



Available online at <http://www.ifgdg.org>

Int. J. Biol. Chem. Sci. 16(2): 878-890, April 2022

ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print)

**International Journal
of Biological and
Chemical Sciences**

Original Paper

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

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

Etat de pollution des eaux de la rivière Kan, après la crise militaro-politique de 2010 en Côte d'Ivoire

Louan Odile BLE^{1*}, Amenan Evelyne KOUASSI¹, Jean Elioth ADRO¹ et Serge DEGNY²

¹Laboratoire des Sciences du Sol de l'Eau et de Géomatériaux (SSEG), UFR STRM, Université Félix Houphouët Boigny, BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire.

²Laboratoire des Eaux de l'Institut National d'Hygiène Publique (INHP), Ministère de la Santé Publique BP V14 Abidjan. Côte d'Ivoire.

*Auteur correspondant, E-mail : bleodile2@gmail.com

Received: 29-10-2021

Accepted: 25-03-2022

Published: 30-04-2022

RESUME

La rivière Kan située au sud de Bouaké est soumise à une pression surtout urbaines. Depuis la crise militaro-politique de 2010, des activités agricoles et de pêche se sont développées autour de ce cours d'eau. Les eaux usées sont rejetées directement dans le cours de la rivière. L'objectif de cette étude est d'évaluer l'impact des activités socio-économiques sur la rivière Kan à partir d'une enquête de terrain et une analyse physico-chimiques et microbiologiques des eaux. Cette ressource est utilisée par la Société de Distribution d'eau Potable de la Côte d'Ivoire pour l'alimentation en eau potable des populations. Pour ce faire, 08 sites d'échantillonnage ont été sélectionnés. Les paramètres physico-chimiques ont été déterminés et des analyses de coliformes totaux de coliformes thermotolérants et de streptocoques fécaux ont été effectuées par les méthodes de filtration sur membrane. Les valeurs respectivement sont de 18.10^2 à 93.10^5 UFC/100 ml d'eau. Le résultat de l'analyse physico-chimiques indique une turbidité comprise entre 2,35 NTU et 21,5 NTU au-dessus de la norme OMS, cette turbidité est influencée par les activités anthropiques exercées. Dans la rivière Kan, la concentration en éléments polluants est en nette augmentation à cause des eaux usées qui y sont déversées sans traitement préalable.

© 2022 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : Pollution, Coliformes, Occupation du sol, Rivière Kan.

State of pollution of the waters of the Kan River, after the 2010 military-political crisis in Côte d'Ivoire

ABSTRAT

The Kan River, located south of Bouaké, is subject to mainly urban pressure. Since the military-political crisis of 2010, agricultural and fishing activities have developed around this river. Wastewater is discharged directly into the river. The objective of this study is to evaluate the impact of socio-economic activities on the Kan River from a field survey and a physico-chemical and microbiological analysis of the waters. This resource is used by the Société de Distribution d'eau Potable de la Côte d'Ivoire to supply drinking water to the population. 08 sampling sites were selected. Physicochemical parameters were determined and analyses of total coliforms, thermotolerant coliforms and fecal streptococci were performed by membrane filtration methods. The values are

© 2022 International Formulae Group. All rights reserved.

DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v16i2.29>

9001-IJBCS

respectively 18.102 to 93.105 CFU/100 ml of water. The result of the physico-chemical analysis indicates a turbidity between 2.35 NTU and 21.5 NTU above the WHO standard, this turbidity is influenced by human activities. In the Kan River, the concentration of pollutants is clearly increasing because of the wastewater that is discharged without prior treatment.

© 2022 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: Pollution, Coliforms, Land use, Kan River.

INTRODUCTION

La crise militaro-politique de la Côte d'Ivoire qui s'est terminée en 2010, a eu de graves conséquences aux plans économique, social, humain et sécuritaire dont l'une des manifestations est la détérioration des ouvrages d'approvisionnement en eau potable des populations de la zone Centre, Nord et Ouest (CNO). Cette situation s'explique par la destruction d'environ 4500 pompes à motricité humaine, 30 systèmes d'hydrauliques villageoises améliorées et une centaine de centres d'adduction d'eau potables (Tohouiri et al., 2017). La Société de Distribution d'Eau en Côte d'Ivoire (SODECI) est obligée d'utiliser les eaux de surface pour l'approvisionnement en eau potable des populations. Le département de Bouaké qui fait partie de la zone est confronté depuis quelques années à des problèmes récurrents d'approvisionnement en eau potable. Cela s'explique par la diminution de la pluviométrie, la forte pression démographique observée dans cette région avec une densité de 21480 habitants au km² (INS, 2014), aux développements de la pêche et de l'agriculture et aussi à l'exode des populations vers cette zone.

Pour faire face à la pénurie d'eau, l'exploitation des ressources superficielles à travers la rivière Kan semble être la solution la plus adaptée pour répondre aux différents besoins, mais les traitements courants de la SODECI n'arrivent pas à purifier correctement l'eau (N'Go et al., 2005). Ces points de captage d'eau doivent bénéficier d'un périmètre de protection (Eba et al., 2016).

