



Original Paper

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

Présence de métaux lourds et de résidus médicamenteux dans les effluents des établissements de santé de Dakar (Sénégal)

A. TOURE^{1*}, A. GARAT^{2,3}, C. DIOP¹, M. CABRAL¹, M.J. EPOTE¹, E. LEROY²,
M. FALL¹, A. DIOUF¹, B. DEHON² et D. ALLORGE^{2,3}

¹Laboratoire de Toxicologie et Hydrologie, Faculté de Médecine,
Pharmacie et d'Odontologie UCAD, Dakar, Sénégal.

²Laboratoire de Toxicologie, Centre de Biologie Pathologie, Centre Hospitalier Régional et Universitaire,
Lille, France.

³EA 4483, Faculté de Médecine H. Warembourg, Pôle Recherche, Lille, France.

*Auteur correspondant ; BP 5005 Dakar Fann, Sénégal ; E-mail : amitoure@hotmail.com;
aminatatr@gmail.com; Tel/Fax : (221) 33 824 65 39.

RESUME

L'objectif de cette étude est de quantifier les concentrations en métaux lourds et de rechercher la présence de résidus de molécules médicamenteuses des effluents de trois hôpitaux de Dakar (Sénégal). C'est ainsi que la collecte des effluents a été réalisée chaque jour sur une période de trois semaines à l'entrée du déversoir des services de radiologie, de médecine interne et d'odontologie. Ensuite, des échantillons composites par semaine ont été constitués pour rechercher leur composition en métaux lourds et en résidus médicamenteux. Le transport a été effectué à +4 °C et à l'obscurité pour assurer une conservation satisfaisante. Les métaux lourds ont été dosés par ICP-MS et les résidus de médicaments ont été recherchés par UPLC-MS/MS. Les médicaments identifiés dans les effluents sont essentiellement des analgésiques et des psychotropes. La concentration en métaux lourds des effluents des trois hôpitaux est inférieure aux normes sénégalaises et de celles de L'OMS fixant les conditions de rejet de métaux dans les eaux usées. Cependant, bien que les taux retrouvés soient tolérables, leur introduction continue en milieu aquatique pourrait être à l'origine d'effets néfastes sur les organismes marins par des phénomènes de bioaccumulation et de biomagnification. D'où l'importance et la nécessité des stations d'épuration pour une bonne gestion et une réduction des risques écotoxicologiques liés aux effluents liquides hospitaliers.

© 2016 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : Effluents hospitaliers, métaux lourds, résidus médicamenteux, toxicité.

Presence of heavy metals and drug residues in healthcare facility effluents in Dakar (Senegal)

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the concentrations of heavy metals in the effluents from the radiology and dentistry departments, as well as the presence of drug residues in the effluents of the internal

medicine departments of three hospitals in Dakar (Senegal). Heavy metals were quantified by ICP-MS. Drug residues were analysed by solid-phase extraction on Oasis HLB cartridges, followed by a liquid phase chromatography separation coupled with tandem mass spectrometry. The drugs found are analgesic-type drugs, psychotropic drugs and antihistamine. The heavy metal content of the effluents of the three public health facilities is below Senegalese standards in wastewater. However, although the levels found are tolerable, their continuous introduction into the aquatic environment could cause adverse effects on marine organisms through bioaccumulation and biomagnification. This study demonstrates the importance and necessity of wastewater treatment plants in our country, for good management and a reduction in ecotoxicological risk hospital liquid effluents.

© 2016 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: Hospital effluents, heavy metals, drug residues, toxicity.

INTRODUCTION

Dans les pays développés, la majorité des eaux usées domestiques, hospitalières et industrielles sont collectées puis traitées dans des stations d'épuration (STEP) avant d'être rejetées dans le milieu naturel (rivières, lacs, mers). Ce processus permet de limiter ainsi l'apport excessif de matières organiques et de polluants minéraux dans le milieu naturel. De nombreux micropolluants sont toutefois peu épurés et se retrouvent dans le milieu naturel sans que leur impact sur ce dernier ne soit véritablement connu. Les problèmes relatifs à la gestion de ces micropolluants et des substances à risque font ainsi parti des grandes préoccupations actuelles (Ayscough et al., 2000 ; Schulman et al., 2002 ; Garric et Ferrari, 2005).

Dans ce contexte, la problématique des rejets d'effluents hospitaliers devient de plus en plus importante. En effet, ces établissements génèrent des volumes conséquents d'effluents liquides qui contiennent des xénobiotiques spécifiques (résidus médicamenteux, métaux, réactifs chimiques, désinfectants, détergents, révélateurs et fixateurs radiographiques, ...) qui seront ainsi disséminés dans l'environnement (Verlicchi et al., 2010). En effet, comme cela se présente dans toutes les chaînes d'activités humaines, les soins médicaux génèrent des déchets solides, des rejets liquides et effluents gazeux, et donc provoquent des transferts de polluants vers les milieux naturels pouvant compromettre l'équilibre biologique des écosystèmes

aquatiques et la santé des êtres vivants (Hisseien et al., 2015).

