

Cartographie Et Identification Des Activites Sources De Nuisances Et De Pollutions Dans Le Bassin Versant Du Barrage Du Kan De Bouake (Côte d'Ivoire)

Fofana Oumar

Université Péléforo Gon Coulibaly de Korhogo –
Département de Géoscience, Côte d'Ivoire

Kouassi Ernest Ahoussi

Université Félix Houphouët-Boigny de Cocody-Abidjan,
Unité de Formation et de Recherche (UFR)
des Sciences de la terre et des Ressources Minières (STRM)

Avy Stéphane Koffi

Université Péléforo Gon Coulibaly de Korhogo –
Département de Géoscience, Côte d'Ivoire

doi: 10.19044/esj.2017.v13n5p303 [URL:http://dx.doi.org/10.19044/esj.2017.v13n5p303](http://dx.doi.org/10.19044/esj.2017.v13n5p303)

Abstract

This study focuses on mapping and identification of pollution factors in the Kan dam basin in Bouaké (Côte d'Ivoire); All through the use of GIS and field investigations. The consequences of socio-economic development on the Kan dam are important. Indeed, the watershed of the dam appears to be the outlet for all the waters (used and rain) of the town of Bouaké. The mapping of land use in the dam basin allows the identification of nuisance and pollution sources. Mainly five (05) types of nuisance and pollution activities were identified: urbanization (habitat zones); Agriculture (agricultural areas); Fishing (fishing zone); Poultry farming (poultry farming); Cattle breeding (pasture area).

Keywords: Dam, Kan, GIS, Nuisance, Pollution

Résumé

La présente étude s'intéresse à la cartographie et à l'identification des facteurs de pollution dans le bassin du barrage du Kan de Bouaké (Côte d'Ivoire) ; le tout à travers l'utilisation des SIG et des investigations de terrain. Les conséquences du développement socio-économique sur le barrage du Kan s'avèrent importants. En effet, le bassin versant dudit barrage

paraît être l'exutoire de toutes les eaux (usées et pluviales) de la ville de Bouaké. La cartographie de l'occupation du sol dans le bassin du barrage permet l'identification des activités sources de nuisance et de pollution. Principalement cinq (05) types d'activités sources de nuisances et de pollutions ont été identifiés : l'urbanisation (zones d'habitats) ; l'agriculture (zones agricole) ; la pêche (zone de pêche) ; l'élevage de volaille (zone avicole) ; l'élevage de bovins (zone de pâturage).

Mots clés: Barrage, Kan, SIG, Nuisance, Pollution

Introduction

La Côte d'Ivoire est un pays où la disponibilité en eaux souterraines est limitée alors que les besoins sont en forte croissance. Cette croissance est due à l'explosion démographique, aux développements industriels et agricoles. Pour faire face à la pénurie d'eau, l'exploitation de ressources superficielles à travers les barrages semble être la solution la plus adaptée pour répondre aux différents besoins. Si ces ouvrages constituent bien une nécessité pour garantir, en toutes saisons, l'approvisionnement en eau, il conviendrait de contrôler et de protéger la qualité des eaux du barrage des différentes sources de pollution, particulièrement, celles dues aux activités humaines (pratiques agricoles, industrielles, rejets urbains).

○ Présentation de l'aire d'étude

Située à environ 350 km au Nord de la ville d'Abidjan sur la voie bitumée qui relie la capitale économique de la Côte d'Ivoire à Ferkessedougou, la ville de Bouaké couvre une superficie de 79 Km². Ce chef-lieu de Département, est la plus importante ville de la région du Centre. La ville est étendue sur un plateau dont la particularité essentielle est sa digitation par un réseau hydrographique secondaire très dense.

Créée en 1964, la retenue du Kan se situe à l'entrée Sud de la ville de Bouaké (figure-1), sur la rivière Kan. Le sous bassin versant du Kan a pour limite Nord la voie de chemin de fer qui traverse la ville de Bouaké (figure-2). Le bassin drainé par le Kan correspond à une superficie de 20,85 Km². 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 Nimbo, Commerce, N'Gattakro et Ahougnansou, ainsi qu'une partie des quartiers TSF Nord et TSF Sud.

