

Évaluation de la vulnérabilité à la pollution du bassin versant de la rivière Kan, Centre de la Côte d'Ivoire

**Louan Odile BLE^{1*}, Tanina Drissa SORO², Amenan Evelyne KOUASSI¹
et Gnamba Serge DEGNY³**

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

² *Université Jean Lorougnon Guédé, UFR Environnement, Laboratoire des Sciences et Technologies de l'Environnement, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire*

³ *Ministère de la Santé Publique, Laboratoire des Eaux de l'Institut National d'Hygiène Publique (INHP), BP V 14 Abidjan, Côte d'Ivoire*

(Reçu le 02 Juin 2022 ; Accepté le 19 Août 2022)

* Correspondance, courriel : bleodile2@gmail.com

Résumé

Cette étude est basée sur l'évaluation du degré de vulnérabilité à la pollution des eaux du bassin versant du Kan. Pour atteindre cet objectif, des données cartographiques, des données images satellitaires Landsat 8 Oli de 2019 de la scène et des données pluviométriques de la station de Bouaké de 1990 à 2020 ont été utilisées. La démarche méthodologique a consisté à l'utilisation d'un modèle d'analyse multicritère intégrant plusieurs paramètres dont la pente, l'occupation du sol, le type de sol, le ruissellement et la densité de drainage préalablement définis, puis intégrés dans un SIG. La carte obtenue présente cinq classes d'indices de vulnérabilité à la pollution des eaux de la rivière Kan. La classe de vulnérabilité très faible couvre 8,87 % de la superficie du bassin, la classe de vulnérabilité faible couvre 20,13 % de la superficie du bassin, la classe de vulnérabilité moyenne couvre 14,08 % de la superficie du bassin et la classe de vulnérabilité très forte couvre 56,62 % de la superficie de la zone d'étude. Les activités anthropiques qui se déroulent en amont du bassin concourent à la pollution des eaux de la rivière.

Mots-clés : *Rivière Kan, occupation du sol, vulnérabilité, pente.*

Abstract

Evaluation of the vulnerability to pollution of the Kan river watershed (Central Côte d'Ivoire)

This study is based on the assessment of the degree of vulnerability to water pollution in the Kan watershed. To achieve this objective, cartographic data, Landsat 8 Oli satellite image data from 2019 of the scene and rainfall data from the Bouaké station from 1990 to 2020 were used. The methodological approach consisted in the use of a multi-criteria analysis model integrating several parameters including the slope, land use, soil type, runoff and drainage density previously defined, then integrated into a GIS. The map obtained presents

five classes of vulnerability indices to water pollution of the Kan River. The very low vulnerability class covers 8.87 % of the area of the basin, the low vulnerability class covers 20.13 % of the basin area, the medium vulnerability class covers 14.08 % of the basin area and the very high vulnerability class covers 56.62 % of the area of the study area. Human activities that take place upstream of the basin contribute to the pollution of the waters of the river.

Keywords : *Kan River, land cover, vulnerability, slope.*

1. Introduction

Le département du Bouaké, à l'image d'autres départements situés en zone de socle cristallin de la Côte d'Ivoire, utilise les eaux de surface, comme sources principales d'alimentation en eau potable [1]. Le maintien de la qualité de l'eau dans le système de distribution est un défi majeur pour la Société de Distribution d'Eau en Côte d'Ivoire (SODECI). Malgré ses efforts, la SODECI reçoit de nombreuses plaintes des populations relatives à la qualité du service [2]. Les insuffisances dans la qualité du service seraient dues, à la fois à la détérioration de certaines canalisations des réseaux de distribution du fait de leur vétusté et les inondations de ces dernières années [3]. Depuis quelques années, la rivière joue un rôle socio-économique car elle est utilisée directement comme eau de boisson par les populations riveraines. Autour de la rivière, des activités, comme l'agriculture (cultures maraîchères) et la pisciculture, se sont développées. À la périphérie de la retenue des quartiers précaires se sont développés avec un bas niveau d'infrastructures et d'équipements sanitaires. Tous les déchets générés par les activités domestiques sont susceptibles de polluer cette rivière, ce qui pourrait constituer un danger pour les utilisateurs. Le bassin versant du Kan, région à vocation agricole, dans le centre de la Côte d'Ivoire, est sous l'emprise d'intrants agricoles avec ses corollaires. La présente étude a pour but, la connaissance du degré de vulnérabilité de cette ressource, pour une meilleure gestion des eaux de surface. Bien que les travaux de [4] aient montré les impacts hydrologiques, hydrogéologiques et hydrochimiques, le suivi et l'utilisation des eaux de ce bassin restent importants pour une planification des ressources en eau. C'est dans cette optique que s'inscrit la présente étude.

2. Matériel et méthodes

2-1. Présentation de la zone d'étude

Créée en 1964, la retenue du Kan se situe à l'entrée Sud de la ville de Bouaké (*Figure 1*). Elle se trouve dans la vallée du Bandama et a dans son environnement, de nombreux petits cours d'eau dont la Loka. Le bassin drainé par le Kan a une superficie de 20,85 km². Il dispose d'une station de traitement d'eau mise en service le 31 décembre 1964. 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. Il englobe les quartiers de Broukro, Houphouët-ville, Banco, Nimbo et une partie des quartiers TSF Nord et TSF Sud ainsi que la forêt classée de Kongodékro [5].