Un certain nombre d'études sur la caractérisation des effluents hospitaliers a été réalisé jusqu'à ce jour (Emmanuel, 2004 ; Zounkova et al., 2007). Cependant, elles ne portent que rarement sur une caractérisation physico-chimique et écotoxicologique approfondie des effluents et sont rarement effectuées dans les pays en voie de développement. Par ailleurs, les premières études mettent en avant l'écotoxicité intrinsèque de ces effluents (5 à 15 fois supérieure à celle d'un effluent urbain) (Siga, 2008 ; Evens et al., 2001).

Les pollutions microbiologique, toxicologique et génotoxique, ajoutées à l'importance des volumes d'effluents produits, amènent à se poser plusieurs questions sur leurs risques potentiels pour l'homme et son environnement (Dehon et al., 2001 ; Heberer, 2002 ; Yao et al., 2009).

Au Sénégal, dans la région de Dakar, sur 59 377 m³ d'eaux usées collectées par jour, et incluant les effluents liquides hospitaliers, seuls 24 100 m³ sont traités. Ainsi, 35 277 m³ d'eaux usées (59,4%) sont rejetés, sans traitement, directement en mer *via* un réseau de collecte public (Service régional de la statistique et de la démographie de Dakar, 2008). Au vu de ce constat, il est nécessaire de mettre en œuvre des systèmes planifiés de gestion intégrée des déchets hospitaliers. Les codes de l'environnement et de l'assainissement du Sénégal stipulent que

les établissements producteurs, à savoir les hôpitaux et les autres formations sanitaires, sont responsables des déchets biomédicaux qu'ils rejettent. Or ces derniers, pour la plupart, ne disposent pas d'installations de traitement qui tiennent compte à la fois, de la nature des polluants et des conséquences sur la santé des populations et sur l'environnement (Fall, 2005 ; Alighardashi, 2007).

L'objectif de cette étude est d'une part, de mettre en évidence la présence de résidus médicamenteux et de substances toxiques (en particuliers les métaux lourds) dans les effluents des services cliniques et d'aide au diagnostic des trois plus grandes structures hospitalières de la capitale du Sénégal, et d'autre part, d'alerter l'opinion publique sur les conséquences potentielles de ces rejets sur l'environnement et les êtres vivants.

MATERIEL ET METHODES

Echantillonnage

La collecte des échantillons a été réalisée sur une période d'un mois dans trois établissements de santé de la région de Dakar, capitale du Sénégal : l'Hôpital Général de Grand Yoff (HOGGY) situé dans la périphérie de Dakar, le Centre Hospitalier Universitaire de Fann (CHUF) localisé dans un quartier résidentiel de Dakar et le Centre Hospitalier Universitaire Aristide Le Dantec (HALD) dans le centre-ville de la capitale.

Le choix des sites de prélèvement a été orienté par la forte activité médicale de ces structures et leur mode de rejet direct, sans traitement préalable, des effluents en mer *via* les canalisations des réseaux des collectivités.

Les prélèvements ont été effectués pour chaque établissement public de santé (EPS) à l'entrée du déversoir des effluents des services de radiologie, d'odontostomatologie et des services de médecine interne entre 7h et 9h. Les échantillons ont été ensuite conservés à + 4 °C et à l'obscurité afin d'assurer la stabilité des analytes.

Dans les services de radiologie et d'odontostomatologie, l'échantillonnage a été effectué quotidiennement avec des flacons en polyéthylène de 500 mL. A la fin de chaque semaine, tous les échantillons collectés ont été regroupés dans un bécher, puis homogénéisés, pour obtenir un échantillon composite hebdomadaire (aliquote). Ainsi, trois aliquotes hebdomadaires de 500 mL chacun, obtenus sur trois semaines consécutives par structure, ont été analysés pour le dosage des métaux lourds.

Pour les services de médecine interne, il a été collecté chaque jour, 500 mL d'effluents dans une bouteille en verre (par la technique de prélèvement dit instantané) pour la recherche des résidus médicamenteux. La quantité d'effluent prélevée la veille est ensuite ajoutée directement à celle du jour suivant, permettant ainsi d'obtenir 3 échantillons d'un litre par semaine. Après collecte, les échantillons ont été réunis en un échantillon composite homogène par EPS.

La composition des réactifs et produits déversés dans les canalisations des services de laboratoire, a été déterminée par relevé des données issues de leurs étiquettes et de leurs notices.

Méthodes analytiques

La quantification des métaux lourds et la recherche des résidus médicamenteux ont été respectivement réalisées à l'aide d'un spectromètre de masse à plasma induit et d'un chromatographe liquide ultra haute performance couplé à un spectromètre de masse en tandem. La recherche de ces différents analytes a été effectuée selon un screening non ciblé sur la base des données spectrales des appareils utilisés.

