

Contribution des eaux usées ménagères et des eaux de ruissellement dans la pollution des eaux du chenal de Cotonou au Bénin

[Contribution of household wastewater and stormwater in pollution of waters of the channel of Cotonou in Benin]

Mickael Saizonou, Alassane Youssao, Magloire Gbaguidi, Léonce Dovonon, Henri H. Soclo, and Dominique Sohounhoulé

Laboratoire d'Etude et de Recherche en Chimie Appliquée,
Ecole Polytechnique d'Abomey- Calavi, Université d'Abomey-Calavi,
07 BP 507 Ste Rita Cotonou, Bénin

Copyright © 2014 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Management of domestic sewage and runoff poses enormous problems in major cities of Benin. These waters are mostly dumped in the streets or gutters that drained them to make referrals for various rivers without any treatment, causing the chemical pollution of these.

This study focused on the physicochemical characterization of household sewage and runoff from the city of Cotonou and the impact of the spill on their chemical quality of the channel of the city. Indeed, they are water troughs and water seeping from very heterogeneous and harmful to human body wastes deposited by residents on the banks of the channel. These wastes contain sources of phosphate, sulfate, chloride and nitrate from the decomposition of nitrogenous.

The results of this work indicate the parameters analyzed for the following values: dissolved O₂ (1.5 to 3.2) mg / L; BOD₅ (165 to 940) mg/L ; COD (350 to 2250) mg / L; NO₃⁻ (1.1 to 3.8) mg/L ; NO₂⁻ (0,07 to 2,6) mg/L ; PO₄³⁻ (1.0 to 3,6) mg/L. These values are very high and demonstrate the levels of physical and chemical pollution enough pronounced of the water of the channel. The quality of the channel's water is mortgaged. This raises a number of measures to clean up it.

KEYWORDS: characterization, degradation, chemical quality, surface water.

RESUME: La gestion des eaux usées domestiques et des eaux de ruissellement pose d'énormes problèmes dans les grandes villes du Bénin. Ces eaux sont pour la plupart déversées dans les rues ou drainées vers les caniveaux qui les acheminent vers les divers cours d'eau sans aucun traitement préalable, occasionnant la pollution chimique de ces derniers.

La présente étude s'est penchée sur la caractérisation physico-chimique des eaux usées ménagères et des eaux de ruissellement de la ville de Cotonou et sur l'impact de leur déversement sur la qualité chimique des eaux du chenal de cette ville. En effet, ce chenal reçoit les eaux des caniveaux et celles qui suintent des déchets très hétérogènes et nocifs à l'organisme humain déposés par les riverains sur ses berges. Ces déchets contiennent des sources de phosphates, de sulfate, de chlorure et de nitrate provenant de la décomposition des déchets azotés.

Les résultats de ce travail indiquent pour les paramètres analysés les valeurs suivantes pour les eaux du chenal : O₂ dissous (1,5-3,2) mg/L ; DBO₅ (165-940) mg/L ; DCO (350-2250 mg/L ; NO₃⁻ (1,1-3,8) mg/L ; NO₂⁻ (0,07-2,6) mg/L ; PO₄³⁻ (1-3,6) mg/L. Ces valeurs témoignent ainsi des niveaux de pollution physico-chimique assez prononcés des eaux du chenal car elles sont très élevées et se situent au-delà des normes nationales et internationales en matière de rejet des eaux résiduelles. La qualité des eaux du chenal est donc hypothéquée ; ce qui appelle un certain nombre de mesures pour l'assainissement de celles-ci.

MOTS-CLEFS: caractérisation, dégradation, qualité chimique, eaux surface.

1 INTRODUCTION

Au cours du transport des eaux usées par les égouts et les canalisations de drainage vers les cours d'eau, celles-ci se détériorent sous l'effet de divers polluants provenant des activités anthropiques. Le chenal de Cotonou, reliant le lac Nokoué au nord à l'Océan Atlantique au sud est un débouché artificiel creusé au départ en 1855 par les colons français en vue d'évacuer le surplus d'eau pluviale et les eaux du lac lors des crues annuelles vers l'océan, pour éviter les inondations à Cotonou.

De nos jours, ce chenal recueille une importante quantité d'eaux usées domestiques et d'eaux de ruissellement de nombreux quartiers de Cotonou. Ces eaux s'y déversent sans aucun traitement par le biais de nombreux ouvrages d'évacuation d'eaux usées, entraînant avec elles divers polluants constitués, entre autres, des sels nutritifs notamment azotés, phosphatés et d'oligo-éléments pouvant provoquer une croissance excessive des algues et des végétaux dans le milieu aquatique.

Parmi les autres polluants déversés dans le milieu aquatique, on peut citer les colorants et détergents, les matières plastiques, les hydrocarbures, les pesticides, les métaux lourds dont les effets sont multiples et variés.

Le chenal de Cotonou est donc victime de multiples pollutions qui ne cessent de dégrader la qualité chimique de ses eaux.

De nombreuses études réalisées sur ce milieu, entre autres, celles de Soclo [1], [2] et de Sagbohan [3] ont cependant révélé une pollution organique peu alarmante.

La présente étude a pour objectif la caractérisation physico-chimique des eaux usées ménagères et des eaux de ruissellement de la ville de Cotonou et l'évaluation de l'impact de leur déversement sur la qualité chimique des eaux du chenal de cette ville

2 MÉTHODES ET MATÉRIELS

2.1 CADRE D'ÉTUDE

Le chenal de Cotonou a une longueur de 4500 m avec une largeur moyenne de 300 m. Il est un couloir de 5 à 10 m de profondeur relié au lac Nokoué par un entonnoir qui répartit son débit dans le lac au gré des versants [4] et ses eaux font l'objet d'intenses activités de pêche par ses riverains.