2-1-1. Contexte géologique

La géologie de la région est dominée par des formations métamorphiques. La zone d'étude correspond au domaine Baoulé-Mossi. Le département est composé d'un ensemble de granitoïdes éburnéens que sont principalement des granites à biotite homogènes et hétérogènes ainsi que des granites à deux micas. Les fractures préférentielles marquent le cours des marigots [6].

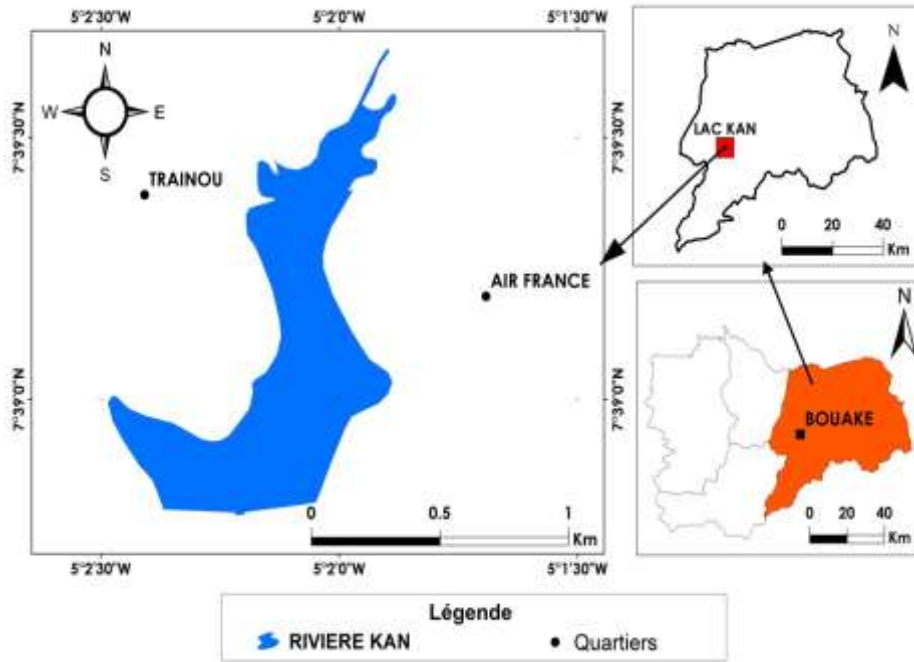


Figure 1 : Présentation de la zone d'étude

2-1-2. Hydrographie de la zone d'étude

Le réseau hydrographique de la région est relativement dense (Figure 2). Il est drainé par le Bandama Blanc et ses affluents que sont la Loka, le Kan et le N'Zi ainsi que des marigots. Ils constituent un plan d'eau capable de jouer un rôle important dans le développement des activités agro-pastorales du département. Le réseau hydrographique de la zone urbaine de Bouaké est multiple. En effet trois marigots concourent à alimenter cette retenue. Ces marigots drainent les quartiers Nimbo, Commerce, N'Gattakro et Ahougnansou, ainsi qu'une partie du quartier TSF Nord. Le Kan draine la partie Sud du quartier TSF Sud. Le sous bassin versant 2 qui traverse le quartier Kennedy et la partie Est de TSF Nord est drainé par l'ensemble des marigots qui forment le Sougourou. Plus de la moitié de la superficie de ce bassin est urbanisée, cela souligne la nécessité de mettre en place un système de protection des eaux du barrage contre les risques de pollutions urbaines.

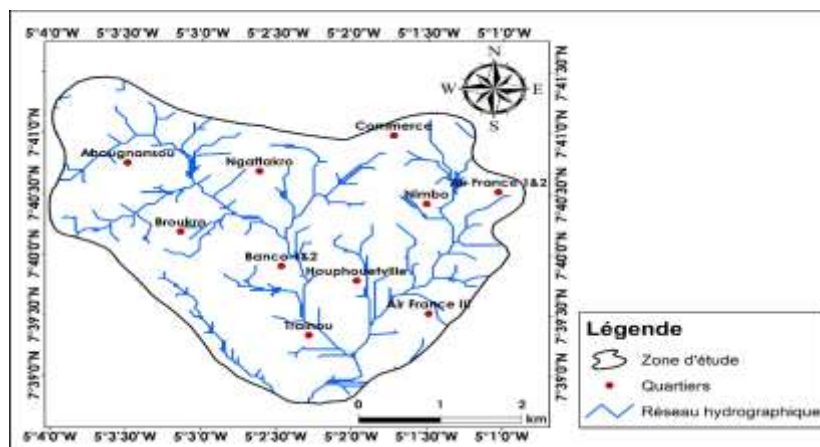


Figure 2 : Carte du réseau hydrographique

2-2. Matériel

Le matériel se compose de données cartographiques, de données hydroclimatiques et de données images.