Si les ouvrages de captage constituent bien une nécessité pour garantir, en toutes saisons, l'approvisionnement en eau, il convient de contrôler et de protéger la qualité

de cette retenue des différentes sources de pollution, particulièrement, celles dues aux activités humaines.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Présentation générale de la zone d'étude

Distant de 350 km d'Abidjan, le département de Bouaké est situé au Centre de la Côte d'Ivoire dans la région de Gbêkê. Deuxième ville la plus peuplée après Abidjan, la ville de Bouaké couvre une superficie de 79 km². Elle se trouve dans la vallée du Bandama et a dans son environnement de nombreux petits cours d'eau dont le Kan et la Loka. Créée en 1964, la retenue du Kan se situe à l'entrée Sud de la ville de Bouaké (Figure 1). Sa forme générale s'apparente grossièrement à celle d'un triangle dont l'exutoire occuperait le sommet Sud, et la voie ferrée le côté opposé, au Nord. Elle englobe les quartiers Broukro, Houphouët-ville, Banco, Nimbo et une partie des quartiers TSF Nord et TSF Sud ainsi que la forêt classée Kongodékro. Le bassin drainé par le Kan a une superficie de 20,85 km². Le barrage du Kan alimente le tiers de la ville d'où son importance pour la ville de Bouaké. La zone de Bouaké appartient au régime de transition équatorial atténué (Climat Baouléen).

Géologie de la zone d'étude

La géologie de la région est dominée par des formations métamorphiques (Figure 2). La zone d'étude correspond au domaine Baoulé-Mossi (Biemi, 1992). Le département est composé d'un ensemble granitoïde éburnéen (Kouamenan, 1996) qui sont principalement des granitoïdes à biotite homogènes et hétérogènes ainsi que des granites à deux micas. Ces fractures, zones d'érosion préférentielles, marquent le cours de marigots

et des eaux de ruissellement, les zones d'altération du granite. L'existence d'aquifère au niveau du bassin versant est conditionnée par la présence de fractures et de niveaux altérés. En effet, la fracture est le berceau de l'altération.

Hydrographie de la zone d'étude

Le réseau hydrographique de la région est relativement dense (Figure 3). Il est drainé par le Bandama Blanc et ses affluents que sont la Loka, le Kan et le N'Zi ainsi que des marigots. Trois bassins versants principaux drainent la ville :

- La retenue du Kan : au Sud et au Sud-Ouest, trois marigots concourent à alimenter la retenue du Kan. Ces marigots drainent les quartiers Nimbo, Commerce, N'Gattakro et Ahougansou, ainsi qu'une partie du quartier TSF Nord. Un quatrième quartier rejoignant le Kan à l'aval de la retenue draine la partie Sud du quartier TSF Sud.
- Le sous bassin versant 2 : le quartier Kennedy et la partie Est de TSF Nord sont drainés par l'ensemble des marigots qui forment le Soungourou et qui drainent ainsi les eaux des parties Est de la ville vers l'Est et le Sud - Est.
- Le sous bassin versant 3 : Toute la partie Nord et Nord-Est drainée par le bassin versant de la Loka dont un affluent important à ce niveau, l'Aboliba, traverse la ville d'Ouest en Est entre les quartiers de Dougouba, Koko et Bouaké - collègue.

Activités socio-économique

La culture d'anacarde est la seule culture de rente. Au niveau des cultures vivrières, l'igname, aliment principal de la région vient en tête suivi de l'arachide (Figure 4) qui est fortement commercialisé. Pour l'ensemble de ces spéculations, les superficies varient de 0,25 à 1 ha. Les productions, qui sont à la dimension de ces superficies, sont commercialisées individuellement. Les espèces maraîchères pratiquées principalement par les jeunes sont produites dans les périmètres humides aménagés ou non, autour de la retenue d'eau avec comme produits de

fertilisation, des engrais et des fumiers (Koffi et al., 2014). La présence de ces cultures avec les différents fertilisants qui les accompagnent, constitue une source de pollution de cette rivière.

Depuis quelques années, les besoins en poissons des populations se sont accrus alors que les prises ont chuté. Cette situation rend les populations locales très dépendantes des ressources halieutiques. Cette dépendance accrue occasionne à cet effet une pression très forte sur la rivière Kan par la pêche incontrôlée.

Enquête auprès des pisciculteurs et agriculteurs

L'enquête s'est basée sur la liste des agriculteurs et pêcheurs enregistrés autour de la retenue. Elle a été réalisée sur 10 pêcheurs et 15 agriculteurs composés d'hommes à l'aide d'un questionnaire et de fiche de renseignement élaborés à cet effet. Le questionnaire a permis de renseigner l'activité piscicole (production, les produits utilisés pour la pêche), l'activité agricole (les types de cultures pratiquées et l'engrais utilisé).

Méthode d'échantillonnage

Des campagnes d'échantillonnage des eaux de la rivière ont été menées pendant le mois de Juillet à septembre 2020. Ces prélèvements ont été effectués en surface (Figure 5). Le choix des sites a été effectué par le laboratoire de chimie de l'Institut National d'Hygiène Publique (INHP). Les prélèvements ont été faits d'amont en aval dans le sens d'écoulement des eaux. Les échantillons d'eau ont été prélevés respectivement dans des bouteilles en plastique et en verre pour la détermination des paramètres physico-chimiques bactériologiques. Ceux-ci ont été préalablement rincés trois fois avec l'eau à prélevée avant leur remplissage. Les flacons ainsi remplis ont été soigneusement refermés de manière à éviter la présence d'air, étiquetés puis conditionnés en dessous de 4°C dans des glacières avant leur transfert au laboratoire de l'INHP. Une solution d'acide nitrique (HNO_3) a été ajoutée immédiatement aux échantillons destinés aux analyses des ions afin de les fixer.