2.2 ECHANTILLONNAGE

Cette étude a été réalisée sur le chenal de Cotonou et dans les caniveaux qui y débouchent, respectivement dans sept (07) et cinq (05) stations dont les coordonnées géographiques sont les suivantes :

Tableau 1

Ecosystèmes aquatiques et ouvrages d'évacuation	Station de prélèvement et de mesures	Coordonnées géographiques	
		Latitude Nord	Longitude Est
Chenal	Dantokpa	06°22'725 "	002°26'133"
	Dédokpo	06°22'042"	002°26'359"
	L T Coulibaly ¹	06°21'970"	002°26'229"
	Embouchure	06°21'007"	002°26'058"
	Hindé	06°22'725"	002°26'008"
	Gbogbanou	06°21'970"	002°26'229"
	Djidjè	06°22'921"	002°26'043 "
Caniveaux	Dantokpa	06°21'722 "	002°26'103"
	Gbogbanou	06°22'950"	002°26'259"
	Djidjè	06°21'821"	002°26'143"
	Hindé	06°21'705"	002°26'088"
	Xanadu	06°21'107"	002°26'055"

¹Lycée Technique Coulibaly de Cotonou



Fig 1 : Localisation des sites de prélèvement

Au total trois (03) campagnes ont été organisées. Tous les échantillons ont été prélevés à 50 cm en dessous de la surface de l'eau, au moyen de bouteilles en verre préalablement lavées et rincées à l'eau à échantillonner. Ces bouteilles ont été remplies à ras bord sans bulles d'air, fermées hermétiquement puis emballées dans du papier aluminium pour les protéger du rayonnement solaire. Parallèlement, un béccher en verre de 250 mL a été utilisé pour prélever l'eau pour les mesures effectuées sur le terrain. Le béccher a également été rincé 3 fois avec l'eau à analyser avant d'opérer les mesures et rincé avec de l'eau distillée avant tout nouvel échantillonnage. Les bouteilles ont ensuite été conservées à une température d'environ 4°C et leurs contenus analysés dans un délai de 48 h. Afin de contrôler et de confirmer la reproductibilité des mesures de ces paramètres, des échantillons supplémentaires ont été réalisés à chaque fois que cela s'est avéré nécessaire.

2.3 MÉTHODES D'ANALYSES

Sur les échantillons d'eau, la température, le pH ont été mesurés avec une sonde multiparamètre de marque Hana Instruments HI 8014, la conductivité, avec un conductimètre de terrain de type WTW/LF 197-S et l'oxygène dissous au moyen du kit de Winkler. Tous ces paramètres ont été déterminés sur le terrain.

Les matières en suspension sont connues par gravimétrie. La demande biochimique en oxygène (DBO) a été déterminée par incubation des échantillons de l'effluent liquide à l'obscurité et à 20 °C dans un DBO-mètre de type a6 posti BOD system 10 contenant des flacons munis de DBO sensor. La demande Chimique en Oxygène (DCO) a été déterminée par oxydation en excès au dichromate de potassium à chaud en milieu acide (AFNOR N T 90-101).

L'obtention des teneurs en ions :

- nitrate (NO_3^-) s'est faite par la méthode au salicylate de sodium;
- nitrites (NO_2^-), par la méthode au réactif de Zambelli ;
- phosphates (H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , PO_4^{3-}) par la méthode au molybdate d'ammonium [5].

3 RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

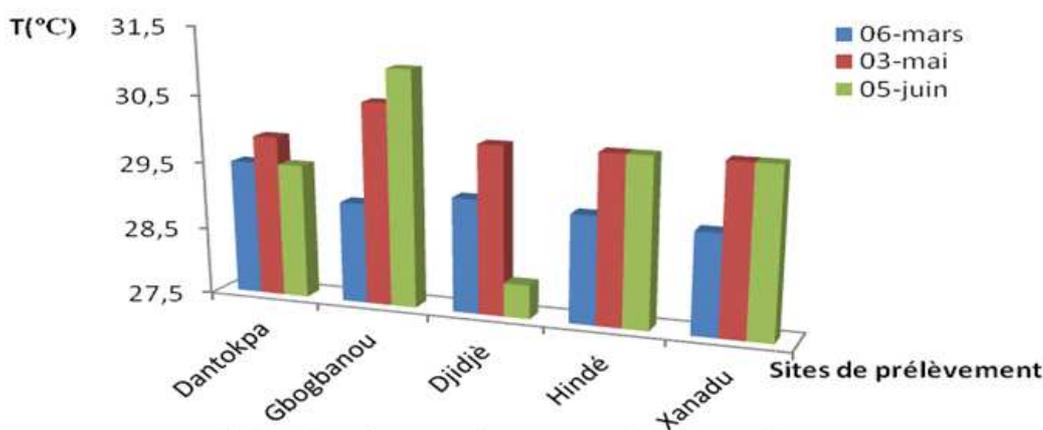


Fig 2: Température des eaux usées des caniveaux

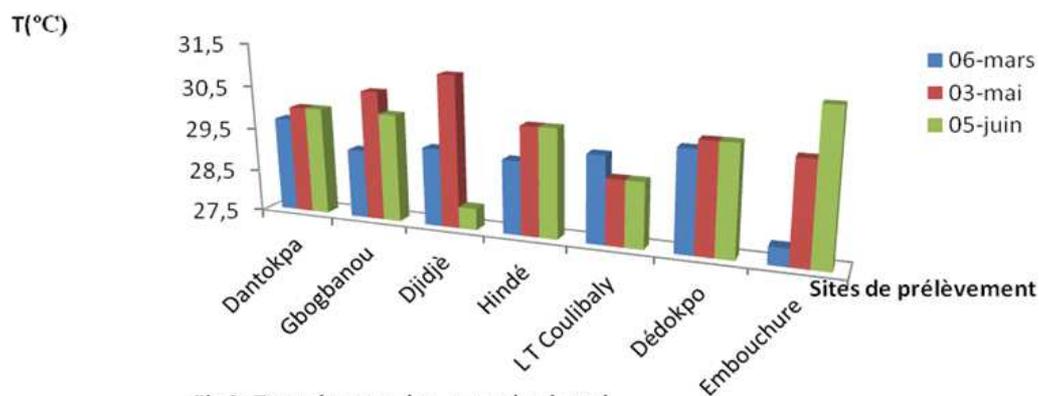


Fig 3: Température des eaux du chenal

La température varie entre 28°C et 31°C pour les eaux du chenal ainsi que pour les eaux usées des caniveaux avec une moyenne de 29,6°C pour ces dernières. Ces valeurs, comparables à celles enregistrées dans le milieu ambiant, sont en harmonie avec celles obtenues par Bonou et al [6] mais ne présentent pas d'importantes variations entre elles et ne

peuvent, par conséquent, pas présager de l'existence d'un risque de croissance accélérée des microorganismes et des algues pouvant conduire à une dégradation prononcée du milieu récepteur.

