

Impacts de l'orpaillage sur la morphologie et la qualité des eaux du fleuve Cavally (Zouan-hounien, Côte d'Ivoire)

[Artisanal gold panning impacts on morphology and water quality of Cavally river (Zouan-hounien, Côte d'Ivoire)]

Konan Kouakou Séraphin¹, Kouassi Kouakou Lazare¹, Konan Koffi Félix², Yapo Assémian Sylvestre¹, and Brou Loukou Alexis¹

¹Laboratoire des Sciences et technologies de l'Environnement, Université Jean Lorougnon Guédé, Côte d'Ivoire

²Laboratoire en Ecologie, Biodiversité et Evolution, Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa, Côte d'Ivoire

Copyright © 2020 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: Since the crisis that happened in 2002, artisanal gold panning activity is practised on the minor and major bed of Cavally river in Zouan-hounien (Côte d'Ivoire). This generating activity of income to the populations is done without respecting the environmental and social measures. However the water of the river is used by this population for food, bodily, agricultural needs. This study aims at evaluating the impacts of artisanal gold panning on the morphology and the quality of water of the Cavally river. Thus, the treatment of satellite images by teledetection software and geographics informations systems, the analyze and the treatment, with SEQ-Water tool, for samples taken are used. It comes out from this study that surfaces of the sections of the river evolved/moved from 5,68%, in 1986, to 16,31%, in 2011. Between 2011 and 2018, surfaces of the sections increased by 16,39% to 55,93%. This study raises too that water of the Cavally river is of average quality. It thus allowed to propose an action plan to fight against the impacts of the artisanal gold panning on the quality of water while being based on the classification carried out according to the uses.

KEYWORDS: gold panning ; water quality ; morphology ; Zouan-hounien.

RÉSUMÉ: Depuis la crise de 2002, l'orpaillage artisanal se développe sur le lit mineur et majeur du fleuve Cavally à Zouan-hounien (Côte d'Ivoire). Cette activité génératrice de revenu pour les populations se déroule sans respecter les mesures environnementales et sociales. Or l'eau du fleuve est utilisée par cette population pour des besoins alimentaires, corporels et agricoles. Cette étude vise à évaluer les impacts de l'orpaillage artisanal sur la morphologie et la qualité des eaux du fleuve Cavally. Ainsi, le traitement des images satellitaires par des logiciels de télédétection et des systèmes d'informations géographiques (SIG), de l'analyse et du traitement, à l'aide de l'outil SEQ-Eau, des échantillons prélevés ont été utilisés. Il ressort de cette étude que les surfaces des sections du fleuve ont évolué de 5,68%, en 2011, à 16,31%, en 2011. Entre 2011 et 2018, les surfaces des sections ont augmenté de 16,39% à 55,93%. Cette étude révèle aussi que l'eau du fleuve Cavally est de qualité moyenne. Elle a donc permis de proposer un plan d'action pour lutter contre les impacts de l'orpaillage artisanal sur la qualité des eaux en s'appuyant sur la classification réalisée en fonction des usages.

MOTS-CLEFS: Orpaillage ; qualité de l'eau ; morphologie ; Zouan-hounien.

1 INTRODUCTION

En Côte d'Ivoire, l'exploitation de l'or contribue à 0,7% du PIB national et emploie environ 30.000 personnes [1]. Ainsi de nombreux travaux d'exploration et d'exploitation sont en cours sur l'ensemble du territoire. En effet, la Côte d'Ivoire a voulu faire de l'industrie extractive le second pilier de son économie depuis la chute des coûts des matières premières agricoles dans

les années 1980 et 1990. De ce fait, le gouvernement a revu les codes miniers afin d'encourager les industries extractives à s'installer sur l'ensemble du territoire ivoirien [2]. Malgré ces dispositions, l'exploitation de l'or rencontre des difficultés liées à l'orpaillage notamment l'orpaillage artisanal ou clandestin.