Analyse des paramètres physico-chimiques

La turbidité a été mesurée *in situ* à l'aide d'un disque de Secchi, l'oxygène dissous, le pH, le potentiel d'oxydoréduction et la température ont été mesurés *in situ* au moyen d'un appareil multi-paramètre TURO T-611 (Turo Technologie). Les paramètres chimiques ont été analysés par la méthode de spectrophotométrie aussi appelée colorimétrie du laboratoire de l'INHP. Nous avons utilisé le spectrophotomètre HACH 5000. C'est un appareil qui permet la détermination et le dosage des ions en appliquant la loi de Beer-Lambert selon laquelle la densité optique de la solution est proportionnelle à la concentration de l'élément absorbant.

Méthode d'analyse bactériologique

Pour l'analyse bactériologique, le dénombrement et l'isolement des bactéries ont été effectués par la technique de la membrane filtrante. Les filtrations ont été faites sur membranes circulaires quadrillées stériles en acétate de cellulose de 0,45 µm de porosité et de 47 mm de diamètre au laboratoire de

microbiologie de INHP. Les coliformes fécaux sur la gélose lactose et saccharose à EMB, et les streptocoques fécaux sur la gélose KF Streptococcus agar. Les tests de confirmation des espèces bactériennes isolées ont été réalisés au moyen des tests biochimiques spécifiques.

Réalisation de la carte d'occupation du sol

L'occupation de sol renferme les sources potentielles de pollution des retenues d'eau. En effet, ces sources potentielles de menace concernent les rejets des activités anthropiques susceptibles d'engendrer des polluants. La carte d'occupation du sol a été établie à partir de la classification de l'image Landsat OLI de la scène 196-055 obtenue le 22 Avril 2019. L'image satellitaire a été traitée dans le logiciel ENVI 5.3 puis une classification supervisée a été privilégiée sur le logiciel Arcgis 10.8 ainsi que la mise en page. En effet la classification supervisée se fait de manière manuelle et fait appelle à une connaissance de terrain afin d'identifier les différents éléments.

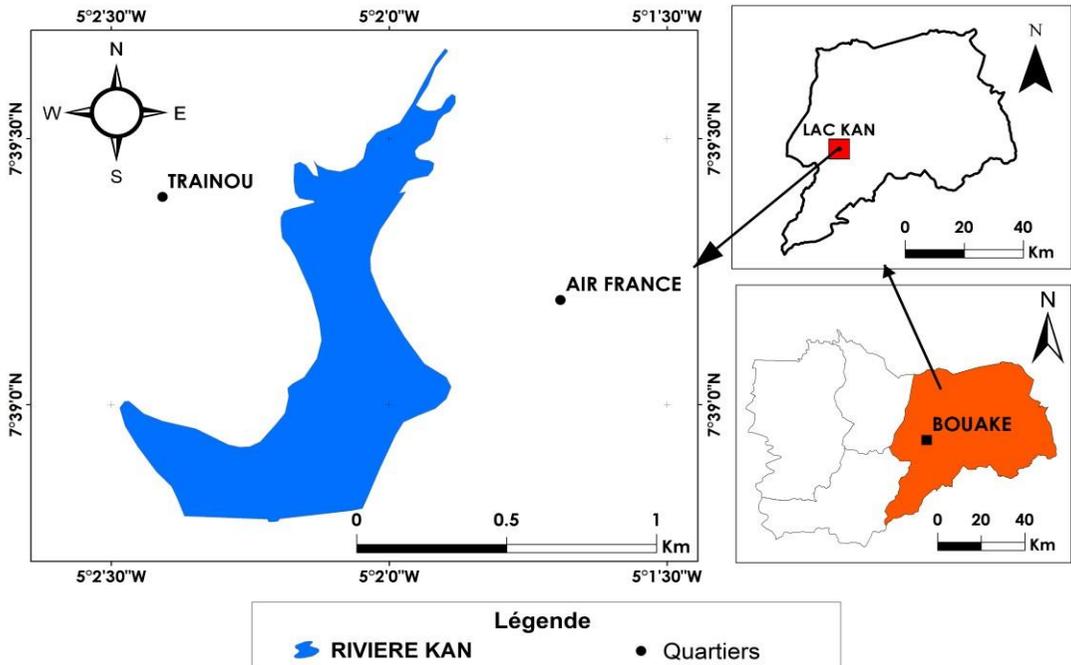


Figure 1 : Présentation de la zone d'étude.

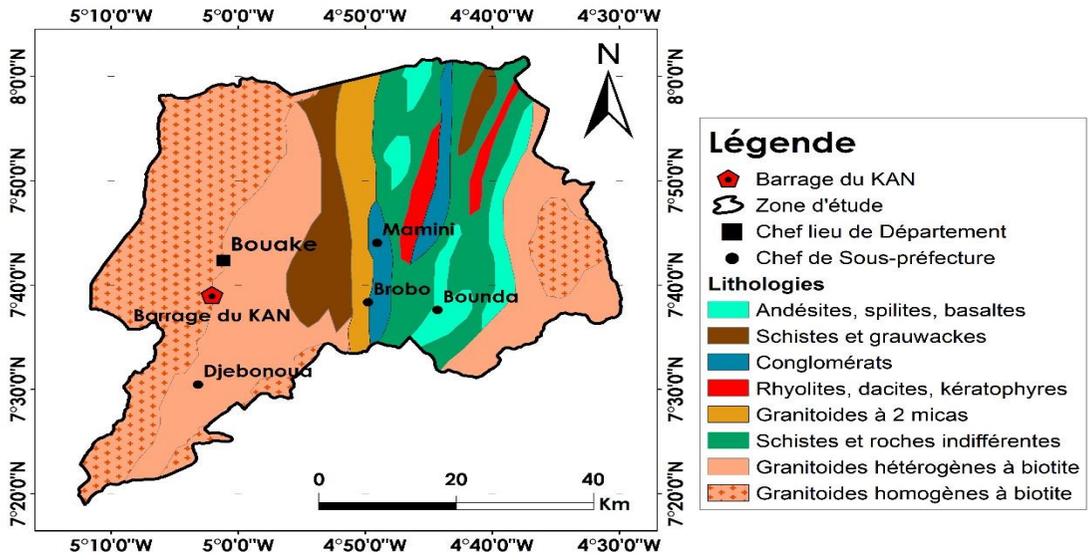


Figure 2 : Carte géologique du département de Bouaké.