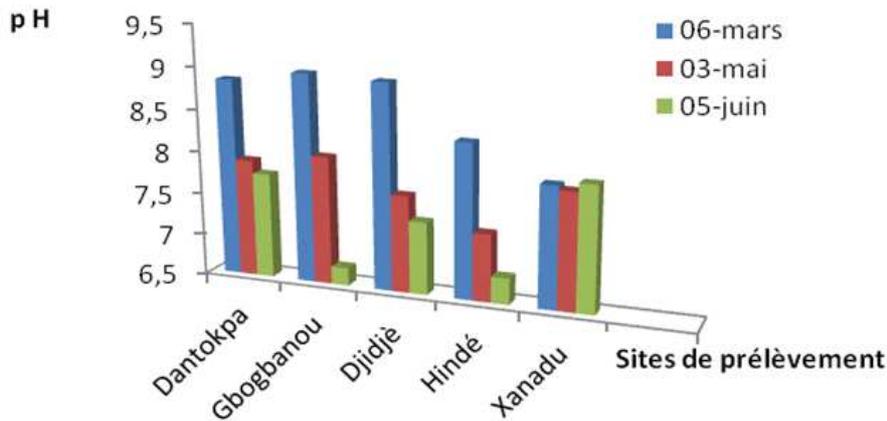


Fig 4: pH des eaux usées des caniveaux

Dans les eaux usées des caniveaux, le pH varie entre 6,7 et 8,8 avec une moyenne de 7, 8. Toutes les valeurs enregistrées respectent les normes béninoises en matière de rejet des eaux résiduelles ($6 \leq p H \leq 9$) et les plus faibles d'entre elles s'observent en juin sur presque tous les sites tandis que les plus élevées sont obtenues au mois de mars. La plus importante, supérieure à la norme internationale ($pH \leq 8,5$), a été enregistrée dans les caniveaux du haut lieu de rejets de diverses substances polluantes qu'est le grand marché de Dantokpa.

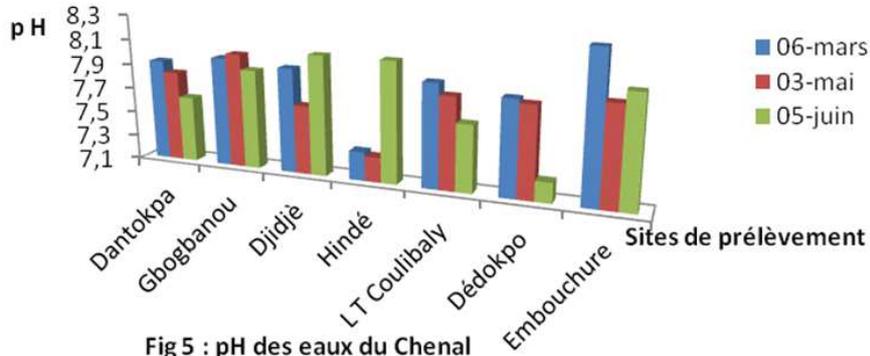


Fig 5 : pH des eaux du Chenal

Les valeurs du pH des eaux du chenal se situent dans la gamme de 7,2 à 8,1 avec une moyenne de 7,6 et sont comparables à celles enregistrées par Bonou et al [6] sur les mêmes eaux. Ces valeurs proches de la neutralité sont caractéristiques de la majorité des eaux de surface et n'indiquent, par conséquent, ni pollution acide ni pollution basique des eaux du chenal.

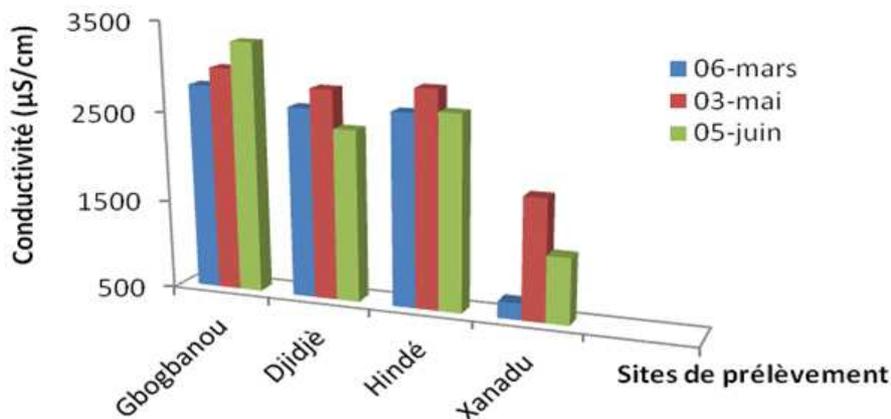


Fig 6: Conductivité des eaux usées des caniveaux

La conductivité des eaux des caniveaux présente des valeurs comprises entre 685 µS/cm, relevée au cours du mois de mars à Xanadu et 3290 µS/cm relevé au mois de juin à Gbogbanou avec une moyenne de 2193µS/cm. Les valeurs les plus élevées sont relevées à Gbogbanou, siège d'intenses activités anthropiques commerciales, de blanchiments et de teinte des toiles nécessitant de fortes consommations de soude et d'autres solutions électrolytiques. Notons que ces valeurs sont largement supérieures à celles observées par Bonou et al [6] et à la valeur limite 500µS/cm rapportée par Belaud [7] pour les eaux de surface.

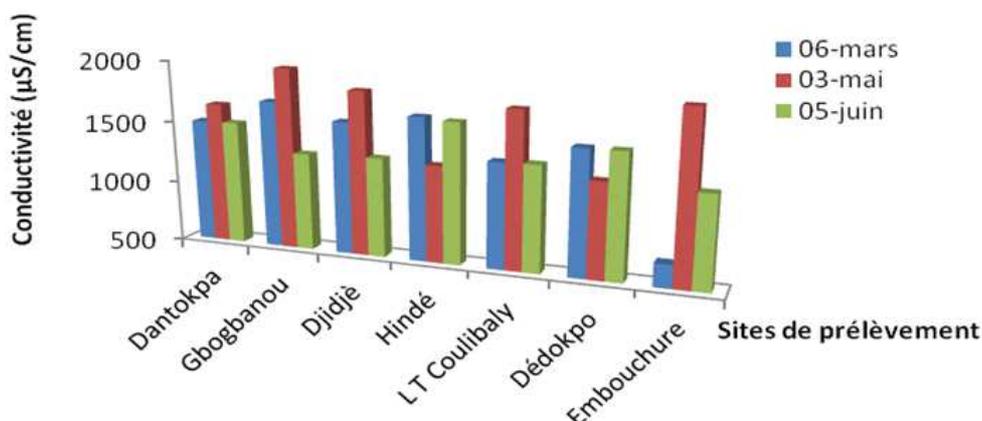


Fig7: Conductivité des eaux du Chenal

L'analyse de la figure 7 ne révèle a priori pas une influence des rejets d'eaux usées des caniveaux sur celles du chenal. En effet les valeurs de la conductivité de ces eaux sont comprises entre 685 µS/cm et 1968 µS/cm et sont plus faibles que celles des eaux des caniveaux. Cependant la diminution de ces valeurs pourrait s'expliquer par les phénomènes de dilution dus aux eaux douces venant du côté du lac Nokoué et circulant vers la mer.