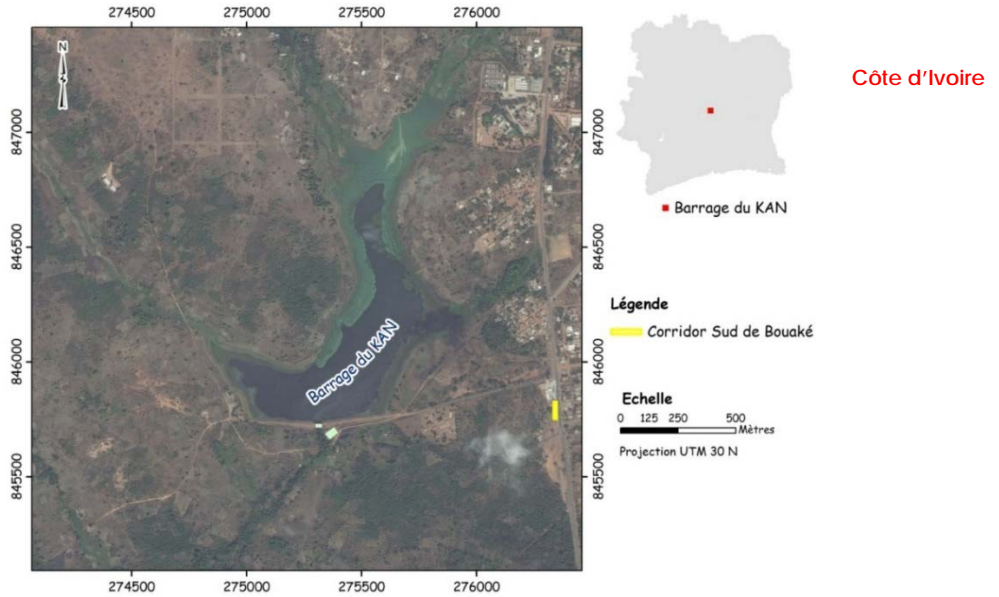


Figure-1 : Plan de situation du barrage du Kan

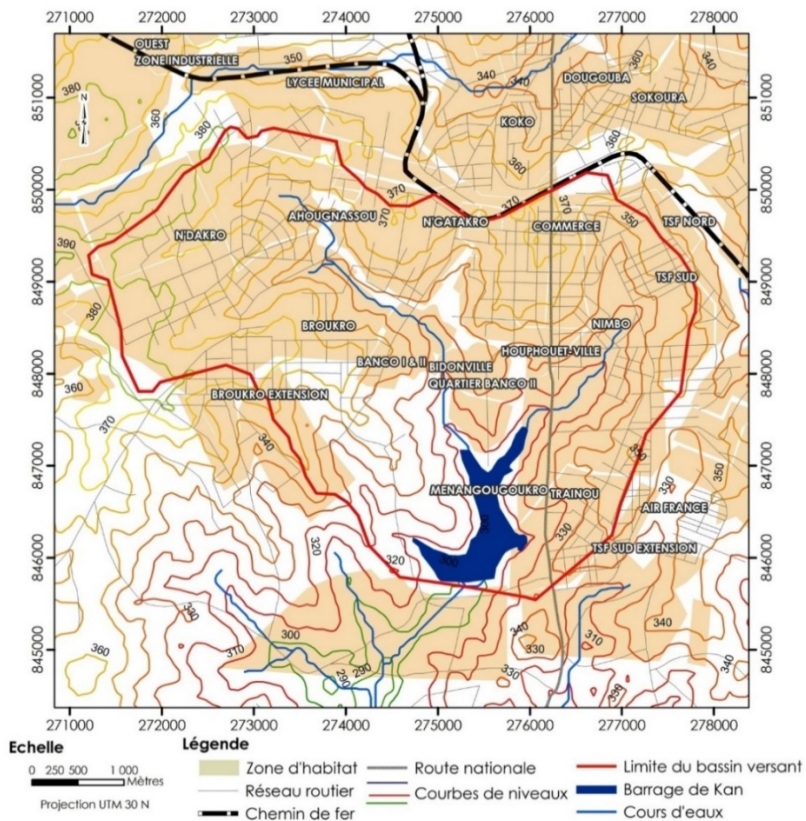


Figure-2 : Limite du sous bassin versant du Kan

○ Outils et méthodes

Dans le cadre de notre travail, la carte d’occupation du sol est réalisée à partir d’un assemblage de plusieurs supports :