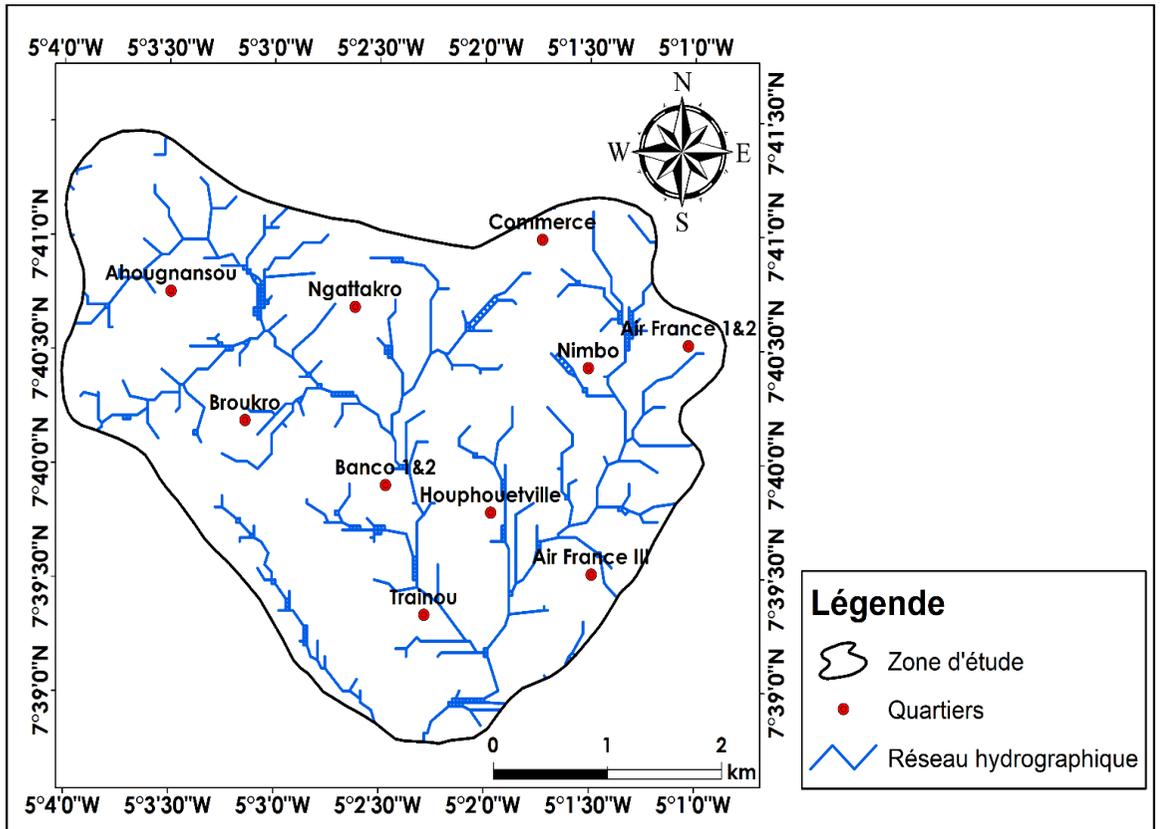


Figure 3 : Carte du réseau hydrographique de la retenue Kan.



A : Culture du riz

B : Culture de l'arachide

Figure 4 : Cultures maraichères à proximité de la retenue Kan.

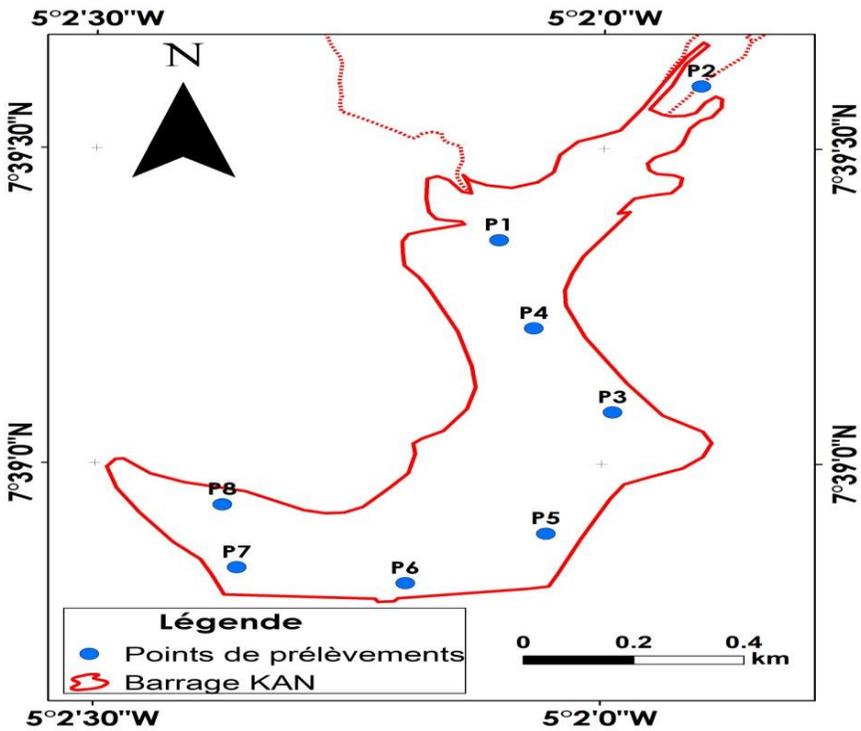


Figure 5 : Points d'échantillonnage sur la retenue Kan.

