

Qualités chimique et bactériologique des eaux du fleuve Mono, sud-ouest Bénin

Waris Kéwouyèmi CHOUTI^{1,2*} et Emmanuel HOUNKPÈVI²

¹ Université d'Abomey-Calavi, Laboratoire d'Hydrologie Appliquée (LHA), Institut National de l'Eau, 01 BP 526 Cotonou, Bénin

² Université d'Abomey-Calavi, Laboratoire de Chimie Inorganique et de l'Environnement (LACIE), Faculté des Sciences et Techniques (FAST), 01 BP 526 Cotonou, Bénin

* Correspondance, courriel : warischouti@yahoo.com

Résumé

L'objectif de ce travail est d'évaluer les qualités chimique et bactériologique des eaux du fleuve Mono (sud-ouest Bénin). Pour cela, les éléments nutritifs (azote total, phosphore total), les matières organiques et oxydables (DCO et DBO₅), les éléments traces métalliques (cuivre et zinc) et les coliformes thermotolérants et *E. coli* ont été déterminés. Le test de toxicité basé sur les oignons a permis de mesurer le niveau de toxicité globale des eaux. Les résultats montrent que les eaux du fleuve Mono peuvent être adaptées aux activités de contacts primaires ou directs telles que les usages domestiques (lessives, douches, lavages, etc.) sauf les boissons, la vaisselle à cause de la présence des indicateurs de microorganismes pathogènes (*E. Coli*, coliformes fécaux). Ces résultats pourraient servir de base aux politiques environnementales nationales et autres qui visent à protéger la qualité des fleuves, les organismes qui y vivent et les populations riveraines.

Mots-clés : *nutriments, DCO, DBO₅, Allium cepa, E. Coli, coliformes fécaux.*

Abstract

Chemical and bacteriological qualities of the waters of Mono's River, south-west Benin

The objective of this work is to evaluate the chemical and bacteriological qualities of the waters of Mono's River (south-west Benin). For this, nutrients (total nitrogen, total phosphorus), organic and oxidizable materials (COD and BOD₅), trace metals (copper and zinc) and thermotolerant coliforms and *E. coli* were determined. The onion-based toxicity test measured the overall level of toxicity of the water. The results show that the waters of the Mono River can be adapted to primary or direct contact activities such as domestic use (laundry, showers, washing ...) except drinks, dishes due to the presence of indicators of pathogenic microorganisms (*E. Coli*, faecal coliforms). These results could serve as a basis for national and other environmental policies aimed at protecting the quality of rivers, the organisms that live there and the local populations.

Keywords : *nutrients, COD, BOD₅, Allium cepa, E. coli, faecal coliforms.*

1. Introduction

L'eau est une ressource naturelle et commune à tous les êtres vivants, mais rare en termes de qualité. Au Bénin, les zones humides, écosystèmes dotés d'importantes ressources, sont concentrées au sud. Cette partie du pays abrite plus de 50 % de la population béninoise (avec des densités rarement inférieures à 150 habitants au km²) sur 10 % de la superficie du territoire national [1]. Ce qui justifie la pression anthropique que subissent les écosystèmes environnants. Dans certains hydrosystèmes, les produits chimiques peuvent être à l'origine de la disparition de certaines espèces animales et/ou végétales et par conséquent, entraînent le dysfonctionnement de la chaîne trophique (faible biodiversité, etc.) [2]. Parmi ces polluants chimiques, le phosphore et l'azote, éléments nutritifs, sont responsables du phénomène de l'eutrophisation. Le développement algal qui s'ensuit, appauvrit l'eau en oxygène et entraîne la mort des poissons et des autres formes de vie aquatique [3]. Le fleuve Mono, objet de notre étude, constitue un milieu de productivités biologiques et de possibilités de production halieutique. Il faut noter que la pêche artisanale, la pisciculture en enclos ou en étangs, la porciculture, l'aulacodiculture, le commerce, les cultures (utilisant parfois des engrais) et l'artisanat constituent des activités exercées par les habitants sur le fleuve, ou dans les lits mineurs du fleuve [4]. Le fleuve Mono est un fleuve du Togo et du Bénin, long d'approximativement 467 km et drainant un bassin versant d'environ 25 000 km². Il est caractérisé par un apport d'eau douce venant de l'affluent avec lequel il communique à Grand-Popo, un apport d'eau salée de l'océan atlantique, et un apport d'eau douce issu du barrage Nagbêto.

