

Le mercure est très toxique dans sa forme organique, le méthylmercure. Le cas de la baie de Minamata (*Japon*) illustre clairement cette toxicité. En effet, des pêcheurs et leurs familles ont été gravement intoxiqués en consommant des poissons contaminés par des rejets industriels contenant du méthylmercure (*50 décès ont été liés à cette contamination*). Les symptômes d'une exposition à long terme sont une excitation anormale, des tremblements de la tête, des mains et des mâchoires et un dysfonctionnement du système nerveux.

Réflexions sur les grands problèmes de santé publique

Le cadmium, auquel on peut s'exposer par inhalation ou par ingestion d'eau et/ou d'aliments contaminés, est un produit classé cancérigène par le CIRC. Il provoque le cancer des poumons, probablement celui des reins et de la prostate. L'exposition aiguë entraîne une somnolence, une perte des réflexes et une paralysie respiratoire. Une exposition chronique entraîne des troubles moteurs et des douleurs osseuses.

Le nickel provoque une inflammation des muqueuses et des voies respiratoires. La voie de contamination principale est la consommation d'eau ou de végétaux contaminés. Le nickel et ses dérivés sont classés parmi les produits cancérigènes par le CIRC. Il provoque notamment les cancers du nez, des poumons et de l'estomac. Le nickel présente également des risques d'allergies ou d'inflammation, notamment de l'asthme et des problèmes cutanés.

IV°-2.- Les micropolluants organiques

Les micropolluants d'origine organique sont nombreux, ce qui entrave l'appréciation de leur dangerosité. Ils proviennent de l'utilisation domestique des détergents, des pesticides, des solvants et également des eaux pluviales et des rejets industriels qui sont déversés dans les réseaux d'assainissement. Leur concentration moyenne dans les eaux usées est variable et s'étend de 1 à 10 µg/l. Certaines études ont pu mettre en évidence le danger représenté par certains produits contaminant les eaux usées. Ainsi, il a été reconnu que des patients exposés au trichloréthylène ont présenté des déficits cognitifs.

D'autres études ont rapporté des retards de croissance intra-utérine, relativement plus élevés, chez des femmes exposées à la triazine, en dépit de l'incertitude relative aux effets de l'exposition aux pesticides à l'état de traces. En effet, malgré le classement de certaines de ces molécules comme perturbateurs endocriniens ou cancérigènes possibles par le CIRC, les effets des autres polluants organiques sont encore mal appréciés et la toxicité des mélanges complexes qui peuvent se former par interaction entre les différents contaminants demeure également inconnue.

IV-3°.- Les produits pharmaceutiques et de soins personnels

Des traces d'acide clofibrique (médicament hypocholestérolémiant) et d'acide salicylique ont été détectées, en 1992, dans les

Réflexions sur les grands problèmes de santé publique

effluents des stations de traitement des eaux usées aux Etats-Unis [3]. Les études réalisées, par la suite, en Europe et aux États-Unis ont confirmé la présence des produits pharmaceutiques et de soins personnels (PPSP) dans les effluents des installations de traitement des eaux usées, les eaux de surface et même au niveau des eaux de mer [4].

Malgré les traitements opérés au niveau des stations d'épuration, l'eau rejetée contient des résidus de médicaments et la principale cause de ce problème est que ces stations n'ont pas été conçues pour l'épuration spécifique des composés présents à l'état de traces tels que les molécules pharmaceutiques qui vont des antalgiques aux médicaments anticancéreux en passant par les contraceptifs et les produits cosmétiques [3, 5].

IV-3-1°.- Origines des substances médicamenteuses retrouvées dans les eaux usées

Ces substances proviennent :

- **Des industries pharmaceutiques**, notamment les rejets des établissements pharmaceutiques qui produisent les principes actifs entrant dans la composition des médicaments (la charge polluante provient des eaux de procédés : extraction des antibiotiques par exemple) et les rejets des unités de fabrication des médicaments (eaux de nettoyage des cuves de mélange). Il faut cependant noter que le rejet de ces matières dans les eaux usées est faible du fait du coût élevé du principe actif [2].