- image satellite extraite de Google Earth (Image satellite SPOT) du bassin versant du Kan,
- carte topographique de la zone d’étude (1/50 000e),
- carte d’occupation du sol de la ville de Bouaké réalisée en 1978 par l’IGCI (Institut géographique de Côte d’Ivoire),
- base de données d’occupation du sol réalisée dans le cadre de cette étude (sur la base d’investigations terrain et de photographies).

L’image satellite extraite de Google Earth a été utilisée comme un outil de connaissances globales de l’aire d’étude; elle pallie aux manques d’informations traditionnelles. L’image satellite SPOT permet d’évaluer un grand nombre d’aspects: agriculture, habitations, voiries... et par-dessus tout, les différents changements récents. Elle nous permet donc d’identifier, analyser et évaluer l’état des lieux et les différentes transformations spatiales. L’image utilisée date de l’année 2015 ; avec une résolution de 2,5*2,5 m.

La carte d’occupation du sol (OCS) utilisée a été réalisée par l’IGCI (Institut Géographique de Côte d’Ivoire) en 1978; sur la base de photographies aériennes. Cette base de données d’occupation du sol constitue l’un des piliers principaux pour la cartographie des activités source de nuisances et de pollutions. Elle permet également de repérer tous les changements récents réalisés dans le sous bassin du Kan.

La carte topographique a servi entre autres à la délimitation du bassin versant, à la numérisation du réseau hydrographique et à l’identification des cours d’eau.

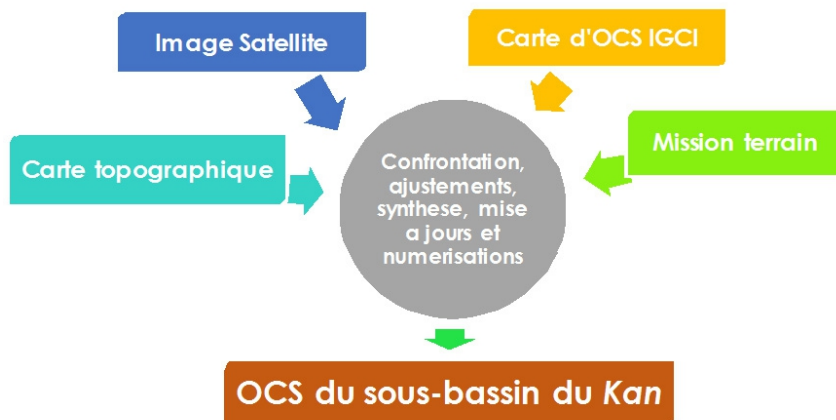


Figure-3: Démarche adoptée pour la réalisation de la carte d’occupation du sol

Le schéma ci-avant (figure-3) illustre la démarche adoptée pour la réalisation de la carte d'occupation du sol du sous bassin versant du Kan.

○ Résultats et discussion

La carte d'occupation du sol réalisée (figure-4) fait ressortir les différentes entités suivantes : sites d'habitats, Association maraichage – riziculture, Maraichage, Pépinière, Riziculture, Terres en jachère, Association maïs – manioc, manioc, Zone arborée, plantes aquatiques, retenue d'eau, zone herbeuse, ferme avicole, zone de pâturage, réseau de voirie, route nationale, plantes aquatiques, périmètre de pêche, etc. Une analyse de l'occupation du sol permet d'observer que les sites d'habitats représente 77% de la superficie du sous bassin du Kan, après viennent respectivement les zones herbeuses et les zones arborées avec des proportions de 9,41% et 6,26% de la superficie du sous bassin du Kan. Nous avons respectivement pour les entités : Association maraichage – riziculture, Plantes aquatiques, Association maïs – manioc, Retenue d'eau, Riziculture, Maraichage, Terres en jachère, Manioc, et Pépinière ; des proportions de 1,98% ; 1,95% ; 1,29% ; 1,24% ; 0,55% ; 0,39% ; 0,08% ; 0,01% et 0,003% de la superficie du sous bassin versant du Kan.