L'exploitation artisanale de l'or est une activité très lucrative dans laquelle de nombreux acteurs, intervenant à des niveaux divers et avec des rôles précis, trouvent leur compte au plan financier. Outre cette cause, le développement de l'orpaillage clandestin est dû à la mévente des produits agricoles traditionnels (cacao et café) et à l'ignorance des impacts négatifs à moyen et long terme de cette activité sur le milieu biophysique et humain par la plupart des acteurs impliqués dans la filière [3]. Dans le département de Zouan-Hounien en Côte d'Ivoire, il existe la mine d'or industrielle d'Ity depuis les années 1960. Depuis la crise, il se développe l'orpaillage artisanal sur le lit mineur et majeur du fleuve Cavally [4]. En réalité l'orpaillage artisanal n'est pas en soi une mauvaise activité car elle présente une source génératrice de revenu pour les populations. Malheureusement, elle se déroule sans respecter les mesures environnementales et sociales dans le fleuve Cavally pendant que l'eau de ce fleuve est utilisée par les mêmes populations pour des besoins alimentaires, corporelles et agricoles [2]. Dans la pratique, les technologies employées par cette activité ne sont pas adaptées [5] et les outils sont rudimentaires [3]. Vue l'importance socio-économique du fleuve Cavally tant à l'échelle locale que nationale il est donc important de préserver cette ressource. C'est ainsi que cette étude est menée dont l'objectif est d'évaluer l'influence des activités d'orpaillage artisanal sur la morphologie et la qualité de l'eau du fleuve Cavally.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 CADRE PHYSIQUE DE LA ZONE D'ÉTUDE

L'étude est réalisée sur la partie du bassin versant du Cavally située entre 6,80° et 6,90° de latitude Nord et entre 8,05° et 8,13° de longitude Ouest (Figure 1). Le bassin versant du Cavally est caractérisé par une végétation de forêt dense, par un réseau hydrographique très serré [6] et par un climat de montagne avec quatre saisons dont deux saisons pluvieuses (de mars à octobre) et deux saisons sèches (de novembre à février) pour une précipitation moyenne annuelle de 1866 mm et une température moyenne annuelle est de 25,6 °C [7]. L'agriculture est la principale activité de la région. L'orpaillage clandestin fait également partie des activités économiques importantes de la région [8].