Un peu en amont de Grand-Popo, une rivière, la Gbaga, met en relation le système fluvio-lagunaire du Mono avec celui du lac Togo [5]. Le fleuve Mono s'ouvre à son tour sur la lagune côtière, ce fleuve serait une des sources de pollution de la lagune côtière notamment en éléments traces métalliques [6]. Le fleuve Mono subit l'impact des activités anthropiques et de la mauvaise gestion des déchets. Des études ont montré que les déchets municipaux peuvent contenir des quantités importantes de métaux en général et de zinc en particulier [7 - 9]. En effet, parmi les contaminants majeurs de l'environnement, les métaux posent de sérieux problèmes écologiques, tant par le caractère ubiquiste de leur présence au sein de la biosphère que par leur forte rémanence et leur toxicité élevée [10]. Les déchets peuvent contenir d'autres substances toxiques pouvant constituer une menace à la comestibilité des poissons et à la qualité des eaux [11]. Ainsi, les eaux de surface sont exposées aux effets toxiques des polluants, modifiant ainsi leurs qualités physique, chimique et bactériologique. Ce travail de recherche vise donc à étudier les qualités chimiques et bactériologiques des eaux du fleuve Mono. Il permettra de connaître le niveau de pollution et de toxicité de ses eaux. Ceci permettrait d'aider à l'évaluation des risques, en détectant la présence ou non de polluants chimiques ou bactériologiques particulièrement dangereux pour les organismes aquatiques.

2. Matériel et méthodes

2-1. Présentation du milieu d'étude

Le fleuve Mono prend sa source au nord-ouest du Bénin dans les monts Koura, région de Bassila. Long de 530 kilomètres, il sert de frontière naturelle entre le Togo et le Bénin sur ses 100 derniers kilomètres. Son bassin versant couvre une superficie 25 000 km² entre les latitudes 6°10' et 9°00' Nord et les longitudes 0°30' et 1°50' Est [12].

2-2. Prélèvement des échantillons

La sélection des sites d'échantillonnage est faite selon un choix raisonné en considérant à la fois la densité de la population riveraine, les activités anthropiques aux environs et sur le fleuve, les limites des villages et la portée de chaque site de prélèvement. La campagne d'échantillonnage a été effectuée en barque. Les échantillons ont été prélevés à quelques centimètres sous la surface de l'eau. Des bouteilles en plastique de 1,5 litre et des bidons de 20 litres ont été remplies après 3 rinçages avec l'eau à échantillonner. Au total, huit (08) sites ont été retenus et présentés sur la *Figure 1*.

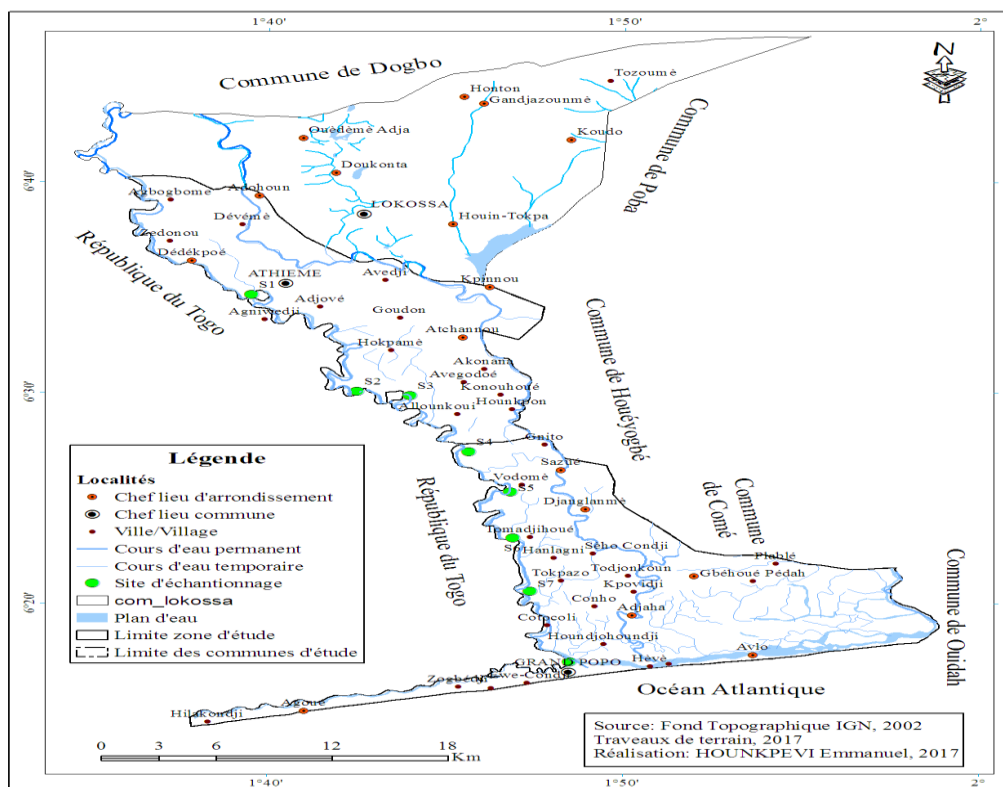


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude et des points d'échantillonnage

2-3. Procédure de détermination de la DBO₅ et DCO

La DBO₅ est déterminée par la méthode respirométrique et la DCO par la méthode colorimétrique.

2-4. Procédure du dosage des métaux

Le dosage des métaux a été effectué avec un spectrophotomètre HACH LANGE DR 2800. Le cuivre est déterminé par la méthode de Bicinchoninate et le zinc par la méthode de Zincover.

2-5. Procédure de détermination des germes de contamination fécale

Les germes de contamination fécale tels que les coliformes thermotolérants, *Escherichia coli*, ont été recherchés dans les échantillons d'eau prélevés au niveau du fleuve Mono. La méthode utilisée pour la détermination de ces germes est la technique de filtration sur membrane (**Tableau 1**).