- **De la consommation des médicaments**, qui serait la principale origine mais elle est difficile à évaluer. En effet, après leur ingestion les médicaments subissent des modifications chimiques et les métabolites issus de ces réactions peuvent être plus ou moins toxiques que le médicament initial et auraient également des propriétés différentes, voire antagonistes. Certains médicaments sont par contre excrétés sans biotransformations. Il faut également citer comme source potentielle de pollution la part des médicaments non utilisés ou qui ne servent plus et qui sont éliminés à travers les points d'évacuation des eaux usées [2, 3].

- Des rejets d'hôpitaux :

La consommation des médicaments au niveau de ces établissements est importante. Les principaux produits sont :

Réflexions sur les grands problèmes de santé publique

- les anticancéreux notamment radioactifs.
- les antibiotiques
- les analgésiques
- les hormones
- les médicaments cardio-vasculaires

- **Des rejets de laboratoires d'analyses médicales**, qui, comparés à ceux de la population générale et des hôpitaux, constituent une source faible de pollution.

IV-3-2°.- Typologie des produits pharmaceutiques et de soins personnels

Les eaux de surface, les zones d'épandage des boues issues des stations d'épuration et éventuellement les zones côtières constituent l'environnement récepteur le plus concerné des molécules pharmaceutiques de classes variées et des produits d'hygiène personnelle.

Le danger des substances pharmaceutiques sur l'environnement réside dans le fait que celles-ci peuvent se comporter de point de vue physico-chimique comme les substances sécrétées par l'organisme hôte et garder ainsi leur efficacité. Ils peuvent également se substituer à des molécules ou se fixer sur des récepteurs spécifiques au sein de l'organisme récepteur. D'autre part, ces substances risquent de suivre la voie de la bioaccumulation et d'influer sur le fonctionnement des écosystèmes aquatiques et terrestres [5].

La grande diversité des spécialités médicamenteuses s'ajoute aux nombreuses biotransformations que subirait les principes actifs, pour donner des métabolites généralement inconnus. Les faibles concentrations des médicaments et leurs métabolites généralement inférieures à celles rencontrées en thérapeutique ne permettent pas d'estimer l'étendue réelle de la présence de ces substances dans l'environnement. Il en résulte donc des difficultés dans la détection de ces substances par les laboratoires, dans l'appréciation des niveaux d'exposition de la population à ces produits et surtout dans la démonstration des effets potentiels, à long terme, de ces polluants sur la santé humaine ainsi que leurs impacts sur les différents écosystèmes.

Réflexions sur les grands problèmes de santé publique

La recherche dans ce domaine est encore à ses premiers pas d'où l'intérêt, pour une meilleure gestion de ce risque émergent, de l'exploitation optimale des informations disponibles [4].

Les médicaments les plus fréquemment retrouvés dans les eaux émanant des stations d'épuration sont les anti-inflammatoires non stéroïdiens, les antibiotiques, les hypolipémiants, les agents de contraste iodés, les b-bloquants et les contraceptifs [4, 5].

Les anti-inflammatoires

L'acide acétylsalicylique est dégradé dans les stations d'épuration et n'est détecté qu'à de très faibles concentrations dans les effluents. Le Diclofenac est fréquemment décelé à des concentrations supérieures au $\mu\text{g/l}$. L'ibuprofène est également retrouvé mais à des concentrations plus faibles que le diclofénac.

Les antibiotiques

Certains antibiotiques sont faiblement dégradés par les des stations d'épuration, en particulier les quinolones et les sulfonamides (pour le sulfaméthoxazole le taux d'élimination dépend du procédé de traitement). Concernant les macrolides (l'érythromycine et la roxithromycine), des produits de dégradation ont été retrouvés dans les effluents et les eaux de surface, leurs concentrations varient du ng/l au $\mu\text{g/l}$. La pénicilline est détruite par les divers procédés de traitement des eaux usées. Les cyclines précipitent avec les cations et s'accumulent dans les boues.

