



ETAT DES LIEUX DE LA POLLUTION DES ÉCOSYSTEMES AQUATIQUES AU BÉNIN (AFRIQUE DE L'OUEST).

STATUS OF AQUATIC ECOSYSTEM POLLUTION IN BENIN (WEST AFRICA).

HOUNKPE J. B.¹, KELOME N. C.¹², LAWANI R. A. N.², ADECHINA A.R.M.A.¹

¹ Laboratoire de Géologie, Mines et Environnement, Faculté des Sciences et Techniques, Université d'Abomey-Calavi, Bénin

² Laboratoire d'Hydrologie Appliquée, Institut National de l'Eau, Université d'Abomey-Calavi, Bénin

* *Auteur correspondant* : jecolune2@yahoo.fr

RESUME

La protection des écosystèmes aquatiques est essentielle à la fois pour l'équilibre des espèces aquatiques et une alimentation saine des populations. Les plans et cours d'eau du Bénin, sont affectés par plusieurs formes de pollution qui sont liées notamment aux brusques accélérations de la croissance démographique et aux activités anthropiques. Cette synthèse bibliographique fait le point de la qualité des écosystèmes aquatiques au Bénin. Elle passe en revue les types, les causes ainsi que les impacts sur l'homme et l'environnement de la pollution des cours et plans d'eau au Bénin. Elle met également en exergue quelques travaux scientifiques consacrés à la question de pollution des écosystèmes aquatiques au Bénin et dans certains plans et cours d'eau du monde. De ce fait, elle s'identifie à un guide d'aide à la prise de décisions et de dispositions idoines par les acteurs nationaux et locaux, en vue de préserver qualitativement les ressources en eau, et garantir le bien-être social, économique et environnemental.

Mots clés : pollution, métaux lourds, pesticides, écosystèmes aquatiques.

ABSTRACT

The protection of aquatic ecosystems is essential for both the balance of aquatic species and a healthy diet of the people. Plans and rivers of Benin, are affected by many forms of pollution linked especially to sudden acceleration of population growth and human activities. This literature review is an overview of pollution of aquatic ecosystems in Benin. It reviews the types, causes and impacts on humans and the environment from pollution of water bodies in Benin. It also highlights some scientific work on the issue of pollution of aquatic ecosystems in Benin and certain plans and waterways of the world. Therefore, it is identified with a help guide decision-making and appropriate arrangements by national and local actors in order to qualitatively preserve water resources, and ensure social, economic and environmental well-being.

Keywords: pollution, heavy metals, pesticides, aquatic ecosystems.

INTRODUCTION

L'eau est indispensable à toute forme de vie ; elle est nécessaire à la santé, l'agriculture, l'industrie, le tourisme, les loisirs, et la navigation etc. L'eau est également une ressource qui est menacée et constitue de ce fait une source de danger voire de mort, lorsqu'on sait que près de 80% des maladies et 3,1% des décès au monde seraient de l'avis des spécialistes de la question attribuées à la mauvaise qualité de l'eau (www.ConsoGlobe.com). Ces maladies trouvent souvent leurs origines dans la pollution des ressources en eau. Le Bénin dispose d'une diversité d'écosystèmes humides se traduisant par la présence d'un important réseau hydrographique inégalement réparti sur l'ensemble du territoire national. Ce réseau est constitué de nombreux cours d'eau, de lacs, de lagunes et de retenues d'eau (Azonsi et al., 2008). Les ressources totales en eau superficielles sont évaluées à environ 13 milliards de mètres cubes, mis à part le fleuve Niger (FAO, 2005). "Au Bénin, comme dans les autres pays en développement, les populations dépendent des ressources naturelles pour leur survie" (Mojisola, 2008). La forte pression surtout anthropique exercée sur ces écosystèmes aquatiques a pour corollaire une perturbation de ses fonctions de production, de régulation écologique et de ses fonctions culturelles (Mojisola, 2008). De même, la mauvaise gestion des déchets solides et liquides autour de ces plans d'eau due à l'augmentation de la croissance démographique des populations riveraines contribuent aussi à l'enrichissement de ces milieux en polluants et autres éléments indésirables ou potentiellement dangereux pour la

santé. Les ressources en eaux de surfaces sont donc menacées par une pollution liée aux déchets solides, effluents urbains, agricoles et même industriels (Bouih et al., 2004). La pollution des cours et plans d'eau compromet la qualité de l'eau, qui elle-même dépend tant de la qualité des bandes riveraines et de la plaine inondable, que des activités humaines conduites sur le territoire environnant. Cette pollution se présente sous différente forme et retient l'attention du fait de ses effets sur la qualité et les fonctions de l'eau des cours et plans d'eau. Elle bouleverse les écosystèmes de façon dommageable.

Dans une vision de préservation de ces écosystèmes aquatiques et le bien-être sanitaire des populations, il est nécessaire de faire un état des lieux de la pollution des cours et plans d'eau du Bénin. Cette revue apporte des éléments d'informations sur les types, les causes ainsi que les impacts sur l'homme et l'environnement de la pollution des cours et plans d'eau au Bénin. Elle met également en exergue quelques travaux scientifiques consacrés à la question de pollution des écosystèmes aquatiques au Bénin et dans certains plans et cours d'eau du monde et quelques approches de solutions après une analyse globale de ces données.

PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

La République du Bénin est un pays d'Afrique de l'Ouest située dans la zone intertropicale, entre les parallèles 6°30' et 12°30' Nord et les méridiens 1° et 3°40' Est (Adam et al., 1993). Elle est limitée au Nord par le Niger, au Nord-Ouest par le Burkina-Faso, au Sud par l'océan Atlantique, à l'Ouest par le Togo et à l'Est par la république fédérale du Nigéria