Tableau-1 : Répartition de l'occupation du sol

Entité d'OCS	Superficie en m ²	Proportion (%)
Site d'habitats	16 019 833	76,83
Association maraichage – riziculture	413 271	1,98
Maraichage	81 995	0,39
Pépinière	701	0,003
Riziculture	114 493	0,55
Terres en jachère	17 385	0,08
Association maïs - manioc	268 190	1,29
Manioc	2 783	0,01
Zone arborée	1 304 978	6,26
Plantes aquatiques	407 313	1,95
Plan d'eau*	257 950	1,24
Zone herbeuse	1 961 108	9,41
Total Bassin	20 850 000	100

*Superficie du plan d'eau non recouverte par les plantes aquatiques

Les fermes avicoles, les zones de pêches et les zones de pâturage n'étant pas des entités quantifiables en termes de superficie ne sont pas pris en compte dans le présent tableau (tableau-1).

Notons que la cartographie de l'occupation du sol permet de ressortir les superficies du plan d'eau du barrage couvertes par les plantes aquatiques et les superficies non-couvertes par les plantes aquatiques; avec des valeurs respectives de 40,73 ha et 25,79 ha. Soit un total de 66.52 ha. Les proportions résultantes sont 61,2% pour les superficies couvertes par les

plantes aquatiques et 38,8% pour les superficies non couvertes par les plantes aquatiques. En d'autres termes, la cuvette du barrage du Kan est présentement couverte à 61,2% par les plantes aquatiques.

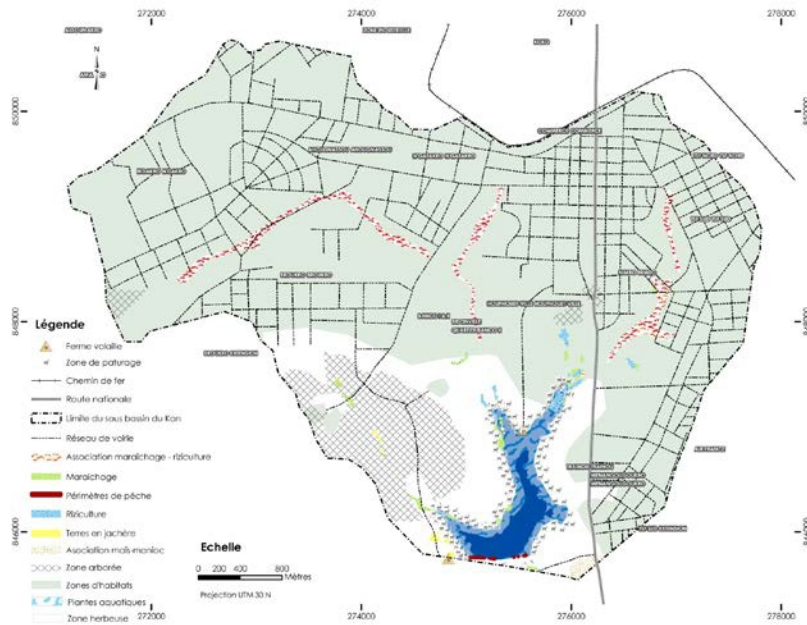


Figure-4 : Carte d'occupation du sol du sous bassin du Kan

La cartographie des activités sources de nuisance/pollution dans le sous bassin versant est réalisée sur la base de la carte d'occupation du sol. L'analyse des différentes activités socioéconomiques, développées autour du barrage, montre que celles-ci ont des impacts négatifs aussi bien sur la quantité que sur la qualité des eaux du barrage, dont entre autres, les phénomènes d'ensablement/envasement et de pollution. La carte des différentes activités sources de nuisance/pollution (figure-5) met en relief principalement cinq (05) types d'activités sources de nuisances : l'urbanisation (zones d'habitats) ; l'agriculture (zones agricole) ; la pêche (zone de pêche) ; l'élevage de volaille (zone avicole) ; l'élevage de bovins (zone de pâturage).