Les gaz et les réactifs sont de qualité certifiée :

- Gaz vecteur, argon à 99,999%, Linde gaz (Gargenville, France) ;

- Gaz réactionnel, hélium 93%, hydrogène 7%, Messer France SAS (Puteaux, France) ;
- HNO₃ à 69% (réf. 131037-1611), Triton X100, PANREAC (Paris, France);
- Acide orthophosphorique à 85% (réf. 30417), Sigma Aldrich (Allemagne) ;
- Métaux en solution multi-élémentaire à 10 mg/L (Al, Ni, Cu, As, Se, Cd, Ba, Pb, Zn, Mn) (réf. CLMS-2, SPEX Certiprep) utilisée pour préparer une solution fille à 100 µg/L (dans HNO₃ à 1%) ;
- Solution de contrôle : Hard drinking water ERM (UK Metal) (réf. 0516), LGC
- Plasma Cal dilué au 1 / 1000^{ème} ;
- Tampon formiate d'ammonium (5 mM, pH 3) ;
- Acétonitrile et acide formique pur (Biosolve Chimie, Valkenswaard Netherlands)
- Cartouches OASIS HLB de 3 mL (Waters, Etats-Unis)
- Eau purifiée sur Milli-QPlus 185, Millipore (Saint-Quentin-en-Yvelines, France) ;
- Filtre de 0,7 µm ; Millipore, Molsheim, France ;

Dosage des métaux lourds

Les métaux lourds sont analysés par ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry, ou spectrométrie de masse à plasma en couplage inductif ; Agilent 7500 Series, Agilent Technologies, U.S.A.).

Ainsi, un volume de 10 mL de chaque aliquote hebdomadaire est prélevé et introduit dans un tube conique de 15 mL. Il est ensuite centrifugé à 4500 tours par minute pendant cinq minutes afin d'éliminer les particules en suspension. Ensuite, l'échantillon est dilué au 1/100^{ème} avec une solution d'acide nitrique à 1% et introduit dans trois tubes en verre de 10 mL.

Une gamme d'étalonnage en 5 points est réalisée avec la solution multi-élémentaire diluée au 1/100^{ème} dans une solution d'acide nitrique à 1% (Tableau 1).

Recherche qualitative de résidus médicamenteux

Les résidus médicamenteux sont extraits avec des cartouches OASIS HLB de 3 mL, puis séparés par chromatographie en phase liquide couplée à un spectromètre de masse en tandem (Acquity UPLC-MS/MS TDQ, WATERS, Massachusetts, U.S.A.)

Ils n'ont pas fait l'objet d'une quantification du fait de l'absence de données sur le débit d'évacuation des eaux usées du service de médecine interne des trois EPS.

Un volume de 100 mL de l'échantillon composite de chaque EPS est réparti dans 10 tubes coniques de 15 mL. Les prélèvements sont acidifiés à pH 4 avec de l'acide orthophosphorique (H₃PO₄) à 98 g.mol⁻¹. Après extraction et évaporation sous azote, le résidu sec est repris par 100 µL de la phase mobile qui est constituée d'un mélange A/B 87% / 13% (A : tampon formiate d'ammonium (5 mM, pH 3) et B : acétonitrile et 0,1% acide formique (95/5, v/v) (Humbert et al., 2010). Ce mélange est ensuite introduit dans un tube conique de 15 mL, centrifugé à 10 800 tours par minute pendant deux minutes, et enfin, les échantillons sont introduits dans des inserts pour la détection des composants.

La séparation chromatographique a été réalisée sur une colonne Acquity HSS C18 1,8 µm, 2,1 mm X 150 mm à l'aide d'un gradient de tampon formiate d'ammonium (87%) / acétonitrile (13%) à un débit fixé à 400 µL / min. L'ionisation a été réalisée par électronebulisation ou ESI (*Electro Spray Ionisation*) en mode positif. L'analyse en spectrométrie de masse tandem (ou MS/MS) a été menée en mode MRM (*Multiple Reaction Monitoring*).

Traitement des données

Le traitement des données est réalisé par le logiciel d'analyse statistique SPSS pour Windows, version 17.0.1 (SPSS France, Paris). Les moyennes et écart type ont été

déterminés par EPS et sur les échantillons composites

RESULTATS

Métaux lourds

Les moyennes des concentrations en métaux lourds des services de radiologie et d'odontostomatologie des trois structures de santé sont respectivement présentées dans les Tableaux 2 et 3. En fonction des services, les concentrations d'arsenic varient entre 2,1 et 6,7 µg/L, celles du cuivre entre 4,5 et 43 6,7 µg/L, celles du nickel, du plomb et du zinc entre 1,1 et 15,9 µg/L ; 1,9 et 9,1 µg/L et 310,8 et 969,7 µg/L respectivement. Ces valeurs ont été comparées aux normes sénégalaises NS 05-061 de rejet des métaux lourds dans les effluents destinés à être déversés en mer (Association Sénégalaise de Normalisation, 2001). Ces concentrations sont sensiblement égales pour les trois EPS sauf pour le zinc pour lequel nous avons eu des

concentrations plus importantes. Par contre, les concentrations en cadmium sont inférieures à la limite de détection de la méthode utilisée qui est de 0,000012 µg/L.