RÉSULTAS

Caractéristiques des activités pratiquées autour de la retenue

L'analyse des principales activités relatives aux différents usages de l'eau de la rivière Kan montre que ces activités ont un impact sur sa qualité.

Activités principales

Globalement, la nappe superficielle est polluée par tous les paramètres issus des activités anthropiques (Tableau 1). Les résultats sont variables selon le site et le polluant mis en question

Activités agricoles

Au niveau des cultures vivrières, la tomate, le riz, la salade et l'arachide sont fortement cultivés autour de la retenue. Pour l'ensemble de ces spéculations, les superficies varient de 0,25 à 1 ha. Les productions, qui sont à la dimension de ces superficies, sont commercialisées individuellement. Les espèces maraîchères pratiquées principalement par les jeunes sont produites dans les périmètres humides aménagés, autour de la retenue d'eau avec comme produits de fertilisation, des engrais et des fumiers. Les pesticides utilisés étaient généralement le cyperméthrine, l'atrazine et le DDT.

Les investigations ont montré que les principales activités étaient l'agriculture et la pêche, l'élevage était pratiqué par endroit surtout à N'dakro et Kogodékro (Tableau 1). Les différents pesticides utilisés pour améliorer les rendements en agriculture contribuent à la pollution de la rivière. Cette période de juillet, août et septembre a été choisie parce que correspond à la saison des pluies caractérisée par les ruissellements importants dans la zone de Bouaké.

Résultat des Paramètres physico-chimiques Mesures *in situ*

Les paramètres physiques des eaux de surface de la rivière Kan montrent une grande variation des concentrations des éléments physico-chimiques. Ces dernières dépassent dans certains cas les normes de potabilité (Figure 6). Une température élevée favorise le

développement des microorganismes dans l'eau. Ainsi La température des eaux de la rivière Kan varie entre 26,4°C et 30,1°C, avec une valeur moyenne de 27,39°C et un coefficient de variation (Cv) de 4,38%. Ce paramètre a une valeur moyenne supérieure à la norme de 25°C pour les eaux brutes. La turbidité quant à elle varie entre 2,35 NTU et 21,5 NTU, avec une valeur moyenne de 5,75 NTU et un Cv de 111,14% qui indique une variation très importante de ce paramètre. La valeur moyenne de la turbidité dans les eaux de la rivière est supérieure à la norme de 0,5 NTU requise pour les eaux de surface. Les valeurs de turbidité relevées dans cette étude sont dues à la remise en suspension des sédiments dans l'eau et à la présence de particules organiques apportées par les eaux de ruissellement (Figure 7).

Paramètres chimiques

La rivière Kan présente des teneurs en nitrates variables en fonction du point de prélèvement.

L'azote est présent dans les eaux sous sa forme nitrate (NO_3^-). Les valeurs en nitrate, nitrite et ammonium sont supérieures aux normes fixées (Tableau 2). Les concentrations en nitrite sont relativement élevées du milieu de la retenue vers les rives qui sont des lieux de cultures maraîchères utilisant des pesticides.

La distribution spatiale de tous ces éléments mesurés sur la retenue présente un impact négatif. Elle montre que la présence de la population qui produit des ordures (Figure 8) ainsi que les activités développées autour de la retenue contribuent fortement à sa pollution.

Résultat de l'analyse microbiologique

Les densités moyennes de coliformes totaux, de streptocoques fécaux sont présentées dans le (Tableau 3) et varient respectivement de 18.10^2 à 93.10^5 UFC/100 ml d'eau. Les densités les plus fortes sont relevées à la station du Banco et les plus faibles sont observées à Broukro.

L'origine de la pollution aux différentes stations a été établie. Ainsi, la pollution aux stations de Broukro, N'Dakro et Banco est due aux activités agricoles, principalement la

pratique de cultures maraichères. Pour les stations de Nimbo TSF et Kogodékro, l'origine de la pollution est la pratique de la pêche. Dans la station d'Ahougnanssou, l'origine de la pollution est mixte c'est-à-dire la présence des habitations et des cultures maraichères. La norme est de 0 coliformes pour 100 ml d'eau. La présence de ces micro-organismes dans l'eau traduit une pollution fécale d'origine humaine, ce qui rend compte de l'influence des activités anthropiques sur la qualité des eaux de la rivière.

Occupation du sol

Les différents traitements effectués ont permis l'élaboration de la carte de l'occupation du sol. Elle est constituée de six classes d'occupation du sol dont : l'eau, la zone urbaine, la végétation, les sols nus, la culture et les plantes aquatiques. La carte d'occupation du sol est utilisée comme un facteur prépondérant intervenant dans l'évaluation de la vulnérabilité à la pollution des eaux de surface. Sur la (Figure 9), nous observons une prédominance des zones urbaines, ensuite vient la végétation, et les cultures.

Tableau 1 : Sites de prélèvement et activités autour de la retenue Kan.