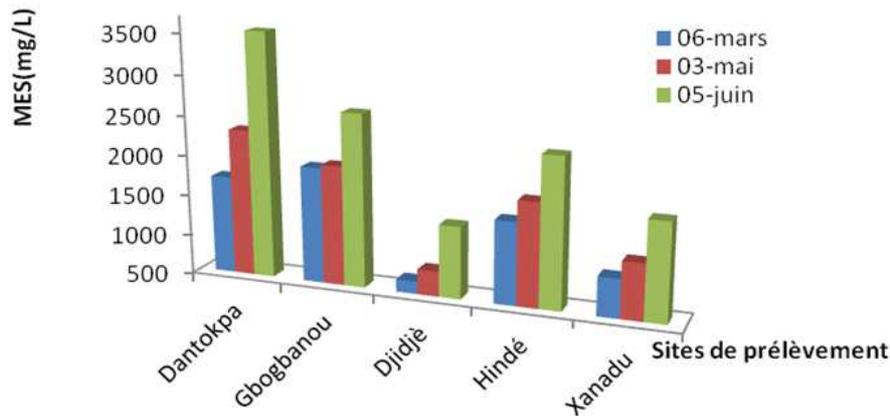


Fig 8: MES des eaux usées des caniveaux

Les teneurs en MES observées sont comprises entre 810 et 3540 mg/L avec une moyenne de 1500 mg/L et une évolution croissante de mars à juin pour toutes les stations. Elles sont largement supérieures à la norme nationale de 35 mg/L et internationale de 300 mg/L. Les taux plus élevés ont été rencontrés au niveau des stations situées non loin du marché Dantokpa. Ceci se comprend aisément par l'importante production de divers déchets peu hydrosolubles par les nombreux usagers dudit marché et qui sont directement jetés ou charriés par ruissellements dans les caniveaux.

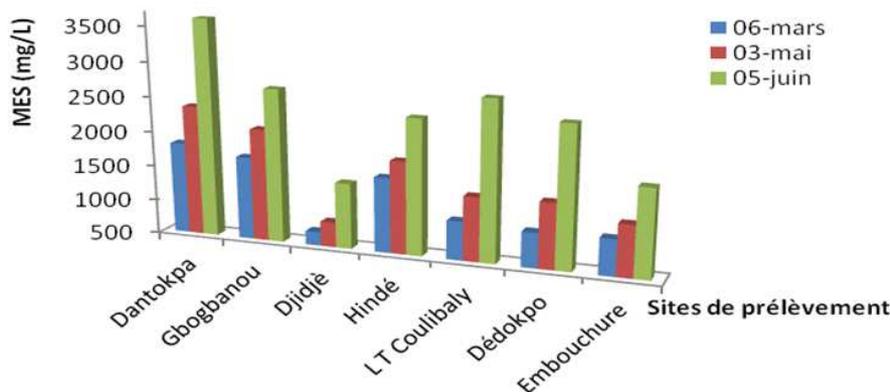


Fig 9: MES des eaux du chenal

Les eaux du chenal présentent également des teneurs très élevées en MES. Ceci témoigne de la forte contribution des eaux urbaines de ruissellement en matières en suspension dans ce chenal. Les conséquences de tels apports sont entre autres, l'augmentation de la turbidité et l'abaissement de la transparence de l'eau ainsi que le colmatage des branchies des poissons et par ricochet la baisse de la productivité de l'écosystème aquatique.

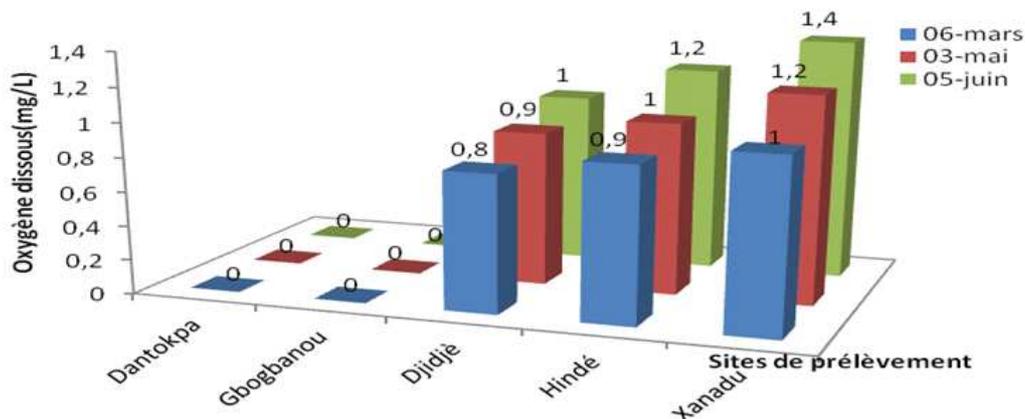


Fig 10: Oxygène dissous dans les eaux usées des caniveaux

Dans les caniveaux, les teneurs en oxygène dissous sont comprises entre 0 et 1,4mg/L avec une moyenne de 0,65mg/L. Ces très faibles valeurs, en dessous de la norme de 4mg/L admise pour les eaux résiduaires sont caractéristiques des eaux usées très chargées de matières organiques et indicatrices de conditions fortement anaérobies.