Résidus médicamenteux

Les substances médicamenteuses identifiées dans les effluents des services de médecine interne des trois établissements de santé sont présentées dans le Tableau 4.

Ce tableau montre la présence de plusieurs types de médicaments dans les 3 EPS sélectionnés. Des benzodiazépines, telles que le diazépam et ses métabolites (nordiazépam, témazépam, oxazépam, Prazépam), ont été retrouvées dans les prélèvements provenant des trois EPS. Le paracétamol, un analgésique en vente libre au Sénégal, le tramadol et l'éphédrine ont été également détectés dans les effluents hospitaliers.

Tableau 1 : Gamme d'étalonnage de l'analyse des métaux lourds sur l'ICP-MS.

Points	0	1	2	5	10
Solution multi-élémentaire 100 µg/l (en mL)	0	0,1	0,2	0,5	1
HNO ₃ à 1% (en mL)	10	9,9	9,8	9,5	9

Tableau 2 : Valeur moyenne de la teneur des métaux lourds, en µg/L, des effluents des services de radiologie comparée aux normes sénégalaises et de l'OMS (µg/L).

Eléments (µg/L)	HALD	CHUF	HOGGY	Normes Sénégalaises	Normes OMS
As	4,0 ± 0,3	4,0 ± 1,0	3,3 ± 0,7	1000	-
Cd	< LD*	< LD	< LD	20	100
Cu	15,0 ± 4,8	4,5 ± 1,2	8,9 ± 5,4	1000	200
Ni	15,9 ± 5,8	1,1 ± 0,1	11,1 ± 5,5	1000	-
Pb	6,4 ± 5,0	2,8 ± 1,0	1,9 ± 0,3	500	500
Zn	315,2 ± 16,8	310,8 ± 50,5	447,8 ± 26,47	1000	200

*LD = limite de détection (0,000012 µg/L) ; HALD : Hôpital Aristide Le Dantec ; HOGGY : Hôpital Général de Grand Yoff ; CHUF : Centre Hospitalier Universitaire de Fann.

Tableau 3 : Valeur moyenne des concentrations en µg/l des métaux lourds des effluents des services d'odontostomatologie comparée aux normes sénégalaises et de l'OMS (µg/l).

Eléments (µg/L)	HALD	CHUF	HOGGY	Normes Sénégalaises	Normes OMS
As	6,7 ± 0,68	4,0 ± 1,1	2,1 ± 0,4	1000	-
Cd	< LD	< LD	< LD	20	100
Cu	20,7 ± 4,9	43,0 ± 6,3	6,7 ± 2,4	1000	200
Ni	11,5 ± 2,9	4,4 ± 1,5	8,5 ± 5,9	1000	-
Pb	2,6 ± 2,0	3,7 ± 0,9	9,1 ± 2,9	500	500
Zn	933,1 ± 67,6	969,7 ± 45,62	379,4 ± 80,8	1000	200

LD = limite de détection (0,000012 µg/l) ; HALD : Hôpital Aristide Le Dantec ; HOGGY : Hôpital Général de Grand Yoff ; CHUF : Centre Hospitalier Universitaire de Fann.

Tableau 4 : Molécules médicamenteuses et métabolites, identifiés dans les effluents des services de médecine interne.

Molécules	Hôpital		
	HALD	CHUF	HOGGY
Benzodiazépines	Diazépam	Diazépam	Oxazépam
	Nordiazépam	Nordiazépam	Prazépam
	Oxazépam	Oxazépam	
	Temazépam	Temazépam	
Analgésiques	Tramadol	Tramadol	Tramadol
	<i>N</i> -desméthyltramadol	<i>O</i> -desméthyltramadol	<i>N</i> -desméthyltramadol
	<i>O</i> -desméthyltramadol	Paracétamol	Paracétamol
	Paracétamol		Paracétamol
Autres	Ephédrine		

HALD : Hôpital Aristide Le Dantec ; HOGGY : Hôpital Général de Grand Yoff ; CHUF : Centre Hospitalier Universitaire de Fann.

DISCUSSION

Les activités qui relèvent du domaine de la santé sont génératrices de pollution et de transfert de toxiques vers les milieux naturels (Koffi et al., 2015). L'un des principaux problèmes environnementaux posés par les effluents hospitaliers est leurs rejets, au même titre que les effluents classiques urbains, vers les réseaux d'assainissement communal sans traitement préalable (Deblonde et al., 2012).