2-2-1. Données cartographiques

Les données cartographiques sont composées de l'esquisse géologique de la Côte d'Ivoire à l'échelle 1/2000000. L'esquisse pédologique du Centre de la Côte d'Ivoire à l'échelle 1/500 000, a été utilisée pour la réalisation de la carte pédologique et la caractérisation des textures des sols.

2-2-2. Données hydro-climatiques

Elles concernent les données pluviométriques moyennes mensuelles de la station de Bouaké de 1990 à 2020 acquises auprès de la Société de Développement et d'Exploitation, aéroportuaire, et Météorologique (SODEXAM), qui ont servi à déterminer la pluviométrie annuelle.

2-2-3. Données images

Les images Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) de résolution 30 m de la Côte d'Ivoire fournies par le site américain "<ftp://eosrp01u.ecs.nasa.gov/srtm/1/Africa>" ont permis d'établir la carte des pentes et de densité de la zone d'étude. Les données images satellitaire Landsat 8 Oli de 2019 de la scène ont été utilisées pour la réalisation de la carte d'occupation du sol. Elles ont une résolution de 30 m.

2-3. Méthodes

2-3-1. Méthode d'investigation socio-environnementale

L'enquête de terrain a été effectuée dans la période du mois de juin à Août 2020, pendant la grande saison des pluies. Elle a consisté à identifier les différentes activités pratiquées autour de la retenue Kan. 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 fiches de renseignement élaborés à cet effet. Le questionnaire a permis de renseigner l'activité agricole notamment les types de cultures pratiquées et l'engrais utilisé.

2-3-2. Méthode de cartographie des différents paramètres

La pente est le paramètre essentiel du transfert des polluants vers les eaux de surface. La carte des pentes a été réalisée après traitement de la carte du Modèle Numérique d'Altitude (MNA) du bassin versant de la rivière avec le logiciel ArcGIS 10.8. La classification a été effectuée avec le module « Spatial AnalystTool » et l'outil "Slope" du même logiciel. La carte de densité de drainage du réseau hydrographique de la zone a été obtenue à partir d'un Modèle Numérique de Terrain (MNT). On obtient ainsi la carte de densité qui est ensuite numérisée puis utilisée dans le SIG. Les classes proposées et les notes qui leur sont attribuées sont consignées dans le **Tableau 1**. Ainsi, la démarche méthodologique basée sur la méthode AHP (Analytic Hierarchy Process) adoptée dans le cadre de ce travail comprend les étapes suivantes :

- Etape 1 : Identification, classification et assignation des notes aux paramètres ;
- Etape 2 : Détermination des poids ou coefficients de pondération ;
- Etape 3 : Evaluation de la vulnérabilité à la pollution de la rivière Kan par un SIG.

Tableau 1 : Notes attribuées aux différentes classes du paramètre « densité de drainage »

Densité hydrographique par unité de gestion (km/km ²)	Note
<1	1
1 à 2	2
>2	3

2-3-3. Méthode d'évaluation de la vulnérabilité à la pollution du bassin

L'approche utilisée pour évaluer la vulnérabilité du réservoir d'eau à la pollution dans la zone d'étude est la somme pondérée des divers paramètres pour obtenir une carte de l'indice de vulnérabilité où les indices varient entre 0 et 10. Le calcul de l'indice de vulnérabilité global (IVg) se fait par ***l'Equation*** suivante :

$$IVg = \sum_i = nC_{pi} \times R_i \tag{1}$$

Avec : IVg : indice de vulnérabilité global ; C_{pi} : le coefficient de pondération du paramètre i ; R_i : la classe du paramètre i et n : le nombre de paramètres

L'application de ***l'Equation 1*** permet d'obtenir ***l'Equation 2*** :

$$IV_g = 0,47P + 0,27Os + 0,15S + 0,07R + 0,04Dd \tag{2}$$

Ces indices représentent une mesure du degré de risque de contamination du réservoir d'eau par les diverses contraintes de son bassin versant. Une classification de la carte de l'indice de vulnérabilité selon le ***Tableau 2*** est faite pour obtenir la carte de vulnérabilité du réservoir. Ainsi, la vulnérabilité est plus importante lorsque l'indice calculé est élevé. Pour déterminer les intervalles des divers indices de vulnérabilité, ***l'Equation 3***, a été utilisée pour effectuer la conversion des indices de vulnérabilité en pourcentage..

$$IV_g = \frac{(I_i - I_{min}) \times 100}{I_{max} - I_{min}} \tag{3}$$

Avec : I_i : indice à identifier, I_{max} : l'indice maxima (3,11) et I_{min} : l'indice minimum (1,13).

Le résumé des différents intervalles d'indice et du degré de vulnérabilité correspondants est mentionné dans le ***Tableau 2***.