Lorsqu'ils ne sont pas assainis par des dispositifs individuels, types fosses septiques ou latrines à fosses perdues ; l'ensemble des habitations de toute la zone urbanisée en amont du barrage rejettent leurs eaux usées domestiques directement dans le Kan, sans aucun traitement préalable. Les impacts écologiques, socio-économiques et sanitaires de ces rejets pourraient être multiples:

- Contamination chimique, bactériologique et parasitologique des eaux de surface et souterraines ;
- Diminution des rendements des terres agricoles ;

- Nuisances olfactives, visuelles et respiratoires chez la population riveraine ;
- Intoxication humaine et animale.

Ces rejets domestiques sont chargés en matières organiques issues des eaux vannes (déchets humains liquide ou solide), des coliformes fécaux (pollution microbiologique), des graisses et des eaux grises (eaux de cuisines et des bains) ; chargées en détergents et savon.

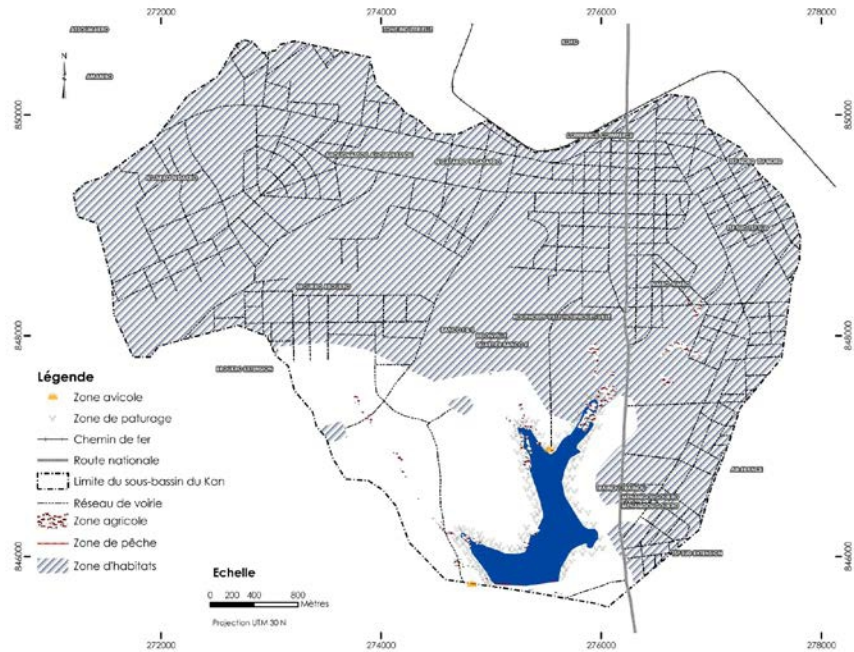


Figure-5: Carte des activités socio-économiques sources de nuisance/pollutions



Figure-6 : Cours d'eau (affluent du Kan) pollué par les rejets domestiques

Les apports des rejets sont caractérisés par de fortes teneurs en ammonium, en phosphate, en chlorure et en sulfates. Les conséquences, sont de rendre le milieu réducteur et cela par la consommation d'oxygène par les

bactéries réductrices. Ces matières organiques sont transformées en matières minérales par l'action bactérienne en aérobiose provoquant une oxydation, puis en anaérobiose engendrant une fermentation si la réoxygénation naturelle du cours d'eau n'est pas suffisante. Un gaz carbonique résulte de cette transformation, une partie s'échappe dans l'air et l'autre partie se dissout dans l'eau accentuant le taux de concentration des nitrates et des phosphates. La figure-6 ci-dessus met en évidence l'influence négative des rejets urbains (liquide et solide) sur la qualité des eaux du barrage du Kan. Les rejets renfermant une importante quantité des substances organiques consomment l'oxygène présent dans le milieu aquatique récepteur et peuvent tuer toute vie dans la retenue d'eau du Kan.