Nous avons utilisé la technique d'échantillonnage dite instantanée et les prélèvements n'ont été effectués qu'à la sortie,

au niveau du déversoir des effluents. Une analyse à l'entrée des services pourrait nous permettre de vérifier la qualité organique et chimique des eaux utilisées dans les services de soins et de comparer les données avec celles du déversoir pour une meilleure appréciation du niveau de contamination liées aux activités de soin (Emmanuel et al., 2007).

La composition des produits utilisés, dans les services de radiologie et d'odontostomatologie des trois structures de santé, ne révèle pas une concentration élevée en métaux lourds (arsenic, cadmium, cuivre,

nickel, zinc et plomb). Cela pourrait expliquer que les concentrations retrouvées dans les effluents de ces services ne sont pas significatives et sont mêmes inférieures aux normes sénégalaises de rejet. Cependant, bien que ces concentrations soient faibles, l'introduction continue de métaux lourds en milieu aquatique est à l'origine d'effets néfastes sur les organismes marins à cause de leurs propriétés de bioaccumulation et de biomagnification (Lim et Schoenung, 2010 ; Baby et al., 2010).

L'arsenic inorganique, le cadmium, le mercure et le plomb sont des toxiques cumulatifs, capables de s'accumuler dans les produits alimentaires aquatiques et d'occasionner un certain nombre de perturbations chez l'homme : atteintes rénales, osseuses, neurologiques et/ou digestives, troubles cancérogènes et/ou mutagènes (Oliveira et al., 2012 ; Prozialeck et Edwards, 2012). Bien que la concentration en métaux lourds dans les effluents liquides fournisse des informations précieuses, la toxicité de ces métaux devrait être prise en compte dans la comparaison de l'impact potentiel de ces éléments métalliques sur l'environnement et sur les animaux aquatiques.

Le cadmium est un métal de transition reconnu comme étant cancérogène, mutagène et cytotoxique. Des données récentes suggèrent que les protéines qui participent à des systèmes de réparation de l'ADN, en particulier dans l'excision et la réparation des mésappariements, sont des cibles sensibles de la toxicité du cadmium (Lim et al., 2010).

Le cuivre, le zinc et le nickel sont des oligo-éléments qui peuvent perturber, à dose élevée, le bon fonctionnement des systèmes enzymatiques de l'homme (Roussel et Favier-Hininger, 2009). Les teneurs élevées de zinc dans les services d'odontostomatologie pourrait s'expliquer par l'utilisation des ciments dentaires pour les obturations coronaires, les obturations canalaires ou encore les scellements en prothèse conjointe.

Des études ont montré la présence de ces substances toxiques dans les effluents

hospitaliers. En effet, l'utilisation d'appareils de mesure et de solutions à base de métaux dans les hôpitaux des pays en voie de développement, facilite la présence de ces métaux dans les rejets liquides des différents services médicaux (Jones et al., 2002). Ces produits solubles représentent donc un danger de pollution de l'eau puisqu'ils peuvent modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau et nuire au bon fonctionnement de la station d'épuration en détruisant sa flore épuratrice (Tankari Dan-Badjo et al., 2014).

Hormis la présence de métaux lourds, retrouvés dans les effluents hospitaliers, des résidus médicamenteux issus de l'administration de molécules pharmaceutiques aux patients ont été détectés. Ces résidus médicamenteux vont ainsi se retrouver ensuite dans les sols et les eaux de surface, certes en quantités infimes, mais suffisantes pour mériter que l'on se pose des questions quant à leurs conséquences environnementales et sanitaires. Il est rapporté dans la littérature que certains médicaments et leurs métabolites quittent le corps humain sous leurs formes actives et intègrent le réseau d'assainissement urbain (Cyr et al., 2002).

Des équipes (Kummerer, 2001 ; Subedi et al., 2014) ont confirmé la présence quasi constante de résidus médicamenteux dans les eaux de surface et ont mis à jour, celle occasionnelle, dans des eaux de boissons. En effet, le rejet en continu de médicaments et de leurs métabolites dans le milieu aquatique confère à ces molécules un caractère de pseudo-persistance. Leur présence dans le milieu aquatique dépend d'un certain nombre de facteurs, comme leur faible dégradation, leur liposolubilité élevée, leur stabilité ou encore leur demi-vie (Defarges et al., 2011 ; Zuccato et Castiglioni, 2011).

Les molécules identifiées dans les effluents du service de médecine interne des trois établissements de santé ont également été retrouvées dans divers effluents, notamment en Allemagne (Heberer, 2002). Cependant, elles ont également été détectées dans les

effluents traités par des stations d'épuration (Lin et al., 2008).

Les substances pharmaceutiques peuvent être transformées en d'autres composés par les réactions d'oxydation des organismes aquatiques non-cibles et s'avérer néfastes à leur développement (Calisto et Esteves, 2009). Mais le danger éventuel de ces contaminants sur l'environnement réside dans le fait que nombre d'entre elles ont le même comportement physico-chimique que des molécules sécrétées par l'organisme hôte. Ces propriétés leur permettent de traverser les membranes cellulaires et de conserver leur efficacité durant un intervalle de temps plus ou moins long.