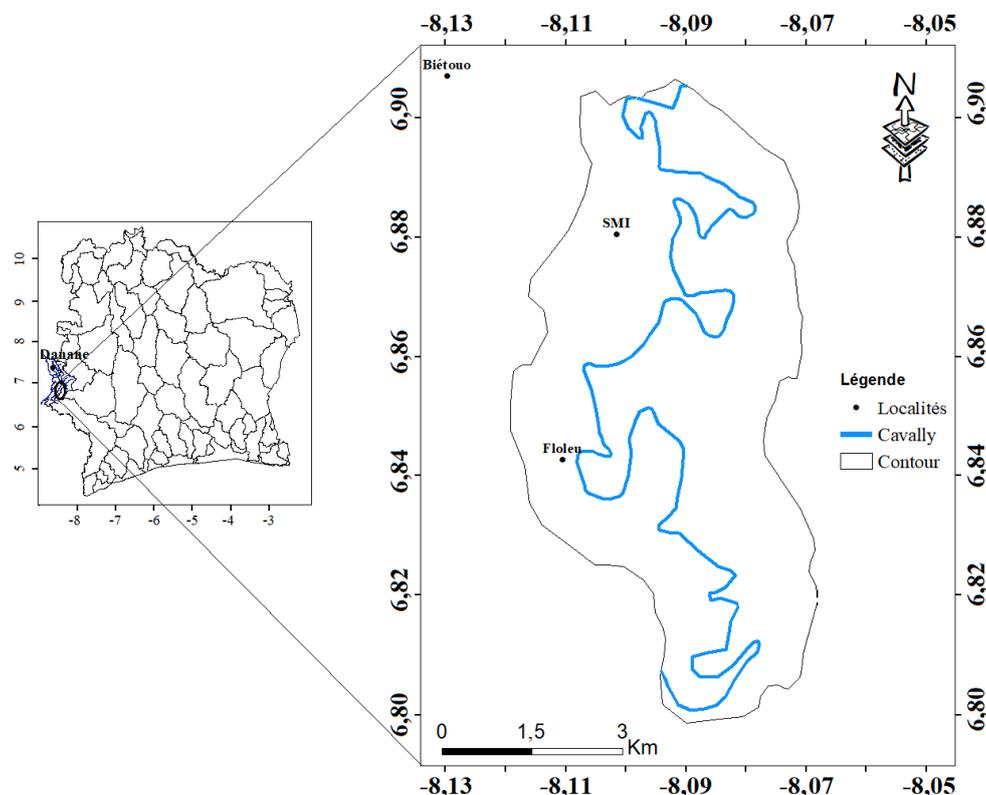


Fig. 1. Carte de localisation de la zone d'étude

2.2 DYNAMIQUE DU PLAN D'EAU DU FLEUVE CAVALLY

2.2.1 PRÉTRAITEMENT DES IMAGES SATELLITAIRES

Le prétraitement appliqué aux images est la correction géométrique à l'aide du logiciel ENVI 5.3. elle consiste au référencement des images de façon à ce qu'en tout point de l'image il soit possible d'avoir la position en coordonnée dans un système de référence [9]. L'image de 2018 a été utilisée car elle a subi des corrections atmosphérique et géométrique de la part du fournisseur [10].

2.2.2 TRAITEMENT DES IMAGES SATELLITAIRES

Le traitement des images a consisté à faire des compositions colorées des différentes images de 1986, 2011 et 2018 permettant de distinguer les différents objets au sol. Les contours du plan d'eau de chaque année sont ensuite vectorisés et validés. Une fois traitées ces images sont exportées dans ArcGIS pour être vectorisées.

Les vectorisations des contours de 2011 et de 2018 ont été ensuite respectivement contrôlées avec l'ortho image de 2012 et l'image Google earth de 2018 pour des écarts inférieurs à 5%. L'opération de vérification a nécessité dix points de contrôle répertoriés sur les images vectorisées de 2011 et de 2018 et par la suite repérés sur les supports de vérification (Ortho image et image Google earth). Ces images ont servi de base de vérification de celle de 1986. Tout ceci a été confirmé par une visite de terrain.

2.2.3 CALCUL DES SURFACES DES SECTIONS

Après la validation de la carte des contours, des sections ont été définies afin d'évaluer la zone la plus perturbée par le phénomène d'orpaillage artisanal. Au total cinq sections ont été définies sur la portion du cours d'eau : une section (section 1) en amont de la zone d'étude ; trois sections (section 2, section 3 et section 4) dans la zone d'étude ; une section (section 5) en aval de la zone d'étude (Figure 2). La surface du cours d'eau de chaque section est déterminée.