Tableau 2 : Indice et degré de vulnérabilité

Classes d'indice de vulnérabilité	Intervalles d'indices	Degré de vulnérabilité
1,48 - 2,017	0 - 30 %	Très faible
2,03 - 2,28	31 - 45 %	Faible
2,30 - 2,55	46 - 60 %	Moyenne
2,57 - 2,82	61 - 75 %	Elevée
2,84 - 3,27	75 - 100 %	Très élevée

3. Résultats

3-1. Application des SIG à l'élaboration des cartes de vulnérabilité

3-1-1. Pluviométrie et ruissellement

La moyenne annuelle d'eau ruisselée (P-ETP) pour la chronique 1990-2020 a été déterminée en appliquant le coefficient de ruissellement de la zone d'étude à la pluviométrie moyenne obtenue. Le résultat obtenu est de 111,02 mm d'eau ruisselée pour la même chronique. Cette valeur représente une quantité importante d'eau qui peut favoriser un ruissellement de polluant vers les eaux de surface.

3-1-2. Pentas

La carte des pentes de la zone présente différentes inclinaisons. Les pentes sont plus ou moins fortes et varient selon les intervalles de 0 à 19 % (**Figure 3**), de l'intervalle 0 à 6 %, les pentes sont faibles, de 6 % à 12 %, elles sont moyennes. Les classes supérieures à 12 %, sont caractérisées par des pentes fortes. Ainsi, on obtient :

- La classe des pentes comprises entre 0 et 6 %, ce sont des zones à pentes faibles influençant faiblement l'écoulement de surface ;
- La classe des pentes comprises entre 6 % et 12 %, concerne les zones à pentes moyennes ;
- La classe des pentes supérieures à 12 %, caractérise les zones à forte pente observée pour la plupart en amont de la retenue.

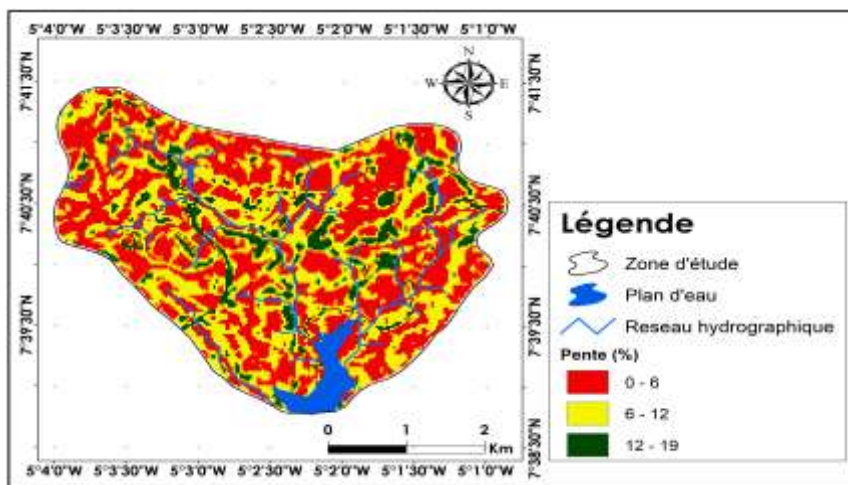


Figure 3 : Carte des pentes du bassin versant du Kan

3-1-3. Occupation du sol

L'importance de ce facteur réside dans le fait qu'il présente la plupart des activités anthropiques réalisées, en mettant en relief les états de surface dans la zone d'étude. Ce sont l'urbanisation, le plan d'eau et les différents types de cultures utilisant des fertilisants, susceptibles de polluer la retenue d'eau (**Figure 4**). Vu la vocation agricole du bassin versant du Kan et son potentiel, ce paramètre est susceptible d'éclairer toute prise de décision d'utilisation des ressources et d'élaborer les grandes orientations en matière de développement régional. Des sites d'entraînements représentant tous les types d'occupation du sol ont été

choisis sur la composition colorée afin de lancer la classification supervisée. Ces sites sont choisis en fonction de l'accessibilité et de leur répartition spatiale. Cette classification supervisée a permis de discriminer cinq classes d'occupation du sol qui sont eau, savane dégradée, cultures, habitats, sols nus, culture et jachère. Cette carte a été validée par une mission de terrain (*Figure 5*).