Parmi les potentielles causes de pollution de la retenue d'eau du Kan, nous pouvons indexer le trafic routier, les stations de lavage, de vidange et de carburants. Cinq (05) stations de carburant sont très proches de la retenue du Kan. Les véhicules et les infrastructures routières sont des sources chroniques d'éléments traces métalliques en milieu routier. Les émissions polluantes liées aux véhicules sont dues en partie, à l'abrasion et la corrosion des matériaux solides du véhicule et en partie à l'utilisation de différents fluides. Les principaux matériaux solides à considérer sont les pneumatiques, les garnitures de freins et la carrosserie. Les flux de plomb, de zinc et de chrome provenant de la corrosion des pneumatiques sont importants. Les garnitures de freins sont à l'origine d'apport en cadmium, chrome et plomb. L'utilisation de divers fluides comme le carburant, les graisses de lubrification ou l'huile de moteur, contribuent aux émissions polluantes des véhicules. Le carburant est la principale source du plomb, cela s'explique par l'ajout de dérivés alkylés du plomb (tétraéthyle et tétraméthyle de plomb). Le zinc est très présent dans les huiles du moteur ou les lubrifiants, dans lesquels il est ajouté comme antioxydant. Il est également présent dans le fluide de transmission. Le plomb et le zinc sont les principaux éléments rélargis au cours de la corrosion des infrastructures routières.



Figure-7 : Stations de lavage, de vidange et de carburants à proximité du Kan

L'activité agricole modifie fortement la qualité et la dynamique de l'eau dans le milieu. Par la transformation du couvert végétal, le travail du sol, l'apport de fertilisants et de pesticides, l'agriculture altère le cycle de l'eau comme de ses composés. La croissance de la production agricole entraîne des dégradations des sols et des eaux.

La pollution des eaux d'origine agricole est généralement liée aux nitrates ou aux phosphates. L'influence de l'agriculture dans la pollution du Kan apparaît par l'effet de l'utilisation intensive des produits fertilisants chimiques ou organiques (engrais minéraux et déjections animales), ainsi que les pesticides (insecticides, fongicides, acaricides et herbicides) sur les terrains perméables. Ces derniers permettent une infiltration/ruissellement directe de la forme azotée (nitrates, nitrites, ammonium, phosphates, etc...). Les engrais organiques ou minéraux, lorsqu'ils sont appliqués en trop grande quantité par rapport aux besoins des plantes et à la capacité de rétention des sols, sont des causes majeures de la pollution de l'eau potable ou de l'eutrophisation des eaux du Kan à travers le lessivage des éléments solubles, soit vers la nappe phréatique soit, vers la retenue du Kan par ruissellement.



Figure-8: Terres agricoles à proximité de la retenue d'eau brute du Kan

Aussi, l'application des produits phytosanitaires peut présenter des risques pour les ressources en eau du barrage soit par contamination ponctuelle lors de la manipulation des produits (débordement de pulvérisation en bout de champ, mauvaise gestion des fonds de cuve, remplissage ou rinçage des pulvérisateurs) ou lors de l'entreposage (fuite), soit par contamination diffuse après l'application des produits, par ruissellement vers les eaux de surface ou par infiltration vers les eaux souterraines.