Les hormones

Les œstrogènes sont relativement élevés dans les effluents domestiques et peuvent s'accumuler dans les boues produites par les stations d'épuration ainsi que dans les organismes du milieu aquatique. Les 17β -oestradiol, le 17α -oestradiol, l'oestrone et le 17α -éthinyloestradiol ont été détectés dans les effluents des stations d'épuration et environ 80% de ces substances se retrouvent dans les boues.

Les anticancéreux

Ces médicaments, exclusivement présents dans les effluents des hôpitaux, sont très peu biodégradables. Les études ont surtout concerné l'ifosfamide et le cyclophosphamide. Le tamoxifène, utilisé dans le cancer du sein, n'est pas détruit dans les stations d'épuration et a été retrouvé dans l'estuaire des rivières.

Réflexions sur les grands problèmes de santé publique

Les hypolipémiants

L'acide clofibrigue est le plus souvent retrouvé dans les effluents des stations d'épuration.

Les β -bloquants

Le propranolol a été non seulement découvert dans les effluents des stations d'épuration mais également dans les eaux de surface.

Les antidépresseurs, les anxiolytiques et les antiépileptiques

Le diazépam est présent dans presque la moitié des échantillons d'eau des stations d'épuration mais à des concentrations ne dépassant pas 4 ng/l. La carbamazépine et la primidone sont ubiquistes dans les eaux usées.

Les analgésiques et les antipyrétiques

Le paracétamol a été repéré dans les effluents des stations d'épuration canadiennes à des concentrations moyennes de 1,9 $\mu\text{g/l}$ mais le lagunage s'est avéré une méthode intéressante pour son élimination car ce composé disparaît au cours de l'épuration.

Les produits de contraste

Les composés iodés organiques tels que l'iopamidol, l'iopromide et l'ioméprol forment le groupe régulièrement présent dans les effluents municipaux ; d'autres produits tels que les acides iothalamique et ioxithalamique ont été également retrouvés dans les effluents de stations d'épuration.

Les produits cosmétiques et les produits d'hygiène

Cette catégorie regroupe les produits de maquillage, les parfums ainsi que les produits destinés à l'hygiène personnelle (les produits de soins dentaires, les shampooings et les savons). Ces produits sont utilisés en grande quantité partout dans le monde et plus de 7000 ingrédients entrent dans leur composition [4]. Ils sont classés en familles à savoir :

- Les parfums (ou fragrances) ;
- Les désinfectants et les antiseptiques ;
- Les conservateurs ;

Réflexions sur les grands problèmes de santé publique

- Les nanoparticules dans les produits cosmétiques ;
- les filtres solaires.

Les produits cosmétiques et d'hygiène pénètrent dans les réseaux d'assainissement à partir des installations sanitaires (douches, bains, éviers...) mais les procédés de traitement des stations d'épuration ne sont pas efficaces pour les éliminer.

Il convient également de souligner que les rejets et les pertes émanant des unités de production de ces produits ainsi que les rejets directs des produits non utilisés via les déchets domestiques sont non négligeables.

IV-3-3°.- Impacts du rejet des produits pharmaceutiques

Les médicaments présents dans les eaux usées peuvent être toxiques pour les animaux et les hommes. Cette toxicité reste cependant controversée puisque ces substances et leurs métabolites subsistent à concentrations très inférieures à celles utilisées en thérapeutique :

- Les rejets hospitaliers des substances anticancéreuses peuvent être considérés comme générateurs de risques pour l'homme mais aussi pour les animaux car ils font partie des composés CMR (cancérogènes, mutagènes et toxiques pour la reproduction). Une étude réalisée sur les effluents du CHU de Limoges, en France, a montré que les effluents hospitaliers ont une forte génotoxicité [3].

- L'usage intensif des antibiotiques en médecine humaine et vétérinaire présente deux conséquences graves en matière d'impact environnemental : la présence de résidus de molécules actives et l'augmentation de la sélection de bactéries antibiorésistantes. Le risque lié à certains antibiotiques tels la doxycycline, l'oxytétracycline et la levofloxacine réside dans leur élimination par l'organisme sous une forme active d'où la possibilité de générer des dangers pour l'environnement. Il a été également constaté que des antibiotiques peuvent influencer les biomasses bactériennes de l'environnement et perturber le bon fonctionnement des systèmes d'assainissement des stations d'épuration. Le développement de la résistance des bactéries aux antibiotiques a été largement rapporté. En effet, on a pu isoler des bactéries résistantes aux médicaments dans des eaux proches des

Réflexions sur les grands problèmes de santé publique

fermes dont les sols ont été alimentés par les boues de stations d'épuration. D'autre part, il a été décrit que l'oxytétracycline posséderait des effets immunosuppresseurs et hépatotoxiques chez le poisson.