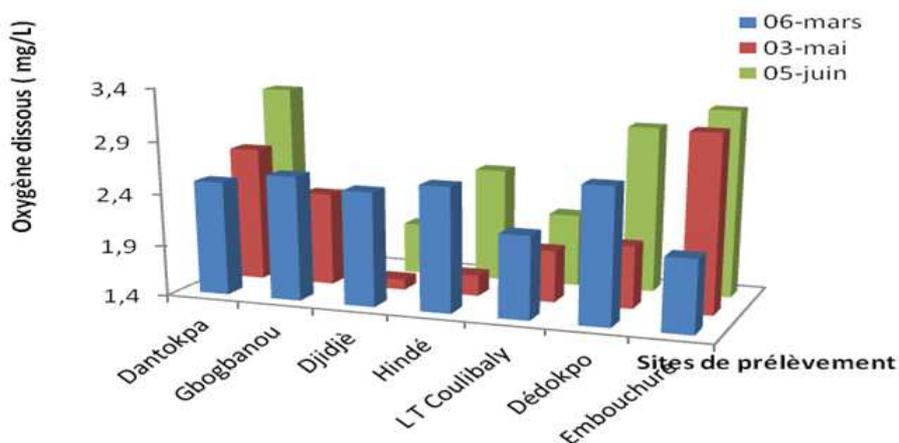


Fig11: Oxygène dissous des eaux du Chenal

Les taux d'oxygène observés dans les eaux du chenal sont comprises entre 1,5 et 3,25mg/L avec une moyenne de 2,47mg/L. Ces valeurs sont faibles pour des eaux de surface et font suspecter un degré de pollution non négligeable. Ceci est d'autant préjudiciable aux espèces halieutiques vivant dans le chenal que ces dernières ont normalement besoin de beaucoup d'oxygène pour leur survie à cause des températures relativement élevées relevées sur les stations de prélèvement.

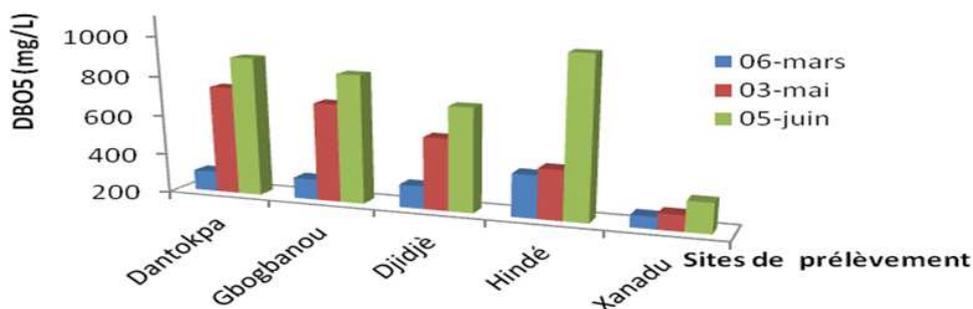


Fig12: DBO5 des eaux usées des caniveaux

Les valeurs comprises entre 260 mg/L et 1000 mg/L, avec une moyenne de 541 mg /L, observées dans les caniveaux, sont largement supérieures aux normes nationale et internationale de rejet d’eaux résiduaires fixées respectivement à 25 et 100mg /L. Ce constat peut s’expliquer par la forte charge en matières organiques biodégradables charriées par les eaux de ruissellement vers les caniveaux en saison pluvieuse, augmentant ainsi les charges organiques polluantes dans les égouts.

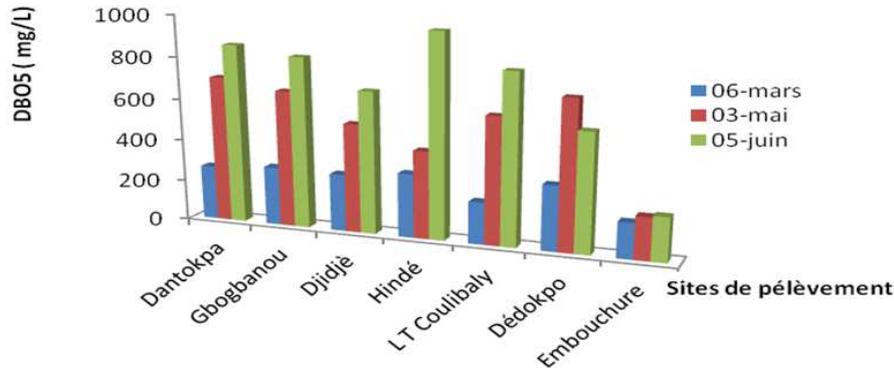


Fig 13 : DBO5 des eaux usées du chenal

La gamme de 165 et 970 mg/L dans laquelle se situent les valeurs observées est largement supérieure à la valeur limite de 100 mg/L habituellement observée dans les rivières fortement polluées. Les eaux du chenal, receptacles des rejets d’eaux usées domestiques et urbaines et même quelque fois des boues de vidanges des fosses septiques des maisons riveraines, sont donc objet de diverses pollutions générées par celles-ci.

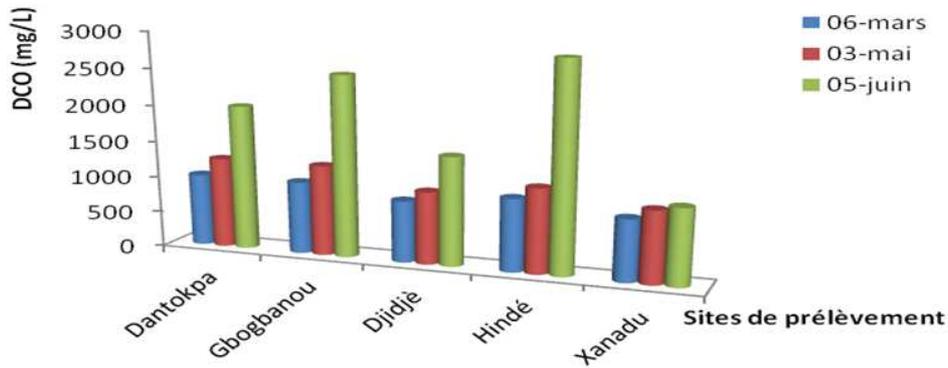


Fig 14 : DCO des eaux usées des caniveaux

Les valeurs de la DCO enregistrées sont largement supérieures aux normes nationale (125mg/L) et internationale (300mg/L) admises pour les eaux résiduaires. En effet, elles sont comprises entre 850 mg/L, relevées aux stations de Xanadu et Djidjè et 2850 mg relevée à Hindé avec une moyenne de 1200mg/L pour l’ensemble des stations. Elles suivent pratiquement la même évolution que la DBO₅ avec les pics de concentrations de charges organiques en juin.