Selon certains auteurs, la toxicité des substances médicamenteuses est négligeable en milieu aquatique car elles sont retrouvées pour la plupart à des concentrations très inférieures à celles utilisées en thérapie. Mais cette toxicité existe et justifie, par exemple, l'utilisation de tests de génotoxicité afin d'estimer l'impact de certaines substances médicamenteuses sur les organismes aquatiques (Jolibois et Guerbet, 2006 ; Andreozzi et al., 2007 ; Koffi et al., 2015).

Aucun des trois établissements publics de santé soumis à notre étude ne dispose d'une station d'épuration. Cependant, du fait de la présence de grilles à la sortie des tuyaux d'évacuation, l'étape de dégrillage y est amorcée bien qu'elle soit insuffisante.

Plusieurs études ont démontré la persistance de molécules médicamenteuses dans les effluents après leur traitement dans des stations d'épuration (Lin et al., 2008 ; Backhaus and Karlsson 2014). Néanmoins, la concentration de certaines substances rejetées est diminuée après passage dans une station de traitement. En effet, selon le rapport de l'Académie Nationale de Pharmacie de la France, les résidus de médicaments non retenus ou non éliminés directement dans les stations d'épuration sont rejetés dans les eaux de surface par leurs effluents. Leurs concentrations sont diminuées, soit par dilution, soit par photodégradation, bien que

ce dernier phénomène soit très variable d'une molécule à l'autre (Andreozzi et al., 2003 ; Heidler et Halden, 2008).

Conclusion

Cette étude préliminaire met en exergue la présence de métaux réputés toxiques, même à faible concentration, dans les effluents liquides de trois services hospitaliers de la région de Dakar au Sénégal. Toutefois, il serait utile d'envisager des prélèvements des eaux de l'effluent cumulant tous les services hospitaliers à la sortie, et d'étudier les mécanismes de dégradation de certaines molécules en milieu aquatique et leurs effets sur les organismes qui y évoluent en tenant compte de leurs propriétés d'accumulation.

CONFLIT D'INTERETS

Les auteurs déclarent qu'ils n'ont aucun conflit d'intérêts

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

AT est le principal investigateur de l'étude et a participé à toutes les phases du travail. MJE a contribué à la collecte des données sur le terrain et à la détermination des résultats au laboratoire; CD, M C, MF, AD ont été co-encadreurs de ce travail et ont contribué à l'élaboration du projet d'étude au sein du Laboratoire de Toxicologie-Hydrologie de l'UCAD (Dakar); AG, EL, BD et DA ont été les co-encadreurs de ce travail au laboratoire de Toxicologie du Centre de Biologie Pathologie de Lille2 et ont contribué à la correction de l'article.

REFERENCES

- Alighardashi A. 2007. Composés pharmaceutiques et eaux usées urbaines. Thèse de doctorat en génie des procédés et des produits, Lorraine, 179 p.
- Andreozzi R, Raffaele M, Nicklas P. 2003. Pharmaceuticals in STP effluents and their solar photodegradation in aquatic environment. *Chemosphere*, **50**: 1319-