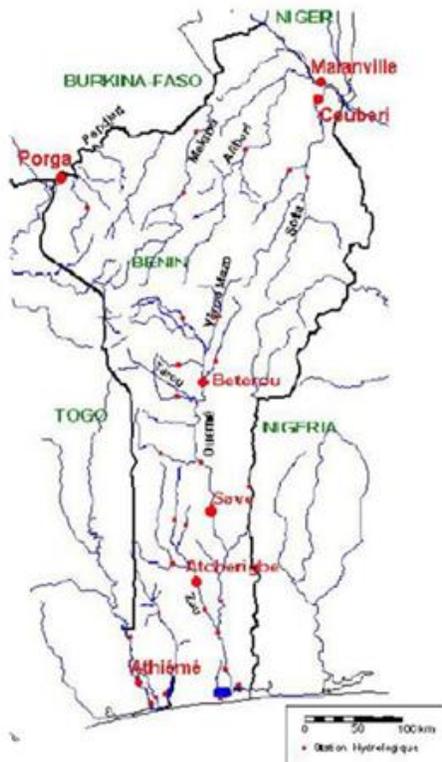


Figure 1 : Carte de la zone d'étude montrant le réseau hydrographique

(Figure1). Elle couvre une superficie de 112 622 km². Du Nord au Sud, elle s'étend sur 700 Km; la largeur varie de 125 Km (le long de la côte) à 325 Km (à la latitude Tanguiéta-Ségbana). Sa population est estimée à plus de 9.983.884 habitants soit environ 10 millions d'habitants (INSAE, 2013). En dehors de la zone nord-ouest dans les chaînes de l'Atacora, le relief du Bénin est peu accidenté. L'ensemble est constitué par quatre formes principales à savoir : la plaine côtière, les plateaux, la pénélaine cristalline et la chaîne de l'Atacora. Le Bénin se divise en deux principales zones climatiques. Au Nord et au Centre, le climat est tropical avec une température moyenne annuelle de 27,5°C par contre, le Sud connaît un climat subéquatorial avec une température moyenne annuelle de 26,5°C. Deux saisons des pluies et deux saisons sèches se partagent l'année hydrologique (Dèdjiho, 2014). La végétation est en relation avec le climat. On distingue deux principaux types de végétation. Dans les moyens et Haut-Bénin, la végétation se caractérise par les savanes herbeuse et arbustive alors qu'elle est assez touffue et caractérise les forêts denses humides semi-décidues dans le Bas-Bénin (Sidi, 1981). Sur le plan hydrographique, le Bénin dispose d'un réseau très diversifié comprenant 2000 hectares de fleuves, environ 1900 hectares de lacs et un système lagunaire de plus de 2800 hectares de lagunes. Les principaux cours et plans d'eau sont composés notamment des fleuves Ouémé (510 km), Mono (100 km), Couffo (190 km), Niger (120 km), Pendjari (380 km), les lagunes côtières de Ouidah (40 km²), de Grand Popo (15 km²) et la lagune de Porto-Novo (35 km²) ; les lacs Nokoué (150 km²), Ahémé (85 km²) et Toho (15 km²) (Dèdjiho, 2014).

LES DIFFERENTES FORMES DE POLLUTION DES ECOSYSTEMES AQUATIQUES

La pollution de l'eau est la contamination par des déchets, des produits chimiques ou des micro-organismes. Elle est aussi une altération qui rend son utilisation dangereuse et perturbe l'écosystème aquatique. Elle peut concerner les eaux superficielles (rivières, plans d'eau) et les eaux souterraines. Elle se manifeste principalement, dans les eaux de surface par une pollution chimique ou par des virus et des bactéries pathogènes (Maverick, 2012). Selon Montcho (2005), un cours d'eau est considéré comme pollué lorsque la composition ou l'état de ses eaux est directement ou indirectement modifié du fait que celles-ci se prêtent moins facilement à toutes les utilisations auxquelles elles pourraient servir à leur état naturel. Dans les plans et cours d'eau, cette pollution peut se présenter sous différentes formes. On distingue généralement les types suivants de pollution des eaux :

La pollution par la matière organique, elle est causée par la surabondance, dans l'eau, de matière organique d'origine humaine, animale ou végétale. La décomposition de cette matière par des bactéries qui consomment de l'oxygène peut entraîner une diminution marquée de l'oxygène dissous dans l'eau et perturber grandement la vie aquatique, en plus d'être à l'origine d'odeurs nauséabondes. Les rejets domestiques, de même que les activités agricoles et industrielles, peuvent constituer une source importante de matière organique (Hébert, S. et Ouellet, M., 2005)

La pollution par les fertilisants, elle apparaît lorsque des nutriments comme l'azote et le phosphore se trouvent en trop grande quantité dans l'eau. La surabondance de ces substances nutritives favorise la croissance de plantes aquatiques et d'algues qui peuvent nuire aux organismes aquatiques en modifiant leur habitat, et limiter les activités récréatives. Les rejets domestiques et les activités agricoles peuvent constituer d'importantes sources de fertilisants.

La pollution toxique provient surtout des activités industrielles (métaux lourds, BPC, etc.), mais également des secteurs agricole (pesticides, hormones et antibiotiques), domestique et récréatif (pesticides, antibiotiques, nettoyants, solvants, etc.). Les substances toxiques représentent un danger potentiel pour l'homme et la faune aquatique, puisqu'elles peuvent contaminer l'eau et les sédiments et s'accumuler à l'intérieur des organismes aquatiques.

La pollution microbienne découle de la présence dans l'eau de bactéries ou de virus issus le plus souvent des déjections humaines ou animales. Le milieu devient alors insalubre et propice à la propagation de maladies, ce qui limite la pratique des activités nautiques et contraint à désinfecter l'eau destinée à la consommation (Hébert, S. et Ouellet, M., 2005).

La pollution visuelle se manifeste par une certaine coloration de l'eau, la présence de matière en suspension (sédiments), de déchets flottants et d'algues dans l'eau ou sur les rives d'un cours d'eau. Cette pollution peut être associée à plusieurs problèmes, telles que l'érosion des rives, l'excès d'éléments nutritifs dans l'eau, ou simplement le manque de civisme de certains citoyens qui prennent le cours d'eau pour une poubelle. Ce type de pollution constitue une nuisance tant pour les activités récréatives que pour les habitats aquatiques (Hébert, S. et Légaré, S., 2000).

La pollution thermique consiste en une modification de la température de l'eau dans une section d'un cours d'eau, en raison de la présence d'un effluent industriel de température plus élevée que le milieu récepteur (eaux de refroidissement d'usines, de centrales thermiques, etc.). Le déboisement des

rives contribue également au réchauffement de l'eau. Même de faibles changements de température peuvent avoir des effets sur la faune aquatique, dont notamment sur des espèces plus sensibles, comme la truite (Hébert, S. et Légaré, S., 2000).

LES CAUSES DE DEGRADATIONS DES ECOSYSTEMES AQUATIQUES AU BENIN

Au Bénin, les activités anthropiques et l'accélération de la croissance démographique constituent les principales causes de la dégradation des écosystèmes aquatiques. Plusieurs secteurs d'activités sont sources d'importantes pollutions des plans et cours d'eau au Bénin.

L'agriculture

Parmi les activités anthropiques, les pratiques agricoles sont vues comme la première source de pollution diffuse des eaux (PNE-Bénin, 2010). Le Bénin exploite chaque année plus de 25 000 000 hectares de superficie cultivables dont 320 000 hectares de terres irrigables dans les vallées du Niger, de l'Ouémé et du Mono où sont actives les cultures vivrières et de rentes (Soule, 2012). L'agriculture Béninoise dominée par la production cotonnière est un puissant levier de croissance de l'économie nationale. Elle constitue la plus grande partie de la production primaire et des exportations du pays, car représente environ 80 % des recettes d'exportations officielles et contribue pour 13 % à la formation du produit intérieur brut (PIB) (AIC, 2008). Pour accroître leur production, les populations utilisent les engrais minéraux pour la fertilisation des sols et les pesticides pour la lutte contre les adventices et le traitement phytosanitaire des plantes. Certes, le recours aux pesticides chimiques a fait augmenter significativement la production agricole, mais en même temps cet usage aurait une influence négative sur la biodiversité (Monkiédjé et *al.*, 2000). En effet, la fraction de pesticides qui atteint le sol rejoint ensuite, sous l'effet des pluies, les eaux de surface par ruissellement superficiel ou les eaux souterraines par infiltration (Ramade, 1989). De plus, la fraction émise dans l'atmosphère par volatilisation finit aussi par regagner, sous forme de retombées atmosphériques, les sols et les plans d'eau lors des précipitations. Pendant la campagne agricole 2007-2008, environ 64,5 milliers de tonnes d'engrais et 1,2 millions de litres de pesticides ont été utilisés. Plus de 50% de la quantité de ces intrants n'a pas été valorisé par les plantes et serait drainé finalement par les eaux de ruissellement