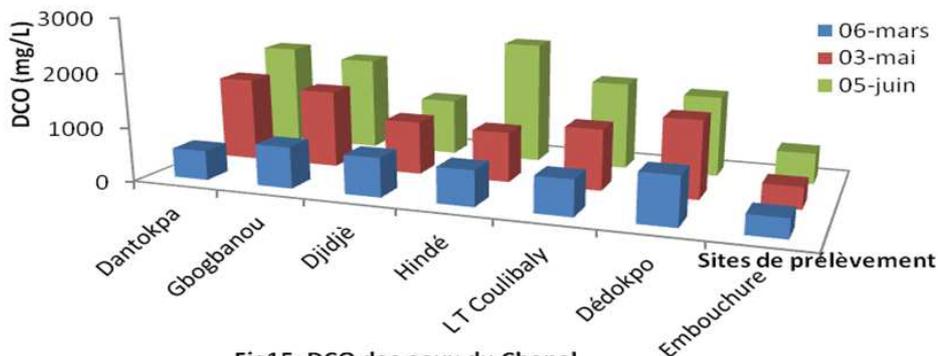


Fig15: DCO des eaux du Chenal

Les valeurs de la DCO obtenues sur les stations sont comprises entre 207 et 2250 mg/L avec une moyenne de 1094 mg /L. Elles indiquent un milieu fortement pollué et préjudiciable au développement des espèces halieutiques.

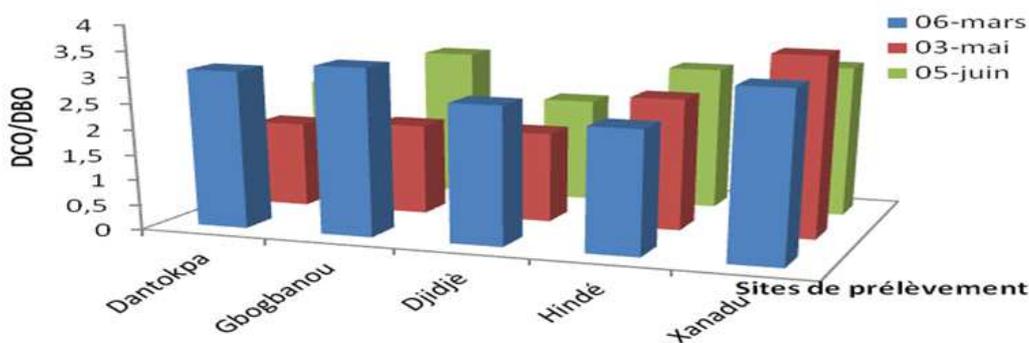


Fig 16 : Evolution temporelle du rapport DCO/DBO5 des eaux usées des caniveaux

Le rapport DCO/DBO₅ est un indicateur de capacité d’auto-épuration des écosystèmes aquatiques par rapport aux apports organiques polluants.

La figure 16 indique des valeurs inférieures à 3 pour toutes les stations au mois de mai sauf à Xanadu où ce rapport est supérieur à 3 sur toutes les stations pour les mois de mars et de juin .

Ces valeurs supérieures ou égales à 3 révèlent le caractère peu biodégradable des matières organiques charriées par les eaux des caniveaux de la plupart des stations étudiées.

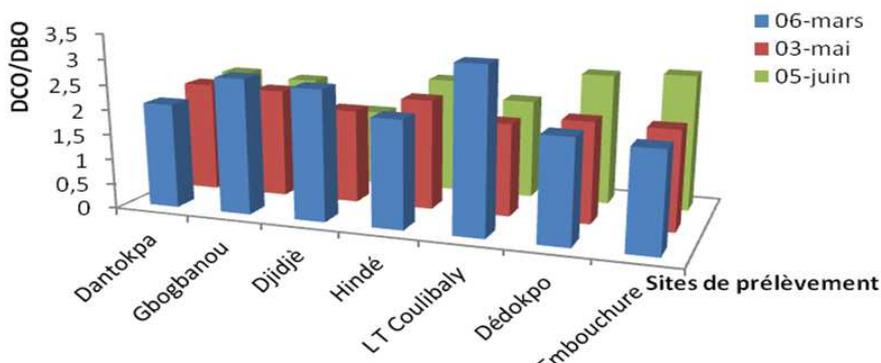


Fig 17: Evolution temporelle du rapport DCO/DBO dans les eaux du chenal

Les valeurs indiquées sur la figure 17 sont comprises entre 1,54 et 2,71 avec une moyenne de 2,17 et sont toutes inférieures à 3. Ceci témoigne de l'évidence du pouvoir auto-épurateur des eaux du chenal de Cotonou.

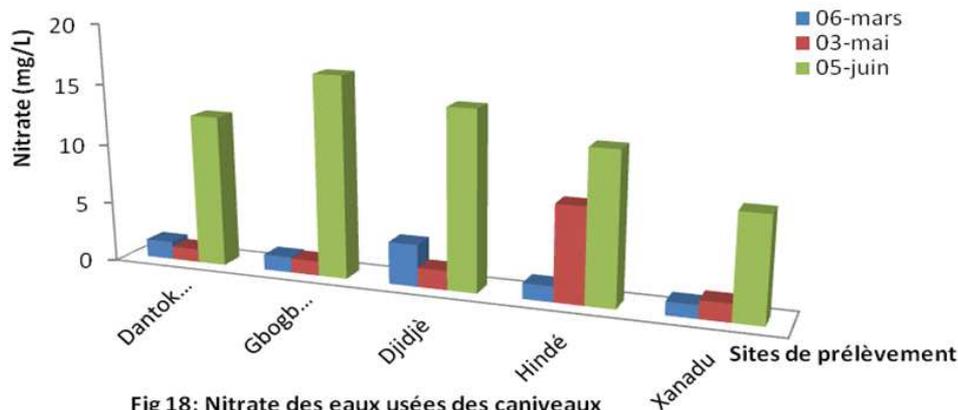


Fig 18: Nitrate des eaux usées des caniveaux

Les concentrations obtenues sont comprises entre 1,1 mg/L et 16,7mg/L dans les eaux usées des caniveaux. Les plus forts taux sont observés en saison pluvieuse (juin) et toutes les teneurs moyennes sont supérieures à la norme internationale fixée à 1,7 mg/L pour les eaux résiduaires. Ces eaux sont donc classées dans la catégorie de celles polluées, impropres à tout usage. Les teneurs en nitrates supérieures à 1,7 mg/L mais inférieures à 50 mg/L sont des indicatrices d'un développement poussé de conditions d'anaérobiose dans les réseaux d'égouts. Ces conditions rencontrées sur nos stations de prélèvement s'expliquent prioritairement par la présence des déchets solides ménagers et commerciaux de toutes sortes produits par les usagers du grand marché Dantokpa et jetés dans les caniveaux. Les eaux de ruissellement des aires de culture des centres maraichers de Cotonou où des engrais azotés sont utilisées pour l'amendement des sols et qui sont drainées par les caniveaux pourraient aussi expliquer les forts taux de nitrate constatés.