- Les médicaments hormonaux stéroïdiens ont une activité biologique à de très faibles doses. Les produits chimiques à activité oestrogénique ou androgénique présents dans l'environnement peuvent influencer le système reproducteur des animaux et affecter le développement des invertébrés. Des effets «oestrogène-like» ont été rapportés chez le poisson dans des rivières anglaises en aval de stations d'épuration et la présence de poissons à fertilité réduite, constatée dans un grand nombre de pays, a été souvent associée à la proximité des rejets d'eaux usées [2].

- La bioaccumulation des substances pharmaceutiques pourrait également se produire au niveau des sols suite à l'épandage des boues résiduaire mais peu d'informations sont actuellement disponibles sur ce point [2, 4].

V°.- Les particularités des boues issues des stations d'épuration

Les microorganismes pathogènes présents dans les boues sont mal adaptés au milieu extérieur et leur survie dans ce nouveau biotope varie de quelques jours à quelques mois. L'épandage va les exposer à :

- des conditions climatiques de température et de rayonnement solaire qui accéléreront leur disparition ;

- la compétition au niveau du sol avec d'autres microorganismes et des facteurs physicochimiques qui limiteront leur développement.

L'enfouissement des boues pourrait au contraire freiner la destruction et la perte de viabilité de ces microorganismes [6]. Les traitements ciblant les boues, en particulier le chaulage, entraînent un affaiblissement des charges virales, parasitaires et bactériennes de celles-ci. Quant au stockage, il n'induirait qu'une inactivation variable des pathogènes qui reste cependant tributaire de la profondeur et/ou de la surface des couches contaminées. Il a été ainsi démontré que les entérovirus sont neutralisés au bout de 3 semaines alors que les bactéries telles que les salmonelles persistent et s'y multiplient même

Réflexions sur les grands problèmes de santé publique

au delà de 15 semaines ; quant à la viabilité des oeufs de parasites, elle n'est réduite que d'un facteur 5 après 23 semaines [7, 8].

Les différentes espèces bactériennes (*plus de 300*) contaminant l'intestin de l'homme sont régulièrement retrouvées dans les boues d'épuration urbaines. Les concentrations bactériennes des boues atteindraient 10^6 bactéries par 100 ml. Les salmonelles, les *escherichia coli* et les entérocoques sont les plus recherchés et les plus étudiés. Des conditions environnementales particulières de température et d'humidité peuvent favoriser la multiplication de ces bactéries. D'autre part, il a été décrit que les boues renferment des germes non pathogènes qui réduiraient significativement la prolifération des espèces bactériennes.

Comme danger bactérien supplémentaire, généré par les boues, il faut citer les légionelles qui, en plus de leur omniprésence dans les milieux hydriques naturels, les sols humides et les composts, survivent dans les boues d'épuration. L'épidémie communautaire de légionellose survenue dans le Pas-de-Calais en France de Novembre 2003 à Janvier 2004 a été imputée à des boues d'épuration utilisées pour le traitement des rejets d'une usine de produits chimiques à Lens. Les aérosols chargés de légionelles ont colonisé, à partir des bassins de traitement, les tours aérorefrigérantes de cette usine [9].

Les boues peuvent séquestrer en abondance des virus importants sur le plan de la santé publique (*entérovirus humains pathogènes notamment ceux provoquant la poliomyélite, l'hépatite virale A et les gastro-entérites aiguës*). La survie des virus au cours du stockage des boues dépend essentiellement de la température de celles-ci. Il a été démontré que l'inactivation des entérovirus était plus lente lorsque le stockage s'effectuait à des températures faibles. Les virus entériques contenus dans les boues, utilisées comme engrais, peuvent contaminer les cultures, migrer à travers les couches du sol et polluer les sources d'eau potable par infiltration ou sous l'action du flux des eaux pluviales. La durée de vie des entérovirus dans le sol est variable et peut s'étendre à 180 jours [10].