Période de pèlèvement					
Stations	sites	juil-20	Aout 2020	sept-20	Activités principales
Broukro	RK1	18/07/2020	10/08/2020	22/09/2020	Agriculture, pêche
N'Dakro	RK2	19/07/2020	11/08/2020	23/09/2020	Agriculture , élevage
Banco	RK3	20/07/2020	12/08/2020	24/09/2020	pêche, Agriculture
Nimbo	RK4	21/07/2020	13/08/2020	25/09/2020	Agriculture
TSF –Nord	RK5	22/07/2020	14/08/2020	26/09/2020	Pêche
TSF- Sud	RK6	23/007/2020	15/08/2020	27/09/2020	Agriculture, pêche
Kogodékro	RK7	24/07/2020	16/08/2020	28/09/2020	Agriculture, élevage
Ahougnanssou	RK8	25/07/2020	17/08/2020	29/09/2020	pêche

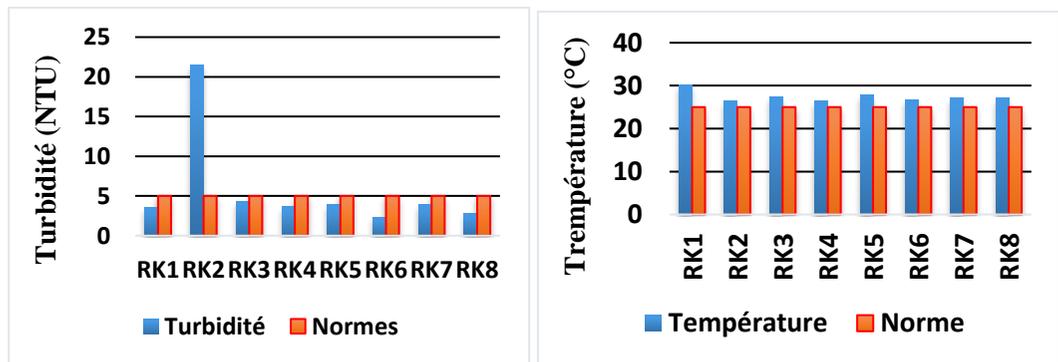


Figure 6: Variation spatiale des paramètres physico- chimiques.



Figure 7 : Affluents de la rivière Kan.

Tableau 2: Résultat de l'analyse chimique des composés azotés

Paramètres	Unités	Minimum	Maximum	Normes OMS
Nitrates	mg/l	22.5	75.43	50,00 mg/l
Nitrites	mg/l	0.1	0.15	0,10 mg/l
Ammonium	mg/l	0.04	1.60	1,50 mg/l



Figure 8: Dépôt d'ordure à proximité d'un affluent de la retenue Kan.

Tableau 3 : Charge bactérienne dans les eaux de la retenue Kan.

Stations	Coliformes totaux UFC/100ml	Coliformes thermotolérants UFC/100ml	Streptocoque fécaux UFC/100ml
Broukro	72 .10 ⁴	18.10 ²	25.10 ⁶
N'Dakro	41.10 ⁴	37.10 ²	11.10 ⁶
Banco	15.10 ⁵	90.10 ²	80.10 ⁵
Nimbo	53.10 ⁵	18.10 ²	93.10 ⁵
TSF -Nord	53.10 ²	16.10 ²	22.10 ⁵
TSF- Sud	31.10 ⁵	40.10 ²	33.10 ⁵
Kogodékro	20.10 ⁴	44.10 ²	20.10 ⁵
Ahounnanssou	50.10 ²	47.10 ²	60.10 ⁵

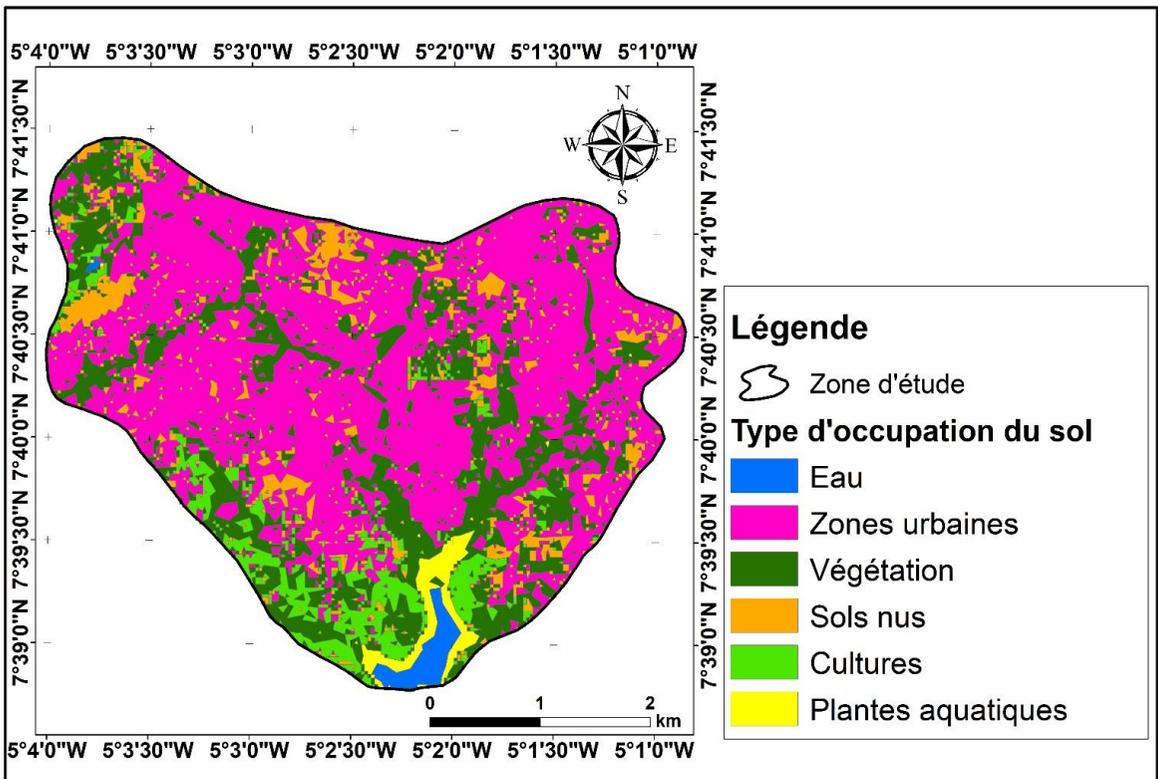


Figure 9: Carte d'occupation du sol du Bassin de la retenue Kan.