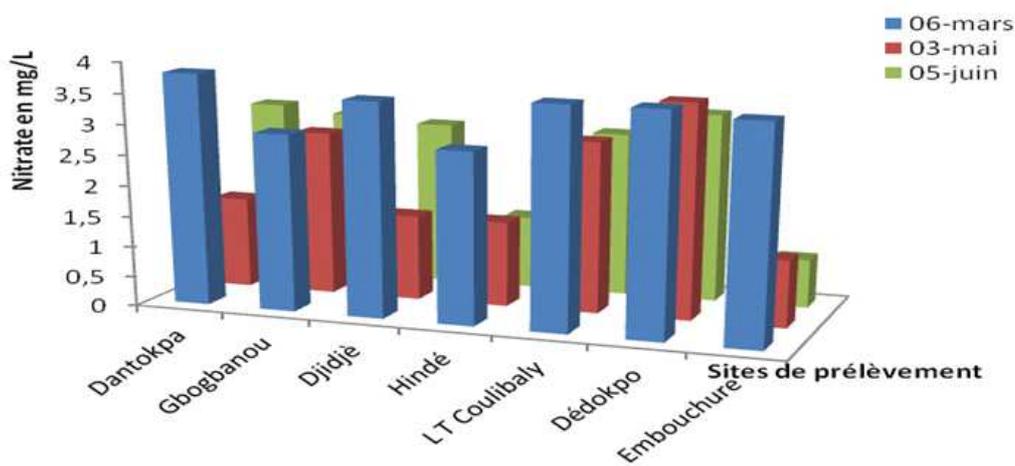


Fig 19: Nitrate dans les eaux du chenal

Les fortes teneurs en nitrates des eaux du chenal se situent dans la gamme de 0,8 mg/L à 3,8 mg/L. Ces valeurs sont toutes supérieures à celles obtenues par Vissin et al [8].

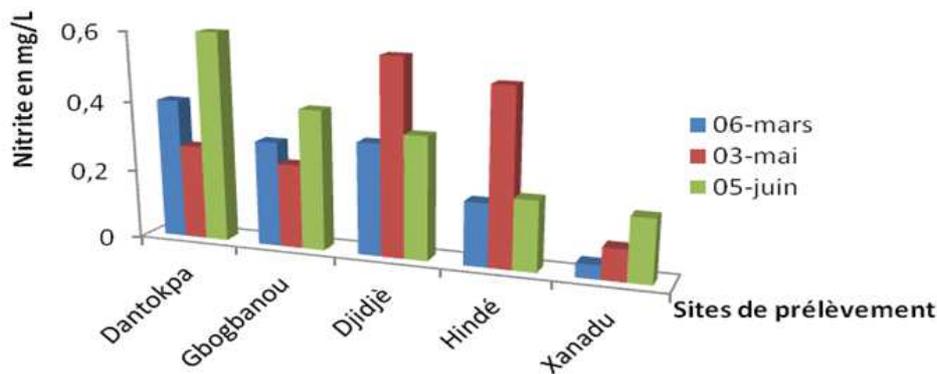


Fig 20: Nitrite dans les eaux usées des caniveaux

Les concentrations en nitrites sont comprises entre 0,04 mg/L et 0,6 mg/L dans les eaux usées des caniveaux. Ces valeurs sont pour la plupart largement supérieures à la norme internationale de qualité admise pour les eaux résiduaires qui est 0,1mg/L. Ceci indique un état de pollution critique et prédispose les eaux réceptrices du chenal à des perturbations. En effet, une eau renfermant des nitrites, même à faibles doses, peut être considérée comme suspecte, voire létale, pour les poissons [8].

Le fort taux de nitrite observé à Dantokpa pourrait s’expliquer non seulement par la présence en quantité importante de substances azotées générées par les activités anthropiques telles que les urines, les déjections humaines et autres déchets liés aux intenses activités commerciales menées dans le marché et qui sont directement rejetés sans traitement préalable dans les égouts. Ces taux s’expliquent également par les conditions d’anaérobiose existants par endroits dans ces égouts et favorisant une nitrification assez poussée des matières organiques.

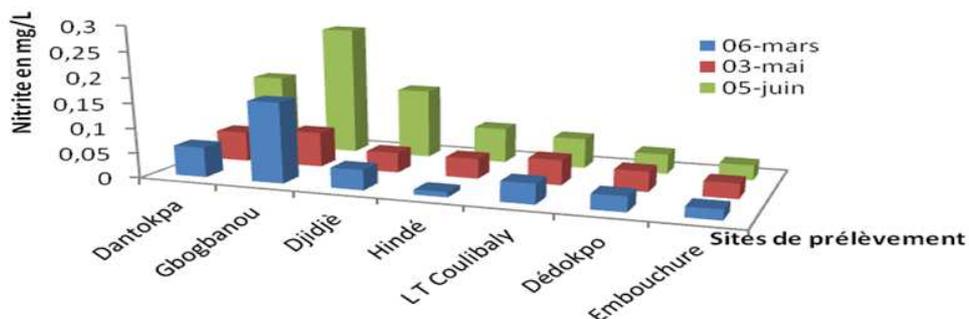


Fig 21: Nitrite dans les eaux du chenal

Les concentrations en nitrites sont comprises entre 0,01 mg/L et 0,26 mg/L dans les eaux du chenal avec une moyenne de 0,068 mg/L. Ces valeurs paraissent peu élevées mais sont cependant néfastes pour les espèces halieutiques exploitées dans les eaux du chenal.

