



FLUX DES POLLUANTS LIES AUX ACTIVITES ANTHROPIQUES ET RISQUES SUR LES RESSOURCES EN EAU DE SURFACE A TRAVERS LE MONDE (SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE)

FLOW OF POLLUTANTS LINKED TO ANTHROPIC ACTIVITIES AND RISKS ON WORLDWIDE SURFACE WATER RESOURCE (LITERATURE REVIEW)

**ADJAGODO A.^{1,2*}, AGASSOUNON DJIKPO TCHIBOZO M.^{1,2*}, C. KELOME
AHOANGNIVO N.^{1,3}, LAWANI R.¹**

¹ Institut National de l'Eau (INE), Université d'Abomey-Calavi (UAC),
01BP526 Cotonou, Bénin.

² Laboratoire des Normes, de Contrôle de Qualité Microbiologique, Nutritionnelle et
Pharmacologique (LNCQMNP), Faculté des Sciences et Techniques (FAST), Université
d'Abomey-Calavi (UAC), Tél : 00(229) 21 03 78 31, 01BP1636 RP, Cotonou, Bénin.

³ Département des Sciences et de la Terre, Faculté des Sciences et Technique (FAST),
Université d'Abomey-Calavi (UAC), 01BP526 Cotonou, Bénin.

* Auteurs correspondants ; antoINETte.adjagodo@yahoo.fr et tchibowo@yahoo.fr

RESUME

Cette synthèse bibliographique fait le point des différentes activités anthropiques et de leurs impacts sur la qualité des eaux de surface, la chaîne trophique et la santé humaine. Les activités anthropiques interfèrent sur les eaux de surface en créant des problèmes environnementaux et sanitaires. Les activités domestiques, agricoles, industrielles, hospitalières, et les activités de pêche artisanale et de tourisme, sont les plus incriminées. La pollution des eaux de surface par les métaux lourds, les pesticides, les engrais, les hydrocarbures et les organismes pathogènes (bactéries, parasites, virus), constitue un véritable problème environnemental et sanitaire. La présence des matières organiques polluantes rend difficile le traitement des eaux brutes destinées à la consommation humaine. L'utilisation accrue des pesticides en agriculture explique la présence des résidus de pesticides dans les eaux de surface en

Afrique et dans le monde. Les industries et hôpitaux, de par leurs rejets d'effluents et de déchets solides dans l'environnement, sans traitement adéquat constituent une source de pollution des écosystèmes et des espèces aquacoles. La présence des macropolluants et micropolluants dans les eaux de surface dégrade leur qualité, puis celle des ressources et compromet la santé de la population utilisatrice des eaux et produits halieutiques.

Mots clés : Eaux de surface, pollution, écosystèmes aquatiques, espèces aquacoles

ABSTRAT

This bibliographical synthesis made point of various anthropogenic activities and their impacts on the quality of surface waters, the food chain and human health. Anthropogenic activities interfere on surface waters by creating environmental and health problems. Domestic, agricultural, industrial, hospital, artisanal fishing and tourism activities, are most incriminated. Pollution of surface water by heavy metals, pesticides, fertilizers, oil and pathogenic organisms (bacteria, parasites, viruses), is a real environmental and health problem. Presence of organic pollutants makes difficult the treatment of raw water intended for human consumption. The increased use of pesticides in agriculture explains the presence of pesticide residues in surface waters in Africa and around the world. The industries and hospitals, due to discharges of effluent and solid waste in the environment, without proper treatment represent a source of pollution of ecosystems and aquaculture species. The presence of pollutants in surface waters degrades their quality and endangers users' health and fish products.

Keywords: surface water, pollution, aquatic ecosystems, aquaculture species

INTRODUCTION

L'expansion démographique et l'essor économique que connaissent les pays du monde sans occulter ceux de l'Afrique ont des conséquences sur l'environnement et sur les plans d'eau. Ainsi, les ressources en eau sont soumises à une forte pression exercée par l'activité anthropique (agriculture, industrie, élevage, pêche, domestique, hôpitaux, etc.). Les activités anthropiques à caractère socio-économique couplées à celles des processus naturels (érosion des sols, précipitation, évaporation, ruissellement des eaux fluviales) accélèrent

la dégradation des ressources en eau de surface (Aw et al., 2011). Elles provoquent des perturbations de l'équilibre naturel et accroissent la charge organique de l'eau et des sédiments, puis l'encombrement des ressources en eau, avec des problèmes d'eutrophisation, l'asphyxie de l'environnement aquatique ainsi que les problèmes sanitaires des populations (Ado et al., 2010). L'azote et le phosphore contribuent à des situations d'eutrophisation des écosystèmes. Le phosphore a pour principale origine l'agriculture et les rejets domestiques. Mais l'industrie en rejette également du fait de l'utilisation de certains réactifs de laboratoire (Miquel, 2003). Les eaux de surface sont polluées par les rejets industriels d'effluents, de déchets ménagers ou agricoles, d'excrétas et divers déchets organiques (Eblin et al., 2014). Depuis plus d'une dizaine d'années les eaux de surface (fleuve, lac, étang, mer, rivière, lagune), sont exploitées pour l'arrosage des produits maraîchers et agricoles. Ainsi, l'eau source de vie peut devenir un danger pour l'environnement et pour les utilisateurs si elle n'est pas de qualité acceptable (Agassounon Tchibozo et al., 2012). Par ailleurs, les eaux de surface sont exploitées et traitées pour desservir la population en eau potable (Lamizana-Diallo et al., 2008 ; Agbani, 2013). Cet article présente la synthèse des flux des polluants anthropiques et leurs impacts sur les eaux de surface, les espèces aquatiques et la santé humaine. Cette revue de littérature constitue donc une étape dans la constitution d'une base de données pouvant permettre de mieux orienter les travaux de recherche sur l'influence des activités anthropiques sur les eaux de surface.