vers les cours et plans d'eau du pays (PNE-Bénin, 2010). Le lessivage de ces fertilisants et pesticides des plantations aux rivières et aux écosystèmes marins côtiers induit une eutrophisation et une contamination chimique des eaux et des produits de pêche. Les pollutions des plans d'eau par les pratiques agricoles ont été aussi mis évidence dans d'autres écosystèmes aquatiques c'est le cas de la lagune Aghien (Sud-Est de la Côte d'Ivoire). Les sédiments de la lagune Aghien sont pollués par le cuivre et le mercure. Les facteurs d'enrichissement calculés à chaque station pour Cu, Zn, Cd, Al et Hg sont majoritairement supérieurs à 10. Ils mettent en évidence une prédominance des sources anthropiques de l'enrichissement de ces métaux dans les sédiments. Les sources anthropiques sont notamment et en grandes parties les fertilisants utilisés dans les plantations situées sur les berges de la lagune, les déchets domestiques issus des villages riverains et les fermes d'élevages environnantes (Traoré et al, 2014).

L'industrie

Parallèlement à cette pollution chimique d'origine agricole, les industries rejettent dans les plans d'eau des substances toxiques. La zone côtière abrite plus de 80% des unités industrielles du Bénin notamment la Société Béninoise de Brasserie (SOBEBRA), la Société Nationale pour l'Industrie des Corps Gras (SONICOG), la Société Béninoise de Textile (SOBETEX), la Société Béninoise de Peinture et Colorants (SOBEPEC), la Société des Ciments du Bénin (SCB), etc. Celles-ci sont pour la plupart installées dans les villes de Cotonou et de Porto-Novo. Bien que les industries modernes aient des effets positifs sur l'économie de la zone côtière, elles contribuent largement à polluer les cours d'eau le long des côtes. Les déchets liquides générés par ces industries (eaux de refroidissement des installations et eaux usées de production) contiennent environ 1.200 tonnes de DBO (disponibilité biochimique en oxygène) et 10 250 tonnes de DCO (disponibilité chimique en oxygène) par an et sont déversés dans les eaux lagunaires et/ou en mer (CEDA, 2007). Un exemple palpable, est celui de la savonnerie d'Agbokou, près de Porto-Novo qui déverse ses effluents fortement basiques et chauds ($\text{pH} > 12$ et température $> 40^\circ\text{C}$), sans aucun traitement préalable, dans la nature. Ces pratiques constituent de véritables sources de pollution chimique des puits domestiques environnants et des écosystèmes aquatiques vitaux tels que la lagune de Porto-Novo (Chouti, 2011). Aussi, les cimenteries, le bâtiment et les travaux publics, en tant que sources de poussières et de particules en suspension issues de la dégradation des sols, amplifient-t-ils la pollution des cours et plans d'eau au Bénin. Dans certains cas, les plans d'eau tels que les lacs et les retenues sont les plus exposés à cette

forme de pollution chimique. C'est le cas des lacs Ahémé, Toho et des retenues d'eau de Parakou, de Djougou, de Savalou et de Natitingou caractérisés par un état d'envasement très avancé (PNE-Bénin, 2010). Comme dans certains plans d'eau au Bénin, les écosystèmes aquatiques des pays du nord, sont surtout caractérisés par des sources industrielles de pollution. En Italie, dans la lagune de Venise, des teneurs maximales en métaux lourds sont enregistrées dans le secteur limitrophe des anciennes industries de métallurgie (As=132, Cd=70, Hg=48, Pb=929, Zn=8295 µg/g). Ces teneurs sont largement supérieures à celles du centre de la lagune qui sont respectivement de : 2,5 ; 5 ; 2,3 ; 114 et 1115 µg/g (Bellucci et al., 2002). Dans cet écosystème, la distribution des métaux lourds n'est pas contrôlée par les caractéristiques des sédiments (taille des grains, teneurs en carbone organique...) mais plutôt par la proximité des sources de pollution (industries de traitement de minerais). C'est aussi le cas du lac Léman en Suisse, où les cinq premiers centimètres de sédiments renfermaient environ 34 tonnes de mercure et 39 tonnes de cadmium (Vernet et al., 1978). La plus grande partie de ces stocks provient indubitablement de sources anthropogéniques notamment industrielles.

La pêche, le commerce et l'artisanat

Les pêches continentales participent également à la dégradation de l'environnement fluvio-lagunaire, notamment dans le Sud-Bénin. Cette dégradation a pour cause l'utilisation des engins et méthodes de pêches prohibées (Dèdjiho, 2014). Les techniques de pêches à acadja qui consistent au déversement des branchages et des pneus des véhicules chaque année dans les plans d'eau, asphyxient les lacs du Bénin et contribuent énormément à l'envasement et aux pollutions de ces écosystèmes (Badahoui et al., 2010).

Par ailleurs, les marchés des villes côtières constituent une source importante de production de déchets solides et liquides. C'est le cas des marchés de Cotonou, en l'occurrence le marché de Dantokpa, dont les déchets très abondants et mal gérés, sont pour la plupart déversés dans le lac Nokoué et le chenal de Cotonou, contribuant ainsi à leur envasement et à l'accentuation de la pollution (CEDA, 2007) (Photo 1). En plus des activités anthropiques cités supra, la vente informelle des hydrocarbures est source de pollution des plans d'eau du sud-Bénin, en occurrence le lac Nokoué et la lagune de Porto-Novo. Ces deux écosystèmes aquatiques constituent des zones de passage privilégiées des contrebandiers qui y transitent avec des produits pétroliers. Ces produits sont déversés soit volontairement dans les plans d'eau au moment de nettoyage des bidons ou pour équilibrer les barques en surcharges afin d'éviter les naufrages ;

soit on assiste à des déversements accidentels dus aux éclatements de bidons et chavirement des barques lors des orages. Ces faits contribuent énormément aux pollutions de ces plans d'eau (Chouti, 2011).



Photo 1 : Dépotoir d'ordures sur la berge du lac Nokoué (Cliché Lawani, 2013)

L'artisanat informel, produit beaucoup de déchets solides et liquides susceptibles de contribuer à la pollution chimique des cours et plans d'eau au Bénin. Ainsi, les tanneries, les teintureries, les ateliers de transformation du manioc, du néré et du karité sont générateurs de pollution chimique des cours et plans d'eau (PNE-Bénin, 2010).

Les produits et déchets médicaux constituent également une source importante de pollution chimique des cours et plans d'eau au Bénin, étant donné que le secteur souffre encore de l'absence d'un système d'élimination et de traitement efficace de ces déchets parfois très toxiques. C'est ainsi qu'en 1996, seulement 4% des 1616 tonnes de déchets biomédicaux produits ont été incinérés (ABE, 2006).