Tableau 1 : Méthodes de recherche et d'identification des germes de contamination fécale

| Germes | Types d'ensemencement | Milieux de culture | Conditions de culture | Colonies caractéristiques |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------|---------------------------|
| Coliformes thermotolérants | Filtration sur membrane cellulosique de 0.45µm en faisant passer par cette dernière 100 mL d'échantillon. | Rapid E. Coli 2 agar (REC) | 24-48 h à 44°C | Colonies bleues |
| <i>Escherichia coli</i> | | | | colonies violettes |

2-6. Procédure du test de cytotoxicité sur l'*Allium cepa*

La méthode utilisée pour l'étude de toxicité est naturelle et se base sur l'ensemencement d'oignons dans les eaux échantillonnées à diverses proportions données. La réalisation d'un test de toxicité nécessite une certaine quantité d'eau distillée et d'eau échantillonnée. Le test de cytotoxicité a été effectué au Laboratoire de Chimie de la Faculté des Sciences et Techniques à l'Université d'Abomey-Calavi et se repose sur l'inhibition de la croissance des longueurs racinaires des oignons exposés pendant 96 heures dans différentes dilutions des eaux prélevées sur les 08 sites. On dispose donc de 25 verres jetables suivant les six (06) stations de prélèvement ; donc au total cent-cinquante (150) verres jetables. Les 25 verres de chaque site sont répartis suivant 5 gammes de concentration dans les proportions 0 %, 25 % ; 50 %; 75 %; 100 % d'eau du fleuve à analyser contre de l'eau distillée servant de témoin. On cultive l'oignon dans chacun des verres jetables après avoir enlevé les racines et la peau sèche. Les eaux des différentes dilutions utilisées pour le test de cytotoxicité sont remplacées toutes les 24 heures, ceci 3 fois. A la fin des 4 jours d'exposition, les longueurs des racines des oignons ont été mesurées pour chaque proportion et leurs moyennes ont été calculées.

3. Résultats

3-1. Eléments nutritifs

- Azote total NTK : La concentration moyenne de l'azote obtenue est de 0,62 mg/L (**Figure 2**). Les teneurs d'azote obtenues dans le fleuve Mono sont supérieures à 0,5 mgN/L sauf au niveau du site 8 (0,45 mg/L). Les eaux de ruissellement draineraient de l'azote vers le fleuve.
- Phosphore total : Les teneurs du phosphore varient entre 1,7 mg/L à 7,68 mg/L avec une moyenne de 4,99 mg/L (**Figure 2**). Les concentrations de phosphores totaux relevées sur tous les sites d'études dépassent largement la limite prévue par les recommandations de l'OMS (0,7 mg/L) pour les eaux de surface destinées à être utilisées pour la production d'eau potable [13].

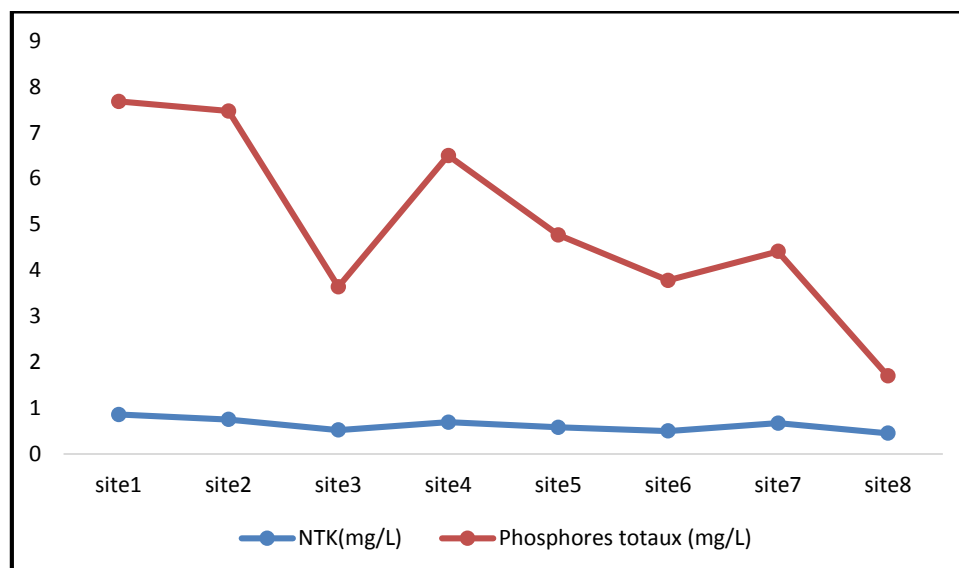


Figure 2 : Variation spatiale des valeurs d'azote et de phosphore total

3-2. Matières organiques et oxydables

- DCO : Les valeurs de la DCO varient entre 3,27 mg/L O₂ à 32,72 mg/L O₂ avec une moyenne de 11,86 mg/L O₂ (**Figure 3**) inférieure à 20 mg/L O₂.
- DBO₅ : Les valeurs de la DBO₅ sont liées à celles de la DCO qui varient de 1 à 9 mg/L O₂ avec une moyenne de 4,5 mg/L O₂ inférieure à 6 mg/L O₂. La variation spatiale des valeurs de la DBO₅ présente la même allure que celle de la DCO (**Figure 3**) avec un minimum obtenu au site 2 et un maximum obtenu au site 3.