METHODOLOGIE

Pour réaliser cette synthèse bibliographique sur les flux des polluants anthropiques et leurs conséquences sur les ressources en eau de surface, il a été fait recours aux résultats antérieurs obtenus par les chercheurs sur le plan régional (Bénin, Maroc, Burkina-Faso, etc.) et international (Afrique, Asie et Europe). Les sources d'informations utilisées sont : les rapports d'activités de mémoires et thèses, les notes techniques, les publications et les ouvrages. Les recherches ont porté essentiellement sur les activités humaines polluantes des eaux de surface, leurs origines, la qualité des eaux et la chaîne trophique.

EAUX DE SURFACE, DIFFERENTS TYPES D'ANTHROPISATION ET POLLUANTS

Les eaux de surface regroupent toutes les eaux s'écoulant à la surface du sol, des versants jusqu'aux cours d'eau, en passant par les mares, les étangs et les lacs (Rassou, 2009). Ces eaux de surface ont une qualité plus ou moins régulière selon les rejets qui s'y déversent ou encore selon le ruissellement des pluies. Les activités socio-économiques, les plus importantes sources potentielles de pollution sont celles liées à l'agriculture, l'industrie, la pêche artisanale et le tourisme (Zerrouqi, 2013). Selon Plus et al. (2006), il existe deux types d'activités humaines terrestres (agriculture, foresteries, tourisme, industrie, mines) et les activités humaines aquatiques (pêche, baignade, yachting, aquaculture, trafic des produits pétroliers, exploitations de sable fluvial et marin). Certaines de ces activités humaines contribuent directement ou indirectement par ruissellement ou drainage à la pollution des eaux de surface et influent sur les caractéristiques des eaux (Munabi et al., 2009). Les sources de pollutions des eaux de surface sont surtout liées à l'utilisation intensive des pesticides et des engrais, à la mauvaise gestion des décharges d'ordures, des rejets des eaux usées non traitées des industries, des hôpitaux et des ménages. Elles sont dues aussi à une intensification des activités industrielles et agricoles, et à une augmentation rapide de la population (Mc Kinney, 2002 ; Lamizana-Diallo et al., 2008). A Niamey au Niger, le fleuve Niger est le récepteur principal des rejets d'eaux usées de la ville, provenant des activités industrielles, domestiques, hospitalières et agricoles (Paré et Bonzi-Coulibaly, 2013). Au Maroc, Errochdi et al. (2012), ont lié la problématique de la qualité de l'eau au niveau du bassin-versant du Laou à des rejets des eaux usées et à l'intensification de l'agriculture avec l'utilisation d'engrais et de produits phytosanitaires et celle du bassin versant Tahaddart à la nature du substrat fortement érosif, à l'élevage et le surpâturage, à l'agriculture et la nature des pratiques agricoles. Au Bénin, certaines pratiques telles que le lavage des motos dans les eaux de surface et les transports et utilisations des produits pétroliers frelatés par les conducteurs de taxi motos constituent des risques environnementaux et sanitaires (Fanou et al., 2006). En plus de ces sources de pollutions s'ajoutent l'implantation des acadjas sur les plans d'eau (Mama, 2010).

POLLUTION DUE AUX ACTIVITES DOMESTIQUES

Les déchets liquides et solides issus des activités domestiques constituent une grande source de pollution des eaux de surface. En Afrique, à peine 3% des ménages évacuent correctement leurs eaux usées domestiques. Les eaux usées sont directement déversées dans les rues, dans les cours et dans les caniveaux ; ce qui provoque la stagnation des flaques d'eau de douches ou d'eau de ménages entre habitations (EAA, 2012). Au nord-ouest du Maroc, le volume global d'eaux usées générées par les principales agglomérations urbaines est de l'ordre de $190747 \text{ m}^3 \text{ j}^{-1}$ (Blinda, 2007). Ces eaux usées domestiques rejetées dans les cours d'eau sont caractérisées par des matières organiques et fécales et des produits chimiques. Au Ghana le rejet des eaux usées est estimé environ à $763\ 698 \text{ m}^3 \text{ j}^{-1}$ pour les zones urbaines (Agodzo et Huibers, 2011). Selon les études du Laboratoire d'Ingénierie de Formation et d'Assistance en Développement local (LIFAD, 2006) sur l'état des lieux de la gestion des ressources en eau du Bénin, moins de 30% des matières fécales de Cotonou sont traitées par la station d'épuration SIBEAU. Le reste jeté dans la nature, constitue une source de pollution pour les eaux superficielles et souterraines. Dovonou (2008), avait rapporté la pollution du lac Nokoué par le mauvais comportement des populations riveraines qui jettent dans ce plan d'eau des excréta. Pour Hounsounou (2013), plus de 34 % de ces populations défèquent directement dans le lac par l'intermédiaire des latrines publiques sur pilotis.