1330. doi: 10.1016/S0045-6535(02)00769-5
- Association Sénégalaise de Normalisation (ASN). 2001. Norme sénégalaise NS 05-061 Eaux usées : normes de rejet : 27p.
- Ayscough NJ, Fawell J, Franklin G, Young W. 2000. Review of Human Pharmaceuticals in the Environment. Research and Development. Technical Report P390. Environment Agency. Bristol, UK: 106 p.
- Baby J, Raj JS, ET Biby, Etsankarganesh P, Jeevitha MV, Ajisha SU, Rajan SS.2010. Toxic effect of heavy metals on aquatic environment. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 4(4): 939-952. <http://ajol.info/index.php/ijbcs>
- Backhaus T, Karlsson M. 2014. Screening level mixture risk assessment of pharmaceuticals in STP effluents. *Water Research*, 49: 157-165. <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2013.11.005>
- Calisto V, Esteves VI. 2009. Psychiatric pharmaceuticals in the environment. *Chemosphere*, 77: 1257-1274. doi:10.1016/j.chemosphere.2009.09.021.
- Cyr PJ, Rominder PS, Helmig ED. 2002. A pilot scale evaluation of removal of mercury from pharmaceutical wastewater using granular activated carbon. *Water Research*, 36: 4725-4734. doi:10.1016/S0043-1354(02)00214-2
- Deblonde T, Dreyer M, Hartemann P. 2012. Résidus médicamenteux et eau destinée à la consommation humaine. *Hegel*, 2(3): 12-20. <http://dx.doi.org/10.4267/2042/48244>
- Defarges T M, Guerbet M, Massol J, Participants de la Table Ronde N° 4 de Giens XXVI 2011. Impact des médicaments sur l'environnement : état des lieux, évaluation des risques, communication. *Thérapie*, 66(4): 335-340. <http://dx.doi.org/10.2515/therapie/2011040>
- Dehon B, Nisse C, Lhermitte M, Haguenoer JM. 2001. Métaux et médecine du travail. *Ann. Toxicol. Anal.*, 13: 203-219. <http://dx.doi.org/10.1051/ata/2001016>
- Emmanuel E, Angerville R, Joseph O, Perrodin Y. 2007. Human health risk assessment of lead in drinking water: a case study from Port-au-Prince Haiti. *Int J Environ Pollut.*, 31(3/4): 280-291. <http://dx.doi.org/10.1504/IJEP.2007.016496>
- Emmanuel E, Blanchard JM, Keck G, Vermande P, Perrodin Y. 2004. Toxicological effects of sodium hypochlorite disinfections on aquatic organisms and its contribution to AOX formation in hospital wastewater. *Environ Int.*, 30: 891-900. doi:10.1016/j.envint.2004.02.004
- Emmanuel E. 2004. Évaluation des risques sanitaires et écotoxicologiques liés aux effluents hospitaliers. Thèse de doctorat, Spécialité Sciences et Techniques du Déchet. *Institut National des Sciences Appliquées de Lyon*, 259 p.
- Evens E, Blanchard JM, Keck G, Perrodin Y. 2001. Caractérisation chimique, biologique et écotoxicologique des effluents hospitaliers. *Dechets Sciences et Techniques*, 22: 31-33. <http://dx.doi.org/10.4267/dechets-sciences-techniques.1359>
- Fall ND. 2005. La gestion des déchets biomédicaux au Sénégal : un vide juridique à combler. Mémoire de DEA «Droit et Santé», UCAD, Dakar.
- Gagnaire F, Maignac B, Hecht G, Héry M. 2002. Sensory irritation of acetic acid, hydrogen peroxide, peroxyacetic acid and their mixture in mice. *Annals of Occupational Hygiene*, 46: 97-102. <http://dx.doi.org/10.1093/annhyg/mef005>
- Garric J, Ferrari B. 2005. Pharmaceuticals in aquatic ecosystems. Levels of exposure and biological effects. A review. *Journal of Water Science*, 18(3): 307-330. <http://id.erudit.org/iderudit/705561ar>
- Gorbi S, Benedetti M, Virno Lamberti C, Pisanelli B, Moltedo G, Regoli F. 2009. Biological effects of diethylene glycol

- (DEG) and produced waters (PWs) released from offshore activities: a multi-biomarker approach with the sea bass *Dicentrarchus labrax*. *Environmental Pollution*, **157**: 3166-3173. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2009.05.021>
- Heberer T. 2002. Occurrence, fate, and removal of pharmaceutical residues in the aquatic environment: a review of recent research data. *Toxicology Letters*, **131**: 5-17. doi:10.1016/S0378-4274(02)00041-3
- Heidler J, Halden RU. 2008. Meta-analysis of mass balances examining chemical fate during wastewater treatment. *Environ Sci. Technol.*, **42**(17): 6324-6332. <http://dx.doi.org/10.1021/es703008y>
- Hisseien A, Kamga R, Mahamat TN. 2015. Physico-chemical analysis of Logone River water at Moundou City in Southern Chad. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **9**(3): 1654-1664. <http://ajol.info/index.php/ijbcs>
- Holdway DA. 2002. The acute and chronic effects of wastes associated with offshore oil and gas production on temperature and tropical marine ecological processes. *Marine Pollution Bulletin*, **44**(3): 185-203. [http://dx.doi.org/10.1016/s0025-326x\(01\)00197-7](http://dx.doi.org/10.1016/s0025-326x(01)00197-7)
- Humbert L, Grisel F, Richeval C, Lhermitte M. 2010. Screening of xenobiotics by ultra-performance liquid chromatography-mass spectrometry using in-source fragmentation at increasing cone voltages: library constitution and an evaluation of spectral stability. *J Anal Toxicol.*, **34**(9): 571-580. <http://dx.doi.org/10.1093/jat/34.9.571>
- Jolibois B, Guerbet M. 2006. Hospital wastewater genotoxicity. *Annals of Occupational Hygiene*, **50**: 189-196. <http://dx.doi.org/10.1093/annhyg/mei051>
- Jones OAH, Voulvoulis N, Lester JN. 2002. Aquatic environmental assessment of the top 25 english prescription pharmaceuticals. *Water Research*, **36**: 5013-5022. doi:10.1016/S0043-1354(02)00227-0
- Koffi JPK, N'go AY, Kone D, Kouassi KH, Issiaka H. 2015. Mapping of pollution risk of surface waters by runoff from watershed: case of Aghien Lagoon (South of Code d'Ivoire). *Journal of Water Resource and Protection*, **7**: 1457-1466. <http://dx.doi.org/10.4236/jwarp.2015.717119>
- Kummerer K. 2001. Drugs in the environment: emission of drugs, diagnostic aids and disinfectants into wastewater by hospitals in relation to other sources - a review. *Chemosphere*, **45**: 957-969. doi:10.1016/S0045-6535(01)00144-8
- Larsson DGJ, de Pedro C, Paxeus N. 2007. Effluent from drug manufactures contains extremely high levels of pharmaceuticals. *Journal of Hazardous Materials*, **148**(3): 751-755. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2007.07.008>
- Lim SR, Schoenung JM. 2010. Human health and ecological toxicity potentials due to heavy metal content in waste electronic devices with flat panel displays. *Journal of Hazardous Materials*, **177**: 251-259. doi:10.1016/j.jhazmat.2009.12.025
- Lin AY, Yu TH, Lin CF. 2008. Pharmaceutical contamination in residential, industrial, and agricultural waste streams: Risk to aqueous environments in Taiwan. *Chemospher*, **74**(1): 131-141. doi:10.1016/j.chemosphere.2008.08.027
- Munro IC, Williams GM, Heymann HO, Kroes R. 2006. Tooth whitening products and the risk of oral cancer. *Food Chem Toxicol.*, **44**(3): 301-315. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2005.07.012>
- Oliveira H, Lopes T, Almeida T, Pereira ML, Santos C. 2012. Cadmium-induced genetic instability in mice testis. *Hum Exp Toxicol.*, **31**(12): 1228-1236. <http://dx.doi.org/10.1177/0960327112445937>