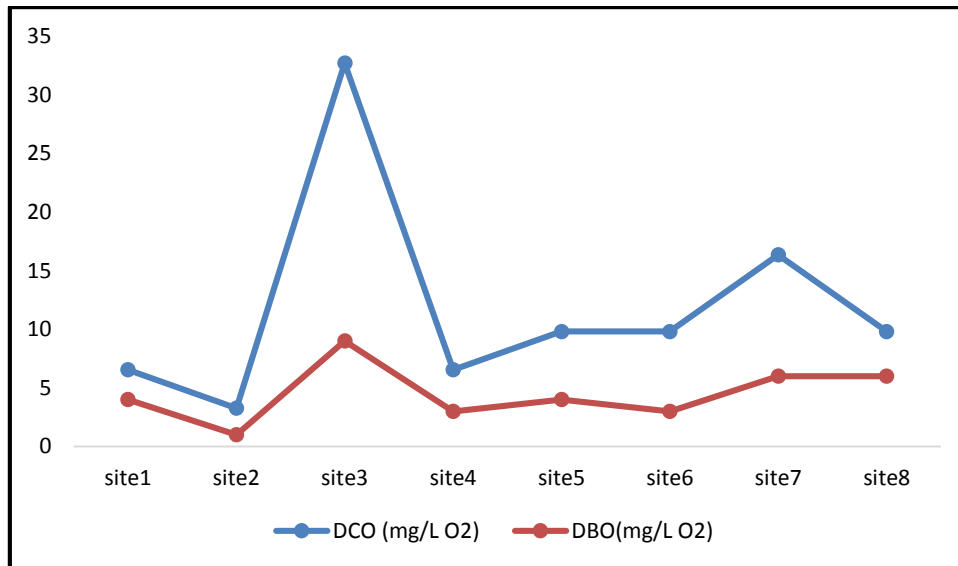


Figure 3 : Variation spatiale combinée des teneurs de DCO et de DBO₅

3-3. Les Eléments Traces Métalliques

L'analyse de la **Figure 4** montre que les concentrations du cuivre dans les eaux du fleuve varient de 0,32 à 1,42 mg/L. La plus forte concentration s'observe au niveau du site 1.

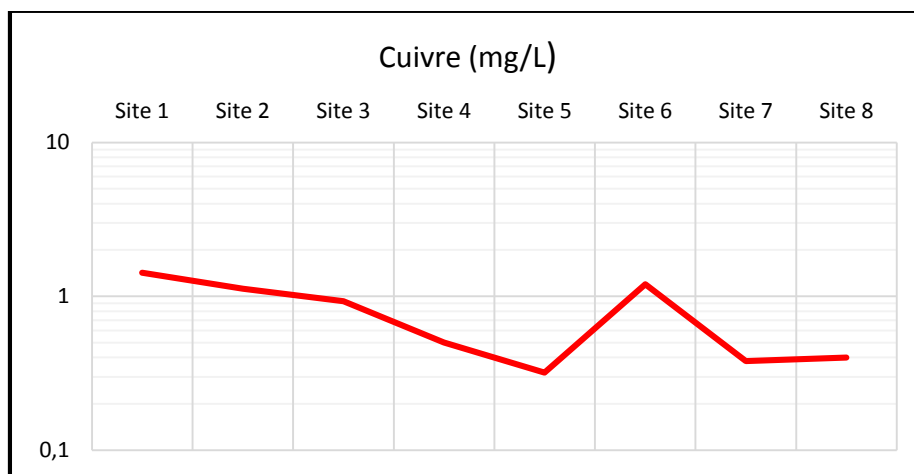


Figure 4 : Variation spatiale du cuivre dans les eaux

Les concentrations du zinc varient de 0,25 à 1,25 mg/L. La plus forte concentration s'observe également au niveau du site 1.