DISCUSSION

Le conflit en Côte d'Ivoire qui s'est terminé en 2010 a grandement affecté l'entretien et la réparation des ouvrages hydrauliques particulièrement dans le centre du pays. Cette détérioration, associée aux conditions sanitaires précaires, accroît le risque de transmission des maladies hydriques, et ce en milieu rural qu'en milieu urbain, cela a été confirmé par des travaux (l'UNICEF, 2006). Conséquemment, de nombreux enfants meurent ainsi chaque jour de maladies diarrhéiques et d'autres maladies transmises par l'eau ou causées par le manque d'eau salubre (BNETD, 2012). Cette situation prive les jeunes filles de leur droit à l'éducation parce qu'elles passent du temps à aller chercher de l'eau ou ne vont pas à l'école du fait des coupures intempestives d'eau dans la zone.

Lors de la visite de terrain, certaines activités anthropiques ont été recensées contribuant à la détérioration de la qualité de l'eau notamment la présence d'une décharge à l'entrée du site. L'existence d'habitats dans les environs immédiats de la prise, la présence quasi-permanente de végétaux aquatiques sur le cours d'eau témoignant du charriage des nutriments provenant des activités menées en amont qui concourt à l'eutrophisation de la ressource (Carré, 2005).

Les activités relatives aux divers usages de l'eau de la rivière Kan notamment, l'irrigation, l'élevage, la pisciculture, les usages domestiques et autres usages, permettent de relever que celles-ci ont eu des impacts négatifs sur la retenue. Compte tenu de la diversité des spéculations, dont, les principales sont le riz, l'arachide, la tomate et la patate qui nécessitent des besoins considérables en eau et en fertilisants doivent être contrôlés autour de la retenue. En principe, la pêche est considérée comme non consommatrice d'eau, le matériel simple de pêche est constitué de filets, de hameçons, de pirogue sans produit toxique mais certains pêcheurs véreux utilisent des produits nocifs pour accroître leur production

Les concentrations des éléments physico-chimiques mesurées sur les eaux de la rivière Kan varient fortement contrairement à

celles des eaux du Continental Terminal et du quaternaire qui indiquent un changement des teneurs en éléments chimiques suite à une arrivée des eaux superficielles dans les puits pendant la grande saison des pluies. De toutes les formes d'azote évaluées dans les eaux de la rivière, les nitrates présentent des concentrations les plus fortes, de 22.5 à 75.43 mg/L. Les nitrates sont des composés naturels du cycle de l'azote, élément indispensable à la vie et notamment au développement des plantes. Ils sont présents dans le sol à l'état naturel sous forme de résidus nécessaires à la vie des végétaux, des animaux et des hommes. Les nitrates peuvent rejoindre les ressources superficielles par ruissellement en saison pluvieuse. Ces résultats confirment ceux de Deh et al. (2012) sur la lagune Ono. Les résultats de l'analyse microbiologique ont révélé la présence de plusieurs types de germes dont E. Coli, Streptocoques fécaux et les coliformes totaux. Ces germes sont abondants surtout les streptocoques fécaux. La présence de ces microorganismes dans ces eaux met en évidence une pollution bactériologique d'origine fécale (Ahoussi et al., 2013), ils soutiennent également que ces microorganismes constituent de bons indicateurs d'une pollution récente d'origine fécale qui résulte des activités humaines. Pour Boutin (1993), la présence de coliformes fécaux dans les eaux de puits est le fait d'une contamination d'origine fécale. Pour les auteurs comme Anoh (2014), Kpan (2016) Le périmètre de protection rapproché autour des retenues nécessite la connaissance des zones ayant une influence sur la vulnérabilité à la pollution.

Conclusion

La présente étude avait pour objectif de mettre au point l'état de pollution de la rivière Kan afin d'évaluer la vulnérabilité des eaux dans le département de Bouaké. Ainsi, les principaux résultats montrent une température qui migre entre 26,4 et 30,1°C, ce qui traduit une eau à température élevée. Une turbidité au-dessus de la norme. L'ammonium a pour teneur supérieure à 1 mg/L. L'analyse a également montré que ces eaux contiennent de fortes

teneures en coliformes et autres germes de pollution. La distribution spatiale de tous ces éléments mesurés sur la retenue présente un gradient croissant vers les bordures. Ce phénomène montre que la présence de populations et des activités développées autour de la retenue participent fortement à sa pollution.

Aussi, compte tenu, du fait que la rivière reste encore la seule alternative pour l'alimentation en eau potable des populations, le contrôle des activités qui s'y déroulent est nécessaire.

CONFLIT D'INTERETS

Il n'y a aucun conflit d'intérêts entre les auteurs de cet article.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

LOB et JEA ont conçu le protocole et rédigé le manuscrit. AEK, et SD ont supervisé l'étude. Les auteurs ont lu et approuvé la version finale du manuscrit.