POLLUTION DUE AUX ACTIVITES AGRICOLES

La pollution agricole est due surtout à l'utilisation intensive et abusive des engrais (chimiques et organiques) et pesticides. La mise en évidence de la pollution causée par les pesticides (herbicides, insecticides et fongicides) est récente (Carluher et al., 1996). Ces pesticides en l'occurrence les insecticides organochlorés dits «de première génération» comme l'aldrine, l'endrine, le DDT, le dieldrine, l'heptachlore et le lindane ont été massivement utilisés dans la lutte chimique contre les ravageurs du caféier, du cacaoyer et du cotonnier (Kolani et al., 2003). Malgré l'interdiction de l'utilisation de ces pesticides, l'endosulfan reste autorisé au Togo pour la lutte contre des ravageurs majeurs du caféier et du cotonnier devenus résistants aux pyréthrinoides de synthèse (Mawussi, 2008). Il a été longtemps le seul pesticide organochloré homologué et le plus utilisé en culture cotonnière au nord du Bénin (Adam, 2005). En plus de l'utilisation des pesticides pour protéger les cultures, les agriculteurs utilisent des engrais chimiques pour accroître les rendements. Selon les enquêtes

effectuées par Atidégla et Agbossou (2010), au Bénin plus de 60% des maraîchers du site de Houéyiho à Cotonou appliquent la fumure au moins quatre fois au cours du cycle végétatif des cultures avec des doses (1000-3000 kg ha⁻¹ de NPK et 2500-5000 kg ha⁻¹ d'urée) supérieures à celles recommandées par les services techniques. Ces doses d'engrais non utilisées se retrouvent dans les eaux de surface après lessivage des sols. En dehors de l'utilisation des engrais chimiques en agriculture, certains agriculteurs utilisent des engrais organiques (déjections animales et humaines, engrais vert, lisières et résidus de récolte) comme fertilisant. Néanmoins, l'utilisation des composts de qualité en agriculture est une technique pour réduire la pollution des eaux par des produits chimiques (Brainerd et Menon, 2014). Mais cette technique peut conduire à une pollution bactériologique si ces composts (déjections animales et humaines, résidus de récolte etc) ne sont pas bien traités. De par leur origine métabolique (déjections animales), ces matières organiques en dehors des germes bactériologiques, donnent assez de nitrates lors de la minéralisation (MAF., 2001). Le compost (déjections animales et humaines) constitue aussi une source de pollution des eaux de surface par les nitrates si ce dernier est mal traité. Au Burkina Faso, Rosillon et al. (2012) ont montré sur la base d'une étude menée dans la vallée de Sourou que les activités agricoles incluant la défécation sauvage des hommes, la présence des latrines, des eaux usées et des déchets solides constituent les principales sources de pollution qui diffusent les nitrates dans l'eau. Il ressort que l'apport de nitrate dans les eaux de surface n'est pas seulement lié à l'utilisation des engrais chimiques mais aussi à l'utilisation des déjections animales et humaines en agriculture et aussi aux déchets solides et liquides.

POLLUTION DUE AUX ACTIVITES DE PECHE

L'augmentation de la population mondiale a entraîné corrélativement une plus grande demande en protéines, notamment animales (Kantoussa, 2007). Les pêcheurs pour accroître le rendement procèdent à des techniques prohibées de pêche telles que l'implantation des Acadjas, l'utilisation des pesticides et des engrais. Au Bénin, les pêcheurs implantent sur les plans d'eaux des acadjas (implantation des amas de branchages plantés sur les plans d'eaux) pour pêcher (Mama, 2010). De même, d'autres pêcheurs utilisent de pesticides et des extraits aqueux de plante sur les eaux de surface pour pêcher (Yèhouéno, 2005). Selon Sankaré et al. (1994), les pesticides les plus couramment utilisés par les pêcheurs sont l'endosulfan ou le thiodan et le lindane ou la gammaline. Les pratiques de pêche telles que l'utilisation des engins de pêche à hydrocarbure, de

même que les interventions mécaniques associées participent également à la pollution directe des cours et plans d'eau au Bénin (Akognonbé, 2015). Ces pratiques inadéquates détruisent surtout les alevins, contaminent les espèces aquacoles et polluent la ressource en eau de surface. La consommation des poissons intoxiqués peut avoir des effets néfastes sur les êtres humains.

POLLUTION DUE AUX ACTIVITES INDUSTRIELLES

Les industries exercent des activités susceptibles d'engendrer une dégradation de la qualité des écosystèmes. Cette pollution industrielle est générée par les effluents industriels et les divers produits toxiques utilisés. Les effluents, avec ou sans traitement, sont déversés dans la mer, dans les rivières ou sur les sols (Bawa et al., 2005). Ces effluents polluent l'eau de surface par le transfert des polluants, tels que les métaux lourds et colorants (Voegborio et al., 2011). Par exemple au Cameroun les effluents issus des brasseries de la zone industrielle de Douala-Bassa polluent les eaux de surface de la zone par le plomb, le nickel et le cuivre (Kengni et al., 2012). Il en est de même pour les industries du Bénin surtout celles qui sont installées dans les grandes villes. Ces industries déversent leurs effluents dans le chenal de Cotonou et contribuent ainsi à sa pollution chimique (Soclo, 1999). La pollution des eaux de surface s'observe et s'accroît également dans les pays d'exploitation de l'or comme le Burkina-Faso, le Niger, la Guinée et le Ghana. Cette exploitation de l'or contribue à la pollution de l'eau par le mercure et le cyanure conduisant ainsi à la pollution de l'eau et du sol avec des risques sanitaires (Sracek et al., 2012). En dehors de la pollution des eaux par l'utilisation des goudrons pour les revêtements routiers, par l'exploitation de l'or et autres gisements de mines (diamant, bauxite, rutile etc), il existe l'exploitation du pétrole par les industries pétrolières (Omo - Irabor et al., 2008) qui contribuent à la pollution des eaux par des polluants toxiques (hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)). Toutes les eaux usées industrielles peuvent être responsables d'un déséquilibre écologique irréversible ainsi que de l'eutrophisation des eaux de milieu récepteur (Belghyti, 2009).