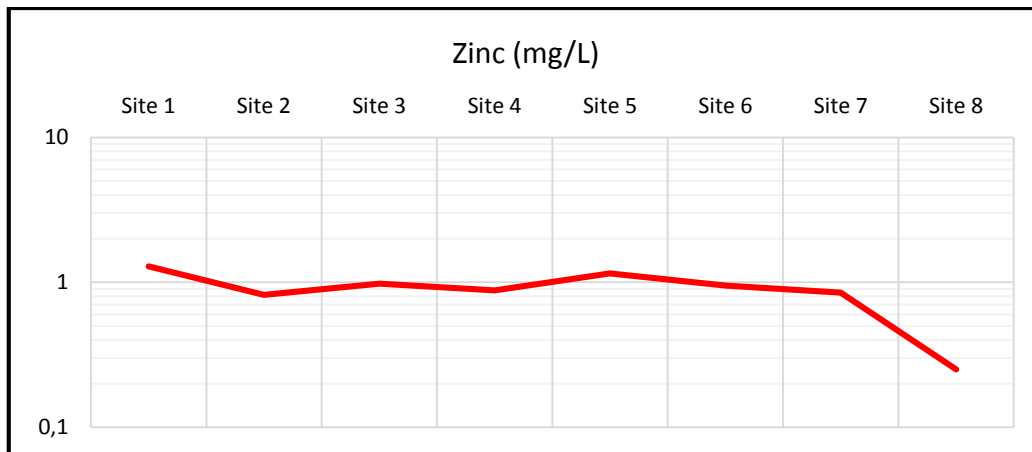


Figure 5 : Variation spatiale du zinc dans les eaux

La consommation des organismes aquatiques du fleuve Mono peut présenter à la longue des risques sur la santé humaine.

3-4. Coliformes thermotolérants et E. coli

Les coliformes thermotolérants : L'analyse microbiologique des différents sites d'étude montre que la teneur des coliformes thermotolérants varie de 100 à 2480 UFC/100 mL avec une moyenne de 584 UFC/100 mL. La plus forte valeur est obtenue au niveau du site 6 (*Figure 6*).

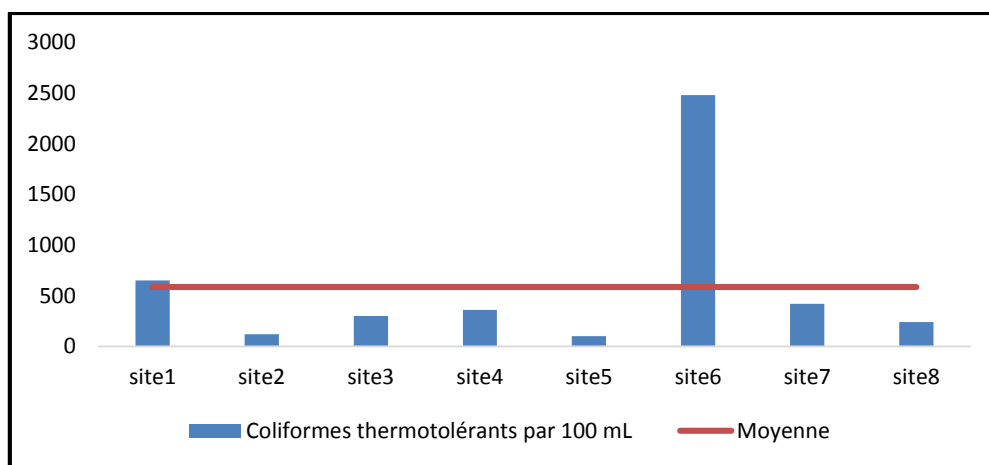


Figure 6 : Variation spatiale des coliformes thermotolérants dans le fleuve Mono

Les *E. coli* : La concentration des *E. coli* varie de 0 à 100 UFC/100mL avec une moyenne de 32,5 soit 33 UFC/100mL (*Figure 7*).

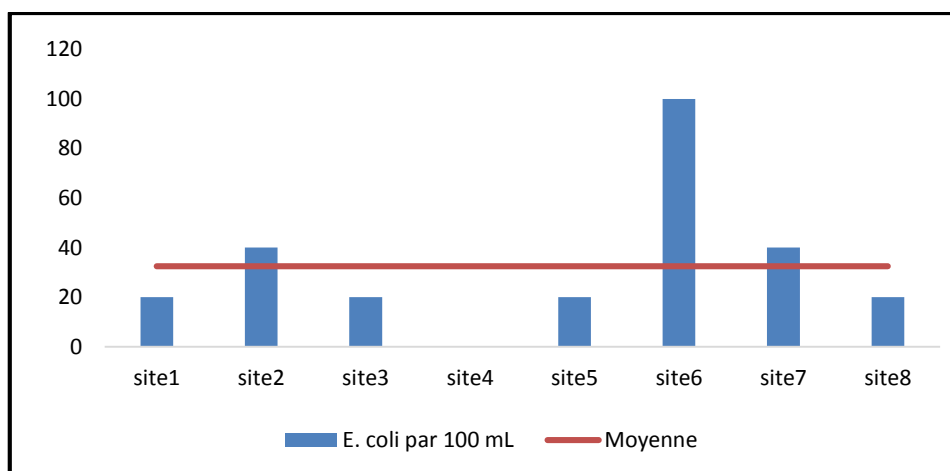


Figure 7 : Variation des E. coli dans le fleuve Mono

3-5. Test de toxicité de l'eau du fleuve

L'analyse des résultats obtenus montre une poussée rapide des racines dont la longueur augmente de 0 % à 25 % de l'échantillon et une diminution légère de longueur des racines de 25 % à 50 % de l'échantillon. De 50 à 75 %, il ressort globalement, une augmentation de longueur des racines qui sont en moyenne supérieures à celle obtenue à 25 %, puis une diminution légère de 75 à 100 % (Figure 8).