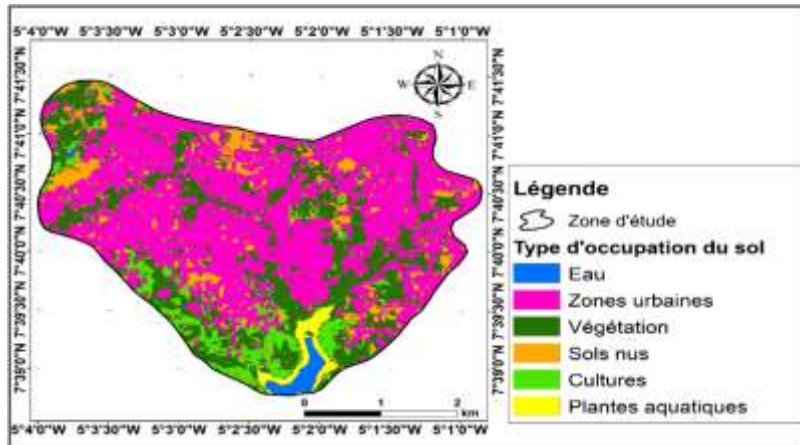


Figure 4 : Carte d'occupation du sol du bassin versant du Kan en 2019

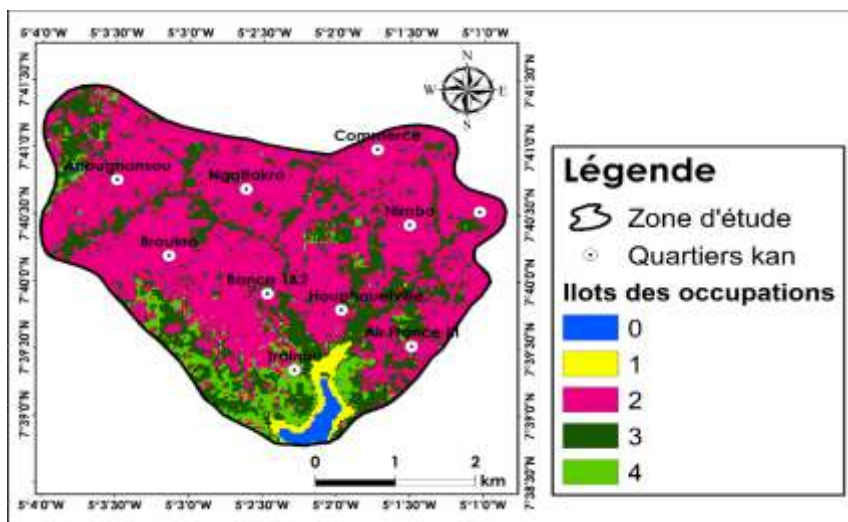


Figure 5 : Carte de classification du paramètre occupation du sol du bassin versant du Kan

3-1-4. Densité de drainage

La zone d'étude est une zone à drainage plus ou moins dense qui varie entre 0 et 18 km/km² (*Figure 6*). Les valeurs ont été subdivisées en 4 classes. Ainsi, on a la première classe qui a une densité comprise entre 0-4,5 km/km², elle est observée en bordure, du bassin. La deuxième classe a une densité comprise entre 4,5-9 km/km². La troisième classe est marquée par une densité comprise entre 9-13,5 km/km² est la plus représentée sur l'ensemble du bassin et surtout en amont de la retenue. La quatrième classe est marquée par les densités supérieures à 13,5 km/km² (*Figure 6*).

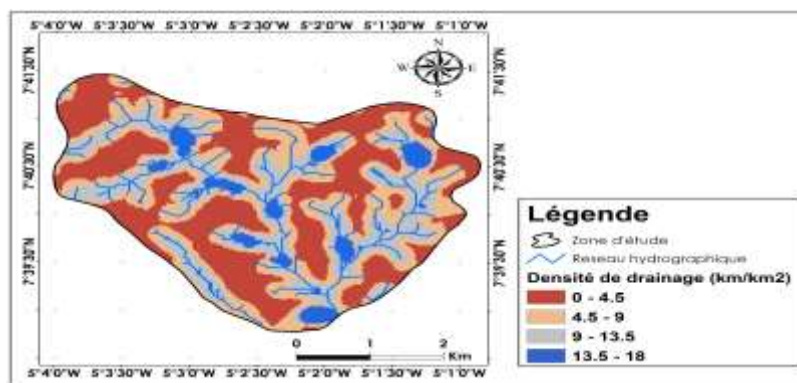


Figure 6 : Carte de densité de drainage du bassin versant du Kan

Le **Tableau 3** récapitule les classes, les cotes et les poids attribués aux différents paramètres dans l'évaluation de la vulnérabilité à la pollution de la rivière "Kan".

Tableau 3 : Récapitulatif des différentes classes, notes et poids obtenus pour ces différents paramètres dans l'évaluation de la vulnérabilité à la pollution de la rivière "Kan"

Facteurs	Classes	Notes	Poids
Pente (%)	<3	1	0,4
	3-7	2	
	>7	3	
Occupation du sol	Eau	1	0,27
	Plantes aquatiques	1	
	Sols nus/zones habitées	2	
	Cultures	3	
	Végétation	4	
Pluviométrie	0<Ruissellement<150	2	0,07
Sol	Sols ferrallitiques faiblement désaturés	2	0,15
Densité de drainage (km/km ²)	1<	1	0,04
	1-2	2	
	>2	3	

3-1-5. Résultat de l'influence de la vulnérabilité à la pollution de la rivière Kan

La **Figure 7** indique le degré de vulnérabilité à la pollution de la retenue Kan de Bouaké. Elle est constituée de cinq classes :

- Une classe à vulnérabilité très faible : qui couvre 8,87 % de la superficie du bassin. Elle est le domaine des zones agricoles sur des sols épais à texture sablo-argileuse avec une forte porosité, cette classe est caractérisée par de très faibles pentes ;
- Une classe à vulnérabilité faible : elle couvre 20,13 % de la superficie du bassin. Elle est caractérisée par des pentes moyennes et ce sont des zones habitées mais aussi des zones où la forêt est encore présente ;
- Une classe à vulnérabilité moyenne : qui couvre 14,08 % de la superficie du bassin. Elle prend en compte les zones habitées, cultivées, de pente plus ou moins faibles et de densité de drainage moyenne.