AUTRES SOURCES DE POLLUTION DES EAUX DE SURFACE

L'élevage, le transport et les déchets plastiques sont des sources de pollution des eaux de surface. Selon LEAD (2006), l'élevage est l'une des causes principales des problèmes environnementaux les plus pressants, à savoir le

réchauffement de la planète, la dégradation des terres, la pollution de l'atmosphère et des eaux et la perte de biodiversité. Cette activité pollue les eaux par les fèces animales, les antibiotiques etc. Le renversement accidentel des véhicules de transport d'hydrocarbures est un facteur de pollution redoutable de l'environnement, et en particulier des eaux superficielles et souterraines. Les véhicules émettent des gaz d'échappement provenant de la combustion incomplète des carburants et sont à l'origine de déversements de produits variés (carburants, huiles lubrifiantes, débris de pneu, etc.) (Boucheseiche et al., 2002). En dehors de la pollution des eaux par les hydrocarbures, les plastiques (micro ou macroplastiques) sont une source de pollution des eaux. Ces microplastiques ont été observés à la surface des Grands lacs américains et sur leur rives (Zbyszewski et al., 2014). Des scientifiques ont recensé respectivement 100 et 1100 microparticules par m² sur deux plages du lac de Garde en Italie (Imhof et al., 2013).

RECAPITULATIF DES ACTIVITES ANTHROPIQUES POLLUANTES

Les activités anthropiques potentiellement polluantes des eaux de surface et les moyens de préservation peuvent être récapitulés (tableau 1).

Tableau 1 : Activités potentiellement toxique

Activités	Types de polluants	Eléments polluants	Solutions
Domestiques	Déchets solides et liquides	Ordures ménagères, eaux usées, excréta	Assainissement correct, décharges contrôlées, installations septiques modernes, formation en hygiène
Agricole	Engrais chimiques, organiques et pesticides intensifs	Insecticides et pesticides organochlorés, herbicides, composts à déjections animales et humaines mal traités fumures, lisiers etc	Campagnes d'information au travers des médias ; Respect des périmètres interdits ; surveillance de la qualité de l'eau
Pêche	Espèces végétales, Engrais et pesticides	Acadjas, pesticides organochlorés	Interdiction de l'utilisation de produits et engins prohibés de capture

Flux des polluants liés aux activités anthropiques et risques sur les ressources en eau de surface à travers le monde (Synthèse bibliographique)

Industrielle	Effluents industriels et divers produits toxiques, gisements de mines	Matières organiques naturelles, produits industriels de synthèse métaux lourds, solvant, graisse et colorants	Obligation de faire l'étude d'impact environnemental avant installation des industries ; Surveillance et contrôle de la qualité des eaux usées industrielles avant leurs rejets dans la nature
Hospitalières	Déchets liquides et solides hospitaliers	Produits toxiques liés à la radiologie, aux laboratoires d'analyses, déchets liés aux dentistes, les médicaments inutilisés, les thermomètres cassés etc.	Politiques de gestion des déchets et de recyclage des déchets professionnels hospitaliers Installation d'un incinérateur dans les centres hospitaliers Surveillance et contrôle de la qualité des eaux usées hospitalières avant leurs rejets
Autres : Teinturerie, blanchisserie, imprimerie, peinture, mécanique, studios, laboratoire techniques de développement et de tirage, tourisimes, forestières, trafic des produits pétroliers, exploitations de sable et des mines etc.	Déchets solides et liquides, carburants nomades sur les eaux etc.	Solvants, biocides, résines, peinture, shampoing, lotions, colorants, eau de javel, huiles usées, résidus solides, décapant, solution de mouillage, huile de vidange, filtre à huile, révélateurs et fixateurs usés, piles usagées, mazout, essences, animaux etc.	Politiques de gestion des déchets et de recyclage des déchets solides et liquides Interdictions du transport des produits pétroliers en pirogues zone tampon entre activités et plans d'eau

QUALITE DES EAUX DE SURFACE

L'eau douce utilisable par l'homme sous forme d'eau de surface est de 0,014% des 13 600 millions de km³ d'eau qui couvrent notre planète (Moudallal, 1997). Pour mettre en évidence la pollution des eaux de surface, des études ont été effectuées dans le monde afin de montrer la mauvaise qualité chimique