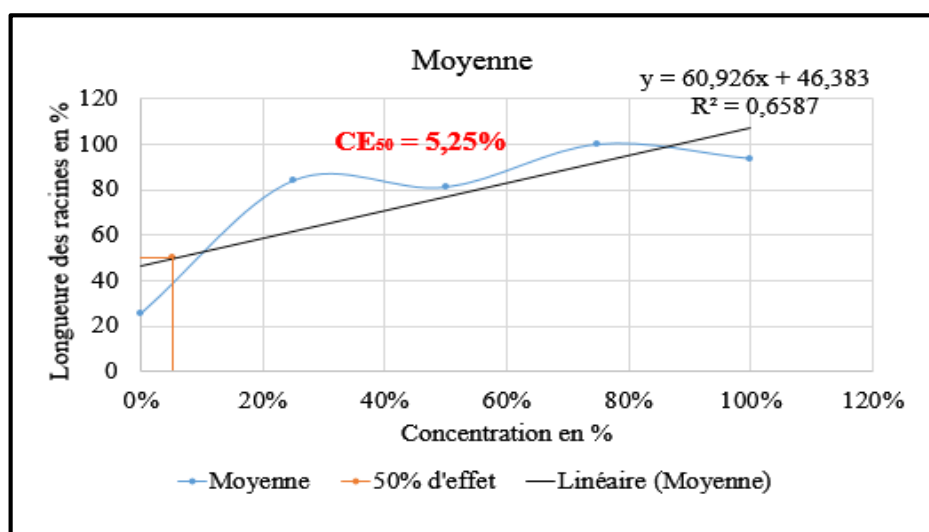


Figure 8 : Courbe dose-réponse pour l'évaluation de la cytotoxicité des eaux du fleuve Mono

4. Discussion

Les apports anthropiques d'éléments nutritifs modifient le cycle saisonnier de l'évolution des algues qui prolifèrent toute l'année [14]. Ces éléments sont donc étudiés afin de mesurer les risques d'eutrophisation qui peuvent être liés à ces différents éléments. Les teneurs moyennes de phosphore total et de l'azote total sont respectivement 4,99 mg/L et 0,62 mg/L. Le fleuve Mono est hypereutrophe selon l'Organisation de Coopération de Développement Economique [15]. Ces fortes concentrations peuvent provenir des différents produits servant aux lessives qui se font directement dans le fleuve. Les eaux issues du barrage Nangbéto

constitueraient également une source de pollution des eaux du fleuve. En effet, après la mise en eau du barrage, on assiste à une évolution à la hausse des MES, même en période d'étiage, car les lâchers d'eau ne cessent d'éroder les berges du cours d'eau et de transporter les particules lors des lâchers de l'amont vers l'aval [5, 16, 17]. La DCO et la DBO₅ présentent chacun une valeur élevée au niveau du site 3. La décomposition de la biomasse issue du phénomène d'eutrophisation nécessite de l'oxygène [18], ce qui expliquerait les valeurs élevées de la DCO et DBO₅ obtenues au niveau du site 3. La DCO et la DBO₅ mesurées, n'excèdent pas les limites admises par la norme pour les eaux de surface destinées à être utilisées pour la production d'eau potable [13], sauf au niveau du site 3. De plus, les teneurs présentées par la DBO₅ sont en accord avec celles de la DCO, donc l'évolution de la DBO₅ suit le même régime que la DCO. Les résultats des analyses bactériologiques montrent que la charge bactérienne en coliformes thermotolérants et en *E. coli* est plus élevée au niveau du site 6. Les charges bactériennes dénombrées dans les échantillons d'eau du fleuve prélevés pendant la période d'étude sont dans les normes selon les critères normatifs de l'Organisation Mondiale de la Santé [13]. La présence des coliformes thermotolérants dans ces eaux peut être due aux rejets des eaux usées domestiques.

Le déversement des eaux usées domestiques sans aucun traitement préalable peut participer à la contamination des eaux de surface [19]. De même, la contamination des eaux du fleuve Mono par ce germe peut être expliquée par la présence des déchets fécaux d'origine humaine (déchets domestique) et animal (effluents d'élevage) ainsi que par l'installation des enclos pour l'élevage des animaux, notamment de porcs aux bords immédiats du fleuve. Les charges bactériennes en coliformes thermotolérants et en *E. coli* dénombrées dans la basse vallée du fleuve Ouémé dépassent largement celles obtenues dans le fleuve Mono [20]. La présence des *E. coli* dans une eau signifie qu'elle a été récemment contaminée par des matières fécales et que d'autres pathogènes peuvent être présents [21, 22]. Les résultats observés pour les tests de toxicité montrent qu'il n'existe pas des polluants dans les eaux qui inhibent la croissance des racines par leurs effets toxiques. De 25 % à 100 % de l'échantillon, les racines ont une longueur 3 à 4 fois supérieure à celle des racines à 0 % de l'échantillon. La valeur élevée de la longueur des racines est due à la présence d'éléments indispensables à la croissance des plantes. Ces résultats sont contraires à ceux obtenus sur la lagune côtière de Tôgbin à Grand-Popo où l'utilisation de l'*Allium cepa* a permis de confirmer que les eaux sont toxiques [23].