La croissance démographique

L'expansion démographique des populations riveraines autour des écosystèmes aquatiques au Bénin s'accompagne toujours comme dans toute zone en développement des problèmes de gestion des déchets solides et liquides (Chouti, 2011 ; Houémènou, 2012). Ces déchets continuent d'être rejetés sans traitement dans les plans d'eau (lacs et lagunes) de certaines grandes villes de l'Afrique de l'Ouest, posant de graves problèmes de santé (Lamizana-Diallo et al., 2008). Cet état de fait contribue à l'enrichissement des milieux aquatiques en polluants et autres éléments indésirables ou potentiellement dangereux pour la santé publique (Darboux, 2008). Au Bénin, 48% de la population est

concentré sur la zone côtière qui représente environ 7,7 % du territoire national (Djidogbé, 2003). Cette situation justifie la très forte pression et les problèmes de déchets solides et liquides autour des écosystèmes aquatiques côtiers du Bénin. C'est le cas de la lagune de Porto-Novo qui reçoit régulièrement les déchets liquides urbains de la ville, sans traitement, par l'intermédiaire des collecteurs d'eau (Chouti, 2011). Les déchets solides sont déposés un peu partout dans la ville et le long de la lagune sans aucun contrôle. Les eaux de ruissellement drainent donc vers la lagune, les éléments issus de ces déchets et contribuent à augmenter le niveau de pollution de la lagune (Photo 2).



**Photo 2 : Eaux usées drainées par les canaux vers la lagune de Porto-Novo
(Cliché : Chouti, 2011)**

QUELQUES DONNEES DE LA POLLUTION DES ECOSYSTEMES AQUATIQUES AU BENIN

Les différentes activités menées par les populations ont des incidences sur l'équilibre et la durabilité des écosystèmes aquatiques au Bénin. Plusieurs études menées sur les plans d'eau du Bénin ont montré une pollution de plus en plus inquiétante de ces écosystèmes aquatiques et les dangers auxquels sont exposés les organismes qui y vivent.

La pollution des fleuves au Bénin

Les fleuves du Bénin constituent des écosystèmes aquatiques très vulnérables aux pollutions vues qu'ils traversent plusieurs localités. De ce fait, plusieurs activités anthropiques exercées aussi bien dans les bassins et sur les versants de

ces cours d'eau contribuent à leurs pollutions. Dans le bassin de l'Ouémé, au centre du pays, une étude sur la pollution chimique et bactériologique dans les retenues d'eau de l'Okpara, de Djougou et de Savalou a révélé que la totalité des échantillons prélevés était polluée par la présence de coliformes car les taux de ceux-ci dépassent largement les normes recommandées par le Bénin et l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) en matière d'eau potable. Le maximum et le minimum observés sur les retenues varient respectivement entre 562 CT/100 ml (retenue de la Doninga sur la Téro) et de 10 CF/100 ml (retenue de l'Okpara). Les eaux et les sédiments de cette dernière retenue sont également sous l'influence de la contamination par les métaux lourds tels que le cuivre et le plomb (Hounsou *et al.*, 2010 ; Adjagodo, 2012).

Le Mono, un des plus grands fleuves à l'Ouest du pays, est également menacé par la pollution de ces eaux. Les activités telles que l'agriculture, l'élevage, la pêche, les emplois domestiques (cuisine, lessive, vaisselle), transport et tourisme qui se développent souvent dans son lit mineur ou à son proximité présentent des risques importants pour la durabilité de la qualité de l'eau. En plus des activités anthropiques, les eaux de surface sont parfois utilisées comme des dépotoirs d'ordures de tout genre à cause des dysfonctionnements des services de collecte et de traitement des eaux usées. De même, l'utilisation des pesticides et les engrais chimiques pour la production agricole est une source potentielle de contamination des eaux du fleuve. Les intrants agricoles et produits phytosanitaires sont utilisés dans les champs de culture très proches du cours de Mono. Ces intrants sont ensuite lessivés vers les eaux du fleuve, ce qui conduit indubitablement à la dégradation de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau du fleuve Mono et à la recrudescence des maladies hydriques, etc. (MYP II, 2013).

Ce constat de pollution des fleuves fait au Bénin est aussi observé dans d'autres pays de l'Afrique. C'est le cas du fleuve Sénégal au niveau de la ville de Rosso en Mauritanie, où les eaux, les espèces halieutiques et les sédiments sont contaminés par des polluants d'origine organique et métallique (Mohamedou *et al.*, 2008). Le fleuve Niger, le troisième grand fleuve d'Afrique (4 200 km) n'est pas exempt des problèmes de pollution. Le Niger et ses affluents sont contaminés par les produits agrochimiques et les rejets urbains au niveau de la ville de Niamey (Adamou *et al.*, 2015).

La pollution des lacs au Bénin

Le Bénin regorge de plusieurs lacs exploités par les populations riveraines surtout pour les activités de pêches et parfois agricoles. Ces activités sont sources de pollution de ces plans d'eau. Au Sud-Bénin, le lac Nokoué, le plus grand lac du pays est sous l'emprise des effets de la pollution. Les eaux, et les sédiments du lac Nokoué et du chenal de Cotonou sont contaminés par le cadmium, le cuivre, le zinc, le fer, le mercure et arsenic (Agonkpahoun, 2006 ; Lawani, 2007 ; Darboux, 2008). Les espèces halieutiques telles que les huitres, les poissons sont négativement impactés par les métaux lourds (plomb, cuivre et zinc) au niveau de la zone urbaine du lac Nokoué et du chenal de Cotonou (Sènouvo, 2002). Dans ce même lac, l'eau, les sédiments et les poissons de la cité lacustre de Ganvié contiennent des teneurs en plomb et en cadmium qui dépassent pour la plupart les limites admises (Hounkpatin et al., 2011). Les valeurs moyennes observées pour le plomb et le cadmium : 54,04 et 0,74 (sédiments), 0,56 et 0,3 (eau), 26,85 et 2,01 (poissons) montrent d'une part une accumulation du plomb et du cadmium dans les sédiments et une détérioration de la qualité de l'eau et des poissons du lac Nokoué. Les poissons faisant partie de la chaîne alimentaire de l'homme, ces métaux toxiques pourraient facilement se retrouver dans l'organisme (Agonkpahoun, 2006).