(présence de métaux lourds, hydrocarbures, pesticides) et bactériologique de ces eaux de surface. Ces travaux effectués sur les eaux de surface ont révélé surtout l'impact du mauvais assainissement. Ces études ont révélé la présence des germes de contamination fécale (*Escherichia coli*, streptocoques fécaux, coliformes totaux et thermotolérants et *Clostridium perfringens*) et des composés azotés dans les eaux de surface (Hounsou et al., 2010 ; Zerrouqi, 2013 ; Agassounon Tchibozo et al., 2014). D'après Mama et al. (2011) ; Ajeegah et al. (2013) ; Dedjiho et al. (2014), cette pollution est due à la forte minéralisation des plans d'eaux ce qui entraîne le peuplement des macrophytes et des phytoplanctons. La contamination des eaux de surface, des sédiments et des écosystèmes aquatiques par des métaux lourds (plomb, mercure, cuivre, arsenic, cadmium etc.) reflètent une pollution anthropique (Voegborio et al., 2011 ; Adjagodo, 2012). Au Togo, en Turquie, en Chine, au Cameroun et au Bénin, des études menées ont révélé une contamination des eaux, des sédiments et des produits halieutiques par le plomb, le mercure, le cuivre, le cadmium et le Zinc (Cullaj et al., 2004 ; Chouti et al., 2011 ; Gao et al., 2014). En plus de ces pollutions microbiennes et métalliques viennent s'ajouter la pollution phytosanitaire. Ainsi, les études réalisées dans la basse vallée de l'Ouémé au Bénin par Yèhouénu (2005), ont révélé la contamination des eaux du fleuve Ouémé et du lac Nokoué, des produits maraîchers, des fourrages et des poissons par les résidus de pesticides. Elle a conclu que ces résidus de pesticides (endosulfan, endrine, DDD, DDT, lindane, isodrine) sont plus concentrés dans le sédiment, les espèces de poissons que dans les eaux de surface. Selon Savadogo et al. (2006), la concentration des pesticides en l'occurrence l'endosulfan varie selon les saisons ; mais sa concentration est plus élevée dans le sol. Zgheib (2009), dans son étude sur le flux et sources des polluants prioritaires dans les eaux urbaines en lien avec l'usage du territoire, a rapporté que les eaux urbaines en Europe sont polluées par les métaux lourds, les pesticides, les HAP, les PCB, les organoétains, phtalates et les alkylphénols. Le ruissellement est le principal contributeur de cette pollution à l'exutoire des bassins versants pluviaux.

CONSEQUENCES DE LA POLLUTION ANTHROPIQUES SUR LES EAUX DE SURFACE

Les conséquences de la pollution sur les eaux sont la destruction des ressources vivantes, le déséquilibre des milieux physiques, biologiques et des écosystèmes aquatiques à travers l'eutrophisation, particulièrement dans les zones maritimes ou côtières (Keddal et Yao N'dri, 2008). Les substances toxiques ont des

conséquences sur l'équilibre écologique du milieu. Dans certains écosystèmes, les produits chimiques peuvent être à l'origine de la disparition de certaines espèces animales et/ou végétales et par conséquent, entraîner le dysfonctionnement de la chaîne trophique (Gold, 2002). En plus de ses conséquences, il y a celles liées à la pollution des eaux sur la santé humaine mais elles ne sont pas toujours immédiates. Les eaux contaminées consommées par les populations contiennent des microorganismes banals et pathogènes sources de plusieurs maladies hydriques (choléra, dysenterie, diarrhée, fièvre typhoïde). Les nitrates issus des engrais chimiques se transforment en nitrite une fois lessivée. Les nitrites arrivés au niveau de l'estomac, peuvent réagir avec les amines secondaires apportées par les aliments pour former les nitrosamines qui ont un effet cancérigène (Pavard, 2013). Les matières en suspension et surtout l'azote et le phosphore favorisent l'eutrophisation, avec le développement des maladies associées à la présence des mauvaises herbes aquatiques dans les pays tropicaux en voie de développement et sont les causes majeures des problèmes de santé publique : la malaria, la bilharziose, la schistosomiase et la filariose lymphatique. Les métaux qui sont transférés à travers le milieu aquatique aux poissons, aux hommes et autres animaux piscivores, ont des impacts probables sur l'environnement et la santé humaine (Chen et al., 2000). Le plomb dans l'organisme provoque le saturnisme. Le cadmium peut causer la diarrhée, les douleurs d'estomac et vomissements importants, problèmes au niveau du système nerveux central et du système immunitaire (Chouti et al., 2011). Dans les années 1950 au Japon, une intoxication aigüe au cadmium nommée « itaï-itaï » a donné une maladie des reins et des os (Huguet, 2009). Quant aux hydrocarbures et pesticides, les plus persistants et possédant des propriétés de bioaccumulation sont souvent retrouvés dans les organismes et sang humain (Fanou et al., 2006). Des études effectuées au Kenya (Kinyamu et al., 1998), au Zimbabwe (Chikuni et al., 1997) et au Ghana (Ntow, 2001), ont révélé la présence de résidus de composés organochlorés dans le lait maternel. Les pesticides dans l'organisme humain peuvent provoquer une augmentation du nombre de cancer des testicules et du sein ainsi qu'une baisse de la fertilité, notamment une diminution de la production spermatique (Sharpe et Skakkebaek, 1993). La pollution par les métaux lourds, et comme toutes les autres pollutions (pesticides organochlorés, organo-phosphorés, fongicides, herbicides, hydrocarbures, déchets nucléaires, etc.) représente actuellement un facteur toxicologique important, à propriétés toxiques avérées (molécules cancérigènes, tératogènes ou mutagènes), dont les conséquences sur les organismes marins peuvent affecter la vie marine, depuis les producteurs primaires (Blinda, 2007). Le danger de contamination s'amplifie au fur et à mesure que l'on monte à travers les maillons des chaînes trophiques. Les

matières organiques polluantes entraînent également un problème pour le traitement des eaux brutes destinées à la consommation humaine (Agbani, 2013).