Mais ces résultats sont conformes à ceux obtenus au niveau des sites d'ACCRON et du PONT de la lagune de Porto-Novo [24]. Le cuivre et le zinc sont des oligo-éléments, indispensables à la croissance et bénéfiques aux organismes vivants, y compris l'homme [25]. Ils deviennent toxiques à des concentrations élevées. Les métaux sont parmi les toxiques les plus étudiés pour essentiellement trois raisons. Premièrement, ils sont non biodégradables. En effet, leur élimination du milieu aquatique n'est pas habituellement réalisée par des processus naturels comme les polluants organiques [26]. Deuxièmement, les substances organiques et minérales les maintiennent facilement, d'où la possibilité de leur accumulation dans les sédiments. Troisièmement, ils sont des poisons accumulatifs au niveau de l'organisme humain. Ils peuvent être retrouvés dans les aliments consommés par l'homme menaçant ainsi sa santé [27 - 29]. Les concentrations du cuivre dans les eaux du fleuve Mono varient de 0,32 à 1,42 mg/L et celles du zinc de 0,25 à 1,25 mg/L, elles sont supérieures à celles obtenues sur la lagune côtière qui varient respectivement de 0,018 et 0,135 mg/L et de 0,12 à 0,2 mg/L [6]. L'ouverture du fleuve Mono sur la lagune côtière constituerait donc une des principales sources d'apport en éléments traces métalliques dans la lagune.

5. Conclusion

Les résultats des différentes analyses des eaux du fleuve Mono montrent que ces eaux respectent la quasi-totalité des normes pour la qualité des eaux brutes de surface destinées à être utilisées pour la production des eaux potables, mais ne respectent pas la qualité des eaux directement consommables selon les recommandations de l'OMS pour les eaux de boisson. Ces eaux ne sont pas toxiques d'après le test de la cytotoxicité sur l'*Allium cepa*. Les concentrations en cuivre et en zinc ne permettent pas la protection de la vie des organismes aquatiques présents. Le fleuve Mono constituerait une source de pollution pour la lagune côtière qu'il alimente en eau. Il urge donc de prendre des mesures idoines pour le bien être des populations riveraines.

Références

- [1] - da MATHA-SANT'ANNA M., Régime d'occupation des terres, statut des aires protégées, modes de gestion et d'aménagement, activités humaines et habitats humains. PAZH. Cotonou-Bénin, (2001) 35 p.
- [2] - C. GOLD, 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, (2002) 175 p.
- [3] - W. CHOUTI, Etude de la pollution chimique d'une lagune tropicale (eaux, sédiments, poissons) : Cas de la lagune de Porto-Novo (sud Bénin). Thèse de doctorat à l'Université d'Abomey-Calavi, (2011) 100 p + Annexes
- [4] - MYP II, Etat des lieux des ressources en eau dans les Communes de Lokossa, Athiémé et Dogbo. Rapport provisoire, (2013) 59 p.
- [5] - G. ROSSI, L'impact des barrages de la vallée du Mono (Togo-Benin). La gestion de l'incertitude. *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, Vol 2, N° 2 (1996) 55 - 68 p. (<http://www.persee.fr>)
- [6] - W. CHOUTI, N. CHITOU, N. KELOME, B. H. KPAKO, D. HONVOU VLAVONOU, M. TOSSOU, Caractérisation physico-chimique et étude de la toxicité de la lagune côtière, de Togbin à Grand-Popo (Sud-Ouest Bénin). *European Scientific Journal* edition Vol.13, N°27 (2017) doi: 10.19044/esj.2017.v13n27p131
- [7] - R. ADJIA, W. M. FEZEU, J. B. TCHATCHUENG, S. SORHO, G. ECHEVARRIA and M. B. NGASSOUM, Long term effect of municipal solid waste amendment on soil heavy metal content of sites used for periurban agriculture in Ngaoundere, Cameroon. *Afr. J. Environ. Sci. Techn.*, 2 (12) (2008) 412 - 421
- [8] - S. O. ADEFEMI, E. E. AWOKUNMI, The impact of municipal solid waste disposal in Ado-Ekiti metropolis, Ekiti-State, Nigeria. *Afr. J. Environ. Sci. Tech.*, 3 (8) (2009) 186 - 189 p.
- [9] - E. E. AWOKUNMI, S. S. ASAOLU, K. O. IPINMOROTI, Effect of leaching on heavy metals concentration of soil in some dumpsites. *Afr. J. Environ. Sci. Techn.*, 4 (8) (2010) 495 - 499
- [10] - S. BARILLET, Toxicocinétique, toxicité chimique et radiologique de l'uranium chez le poisson zèbre. Thèse de doctorat à l'Université Paul Verlaine de Metz, (2007) 478 p.
- [11] - S. ADRIAN, I. DELAUME, M. LOBLEIN and A. RUMELHARD, Les produits toxiques : les peintures toxiques, les produits sanitaires et pesticides. Projet, Bassez-Muguet M-P. IUT Robert Schuman Département Chimie, (2006) 44 p.
- [12] - E. AGO, Analyse des risques d'inondation en aval du barrage de Nangbéto au Togo et au Bénin. Université de Liège/Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de ultrastructure, biologie. Doctorat d'Etat ès sciences de Biologie Animale, (2005) 297 p.
- [13] - J. RODIER, L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer, 8^e édition, Dunod, Paris, (1996)
- [14] - M. LENZI, R. PALMIERI and S. PORRELLO, Restoration of the eutrophic Orbetello lagoon (Tyrrhenian Sea, Italy) : water quality management. *Marine Pollution Bulletin*, 46 (12) (2003) 1540 - 1548 p.