Le lac Ahémé, deuxième lac important du pays de par sa superficie est confronté aux problèmes de pollution par les eaux usées domestiques ainsi que celles issues des lessivages des terres agricoles (Dèdjiho, 2014). Ce lac est dans un état d'eutrophisation. Les sédiments, les poissons et la colonne d'eau sont contaminés en éléments métalliques (Cu, Zn, Pb et Cd). Sur ce lac, l'utilisation des acadjas par les populations asphyxie le complexe, et est la cause de la disparition de 24,29 % des forêts denses et de 1,30 % des mangroves autour du lac Ahémé et de ces chenaux (Dèdjiho, 2014). Dimon et al., (2014) a également signalé la présence du nitrate, du nitrite, du phosphore total et du phosphate dans l'eau et de certains métaux lourds comme le zinc, le plomb et l'arsenic dans les sédiments. Sur ce même lac, dans les années 2000, le bureau d'étude canadien, Roche International a fait un diagnostic environnemental sur les plans d'eau du sud-Bénin. Cette étude a révélé la présence de l'hectachlore époxyde, un sous-produit du Lindane, en concentration qui dépasse le seuil d'effets probables dans les eaux et les sédiments du lac Ahémé. Ce produit est très hautement toxique pour les invertébrés et poissons d'eau douce, car, il possède un facteur significatif de bioconcentration. Cette étude a fait également ressortir la présence de certains métaux comme l'arsenic, le plomb, l'aluminium, et le fer en concentration élevée dans les eaux et les sédiments du lac Ahémé. Il a été

mis en évidence une pollution domestique très importante dans la localité de Bopa dû à la présence de 750 000 coliformes fécaux par litre d'eau, indiquant ainsi que l'eau du lac Ahémé est la plus bactériologiquement contaminée de tout le sud-Bénin.

En 2013, dans le lac Toho, situé au Sud-Ouest du Bénin, Liner Environnement dans le cadre d'audit environnemental et social du lieu d'enfouissement sanitaire de Ouèssè, a réalisé des analyses physico-chimiques et bactériologiques sur les eaux de surfaces prélevé en amont et en aval afin d'apprécier l'état de pollution de ce plan d'eau. Il ressort donc de cette étude que, la teneur du lac Toho en plomb et en cadmium a augmentée entre 2001 et 2013 et est passée au-dessus de la norme. En effet, la teneur en plomb est passée de 0,05 mg/L en amont et en aval en 2001 à 0,437 mg/L en aval et 0,156 mg/L en amont en 2013. La teneur en cadmium est passée de 0,01 mg/L en amont et en aval en 2001 à 0,091 mg/L en aval et 0,069 mg/L en amont en 2013, signe que la décharge contribuerait à polluer le lac Toho. Il a été également mis en lumière une diminution de la DCO et de la DBO en amont et en aval du lac Toho. En 2001, la valeur de la DBO (191 mg/L de O₂) qui était en dessous de la norme (100 mg/L de O₂) est passée à moins de 10 mg/L de O₂ en 2013. Quant à la DCO, elle reste toujours en deçà de la norme (40 mg/L de O₂).

Dans le lac Azili au Sud du pays, une étude réalisée par le cabinet Golf Expertises sur le plan de gestion de ce plan d'eau, a révélé une dégradation des eaux à cause de la surexploitation des ressources halieutiques et à l'utilisation d'engins de pêche non conformes à la réglementation en vigueur. Les déchets liquides et solides rejetés par les populations riveraines contribuent à la pollution des eaux du lac Azili (Golf Expertises, 2008).

Des études similaires ont été faites dans d'autres écosystèmes lacustres et ont révélé les mêmes problèmes de pollution observées dans les lacs béninois. Les lacs Bini et Dang (Cameroun), ont des teneurs élevées en Ni, Fe, Cr, Pb et Cd comparés aux normes OMS sur les eaux de boisson et aux normes canadiennes sur la protection de la vie aquatique (Oumar et *al*, 2014). Dans les sédiments de ces deux lacs, le cadmium présente des facteurs d'enrichissement (FE) forts à très forts alors que le plomb affiche des FE modérés à forts. L'Indice de géo-accumulation (I_{geo}) varie d'une forte contamination à une contamination extrême pour le cadmium. Cet index est modéré à fort pour le plomb et modéré pour le fer. Les sédiments du lac de Dang sont dans l'ensemble les plus contaminés en métaux lourds par rapport à ceux du lac Bini. Les activités agricoles, les rejets des eaux usées domestiques et les décharges incontrôlées

sont considérés comme principales sources de pollution de ces deux lacs (Oumar et al, 2014).

La pollution des lagunes au Bénin

Les lagunes côtières sont définies comme des écosystèmes peu profonds qui sont reliés à la mer par une ou plusieurs admissions restreintes (Pinot, 1998). Elles offrent des secteurs d'habitat particulier pour la faune et la flore. Leurs diversités biologiques sont élevées et leurs chaînes alimentaires sont riches et complexes (Bloundi, 2005). Mais ces écosystèmes sont naturellement vulnérables et leur équilibre écologique peut être rapidement modifié sous l'influence de facteurs naturels ou anthropiques (Kouassi, 2005). C'est le cas des lagunes au Bénin qui possèdent des atouts écologiques mais qui sont menacés par des problèmes de contamination des éléments toxiques. La lagune côtière du Bénin est caractérisée par des taux de matières organiques très élevés (Avlékété, 7169 mg/l ; Togbin 5425 mg/l) (Soclo, 2000). De la même manière, la pollution azotée est considérable dans ce plan d'eau. Les taux d'ammonium (NH₄) sont de 11 mg/l à Adounko, de 46,23 mg/l à Togbin, et de 16,80 mg/l à Avlékété. La salinité prise au niveau de la lagune varie de 1 à 15 g/l et agit directement sur les eaux de puits de ces localités. Ayadokoun et Soclo (2002) révèlent une faible présence de pesticide dans les espèces aquatiques (poissons, crevettes et mollusques) de cette lagune.

La lagune de Porto-Novo est caractérisée par de forte concentration en éléments métalliques tels que le Fe, Cd, Pb, Cr et Mn. Les teneurs en ces différents éléments dans les eaux de cette lagune dépassent les valeurs seuils pour ces différents métaux recommandées par le Conseil Canadien des Ministres de l'Environnement. Les eaux de ruissellement constituent une source de pollution non négligeable de cet écosystème aquatique.

QUELQUES EXEMPLES D'IMPACTS DE LA POLLUTION DES COURS ET PLANS D'EAU SUR L'HOMME ET L'ENVIRONNEMENT AU BENIN

La pollution des cours et des plans d'eau a des effets directs et indirects très importants sur la vie humaine. Ses impacts vont se répercuter dans tous les domaines de la vie et peuvent être évalués à deux niveaux : sur l'écosystème aquatique et sur l'homme. Au Bénin, les nuisances de pollution des plans et

cours d'eau s'observent surtout dans les domaines socio-économiques, sanitaire, écologique, environnemental, climatique, touristique, et culturel.

Sur le plan socio-économique

Au plan socio-économique, l'augmentation de la turbidité et la présence de substances chimiques indésirables affectent la qualité de l'eau, occasionnant ainsi des coûts élevés de production de l'eau potable notamment à partir des eaux de surface ; ce qui constitue une entrave au relèvement du défi de réduction de la frange de population sans accès aux services liés à l'eau potable. Selon Mama (2010), l'utilisation des eaux des lacs eutrophes des zones du socle au Nord du Bénin, nécessite donc des traitements poussés de potabilisation ce qui augmente le coût de production et aggrave les difficultés pour l'accès à l'eau potable de la population la plus pauvre. De même, lorsque la qualité de l'eau devient mauvaise, certaines activités comme l'industrie, l'agriculture et la pêche sont compromises, ce qui entraîne des répercussions néfastes aussi bien sur la rémunération des travailleurs et sur l'économie du pays. Par exemple les rejets d'eaux usées issus de la transformation du manioc de l'usine de fabrication d'alcool de Logozohê polluent les eaux du fleuve Ouémé et entraînent la mortalité des ressources halieutiques notamment les poissons et des conflits entre la société et les maraîchers (PNE, 2010).