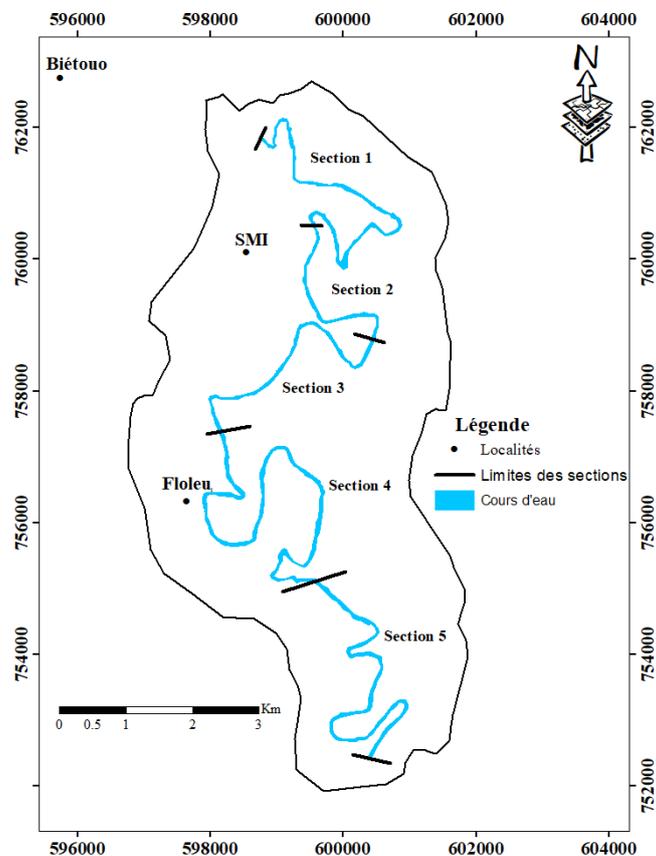


Fig. 2. Sections définies dans le cours d'eau de la zone d'étude

2.3 EVALUATION DE LA QUALITÉ DE L'EAU

2.3.1 CHOIX DES STATIONS

Les stations choisies sont le reflet de biotopes différents. Il s'agit des lieux d'échanges d'eau entre le fleuve, les affluents et des zones d'implantation d'activités humaines (habitations, orpaillage, plantations, infrastructures d'exploitation de gisement, etc.) [11]. La station S7, à Danané, est utilisée comme station de référence car l'activité d'orpaillage n'y est pas constatée.

2.3.2 PRÉLÈVEMENTS DES ÉCHANTILLONS D'EAU

La campagne de prélèvement est effectuée aux stations préalablement sélectionnées. Les échantillons d'eau ont été prélevés dans des bouteilles en polyéthylène initialement lavées à l'acide nitrique puis à l'eau distillée. Avant de remplir les bouteilles, elles sont rincées avec l'eau à prélever. La bouteille tenue à l'aide d'une main est plongée dans l'eau jusqu'à 20 cm de profondeur, le goulot dirigé à contre-courant, selon les recommandations de [12]. La bouteille remplie à ras-bord est retirée du plan d'eau et fermée hermétiquement à l'aide d'un bouchon afin d'éviter tout échange gazeux avec l'atmosphère. Pour éviter le mélange des échantillons d'eau, une codification a été faite. Les échantillons d'eau sont ensuite transportés dans une glacière, où la température est maintenue à 4°C, au laboratoire pour être analysé. La température, la conductivité et le pH ont été mesurés *in situ* à l'aide de la sonde du multi paramètre, de marque HANNA-HI9820. L'étalonnage de l'appareil a été effectué au laboratoire avant l'embarcation sur le terrain. L'analyse au laboratoire des sels nutritifs et des paramètres microbiologiques sont effectuées selon les méthodes indiquées dans les tableaux I et II.

Tableau 1. Méthode d'analyse des sels nutritifs

Paramètres	Méthode	Éléments du principe
Nitrates	ISO 7890-3	Méthode spectrométrique avec l'acide sulfosalicylique.
Orthophosphates	NF EN ISO 6878	Méthode spectrométrique au molybdate d'ammonium.

Tableau 2. Méthode d'analyse microbiologique

Paramètres	Méthode	Éléments du principe
Bactéries Coliformes	NF EN ISO 9308-1	Méthode par filtration sur membrane.
<i>E. Coli</i>		
Entérocoques Intestinaux	NF EN ISO 7899-2	Méthode par filtration sur membrane.
<i>Salmonella spp</i>	NF EN ISO 19250	Recherche de salmonella

2.3.3 TRAITEMENT DES DONNÉES

L'outil SEQ-Eau est un outil performant servant à résumer un grand nombre de données complexes sur la qualité de l'eau en un message facile à comprendre par le public et les gestionnaires de la ressource en eau [13]. Dans ce système, les concentrations des différents paramètres sont converties en sous indices à l'aide de formule mathématique pour produire l'indice final qui renseigne sur la qualité des eaux [14]. Pour ce faire, l'indice de qualité pondéré de chaque paramètre est calculé par la formule mathématique proposée [15] (équation 1). La transformation des valeurs des concentrations en indice permet ainsi de combiner les paramètres en altération. L'indice d'une altération s'obtient par la moyenne des valeurs pondérées des paramètres caractérisant ladite altération. Il varie de 0 à 100 et les mêmes codes de couleurs sont appliqués. L'indice de qualité de l'eau est l'indice le plus faible obtenu pour l'ensemble des altérations considérées.