Réflexions sur les grands problèmes de santé publique

**Tableau IV : Etudes ayant évalué la durée de survie
des virus entériques dans la nature**

Virrus	Composition du sol	Température et humidité	Durée de séjour (en jours)	Références
<i>Entérovirus</i>	sable	3 à 10 °C	70-170	<i>BAGDASARYAN (1964)</i>
		18 à 23 °C	25-110	
			15-25	
<i>Poliovirus</i>	sable	Humide	91	<i>LEFLER and KOTT (1974)</i>
		Sec	88	
	sable et terreau	4 °C Humide	84	<i>DUBOISE et al (1975)</i>
		20 °C Humide	84	
<i>Entérovirus</i>		été humide	> 35	<i>BITTON et Al (1984)</i>
		été sec	<8	
<i>Coxsackievirus</i>	argile	-12 à 26 °C	161	<i>DAMGAARD LARSEP et al (1977)</i>
<i>Poliovirus</i>		15 à 33 °C	11	<i>TIERNEY et al (1977)</i>
		-14 à 2 °C	89-96	
<i>Poliovirus et Coxsackievirus</i>	sable et terreau	37 °C	12	<i>YEAGER and O'BRIEN (1979)</i>
		4°C	180	
<i>Poliovirus</i>	argile	15 °C	16	<i>STRAUB et al (1992)</i>
	sable	15 °C	10.5	

Source : Centre collaborateur OMS pour les microorganismes dans les eaux usées - Université de Nancy.

Les boues renferment de très nombreux parasites mais seuls les oeufs d'helminthes, dont la concentration a été estimée à 10³ oeufs pour 100 ml de boues, représentent un risque réel pour l'homme et

Réflexions sur les grands problèmes de santé publique

pour le bétail. La présence de *Taenia* dans les boues d'épandage a été également constatée et ce parasite peut contaminer l'homme notamment via les ruminants.

Les principaux contaminants chimiques des boues sont les métaux lourds (ou éléments trace métalliques) et les composés trace organiques tels que les PCB (polychlorobiphényles) et le benzopyrène. La présence de ces contaminants pose des problèmes écologiques et de santé publique qui diffèrent de ceux causés par les micro-organismes pathogènes. En effet, le dépassement d'une valeur seuil d'un élément trace implique l'interdiction totale de l'utilisation et de l'épandage de ces boues. D'autre part, si de nouveaux procédés d'épuration des eaux usées au niveau des stations d'épuration ont entraîné une réduction de la concentration des éléments trace dans ces boues, ils n'auraient pas d'effets notables sur la réduction des teneurs des pesticides et surtout sur les médicaments présents dans ces boues compte tenu de l'absence de traitement des effluents liquides émanant des hôpitaux, des établissements de santé et des réseaux urbains.

VI°.- Les risques de dégradation des ressources en eau

VI-1°.- Les eaux souterraines

Le niveau de pollution des eaux souterraines par les eaux usées est tributaire de la nature du sol, des roches sous-jacentes et de la profondeur de la nappe phréatique.

L'ensemble sols et roches sous-jacentes se caractérise par deux propriétés :

- la rétention (*qui est mauvaise si les roches sont fissurées*) ;
- l'épuration (*élimination des microorganismes lors de l'infiltration à travers le sol suite aux réactions d'adsorption et de compétition*).

Les nappes relativement superficielles sont les plus exposées à la pollution. Les nappes profondes peuvent être éventuellement contaminées s'il existe une communication (*un forage par exemple*) avec la surface du sol. L'exploitation des ressources en eau situées dans les zones cumulant perméabilité des sols et réutilisation des eaux usées est certainement à proscrire.