Sur le plan sanitaire

Le contact de l'homme avec le milieu aquatique pollué ou la consommation des produits halieutiques qui y proviennent constituent en général la voie d'accès des problèmes sanitaires. Il faut noter que la dégradation de la santé des populations des villes et des campagnes, due à la consommation d'une eau de mauvaise qualité, les rend moins productives, les appauvrit davantage, et entraîne des pertes en vies humaines. C'est l'exemple de l'excès de cadmium et de plomb qui est susceptible d'entraîner des affections telles que l'hypertension artérielle, des troubles neurologiques, rénaux et hépatiques, l'ostéopathie et les fausses couches (Darboux, 2008). Le véritable problème est que ces conséquences ne sont pas toujours immédiates, elles peuvent intervenir des mois voire des années après. L'un des cas graves connus de pollution par le mercure est celui de MINAMATA (Japon) : intoxication de la population côtière due à la consommation de poissons pollués ; 45 morts, 119 cas recensés. Au Bénin, environ 7000 personnes, notamment 4300 enfants de moins de 5 ans,

meurent chaque année de diarrhée. Ces décès sont à presque 90% directement attribués à la pollution des ressources en eau et au manque d'assainissement et d'hygiène (WSP, 2012).

Sur le plan environnemental

La dégradation de la biomasse végétale dans les écosystèmes aquatiques conduit à un enrichissement de ces milieux en nutriments, par minéralisation de la matière organique. Il en résulte l'eutrophisation qui appauvrit ces plans d'eau en faune et en flore et, exacerbent le risque de résurgence des conflits intra-usagers en raison de la baisse drastique de la capacité de régénération de ces écosystèmes aquatiques, et ce notamment en ressources halieutiques. La prolifération des jacinthes d'eau, par l'encombrement qu'elles créent dans les systèmes aquatiques, rend difficile le captage des eaux. De plus, la navigation devient difficile, ce qui limite les activités de transports des usagers. Au Bénin sur le lac Nokoué, l'accès aux villages lacustres comme Ganvié, devient difficile et les activités touristiques sont limitées. Les jacinthes d'eau dans ces villages lacustres et celles qui sont au niveau des quartiers qui bordent le lac, deviennent les habitats idéaux pour les moustiques responsables du paludisme (Mama, 2010). Dans le plus grand écosystème aquatique côtier d'Afrique de l'Ouest, la lagune d'Ebrié (Cote d'Ivoire), les mêmes impacts à savoir les développements excessifs des végétaux d'eau liés à l'eutrophisation ont été signalés entraînant ainsi la mortalité des poissons et le développement de micro-organismes pathogènes néfaste pour l'environnement (Scheren et al., 2004). De même, la détérioration de la qualité des sols et de l'environnement due à la pollution chimique des cours et plans d'eau, est à l'origine de la baisse de la productivité agricole et donc de l'amplification de l'insécurité alimentaire. Yèhouénu (2005) souligne la contamination de quatre espèces et neuf variétés de poissons pêchés dans le fleuve Ouémé, le lac Nokoué ainsi que dans la lagune de Cotonou dû à la pollution chimique de ces plans d'eau. La pollution des écosystèmes aquatiques impacte le fonctionnement physiologique des ressources halieutiques (Imoro Toko et al., 2014).

Sur le plan écologique, touristique et culturel

Certains plans d'eau du Bénin sont marqués par l'envahissement des macrophytes telle que la jacinthe d'eau douce due à la pollution en azote et en phosphore dans ces plans d'eau. Ceci à des conséquences sur la navigation et les

activités de loisirs tels que le tourisme et les baignades. Il faut noter qu'en général, la pollution des cours et plans d'eau ainsi que de leurs milieux environnants les rend impropres et disqualifiés pour les activités sportives, touristiques et culturelles. Le lac Nokoué au niveau du village lacustre de Ganvié enregistre des pollutions par des excréta humains qui occasionnent de nombreux cas de décès de ces populations dus à des maladies hydriques et perturbent les activités culturelles (PNE, 2010).

Au plan climatique

Le changement climatique lui aussi, a des répercussions sur la qualité de l'eau, les taux d'acidité des mers et océans ne cessent d'augmenter à cause des gaz à effets de serre, mais ce ne sont pas les seules manifestations. Le réchauffement global, induit une augmentation de la température des eaux de surface (cours d'eaux, lacs, mers) et modifie les conditions de vie des microorganismes de ces écosystèmes. Une augmentation de quelques degrés peut favoriser la prolifération d'amibes, de bactéries (comme vibrio), d'algues et phytoplancton toxiques, et la libération de toxines. La qualité des eaux de baignades s'en voit altérée, de même que la salubrité des produits de la pêche.

ANALYSE SUR LA POLLUTION DES ECOSYSTEMES AQUATIQUES AU BENIN ET APPROCHES DE SOLUTIONS

Un examen sur la pollution des écosystèmes aquatiques du Bénin fait apparaître que les données sont insuffisantes et ne couvrent pas tous les cours et plans d'eau du pays, et lorsqu'elles sont disponibles elles concernent les plans d'eau du sud en majorité et ne sont pour la plupart que des études diagnostiques. Mais globalement au niveau de ces écosystèmes aquatiques, on note trois formes de pollutions. La première, la pollution par les fertilisants qui proviennent de l'utilisation excessive d'engrais minéraux (NPK et urée). La deuxième, la pollution toxique issue des activités anthropiques notamment industrielle et agricole et la troisième, la pollution microbienne engendrée par les actions conjuguées des excréta humains et animaux. Tous les compartiments de ces plans et cours d'eau sont affectés à savoir : l'eau, les sédiments ainsi que la faune et la flore. Ceci, représente une menace pour le fonctionnement écologique des cours et des plans d'eau et pour la vie des humains.

Nonobstant ce qui précède, les concentrations en polluant observés dans les plans et cours d'eau du Bénin sont similaire à certains plans d'eau africains tels

que le Massili (Burkina-Faso), la lagune Aghien (Sud-Est de la Côte d'Ivoire), les lacs Bini et Dang (Cameroun). Mais les teneurs en ces polluants au niveau des plans d'eau du Bénin restent inférieurs aux concentrations retrouvées dans certains plans d'eau en Afrique du nord comme par exemple la lagune de Nador (Maroc oriental), les lagunes d'Oualidia et de Moulay Bousseleham (côte atlantique, Maroc) et d'autres régions du monde tels que la lagune de Thau (France), le lac Léman en Suisse et le lac Saint-François (Canada) ...etc (tableau 1). Mais il est important de mentionner que globalement, que ce soit les plans d'eau béninois, africains ou d'autres régions du monde, la pollution qui affecte ces écosystèmes provient des déversements aussi bien domestiques, agricoles et industrielles.