CONCLUSION

A travers cette synthèse bibliographique, les données recueillies ont permis de faire le traçage de l'anthropisation sur les eaux de surface. La pollution des eaux a des répercussions sur la vie des écosystèmes aquatiques, sur la chaîne trophique et la santé de la population. Parmi les activités anthropiques, l'activité agricole est la principale source de pollution des eaux couplée à celles de l'exploitation des mines et des produits pétroliers avec la mauvaise gestion de l'assainissement. La pollution des eaux par les activités hospitalières est peu étudiée. L'ensemble de ces résultats montrent l'acuité du problème engendré par l'activité humaine sur les eaux de surface. Il est important que toutes les activités anthropiques soient caractérisées avec leurs impacts afin de limiter la pollution. La suite de la collecte des données dans la basse vallée de l'Ouémé fera l'objet d'un développement particulier ultérieurement.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- Adam SI. 2005. Impacts environnementaux de la gestion des aires de cultures dans la commune de Banikoara. Mémoire du Diplôme d'Etude Approfondi, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, p. 87.
- Adjagodo A. 2012. Spéciation chimique du plomb et du cuivre dans l'eau et dans le sédiment de la retenue d'eau de l'Okpara (Parakou). Mémoire de Master en Hydrologie Appliquée, université d'Abomey calavi, Bénin, p. 85.
- Ado G, Desayes H, Mama D. 2000. Etude statistique du rôle du phosphore et de l'azote NTK dans le mécanisme de l'eutrophisation des lacs de la ville de Yamoussoukro en Côte d'Ivoire. *J. Soc. Ouest – Afr. Chim.*, 10 : 155 – 171.
- Agassounon Djikpo Tchibozo M, Kèlomè NC, Lawin EA, Ayi Fanou L, Anago DG, Mama D, Bocodaho OBML, Capo-Chichi R, Ahanhanzo C. 2012. Qualité des eaux de forage utilisées sur le campus d'Abomey-Calavi au Bénin. *Africa Geoscience Rewiev*, 19 (2): 93 - 102.
- Agassounon Djikpo Tchibozo M, Tadjou A, Anago DG, Dovonou EF, Ayi-Fanou L. 2014. Qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de boisson dans les arrondissements de la commune de Kétou au Bénin. *Microbiol. Ind. San. et Environn*, 8(2) : 187-207.

- Agbani BCJ. 2013. Evaluation de la qualité de l'eau du fleuve Ouémé à Bétérou dans la perspective de la réalisation d'une retenue d'eau dans la localité pour l'approvisionnement en eau potable. Mémoire de Master en Hydrologie Appliquée, Université d'Abomey Calavi, Bénin, p. 53.
- Agodzo SK, Huibers FP. 2011. Wastewater generation and use in urban Ghana: past, present and the future. International Conference on Sustainable Development of Natural Resources in Africa 2011, 5–8 December 2011, Accra, Ghana.
- Ajeegah G, Bikitbe JF, Longo F. 2013. Qualité bioécologique d'un milieu lacustre hyper-eutrophisé en zone équatoriale (Afrique Centrale) : peuplement de protozoaires ciliés et macro invertébrés benthos-aquatiques. *Afrique Science*, 09(2) : 50 – 66.
- Akognongbé AJS. 2005. Influence de la variabilité climatique et des activités anthropiques sur les eaux de surface dans le bassin de l'Ouémé à Bétérou au Bénin. Thèse de doctorat, Université d'Abomey Calavi, Bénin, p. 255.
- Atidéglà CS, Agbossou KE. 2010. Pollutions chimique et bactériologique des eaux souterraines des exploitations maraîchères irriguées de la commune de Grand-Popo : cas des nitrates et des bactéries fécales. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 4(2): 327-337.
- Aw SE, N'goran BZ, Siaka S, Parinet B. 2011. Intérêt de l'analyse multidimensionnelle pour l'évaluation de la qualité physico-chimique de l'eau d'un système lacustre tropical : cas des lacs de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire). *Journal of Applied Biosciences*, 38: 2573 – 2585.
- Bawa ML, Djaneye-Boundjou G, Boukari Y. 2005. Caractérisation de deux effluents industriels au Togo : étude d'impact sur l'environnement. *Afrique Science*, 02 : 57 – 68.
- Belghyti D, El Guamri Y, Ztit G, Ouahidi ML, Joti MB, Harchrass A, Amghar H, Bouchouata O, El Kharrim K, Bounouira H. 2009. Caractérisation physico-chimique des eaux usées d'abattoir en vue de la mise en oeuvre d'un traitement adéquat : cas de Kénitra au Maroc. *Afrique Science*, 05 : 199 – 216.
- Blinda M. 2007. Pollution tellurique du littoral nord-ouest du Maroc entre Tanger et Tétouan: Caractérisation, impact sur l'environnement et proposition de solutions. Thèse de doctorat, Université Mohammed V, Rabat, p. 194.
- Boucheseiche C, Cremille E, Pelte T, Pojer K. 2002. Guide technique n°7, pollution toxique et écotoxicologie : notion de base. Lyon, Agence de l'eau Rhône – Méditerranée –Corse, p. 83.
- Brainerd E, Menon N. 2014. Seasonal effects of water quality: The hidden costs of the green revolution to infant and child health in India. *Journal of Development Economics*, 107: 49–64.
- Carluer N, Gouy V, Gril JJ. 1996. Contamination des eaux par les produits phytosanitaires: apports de la modélisation, *Ingénieries-EAT*, n°6, pp 3-15.