$$IPpa=li+[Is-li/bs-bi]*(bs-pa) \quad (\text{Éq 1});$$

IPpa : indice pondéré du paramètre analysé ; li : Indice inférieur ; Is : Indice supérieur, bi : borne inférieure ; bs : borne supérieure et pa : paramètre analysé.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 RÉSULTATS

3.1.1 MORPHOLOGIE DU LIT DU COURS D'EAU

La dynamique de la morphologie de la portion du fleuve étudiée montre un élargissement de son lit en certains endroits entre 1986 à 2018 (Figure 3).

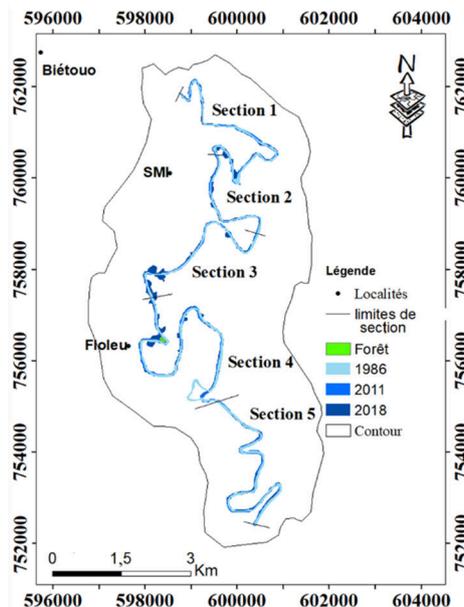


Fig. 3. Carte du suivi interannuel du lit du cours d'eau du fleuve Cavally

Cet élargissement du lit du cours d'eau est plus remarqué dans les sections 3 et 4. Sur les figures 4 et 5 On remarque que l'élargissement du cours d'eau est plus important entre 2011 et 2018.