Tableau 1 : Comparaison des concentrations de métaux dans les sédiments de quelques écosystèmes aquatiques du Bénin et d'autres régions du globe (µg/g)

Ecosystèmes aquatiques	Cr	Cu	Zn	Cd	Pb	Ni	As	Hg	Fe	Références
Lac Nokoué (Bénin)	15,48	9,33	76,64	0,011		12,3 2	-	-	-	Lawani, 2013
Lac Ahémé (Bénin)	-	171,44	109,61	0,19	2,97	-	-	-	-	Dèdjiho, 2014
Lac Bini (Cameroun)	120,06	45,46	43,52	5,12	65,43	4,62	-	-	87033,56	Oumar et al., 2014
Lac Ichckel (Tunisie)	100	20	180	1	60	50	-	-	-	Ben M'barek, 1995
Lac Fourarat (Maroc)	73,9	45,5	219	0,4	64,6	33,2	-	-	-	Ben Bouih, 2005
Lagune de Porto-Novo (Bénin)	-	2,65	16,30	0,04	9,55	-	-	-	-	Cakpo, 2015
Lagune Aghien (Côte d'Ivoire)	-	145,7	29,25	0,03	1,41	-	-	0,54	646,32	Traoré et al., 2014
Lagune Ebrié (Côte d'Ivoire)	-	53,15	209,34	-	110	-	-	-	-	Scheren, 2004
Lagune de Nador (Maroc)	55	37	98	1,25	51	26	13,9	-	-	Bloundi, 2005
Lagune de thau (France)	38,1	72	168,8	0,42	66,9	44,5	-	0,31	18,5	Péna et al, 1991
Lagune de Venise (Italie)	-	-	8295	70	925	-	132	48	-	Bellucci et al., 2002

Afin donc de préserver la qualité écologique des écosystèmes aquatiques au Bénin et pour mieux protéger l'état de santé de la population, les comportements des agriculteurs sur les modes d'emplois des engrais et pesticides, les comportements des industriels sur les procédés d'éliminations et de gestion des déchets de même que les comportements culturels de gestion des déchets par les populations eux-mêmes doivent être corrigés. Pour cela, des actions concrètes doivent être faites à travers la sensibilisation de tous les acteurs intervenants dans la pollution des plans d'eau et sur les dangers que revêt la pollution des eaux, des sols et des ressources halieutiques et les dispositions à prendre par les populations riveraines pour les surmonter. Pour y véritablement parvenir, la volonté politique doit aussi agir au niveau des approches institutionnelle, réglementaire et technologique pour freiner et réduire significativement la pollution des cours et plans d'eau du Bénin.

CONCLUSION

La pollution induit et entraîne au quotidien la dégradation des écosystèmes aquatiques au Bénin, avec des conséquences et des impacts multiformes sur la santé humaine et le développement socio-économique. C'est pourquoi, au-delà des simples déterminations de l'état de pollution des cours d'eau effectuées jusque-là, des investigations sérieuses doivent être faites pour approfondir les connaissances sur le devenir de ses polluants (métaux lourds et pesticides) du fait de leurs nocivités, afin que des mesures idoines soient prises pour sauver la biodiversité en général et celle ichtyologique en particulier. Ces mesures doivent passer par des actions concrètes comme la surveillance régulière du niveau de pollution de ces plans et cours d'eau pour concilier protection de l'environnement et développement durable.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABE, 2006 : Rapport d'audit de conformité environnementale de la savonnerie d'Agbokou. 29p.
- ADAM K. S., BOKO M., 1993 : Le Bénin, Ed. du Flamboyant- EDICEF Cotonou; 2e édition, 93p.
- ADAMOU R., ALHOU B., GARBA Z., 2015 : Impact de la pollution anthropique du fleuve Niger sur la prolifération de la jacinthe d'eau. Journal des Sciences, 1, 25-38.

- ADJAGODO A., 2012 : Spéciation du plomb et du cuivre dans les sédiments de la retenue d'eau de l'Okpara. Mémoire pour l'obtention de master II en hydrologie à la FAST/UAC, Bénin. 82 p.
- AGONKPAHOUN E., 2006 : Evaluation de la pollution des eaux continentales par les métaux toxiques : Cas de la rivière Okpara et du lac Nokoué au Bénin. Thèse de Doctorat en Pharmacie, FSS /UAC, 87P.
- AKOGNONGBÉ A., MAMA D., VISSIN E., BOKO M., 2014 : Dynamique saisonnière de la qualité physico-chimique des eaux de surface dans le bassin de l'Ouémé à l'exutoire de Bétérou. Ivoir. Sci. Technol., 24, 278-298.
- AIC, 2008 : Plan de campagne agricole cotonnière 2008-2009 et perspectives 2009-2010. Cotonou (Bénin). Presse de l'Association Interprofessionnelle du Coton. 6p.
- AZONSI F., TOSSA A., KPOMASSE M., LANHOUSSE F., ZANNOU A., GOHOUNGOSSOU A., 2008 : Atlas hydrographique du Bénin : un système d'information sur l'hydrographie. Cotonou (Bénin), 22p.
- BADAHOU A., FIOGBÉ E. D., BOKO M., 2010 : Les causes de la dégradation du lac Ahémé et ses chenaux. Int. J. Biol. Chem. Sci, 4, 882-897.
- BELLUCCI L.G., FRIGNANI M., PAOLUCCI D., RAVANELLI M., 2002: Distribution of heavy metals in sediments of the Venice Lagoon: the role of the industrial area. Science of the total Environment, 295, 35-49.
- BLOUNDI M. K., 2005 : Etude géochimique de la lagune de Nador (Maroc oriental): Impacts des facteurs anthropiques. Thèse de doctorat de l'Université Mohamed V-Agdal. Spécialité : Science de la Terre et de l'Univers. 238p.
- BLOUIH HB., NASSALI H., LEBLANS M., SRHIRI A., 2004 : Contamination en métaux traces des sédiments du lac Fouarat (Maroc). Revue Afrique Science, 1, 109-125.
- CEDA, 2007 : Rapport National sur l'Environnement Marin et Côtier du Bénin. 68p.
- CHOUTI W., 2011 : Etude de la pollution chimique d'une lagune tropicale (eaux, sédiments, poissons) : Cas de la lagune de Porto-Novo (Sud Bénin). Thèse de doctorat unique, Université d'Abomey-Calavi au Bénin, 100 p.
- DARBOUX E., 2008 : Contribution à l'évaluation de la relation entre les activités anthropiques, la pollution du lac Nokoué et l'état général de santé des populations riveraines : Cas des zones Ladj-Ahouansori-Ganvié et Sotchanhoué ; Rapport de fin de formation à l'EPAC/UAC, 92 p.
- DÈDJIHO A. C., 2014 : Etude diagnostique de la pollution chimique des plans d'eau du complexe lagunaire du Sud-Ouest du Bénin : cas du lac Ahémé-Gbèzoumè. Thèse de doctorat unique, Université d'Abomey-Calavi. 139p.
- DJIDOGBÉ M., 2003 : Enjeux de la pollution de l'eau en milieu littoral face aux perspectives d'aménagement touristique : cas de la zone d'aménagement touristique du secteur Avlékété-Togbin.