- Chen F, Kissel DE, West LT, Adkins W. 2000. Field-scale mapping of surface organic carbon using remotely sensed imagery. *Soil Science Society of America Journal*, 64: 746-753.
- Chikuni O, Polder A, Skaare JU, Nhachi CFB. 1997. An evaluation of DDT and DDE residues in human breast milk in the Kariba Valley of Zimbabwe. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 58: 776-778.
- Chouti W, Mama D, Alassane A, Changotade O, Alapini F, Boukari M, Aminou T, Afouda A. 2011. Caractérisation physicochimique de la lagune de Porto-Novo (sud Bénin) et mise en relief de la pollution par le mercure, le cuivre et le zinc. *Journal of Applied Biosciences*, 43: 2882 – 2890.
- Cullaj A, Hasko A, Miho A, Schanz F, Brandl H, Bachofen R. 2004. The quality of Albanian natural waters and the human impact. *Environment International* 31 : 133–146.
- Dedjiho CA, Alassane A, Chouti W, Sagbo E, Changotade O, Mama D, Boukari M, Sohounhloùé DCK. 2014. Negative Impacts of the Practices of Acadjas on the Aheme Lake in Benin. *Journal of Environmental Protection*, 5: 301-309.
- Dovonou F. 2008. La pollution des plans d'eau au Bénin. Diplôme d'Etude Approfondie, Faculté des Lettres Arts et Sciences Humaines, Université d'Abomey Calavi, Bénin, p. 67.
- EAA, 2012. Eau Hygiène et Assainissement pour l'Afrique. Pollution et éducation sanitaire et environnementale. Stage de recyclage intensif, p. 24.
- Eblin SG, Sombo AP, Soro G, Aka N, Kambiré O, Soro N. 2014. Hydrochimie des eaux de surface de la région d'Adiaké. *J. Appl. Biosci.*, 75: 6259-6271.
- Errochdi S, El Alami M, Bennis N, Belqat B, Ater M, Fdil F. 2012. Etude de la qualité physicochimique et microbiologique de deux réseaux hydrographiques nord marocains : Laou et Tahaddart », *Méditerranée* 1/2012 (n° 118), p. 41-51
- Fanou AL, Mobio TA, Creppy EE, Fayomi B, Fustoni S, Møller P, Kyrtopoulos S, Georgiades P, Loft S, Sanni A, Skov H, Øvrebø S, Autrup H. 2006. Survey of air pollution in Cotonou, Benin – air monitoring and biomarkers. *Science of Environment*, 358(1-3): 85–96.
- Gao X, Zhou F, Chen CTA. 2014. Pollution status of the Bohai Sea: An overview of the environmental quality assessment related trace metals. *Environment International*, 62 : 12–30.
- Gold C. 2002. Etude des effets de la pollution métallique (Cd/Zn) sur la structure des communautés de diatomées périphytiques des cours d'eau. Approches expérimentales in situ et en laboratoire. Thèse de Doctorat, Université Bordeaux I, p. 175.
- Hounsou MB, Agbossou EK, Ahamide B, Akponikpe I. 2010. Qualité bactériologique de l'eau du bassin de l'Ouémé: cas des coliformes totaux et fécaux dans les retenues d'eau de l'Okpara, de Djougou et de Savalou au Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 4(2): 377-390.

- Hounsounou E. 2013. Etude de la qualité bactériologique et physicochimique des eaux de puits traditionnels utilisées à Vossa au Bénin. Mémoire de Master en Hydrologie appliquée, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, p. 44.
- Huguet S. 2009. Etude du devenir du cadmium dans un sédiment de curage fortement contaminé et des mécanismes d'accumulation du cadmium chez *Arabidopsis halleri*. Thèse de doctorat, Université des Sciences et Technologies de Lille 1, p. 363.
- Imhof HK, Ivleva NP, Schmid J, Niessner R, Laforsch C. 2013. Contamination of beach sediments of a subalpine lake with microplastic particles. *Curr. Biol.*, 23: R867-R868.
- Kantoussa J. 2007. Impacts de la pression de pêche sur l'organisation des peuplements de poissons : Application aux retenues artificielles de Sélingué et de Manantali, Mali, Afrique de l'Ouest. Thèse de doctorat, Agrocampus, Rennes, p. 195.
- Keddal H, N'dri JY. 2008. Impacts de l'intensification agricole sur la qualité des eaux de surface et des eaux souterraines. *Revue HTE N°138*, Sept-Déce. 2007.
- Kengni L, Tematio P, Filali Rharrassi K, Tepoule Ngueke J, Tsafack EI, Mboumi TL, Mounier S. 2012. Pollution des eaux superficielles et des nappes en milieu urbain : cas de la zone industrielle de Douala-Bassa (Cameroun). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 6(4): 1838-1853.
- Kinyamu JK, Kanja LW, Skaare JU, Maitho TE. 1998. Levels of organochlorine pesticides residues in milk of urban mothers in Kenya. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 60:732-738.
- Kolani EG, Baba G, Nenonene AY, Amouzou E. 2003. Rapport d'inventaire national préliminaire des quantités de pesticides POPs au Togo, p. 31.
- Lamizana-Diallo M, Kenfach S, Millogo-Rasolodimby J. 2008. Evaluation de la qualité physico-chimique de l'eau d'un cours d'eau temporaire du Burkina Faso :Le cas de Massili dans le Kadiogo. *Sud Sciences et Tehnologies*, 16 : 23-28.
- LEAD (Livestock, Environment and Developpment). 2006. L'ombre portée de l'élevage : impacts environnementaux et options pour leur atténuation. p. 27.
- LIFAD. 2006. Etude des systèmes de gestion / utilisation de l'eau et définition des actions prioritaires de valorisation locale des ressources eau dans une approche gire au bénin volume 1, état des lieux de la gestion des ressources en eau du Bénin, p. 54.
- MAF (Manitoba Agriculture and Food). 2001. Les nitrates dans le sol et dans l'eau. [En ligne]. Adresse URL : <http://www.gov.mb.ca/agriculture/crops/fruit/bld01s01.html>
- Mama D. 2010. Méthodologie et résultats du diagnostic de l'eutrophisation du lac Nokoué (Bénin). Thèse de l'Université de Limoges, p. 150.
- Mama D, Aina M, Alassane A, Boukari OT, Chouti W, Deluchat V, Bowen J, Afouda A, Baudu M. 2011. Caractérisation physico-chimique et évaluation du risque d'eutrophisation du Lac Nokoué (Bénin). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 5(5): 2076-2093.
- Mawussi G. 2008. Bilan environnemental de l'utilisation de pesticides organochlorés dans les cultures de coton, café et cacao au Togo et recherche d'alternatives par