- Une classe à vulnérabilité très forte : Elle couvre 56,62 % de la superficie du bassin. Elle prend en compte les surfaces situées en amont. Ces surfaces qui agissent très fortement sur la vulnérabilité de la retenue correspondent à des zones de forte pente, donc à ruissellement important. La forêt est pratiquement inexistante. Ce sont des surfaces à fortes activités agricoles.

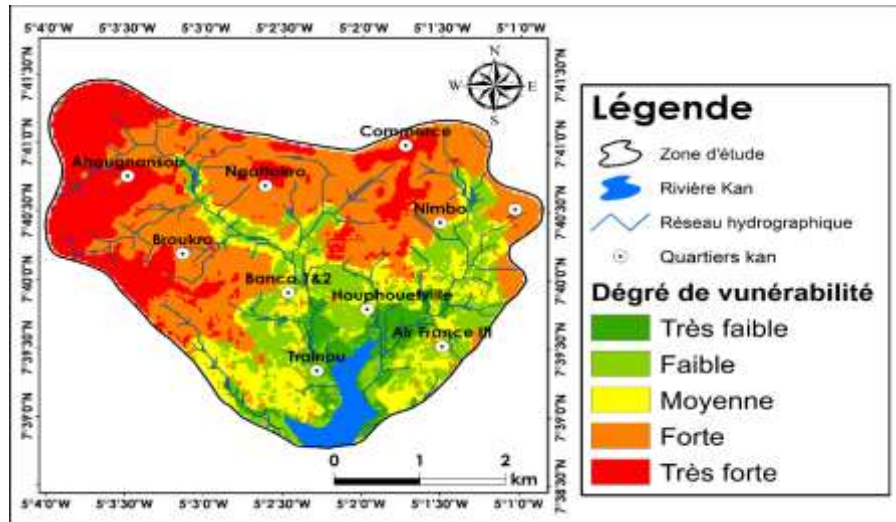


Figure 7 : Carte de vulnérabilité à la pollution de la rivière kan

4. Discussion

4-1. Impact des activités anthropiques en amont du bassin

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. Globalement, la nappe superficielle est polluée par tous les paramètres issus des activités anthropiques. Les résultats sont variables selon le site et le polluant mis en question. Le conflit militaro-politique qui s'est déroulé en Côte d'Ivoire 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 de [7]. 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 [8].

4-1-1. Activités agricoles

Au niveau des cultures vivrières (*Photo 1*), 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 avec comme produits de fertilisation, des engrais et des fumiers. Les pesticides utilisés étaient généralement le cyperméthrine, l'atrazine et le DDT. La couleur verdâtre de cette eau (*Photo 2*) témoigne des sources de pollution de la ressource. 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[9].



A : Culture du riz

B : Culture de l'arachide

Photo 1 : Cultures maraichères en amont du bassin**Photo 2 : Affluents de la rivière Kan**

4-1-2. Vulnérabilité à la pollution de la rivière Kan

Les zones ayant des degrés de vulnérabilité très élevés sont localisées en amont caractérisés par une prédisposition naturelle notamment la pente très forte favorable au ruissellement des polluants (**Photo 3**). Cette période de juin à Août a été choisie parce que correspond à la saison des pluies caractérisée par les ruissellements importants dans la zone de Bouaké. Ces résultats confirment ceux de [10] dans le district d'Abidjan, qui stipule que 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, cependant les nitrates peuvent être toxiques et rejoindre les ressources superficielles par ruissellement en saison pluvieuse.