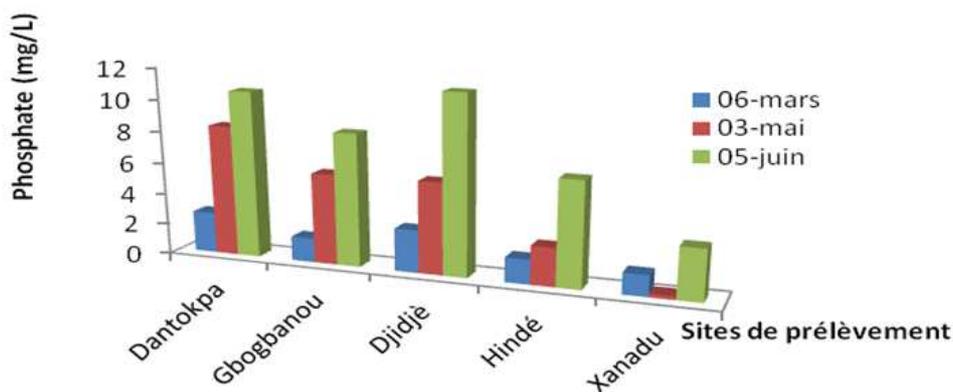


Fig 22: Phosphate dans les eaux usées des caniveaux

La figure 22 indique des teneurs en phosphates comprises entre 0,4mg/L et 11,6 mg/L avec une moyenne de 4,82 mg/L pour les eaux usées des caniveaux. Ces eaux contiennent généralement les rejets de matières fécales et les eaux de ruissellement provenant des fertilisants des exploitations agricoles traitées aux engrais phosphatés qui les enrichissent en phosphore. Les valeurs les plus élevées sont enregistrées au niveau de Djidjè et de Dantokpa. Ces endroits connaissent quotidiennement beaucoup d'activités d'origine anthropique générant des eaux usées potentiellement riches en composés phosphorés dues entre autres, aux détergents synthétiques.

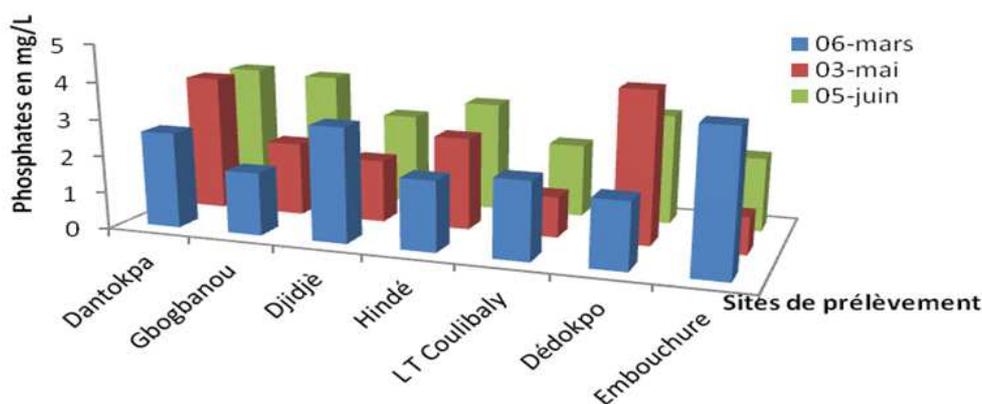


Fig 23: Phosphates dans les eaux du chenal

La figure 23 révèle que les fortes concentrations en phosphates enregistrées dans les eaux usées des caniveaux se répercutent sur les eaux du chenal pour lesquelles les valeurs enregistrées s'échelonnent entre 0,46 et 9,75 mg/L avec une moyenne de 4,01 mg/L sur la période d'étude.

4 CONCLUSION

Au terme de cette étude, il est à noter l'évidence des menaces que constituent les eaux usées ménagères et les eaux urbaines constituées des eaux de ruissellement pour les milieux qui les reçoivent surtout si celles-ci sont rejetées sans aucun traitement préalable dans ces milieux comme c'est le cas au niveau du chenal de Cotonou. Les données recueillies au cours de notre étude montrent des niveaux de pollution chimique relativement élevés, se situant au-delà des normes nationales ou internationales admises en matière de rejet d'eaux résiduaires. Ces apports polluants provenant de sources diverses et variées d'origine anthropique à savoir les activités domestiques, commerciales, industrielles et des eaux de ruissellements urbaines hypothèquent la qualité des eaux du chenal. Ce constat interpelle la conscience des autorités en charge de la gestion de la municipalité de Cotonou pour une intensification de la prise en charge de la gestion de ce chenal abondamment utilisé pour les activités de pêche.

REFERENCES

- [1] H.H. Soclo, P. Garrigues and M. Ewald: "Origin of Polyclinic Aromatic Hydrocarbons (PAHS) in Coastal Marine Sediment. Cases Studied in Cotonou (Benin) and Aquitaine (France) Areas", *Marine Pollution Bulletin*, vol 40, no.5, pp 387-396, 2000.
- [2] H. H .Soclo, A. Affokpon, A. Sagbo, S.Thompson, H. Budzinski, P.Garrigues , S. Matsuzawas and A. Rababah. " Urban runoff contribution to surface sediment accumulation for polyclinic aromatic hydrocarbons in the Cotonou lagoon, Polyclinic Aromatic Compounds", vol 22, no.3 pp111-128, 2002.
- [3] F.H.G. Sagbohan, " *Evaluation de la pollution organique et du pouvoir autoépurateur du lac Nokoué et du Chenal de Cotonou*".CPU/UAC, Bénin, 2003.
- [4] Roche International. " *Etude du Projet d'aménagement des plans d'eau du Sud-Bénin : Le secteur des pêches*", vol 2, Tome 2, 2000.
- [5] Rodier J: " *L'analyse des eaux : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer*". Paris. Ed Dunod, 1984.
- [6] C. Bonou, P. Adisso. " *Evaluation of organic and bacteriological pollution excreta,wastewater and solid waste in the lagoon of Cotonou*, CPU /UAC, 2002
- [7] Belaud A: " *Inland water quantity and quality*. ENSA".Toulouse /Applied Ichthyology, 1987.
- [8] E. W.Vissin, L. O.Sintondji, S. C. Houssou: " *Etude de la pollution des eaux et de la contamination du Tilapia guineensis du chenal de Cotonou par le plomb*". RGLL, n°08, 2010.