Pour les agriculteurs du sous-bassin du Kan, le recours à l'irrigation est nécessaire pour faire face aux insuffisances des précipitations, garantir une production agricole régularisée et diversifiée, améliorer les rendements agricoles, garantir la sécurité alimentaire. L'irrigation en elle-même n'est pas mauvaise car c'est une technique qui permet à l'agriculteur de se libérer de la dépendance des aléas climatiques en matière de pluviosité dans la conduite de ses activités. Cependant, l'irrigation peut avoir des effets négatifs sur l'environnement, en particulier sur la qualité des eaux de la retenue du Kan et des eaux souterraines à travers soit la mauvaise qualité de l'eau qu'elle applique soit en servant de vecteur aux intrants (engrais azotés et pesticides appliqués souvent en excès). De façon générale, l'impact de l'irrigation sur le milieu naturel et sur la qualité des eaux est complexe et demeure très largement controversé. La mauvaise pratique de l'irrigation est à l'origine de la pollution des eaux par les nitrates, phosphates, pesticides, MES (Matières En Suspension) et autres éléments toxiques à travers plusieurs mécanismes :

- Le ruissellement à la surface du sol dû à des doses trop importantes d'irrigation. L'irrigation inefficace du sol entraîne un ruissellement excessif et la saturation des sols. L'eau de ruissellement qui s'écoule dans les cours d'eau ou jusqu'aux eaux souterraines peut contenir des sels, des déchets organiques, des agents pathogènes ainsi que des pesticides et des engrais agricoles.

- La percolation (drainage) profonde due à des apports supérieurs à la capacité de stockage de la zone racinaire.

La pratique de l'irrigation peut aggraver la pollution diffuse en accentuant l'entraînement des polluants vers les nappes, en saison estivale dans les sols argileux par les fissures du sol, et en saison pluvieuse par infiltration au-delà de la zone racinaire, lorsque les réserves hydriques du sol en fin de culture n'ont pas été épuisées. Dans le sous bassin du Kan, l'irrigation des terres agricoles ne se fait pas toujours avec des eaux respectant les normes de qualité requises. Ces eaux de qualité physico-chimique médiocre peuvent provenir de plusieurs sources : les eaux de drainage chargées en sels et en nutriments, les eaux usées brutes, domestiques.

Les techniques de préparations des parcelles ; défrichage, nettoyage, scarifiage des sols, contribuent à la désagrégation des sols dont les éléments libérés sont plus facilement transportés par les précipitations et les vents jusqu'à la retenue du barrage où ils contribuent ainsi, à l'ensablement et l'envasement du barrage. Notons que les particules terreuses, les plus fines, sont responsables d'une très forte augmentation de la turbidité des eaux qui occasionnent une demande importante de coagulants, lors de la potabilisation des eaux.

Les agriculteurs utilisent principalement des haies mortes (branches des épineux, bois, etc.) pour la clôture des parcelles très menacées par les animaux. Le renouvellement annuel de ces haies mortes contribue fortement au déboisement du bassin versant du barrage. Cela favorise, par conséquent, l'intensité de l'érosion hydrique d'où une augmentation de la charge en sédiments des eaux de ruissellements se déversant dans le barrage. Enfin les haies mortes, laissées en place chaque année, à la fin des cultures, sont transportées par les eaux de pluies et des crues, jusque dans la retenue du barrage où elles se décomposent, contribuant ainsi l'envasement de la retenue.

Par ailleurs, on a relevé une importante utilisation des fertilisants sur les parcelles. Il s'agit des engrais minéraux et de la fumure organique. L'utilisation des produits phytosanitaires est largement pratiquée également; en effet bon nombre d'agriculteurs utilisent des produits phytosanitaires pour le traitement des cultures, tandis que quelques-uns pratiquent la lutte alternative (utilisation des solutions de tabac et de piment). Cette forte utilisation, parfois mal contrôlée, des engrais chimiques et des produits phytosanitaires par la grande majorité des agriculteurs pour l'amélioration des rendements sur les parcelles, constitue un facteur potentiel de pollution des eaux du barrage. L'utilisation des pesticides et herbicides (souvent non homologués), l'usage à forte dose des engrais minéraux, l'épandage à large échelle de la fumure organique pour le maraîchage rendent le traitement de l'eau difficile. Aussi, l'une des conséquences de cette situation est l'enrichissement de l'eau en nutriments, particulièrement le phosphore et l'azote, indicateurs d'un état avancé d'eutrophisation des eaux.