REMERCIEMENTS

Les auteurs du présent article remercient l'Institut Nationale d'Hygiène Publique (INHP), le Bureau National d'Etude Technique et de Développement (BNETD). Les auteurs remercient également les examinateurs pour leurs contributions à l'amélioration du manuscrit.

REFERENCES

Ahoussi KE, Koffi YB, Kouassi AM, Soro G. 2013. Étude hydrochimique et microbiologique des eaux de source de l'ouest montagneux de la Côte d'Ivoire : Cas du village de Mangouin-Yrongouin (sous-préfecture de Biankouman). *Journal of Applied Biosciences*, **63**: 4703-4719. DOI: <http://10.4314/jab.v63i1.87245>

Ake GE, Eba AEL, Assi JJ, Kouadio BH, Biemi J. 2019. Apport des SIG à la délimitation des périmètres de protection autour de la prise d'eau de la SODECI à Aboisso, Sud-Est de la Côte d'Ivoire. *Afrique Sciences*, **15**(3): 234-252. <http://www.afriquescience.net>

Anoh KA. 2014. Apport d'un SIG et du modèle agro-hydrologique SWAT dans la gestion durable des ressources en eaux du bassin versant du lac de Taabo (Centre de la Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat unique, Université Félix Houphouët Boigny, p.182.

Biemi J. 1992. Contribution à l'étude géologique, hydrogéologique et par télédétection des bassins versants subsahariens du socle précambrien d'Afrique de l'Ouest : hydrostructurale, hydrodynamique, hydrochimie et isotopique des aquifères discontinus de sillons et des aires granitiques de la Haute Marahoué (Côte d'Ivoire), Thèse Dr. D'Etat, Sci. Nat. Univ. Abidjan, Côte d'Ivoire. p.210.

Ble L O, Mahaman BS, Miessan G A, Biemi J. 2009. Etude de la Potabilité des Eaux de Boisson Conditionnées en Côte D'Ivoire : Cas des Eaux de la Région du Grand Abidjan. *European Journal of Scientific Research*, **28**(4): 552-558. <https://www.researchgate.net>.

BNETD. 2012. Etude diagnostique de l'approvisionnement en eau de la zone CNO (Montagne, moyen cavally, Denguelé, vallée du Bandama, Savane). Rapport d'activité 2012. p.15.

Boutin C. 1993. L'eau des nappes phréatiques superficielles, une richesse naturelle mais vulnérable. L'exemple des zones rurales du Maroc. *Sciences de l'Eau*, **6**(3) : 357-365. DOI: <http://10.4236/ojog.2018.813145>

Carre J. 2005. Protection des prises d'eau de surface destinées à l'alimentation d'eau potable. *TSM*, (4): 27-34. DOI: <http://10.4236/jsemat.2013.31A014>

Deh SK, Kouame KJ, Mahaman BS. 2012. Evaluation de la vulnérabilité spécifique aux nitrates (NO₃⁻) des eaux souterraines du District d'Abidjan (Sud de la Côte d'Ivoire). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **6**(3): 1390-1408. DOI: <https://10.4314/ijbcs.v6i3.40>

DGR. 2010. Direction Générale de la Reconstruction et de Réinsertion: Etude sur l'Approvisionnement en eau dans la

- zone CNO en Côte d'Ivoire. Rapport d'activité p.20.
- Eba AEL, Kouame KJ, Deh S, Balliet R, Toure M. 2016. Évaluation de la vulnérabilité à la pollution d'une eau de surface destinée à l'adduction d'eau potable d'une métropole : Cas de la lagune Aghien à Abidjan, (Sud de la Cote d'Ivoire). *European Scientific Journal*, **12**(36). DOI: <https://doi.org/10.19044/esj.2016.v12n36.p306>
- INS. 2014. Recensement Générale de la Population et de l'Habitation (RGPH) 2014. Données socio-démographiques et économiques des localités, résultats définitifs par localités, région des lagunes. Vol. III, tome 1, p. 43.
- Koffi YB, Ahoussi KE, Kouassi AM, Biémi J. 2014. Ressources minières, pétrolières et gazières de la côte d'Ivoire et problématiques de la pollution des ressources en eau et des inondations, *Géo-Eco-Trop.*, **38**(1): 119-136. <http://www.geoecotrop.be>.
- Kouamelan N. 1996. Géochronologie et géochimie des formations Archéennes et Protérozoïques de la dorsale de Man en Côte d'Ivoire. Implications pour la transition Archéenne protérozoïque. Thèse de Doctorat. Science Naturelle. Université. Rennes1. p. 277.
- Kpan GH 2016. Apport des systèmes d'informations géographiques (SIG) dans la détermination des périmètres de protection de la retenue d'eau d'Adzopé. Mémoire de Master, Université de Felix Houphouët Boigny, p.60.
- N'go YA, Gone DL, Savane I, Goble MM. 2005. Potentialités en eaux souterraines des aquifères fissurés de la région d'Agboville (Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire) : Caractérisation hydroclimatique et physique. *Afrique SCIENCE*, **01**(1): 127-144. DOI: <http://10.4314/afsci.v1i1.35401>
- Tohouri P, Adja GM, Soro G. 2017. Qualité physico-chimique en saison pluvieuse des eaux de surface de la région de Bonoua (Sud-Est de la Côte d'Ivoire. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, **20**(1): 28-41. <http://www.ijias.issr-journals.org>
- UNICEF. 2006. Eau et assainissement en Côte d'Ivoire. Rapport d'activité, p.12.