**Photo 3 : Dépôt d'ordure à proximité d'un affluent de la rivière Kan**

La carte de vulnérabilité établie par l'utilisation d'un SIG combiné aux méthodes d'analyse multicritère a révélé cinq classes de vulnérabilité à la pollution de la rivière " Kan ". L'analyse situationnelle du contexte de cette étude, montre que le risque de ruissellement des intrants agricoles vers la retenue est supérieur et important vu l'inclinaison importantes des pentes de 0 à 19 %. Le risque de contamination des eaux de surface par ces intrants utilisés dans les cultures maraîchères a fait l'objet de discussion dans de nombreux travaux de recherche dans les pays en développement, en particulier dans la ville d'Abidjan. L'étude réalisée dans le bassin Uniwax de Yopougon (Abidjan) a montré le risque lié à l'utilisation des eaux usées de caniveaux et de la lagune Ebrié par certaines activités anthropiques dans ce bassin hydrologique [11]. L'absence d'un système de collecte pourrait expliquer une contamination de l'eau [12]. Les travaux réalisés dans les eaux souterraines à l'Est du Niger [13] et ceux réalisés par [14] à l'Ouest de la Côte d'Ivoire, ont montré que les teneurs en Nitrate étaient accentuées par la vitesse d'infiltration des polluants. L'utilisation du SIG a permis la réalisation de la carte de vulnérabilité à la pollution de la rivière Kan. C'est un outil puissant dans les études de gestion des ressources en eau et d'aménagement de territoire. Cinq paramètres ont été pris en compte dans l'évaluation de la vulnérabilité à la pollution de cette ressource. Il s'agit de l'occupation du sol, les types de sol, la densité de drainage, le ruissellement annuel et la pente. Cependant, le paramètre déterminant dans cette cartographie est la pente suivie de l'occupation du sol. Les valeurs des indices de vulnérabilité obtenues sont comprises entre 2,07 et 12,42. Les indices de vulnérabilité les plus élevés se retrouvent au Nord de la rivière Kan (N'Gattakro, Ahougnansou, Commerce etc.). Ces valeurs sont similaires à celles trouvées au niveau de la retenue d'eau d'Adzopé par [15]. Cinq classes de vulnérabilité (très faible, faible, moyenne, forte et très forte) ont été mises en évidence. Des études similaires réalisées par [16, 17] ont révélé également cinq classes de vulnérabilité (très faible, faible, moyenne, élevée et très élevée) à Abidjan et Bingerville. En outre, ces auteurs [18, 19] ont déterminé respectivement quatre zones de vulnérabilité (très faible, faible, moyenne et forte). Pour [20], les classes de vulnérabilité peuvent varier d'une étude à une autre, comme d'une région à une autre car elles dépendent des limites de classe et des notes assignées à ces classes au départ par l'opérateur et aussi de la sensibilité de celui-ci. L'utilisation des SIG révèle de multiples problèmes liés à la qualité, au nombre souvent insuffisant des données, à leur interpolation et à leur variabilité spatio-temporelle [21]. La difficulté dans la réalisation d'une carte de vulnérabilité à la pollution à l'aide d'un SIG réside de façon générale dans le nombre et la qualité des paramètres à prendre en compte. Le paramètre ruissellement annuel déterminé à partir de la pluviométrie moyenne mensuelle d'une seule station a été interpolé sur toute la zone assignant des valeurs dans des secteurs où aucune donnée n'est connue. L'interpolation utilisée peut entraîner des erreurs dans la réalisation des paramètres, car elle n'est fiable qu'à l'intérieur des intervalles délimités par les données ponctuelles [22].

5. Conclusion

Cette étude a permis d'évaluer le degré de vulnérabilité à la pollution du bassin versant de la retenue Kan. La distribution spatiale de tous les éléments mesurés sur la retenue présente un gradient croissant vers les bordures. La présence de populations et des activités développées autour de la retenue participent fortement à sa pollution. Ainsi, une méthodologie combinant les SIG à une analyse multicritère a été effectuée en intégrant cinq (5) paramètres incluant la densité du réseau hydrographique (D), l'occupation du sol (O), la pente (P), le ruissellement (R) et le sol (S). La combinaison de ces 5 variables dans le SIG et l'analyse multicritère a permis de détecter cinq classes de vulnérabilité à la pollution dont trois prédominent le bassin. La classe de vulnérabilité très forte est la plus représentative car elle couvre la grande partie de la superficie du bassin 56,62 %. Elle est suivie par les classes de vulnérabilité faible et très faible qui occupent respectivement 20,13 % et 8,87 % de la surface du bassin. L'instabilité institutionnelle et socio-politique qu'a connue la Côte d'Ivoire a été caractérisée par la baisse du taux d'exécution des programmes de surveillance de la qualité des eaux dans la zone de Bouaké. Il est certain que cette étude apparait comme un travail préliminaire. D'autres explorations comme la modélisation mathématique pour quantifier les transferts de polluants et la détermination de périmètre de protection rapproché et éloigné autour de la retenue Kan s'imposent.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier le Directeur de l'Institut National d'Hygiène Publique pour avoir mis à notre disposition le laboratoire de chimie de l'institut pour nos analyses. Les auteurs remercient également la mairie de Bouaké qui nous a facilité les visites de terrain.