Figure-9: Périmètre rizicole dans la retenue d'eau brute du Kan

Malgré l'interdiction de pêche, les pêcheurs mènent leurs activités tout au long de l'année sur le barrage. Les poissons capturés appartiennent aux

espèces suivantes : *Heterotisnicoticus*, *Tilapia*, *Clarias*. En principe, la pêche est considérée comme non consommatrice d'eau. Par ailleurs, en dehors des matériels simples de pêche, les filets, les hameçons et les pirogues, aucun produit toxique et objet nuisible, ne sont utilisés pour la pratique de la pêche. La principale menace liée aux activités de pêche est le risque de pollution accidentel par les pêcheurs.



Figure-10: Pêcheurs sur la digue de la retenue d'eau du Kan

L'élevage est une activité pratiquée de façon nomade pour les bovins et de façon sédentaire pour les volailles. L'ensemble des troupeaux bovins ont recours aux eaux du barrage. Les animaux ayant directement accès à la retenue du barrage, par conséquent, leurs déjections et leurs barbouillages dans l'eau du barrage constituent une importante source potentielle de pollution des eaux (figure-11). Par ailleurs, les parcours des animaux autour du barrage, à la recherche des ressources fourragères, ainsi que les pistes d'accès des animaux à l'eau du barrage, sont des chemins préférentiels pour les eaux de ruissellement qui sont un puissant facteur d'érosion et d'ensablement de la retenue.



Figure-11: Animaux paissant et s'abreuvant au niveau de la retenue d'eau du Kan

Les lavages de la vaisselle et les lessives, les baignades et le déversement des ordures ménagères, les rituelles de sacrifices d'animaux dans les eaux de la retenue du barrage, contribuent également à la pollution des eaux du barrage.

Conclusion générale

Les activités socioéconomiques dans les environs du Kan contribuent de manière significative à l'amélioration des conditions de vie d'une fraction de la population, en leur permettant de lutter contre la pauvreté et l'insécurité alimentaire.

Malheureusement, la forte urbanisation, la variabilité climatique et les différentes activités socioéconomiques, constituent des menaces graves pour le barrage du *Kan*. Elles ont des impacts négatifs aussi bien sur la quantité que sur la qualité des eaux du barrage, dont entre autres, les phénomènes d'ensablement/envasement et de pollution.

Aussi, à travers cette étude, nous avons pu utiliser de manière efficace les SIG pour la cartographie et l'identification des sources de nuisance et de pollution dans le sous bassin du Kan en utilisant quelques données de bases et des moyens toutefois limités.

References:

1. Department of the Environment (1992). Digest of environmental protection and water statistics No 14, 1991. London.
2. Etude Hydrologique des petits bassins versants en Côte d'Ivoire rapport Général, Tome2 Zone de Savane, (1960).
3. Falahi-Ardakani A. (1984). Contamination of environment with heavy metals emitted from automobiles. In *Ecotoxicol Environ Safety* 8. p152-61.
4. GINESTE P. (1998). Contribution de l'imagerie satellitale RADAR ERS à la détection des zones saturées et à la modélisation hydrologique d'un petit bassin versant agricole par TOPMODEL. Thèse de Doctorat, Cemagref-Engref, Montpellier, France, 273p.
5. GOULA B.T.A., SAVANE I., KONAN B., FADIKA V., KOUADIO G. B. (2006). Impact de la variabilité climatique sur les ressources hydriques des bassins de N'zo et N'zi en Côte d'Ivoire (Afrique tropicale humide). *Vertigo*, n°1, pp.1-12.
6. Greater London Council Public Services and Fire Brigade Committee (1982). Lead pollution from Petrol. GLC PSFB407.
7. Leidmann, P. & al (1994). Removal of heavy metals from polluted soil with grass silage juice. *Chemosphere* Vol. 28, p383-390.
8. MONNIER V. (1978). La végétation, pp. 17-19. In P. Vennetier. "Atlas de la Côte d'Ivoire". Editions j.a. Paris, 72p.

9. U.S. EPA - U.S. Environmental Protection Agency. (1974). Information on Levels of Environmental Noise Requisite to Protect Public Health and Welfare with an Adequate Margin of Safety.