- DIMON F., DOVONOU F., ADJAHOSSOU N., CHOUTI W., MAMA D., ALASSANE A., BOUKARI M., 2014 : Caractérisation physico-chimique du lac Ahémé (Sud Bénin) et mise en relief de la pollution des sédiments par le plomb, le zinc et l'arsenic. *J. Soc. Ouest-Afr. Chim.* 037,36-42.
- FAO, 2005 : L'irrigation en Afrique en chiffres : Enquête AQUASTAT. Rapport sur l'eau 29p.
- Golf Expertises, 2008 : Plan de Gestion de Plan d'Eau : Lac Azili. Rapport final, 38p.
- HÉBERT S., LÉGARÉ, S., 2000 : Suivi de la qualité de l'eau des rivières et petits cours d'eau, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement. 72p
- HEBERT S., OUELLET M., 2005 : Le Réseau-rivières ou le suivi de la qualité de l'eau des rivières du Québec. Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement.62p.
- HOUÉMÈNOU H., 2012 : Evaluation des déchets d'origine anthropique et leurs impacts potentiels sur les eaux du lac Nokoué. Mémoire pour l'obtention du diplôme de master en génie de l'environnement à EPAC/UAC, Bénin. 92 p.
- HOUNKPATIN A. S. Y., EDORH A. P., KOUMOLOU L., BOKO M., 2011 : Métaux lourds (Pb et Cd) dans l'eau, les sédiments et les poissons de la cité lacustre de Ganvié. 6eme édition des journées scientifiques du 2ie de Ouagadougou. 3p
- HOUNSOU M., AGBOSSOU E., 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. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 2 , 107-121
- IMOROU TOKO I., ATAKPA EY., TOBADA PC., BLEC M., GUEDEGBA N., ELEGBE H., 2014 : Impacts des pesticides agricoles sur les performances physiologiques des poissons : cas du Tihan 175 o-teq sur la reproduction des femelles de clarias gariepinus exposées à des doses chroniques. *Agronomie Africaine*, 3, 247-259.
- Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique (INSAE), 2013 : Résultats provisoires du quatrième Recensement Général de la Population et de l'Habitation (RGPH4). Ministère du développement, de l'analyse économique et de la prospective. Bénin. 8 p.
- LABBARDI H., ETTAHIRI O., LAZAR S., MASSIK Z., EL ANTRI., 2004 : Etude de la variation spatio-temporelle des paramètres physico-chimiques caractérisant la qualité des eaux d'une lagune côtières et ses zonations écologiques : cas de Moulay Bouselham, Maroc. *C.R. Géosciences*, 1, 10 pp. sous presse.
- LAMIZANA-DIALLO M. B., KENFACH S. ET 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 Sci. Techno*, 16, 23-28.

- LAWANI L., 2007 : Etude de la pollution des eaux, des sédiments et des crevettes du lac Nokoué par les métaux (Pb, Cd, Cu, Zn, Fe) au Bénin. Mémoire de fin de formation pour l'obtention du diplôme d'Etudes Supérieures Spécialisées en aménagement et gestion des ressources naturelles (DESS/AGRN/UAC). Option: Aménagement rural et gestion des écosystèmes aquatiques. 94 p.
- Liner Environnement, 2013 : Audit environnemental et social du Lieu d'Enfouissement Sanitaire de Ouessè. Rapport définitif, 99p.
- MAANAN M., ZOURARAH B., CARRUESCO C., AAJJANE A., NAUD J., 2004 : The distribution of heavy metals in the Sidi Moussa lagoon sediments (Atlantic Moroccan Coast). *Journal of African Earth Sciences*, 39, 473-483.
- MOJISOLA F., 2008 : Création d'une aire marine protégée au Bénin (Afrique de l'Ouest). Rapport de stage, 20p.
- MONKIÉDJÉ A., NJINÉ T., TAMATCHO B., DÉMANOU J., 2000: Assessment of the acute toxic effects of the fungicide Ridomil plus 72 on aquatic organisms and soil micro-organisms. *Environmental Toxicology*, 15, 65-70.
- MONTCHO A., 2005 : Suivi de la pollution azotée et phosphatée dans les écosystèmes du lac Nokoué et du chenal de Cotonou. Mémoire pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur des Travaux, EPAC/UAC, Bénin. 72 p + annexes.
- MOHAMEDOU E. O., LEBKIRI A, RIFI H., LEBKIRI M., FADLI M, PONTIE M., MAHMOUD A. K., Fagel L., 2008 : Typologie physico-chimique et métallique des eaux du fleuve Sénégal au niveau de la ville de Rosso (Mauritanie). *Afrique Science*, 4, 394-409.
- MYP II, 2013 : Etat des lieux des ressources en eau dans les Communes de Lokossa, Athiéme et Dogbo. Rapport provisoire, 59p.
- OUMAR B., EKENGELE N. L., BALLA A. O. D., 2014 : Évaluation du niveau de pollution par les métaux lourds des lacs Bini et Dang, Région de l'Adamaoua, Cameroun. *Afrique Science*, 10, 184 – 198.
- PNE-Bénin, 2010 : Note technique sur les défis et orientations stratégiques pour la lutte contre la pollution chimique des cours et plans d'eau au Bénin. 26p.
- RAMADE F., 1981 : *Eléments d'écologie : écologie appliquée*. 4ème édition, Paris, Ed. McGraw Hill, 578 p.
- SCHEREN P. A. G. M., Kroeze C., Janssen F. J. J. G., Hordijk L. and Ptasinski K. J., 2004. Integrated pollution assessment of the Ebrié Lagoon, Ivory Coast (West Africa) *J. Marine Syst*, 44, 1-17.
- SENOUVO P., 2002 : Etude de l'impact des pollutions en métaux lourds (plomb, cuivre et zinc) sur l'écologie des huîtres *Crassostrea gascar* en zones urbaines du lac Nokoué et du chenal de Cotonou (Bénin). Mémoire de DEA en Gestion de l'environnement FLASH/UAC, 64p.
- SIDI L., 1981 : Contribution à l'étude de la pêche continentale en république populaire du Bénin. Thèse de doctorat. Université de Dakar. 141p.

- SOULÉ B., 2012 : Politique agricole de la CEDEAO : la monographie du Bénin. Cotonou. Bénin, 24p.
- VERNET J.P., SCOLARI G. 1978 : Etude de la pollution des sédiments du Léman et du bassin de Rhône. Commission internationale pour la protection des eaux du lac Léman contre la pollution. Plan quinquennal, 1976-1980, 62p
- TRAORÉ A., SORO G., AHOUSSE K. E., BAMBA B. S., SORO N., BIEMI J., 2014 : Niveau de contamination en métaux lourds des sédiments d'une lagune tropicale : la lagune Aghien (Sud-Est de la Côte d'Ivoire). *Afrique Science*, 10, 73 – 88.
- WSP, 2012 : Impacts d'un mauvais assainissement en Afrique. WSP-ESI-Benin-french-brochure. 6p
- YEHOUEYOU E., 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, 217p.