La totalité des virus est éliminée à une profondeur n'excédant pas trois mètres. Mais il faut souligner que l'épuration des eaux usées

Réflexions sur les grands problèmes de santé publique

(à l'exception du traitement par les boues activées) n'élimine pas les virus si elle n'est pas suivie d'une désinfection.

La désinfection par le chlore, l'ozone ou les rayons ultraviolets diminue certes la charge virale des eaux usées mais les entérovirus peuvent résister à ces traitements et demeurer dans l'eau traitée même si celle-ci paraît exempte de coliformes. Les températures basses (*inférieure à 10 ° C*) favorisent la survie des virus dans les eaux douces souterraines pendant des mois, voire des années [1, 10].

Il faut enfin signaler qu'en matière de contamination des eaux souterraines, les produits qui suscitent le plus d'inquiétude sont les dérivés halogénés et les nitrates qui peuvent migrer en profondeur.

VI-2°.- Les eaux superficielles

Les rejets directs des eaux épurées notamment dans les cours d'eau affectent considérablement la qualité microbiologique et chimique des eaux destinées à la production d'eau potable et contribuent à l'eutrophisation des cours d'eau.

VII°.- Conclusion

Les risques sanitaires associés aux différents éléments biologiques et/ou toxiques provenant de l'utilisation des eaux usées et des boues en agriculture constituent un problème émergent de santé publique qu'il serait important de circonscrire. Cette menace s'articule essentiellement autour de deux axes :

- La survie des virus dans les milieux extérieurs *ainsi que les éventuelles mutations qu'ils peuvent subir* [10] ;

- Les expositions chroniques et multiples, à travers l'eau et l'alimentation, aux faibles doses de métaux lourds, de pesticides et de PPSP.

L'adoption de nouvelles technologies dans les domaines de l'assainissement et de la désinfection des eaux usées ainsi que l'amélioration des procédés de biodégradation des principes actifs nocifs à l'environnement réduiraient énormément l'impact négatif des eaux usées et des boues sur l'environnement et sur la santé des populations. Dans ce contexte, la recherche scientifique en matière d'évaluation de ces risques devient indispensable.

VII°.- Références bibliographiques

- [1] Rapports et Etudes EURO 42. Les problèmes posés par la réutilisation des effluents traités. Rapport sur une réunion de l'organisation mondiale de la santé tenue à Alger du 1^{er} au 5 Juin 1980. OMS, 1983.
- [2] J.Garric, B.Ferrari. Les substances pharmaceutiques dans les milieux aquatiques. Niveaux d'exposition et effets biologiques ? Revue des Sciences de l'eau 18/3 - Année 2005, 307-330.
- [3] N. Corvaisier. Les substances médicamenteuses rejetées dans les eaux urbaines. Ecole Nationale du Génie Rural des Eaux et des Forêts. Centre de Montpellier - Février 2000
- [4] V. Dulio, A. Morin. Les substances émergentes dans l'environnement. Note de synthèse sur l'état de l'art concernant les produits pharmaceutiques, les cosmétiques et les produits d'hygiène corporelle. Convention de partenariat Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques-INERIS - Octobre 2009.
- [5] Médicaments et Environnement. Rapport de l'Académie nationale de Pharmacie, version 4, Juin 2008.
- [6] S.Baumont. Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité. Observatoire régional de santé d'Ile-de-France. Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Ile-de-France- 2005.
- [7] L. Swartzbrod. Virus humains et santé publique : Conséquences de l'utilisation des eaux usées et des boues en agriculture et conchyliculture. Centre collaborateur de l'OMS pour les microorganismes dans les eaux usées- Université de Nancy -Juillet 2000.
- [8] Th. ANNABI ATTIA. A propos de la réutilisation des eaux usées traitées, mise au point. Microbiologie et Hygiène Alimentaire - Vol 12, N°345 - Décembre 2000.
- [9] Epidémie de légionellose dans le Pas-de-Calais (Novembre 2003 – Janvier 2004). Rapport d'investigation du 23 juillet 2004.
- [10] V. Chalapati Rao, T.G. Metclaf, J. L. Melnick. Virus humains dans les sédiments, les boues et les sols. Bulletin de l'Organisation mondiale de la Santé, 3 : 341-356 (1986).