- Prozialeck WC, Edwards JR. 2012. Mechanisms of Cadmium-Induced Proximal Tubule Injury: New Insights with Implications for Biomonitoring and Therapeutic Interventions. *J Pharmacol Exp Ther.*, **343**(1): 2-12. <http://dx.doi.org/10.1124/jpet.110.166769>
- Roussel AM, Favier-Hininger I. 2009. Éléments-trace essentiels en nutrition humaine : chrome, sélénium, zinc et fer. *Endocrinologie-Nutrition*, 16p.
- Schulman LJ, Sargent EV, Naumann BD, Faria EC, Dolan DG, Wargo JP. 2002. A Human Health Risk Assessment of Pharmaceuticals in the Aquatic Environment. *Hum Ecol. Risk Assess.*, **8**: 657-680. <http://dx.doi.org/10.1080/20028091057141>
- Service Régional de la Statistique et de la Démographie de Dakar. 2008. Situation Economique et Sociale de la Région de Dakar. Dakar ; 186p.
- Siga D. 2008. Rejets non domestiques dans les réseaux d'assainissement. *Techniques Sciences Méthodes*, **6**: 18-22. <http://dx.doi.org/10.1051/tsm/200806018>
- Subedi B, Lee S, Moon HB, Kannan K. 2014. Emission of artificial sweeteners, select pharmaceuticals, and personal care products through sewage sludge from wastewater treatment plants in Korea. *Environment International*, **68**: 33-40. doi:10.1016/j.envint.2014.03.006
- Tankari Dan-Badjo A, Tidjani DA, Idder T, Guero Y, Dan Lamso N, Matsallabi A, Ambouta JMK, Feidt C, Sterckeman T, Echevarria G. 2014. Diagnostic de la contamination des eaux par les éléments traces métalliques dans la zone aurifère de Komabangou – Tillabéri, Niger. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **8**(6): 2849-2857. <http://ajol.info/index.php/ijbcs>
- Verlicchi P, Galletti A, Petrovic M, Barcelo D. 2010. Hospital effluents as a source of emerging pollutants: An overview of micropollutants and sustainable treatment options. *Journal of Hydrology*, **389**: 416-428. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.06.005>
- Yao K M, Metongo BS, Trokourey A, Bokra Y. 2009. La pollution des eaux de la zone urbaine d'une lagune tropicale par les matières oxydables (lagune Ebrié, Côte d'Ivoire). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **3**(4): 755-770. <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v3i4.47168>
- Zounková R, Odráška P, Doležalová L, Hilscherová K, Maršálek B, Bláha L. 2007. Ecotoxicity and genotoxicity assessment of cytostatic pharmaceuticals. *Environmental Toxicology and Chemistry*, **26**: 2208-2214. <http://dx.doi.org/10.1897/07-137r.1>
- Zuccato E, Castiglioni S. 2011. Assessing Illicit Drug Consumption by Wastewater Analysis: History, Potential, and Limitation of a Novel Approach. In *Illicit Drugs in the Environment: Occurrence, Analysis, and Fate Using Mass Spectrometry*, Castiglioni S, Zuccato E, Fanelli R (eds). John Wiley & Sons, Inc.: Hoboken, NJ, USA.