- l'évaluation du pouvoir insecticide d'extraits de plantes locales contre le scolyte du café (*Hypothenemus hampei* Ferrari). Thèse de doctorat : Université de Toulouse, France, p. 174.
- Mc Kinney ML. 2002. Urbanization, biodiversity and conservation. *Biosci.* 883-890.
- Miquel GM. 2003. La qualité de l'eau et assainissement en France. Rapport de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scient. tech (OPECST) n° 2152 (2002-2003).
- Moudallal S. 1997. Les ressources hydrauliques au Liban. Ire éd., Dar el Fekr el Arabi (Éditeur), Beyrouth, Liban.
- Munabi C, Kansime F, Amel A. 2009. Variation of water quality in Kakira catchment area, Jinja – Uganda. *Phys. Chem. Earth*, 34 (13–16): 761–766.
- Ntow WJ. 2001. Organochlorine pesticides in water, sediment, crops, and human fluids in a farming community in Ghana. *Archive of Environmental Contamination and Toxicology* 40: 557-563.
- Omo-Irabor OO, Samuel B, Olobani SB. 2008. Surface and groundwater water quality assessment using multivariate analytical methods: a case study of the Western Niger Delta, Nigeria. *Physics and Chemistry of the Earth.*, 33(8-13), 666–673.
- Paré S, Bonzi-Coulibaly LY. 2013. Water quality issues in West and Central Africa: present status and future challenges. *IAHS Publ.* 361, 2013.
- Pavard P. 2013. Nitrates et santé : l'étonnante contre-enquête. *La France Agricole*, p. 14.
- Plus M, La Jeunesse I, Bouraoui F, Zaldívar J-M, Chapelle A, Lazure P. 2006. Modelling water discharges and nitrogen inputs into a Mediterranean lagoon Impact on the primary production. *Ecol. Model.*, 193 : 69-89.
- Rassou KK. 2009. Etude des interactions entre les eaux souterraines et les eaux de surface dans le bassin côtier d'Oualidia. Mémoire de Diplôme d'Etudes Supérieures Approfondies: Environnement Marin et Valorisation des Ressources, Université Cadi Ayyad, Marrakech, p. 214.
- Rosillon F, Savadogo B, Kabore A, Bado-Sama H, Dianou D. 2012. Attempts to answer of the origin of the high nitrates concentrations in groundwater of the Sourou Valley in Burkina Faso. *Journal of Water Resource and Protection*, 4: 663-673. DOI :10.4236/Jwarp.2012.48077.
- Sankaré Y, Kaba N, Ettien N. 1994. La pêche par empoisonnement dans les eaux saumâtres tropicales (lagunes ivoiriennes) : effets sur l'environnement", in *Agronomie Africaine VI (2)* : pp. 151-162.
- Savadogo PW, Traore O, Topan M, Tapsoba KH, Sedogo PM, Bonzi-Coulibaly YL. 2006. Variation de la teneur en résidus de pesticides dans les sols de la zone cotonnière du Burkina Faso. *Journal Africain des Sciences de l'Environnement* 1, 29–39.
- Sharpe RM, Skakkebaek NE. 1993. Are oestrogens involved in falling sperm counts and disorders of the male reproductive tract? *Lancet*, 341 (8857): 1392-1395.

Flux des polluants liés aux activités anthropiques et risques sur les ressources en eau de surface à travers le monde (Synthèse bibliographique)

- Soclo H. 1999. Inventaire et classification des sources majeures de pollution au Bénin- Version préliminaire, ABE, p. 64.
- Sracek PBO, Eldvall B, Asklund R, Barmen G, Koku GJJ, Gustafsson J-E, Balfors NSBB. 2012. Hydrogeochemical study on the contamination of water resources in a part of Tarkwa mining area, Western Ghana. *Journal of African Earth Sciences*, 66–67: 72–84.
- Voegborio RB, Matsuyama A, Adimado AA, Akagi H. 2011. Determination of methylmercury in marine and freshwater fish in Ghana using a combined technique of dithionite extraction and gas-liquid chromatography with electron capture detection. *Food Chem.*, 124(3) : 1244–1248.
- Yèhouénoù, APE. 2005. Les résidus de pesticides chimiques de synthèse dans les eaux, les sédiments et les espèces aquatiques du bassin versant du fleuve Ouémé et du lac Nokoué. Thèse de doctorat unique de l'université d'Abomey-Calavi, Bénin, p. 217.
- Zbyszewski M, Corcoran PL, Hockin A. 2014. Comparison of the distribution and degradation of plastic debris along shorelines of the Great Lakes, North America. *J. Great Lakes Res*, 40: 288-299.
- Zerrouqi Z, Sbaa M, Chafi A, Aqil H. 2013. Contribution à l'étude de la qualité des eaux de la lagune de Nador: Impact de l'anthropisation. *Bulletin de l'Institut Scientifique*, Rabat, Section Sciences de la Vie, 35 : 51-59.
- Zgheib S. 2009. Flux et sources des polluants prioritaires dans les eaux urbaines en lien avec l'usage du territoire. Thèse de doctorat, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Centre d'Enseignement et de Recherche sur l'Eau, la Ville et l'Environnement, p. 349.