Références

- [1] - K. A. ANOH, " 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, (2014) 182 p.
- [2] - A. E. L. EBA, K. J. KOUAME, et S. K. DEH, " 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 Côte d'Ivoire) ". *European Scientific Journal* (December 2016) Edition vol.12, No.36 ISSN : 1857 - 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431
- [3] - L. O. BLE, GS. DEGNY et A. DOUANPO, " Qualité physico-chimique des eaux d'adduction publique issues d'une station de traitement d'Abidjan (cas de la station zone Nord d'Adjamé" . *Afrique Science* 18(2) (2021) 81 - 93
- [4] - G. SORO, K. E .AHOUSSEI et E. K KOUADIO, " Apport de la télédétection à la cartographie de l'évolution spatio-temporelle de la dynamique de l'occupation du sol dans la région des Lacs (Centre de la Côte d'Ivoire) ". *Afrique Science*, Vol. 10, No 3, (2014)
- [5] - G. E. AKE, A. E. L. EBA and L. O. BLE " Contribution of Geomatics to the Delimitation of Protection Perimeters: Case of Agbo River in Agboville (South-East of Côte d'Ivoire) ". *Journal of Environmental Protection*, Vol.11, (2020) 470 - 490
- [6] - B. Tagini, " Notice de la carte géologique de la Côte d'Ivoire, échelle 1 /400.000 ". Notice explicative N°48 (1972)
- [7] - UNICEF, " Eau et assainissement en Côte d'Ivoire. Rapport d'activité", (2012) p.12
- [8] - BNETD, " 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
- [9] - J. Carre, " Protection des prises d'eau de surface destinées à l'alimentation d'eau potable", TSM, (4) (2005) 27 - 34. DOI : <http://10.4236/jsemat.2013.31A014>
- [10] - S. K DEH, K. J. KOUAME et B. S. MAHAMAN " 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) (2012) 1390 - 1408. DOI: <https://10.4314/ijbcs.v6i3.40>
- [11] - R. I. YAPO, B. KONE et B. BONFOH, " Quantitative microbial risk assessment related to urban wastewater and lagoon water reuse in Abidjan, Côte d'Ivoire", *Journal of water and Health*, Vol.12, (2014) 301 - 309
- [12] - M. HONDJENOU, C. R. LANDEOU et S. C .HOUSSOU, " Facteurs Associés à la Qualité des Eaux Consommées dans la Commune d'Abomey-Calavi au Sud du Bénin en Afrique de L'Ouest", *Europe Scientific Journal* /edition Vol.15, No 30, (October 2019), ISSN: 1857 - 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431
- [13] - H. ABDYOU, I. SANDAO et B. OUSMANE, " Impact Des Teneurs en Nitrates sur le Taux de Desserte en Eau Potable des Populations en Zone du Socle de Damagaram Mounio (Est du Niger) ". *European Scientific Journal*, Vol.16, No.6, (February 2020), ISSN : 1857 - 7881

- [14] - K. GBAMÉLÉ, K. KOUASSI et A .LOUKOU, " Evaluation de la Contamination Chimique des Eaux Souterraines par les Activités Anthropiques : Cas de la Zone d'Ity-Floleu Sous-Préfecture de ZouanHounien, Ouest de la Côte d'Ivoire", *European Scientific Journal* édition Vol.16, No.6, (February 2020) ISSN: 1857 - 7881
- [15] - M. S. OGA, T. LASM et N. SORO, " Caractérisation chimique des eaux des aquifères de Fracture : Cas de La Région de Tiassalé en Côte d'Ivoire ". *European Journal of Scientific Research*, 31 (1) (2009) 72 - 87
- [16] - D. T. SORO, L. O. BLE et J. J. T. KOUA " Suivi de la dynamique de l'occupation et de l'utilisation du sol dans le bassin versant du Haut Bandama à Tortiya (Nord de la Côte d'Ivoire) et son impact sur les écoulements ". *EWASH & TI Journal*, Volume 6 Issue 1, (2022) 754 - 760. ISSN : 2509 - 1069
- [17] - E. L .EBA, G. E. AKE et J. P. JOURDA, " Evaluation de la Vulnérabilité à l'Inondation des Communes à Proximité des Grandes Villes Ouest Africaines : Cas de la Commune de Bingerville (Est d'Abidjan - Côte d'Ivoire) ", *European Scientific Journal*, ESJ, vol 17 N°14, (2021)
- [18] - K. A. ANOH, S. G. EBLIN, & T. J. KOUA " Cartographie de la vulnérabilité intrinsèque des eaux de surf lac de Taabo en Côte d'Ivoire aux flux diffus de Phosphore". *Revue Ivoire Sci. Technol.*, 32 (2018) 131
- [19] - R. SHOEN, A. CODVELL et J. RICARD, "Cartographie de l'aléa de pollution des eaux superficielles et souterraines par les substances phytosanitaires en région Midi-Pyrénées. Avec la collaboration de Ricard J".. Rapport BGRM ,(2001), 12 - 18
- [20] - A. E. L. EBA ".Approche géomatique pour la délimitation des périmètres de protection autour des ressources en eau de surface destinées à la consommation : cas de la retenue d'eau de Gagnoa Centre Ouest de la Côte d'Ivoire".. Thèse de Doctorat d'État, Université d'Abidjan(2013), 165 p.
- [21] - M. T. YOUAN, "Contribution de la télédétection et des systèmes d'informations géographiques à la prospection hydrogéologique du socle précambrien d'Afrique de l'Ouest : cas de la région de Bondoukou (nord-est de la Côte d'Ivoire) ". Thèse de Doctorat Unique de l'Université de Cocody (Abidjan), Côte d'Ivoire, (2008) 236 p.
- [22] - J. P. JOURDA, K. J. KOUASSI et M. G. ADJA " Evaluations du degré de protection des eaux souterraines : Vulnérabilité à la pollution de la nappe de Bonoua (Sud-Est de la Cote d'Ivoire) par la méthode DRASTIC". Acte de conférence Francophone ESRI 10 et 11 octobre-Versailles, (2008) 18 p.