- [15] - OCDE (OECD), Eutrophisation des eaux. Méthodes de surveillance, d'évaluation et de lutte, Organisation de Coopération et de Développement Economiques, Paris, (1982) 164 p.
- [16] - E. AMOUSSOU, Variabilité pluviométrique et dynamique hydro-sédimentaire du bassin versant du complexe fluvial lagunaire Mono-Ahémé-Couffo (Afrique de l'Ouest). Thèse de doctorat Unique, Université de Bourgogne, France, (2010) 313 p.
- [17] - E. AMOUSSOU, P. CAMBERLIN and G. MAHE, Impact de la variabilité climatique et du barrage de Nangbéto sur l'hydrologie du système Mono-Couffo au Bénin. In « Hydrological Sciences Journal », Vol. 57, Issue 4 (2012) 805 - 817 p.
- [18] - W. CHOUTI, D. MAMA, A. ALASSANE, O. CHANGOTADE, F. ALAPINI, M. BOUKARI, T. AMINOU and A. AFOUDA, 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. *J. Appl. Biosci.*, 43 (2011) 2882 - 2890
- [19] - N. MANIZAN, A. OUATTARA, G. GOURENE and M. DOSSO, Influence des caractéristiques physico-chimiques sur la distribution spatiotemporelle des densités bactériennes dans le système fluvio-lacustre de la Bia, Sud-Est de la Côte d'Ivoire. *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 15 (2010) 201 - 210
- [20] - A. ADJAGODO, M. AGASSOUNON, C. KELOMÈ, W. VISSIN and E. AGBOSSOU, Pollution physique et bactériologique de l'eau du fleuve dans la basse vallée de l'Ouémé pendant les périodes de basses et hautes eaux au Bénin. *European Scientific Journal*, Vol. 13, N°33 (2017)
- [21] - INSPQ (Institut National de la Santé Publique du Québec), Fiche Coliformes totaux Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine. Groupe scientifique, Décembre 2004, (2003) 4 p.
- [22] - P. JOHN and A. DONALD, Microbiologie, 3ème Édition, (2010) 1216 p.
- [23] - N. CHITOU, Caractérisation physico-chimique et toxicité d'une lagune tropicale : cas de la lagune côtière (de Togbin à l'Embouchure) au sud-ouest du Bénin. Mémoire de DEA. FAST/UAC, Bénin, (2017) 73 p.
- [24] - A. CAKPO, E. SAGBO, D. MAMA and M. SOUMANOU, Évaluation de la cytogénotoxicité des sites de pollution du PONT et d'ACCRON de la lagune de Porto-Novo. *Journal of Applied Biosciences* 87 (2015) 8076 - 8084
- [25] - B. OUMAR, N. L. EKENGLE, A. O. D. BALLA, Évaluation du niveau de pollution par les métaux lourds des lacs Bini et Dang, Région de l'Adamaoua, Cameroun. *Afrique Science*, 10 (2) (2014) 184 - 198
- [26] - G. ONIVOGUI, S. BALDE, K. BANGOURA and M. K. BARRY, Évaluation des risques de pollution en métaux lourds (Hg, Cd, Pb, Co, Ni, Zn) des eaux et des sédiments de l'estuaire du fleuve Konkouré (Rep. de Guinée). *Afrique Science*, 09 (3) (2013) 36 - 44
- [27] - C. O. OGUNKUNLE, M. Z. ABDUL, E. FADERERA, O. F. PAUL, Bioaccumulation and associated dietary risks of Pb, Cd, and Zn in amaranth (*Amaranthus cruentus*) and jute mallow (*Corchorus olitorius*) grown on soil irrigated using polluted water from Asa River, Nigeria. *Environ Monit Assess*, 187 (2015) 281, DOI:10.1007/s10661-015-4441-6
- [28] - J. A. ONDO, R. M. BIYOGO, E. FRANÇOIS, P. PRUDENT, F. DANIEL, M. OLLUI-MBOULOU and J. OMVA-ZUE, Accumulation of soil-borne aluminium, iron, manganese and zinc in plants cultivated in the region of Moanda (Gabon) and nutritional characteristics of the edible parts harvested. *J. Sci Food Agric*, (2013) doi: 10.1002/jsfa.6074
- [29] - O. BOUCHOUATA, H. OUADARRI, A. ABIDI, A. BENABBOU, Y. EL GUAMRI, B. ATTARASSI and J. BRAHIM, L'accumulation des métaux lourds au niveau des cultures : cas des cultures maraîchères du bassin de Sebou au Maroc. *Afrique Science*, 08 (2) (2012) 57 - 75