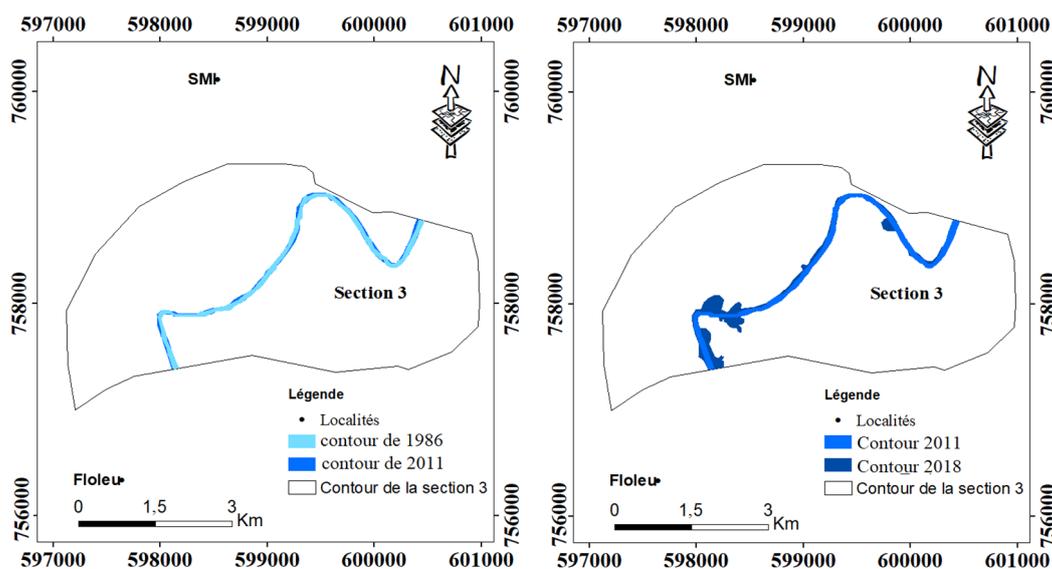


Fig. 4. Evolution du lit du cours d'eau à la section 3

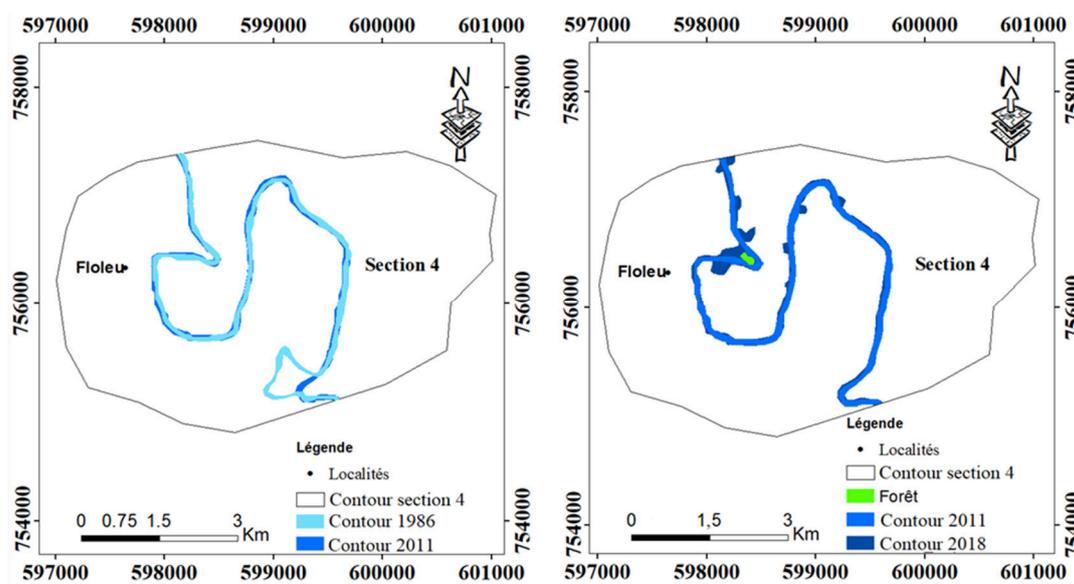


Fig. 5. Evolution du lit cours d'eau à la section 4

3.1.2 EVOLUTION DES SURFACES DU COURS D'EAU

De 1986 à 2011, les surfaces des sections ont évolué de 5,68 à 16,31%. Les sections 2 et 3 ont une évolution surfacique supérieure à 10% qui sont respectivement 16,31% et 13,70%. Entre 2011 et 2018, les surfaces des sections varient entre 12,47% et 55,93%. Les taux d'élargissement des sections 1 et 5, respectivement 16,39% et de 12,47%, sont les plus faibles tandis que le taux de la section 4 (55,93%) est le plus élevé (Tableau 3).

Tableau 3. Récapitulatif des surfaces des sections

		Surface en km ²			Augmentation	
		1986	2011	2018	1986 - 2011	2011 – 2018
Amont	Section 1	0,30	0,31	0,37	6,60%	16,39%
Zone d'étude	Section 2	0,11	0,13	0,16	16,31%	22,62%
	Section 3	0,17	0,20	0,31	13,70%	55,93%
	Section 4	0,39	0,41	0,51	5,68%	25,42%
Aval	Section 5	0,30	0,32	0,36	6,26%	12,47%

3.1.3 ANALYSE STATISTIQUE DES PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES

Les valeurs de conductivité, oxygène dissous, pH, nitrate, nitrites, nitrates et ammonium ont des concentrations inférieures à la valeur guide de l'OMS pour la potabilité des eaux de boisson fixée (figure 6). Celles de la température et de l'orthophosphate sont supérieures à la valeur de l'OMS. Les valeurs de températures, conductivités, oxygène dissous, pH et ammonium obtenues attestent de la mauvaise qualité de l'eau selon la norme OMS.

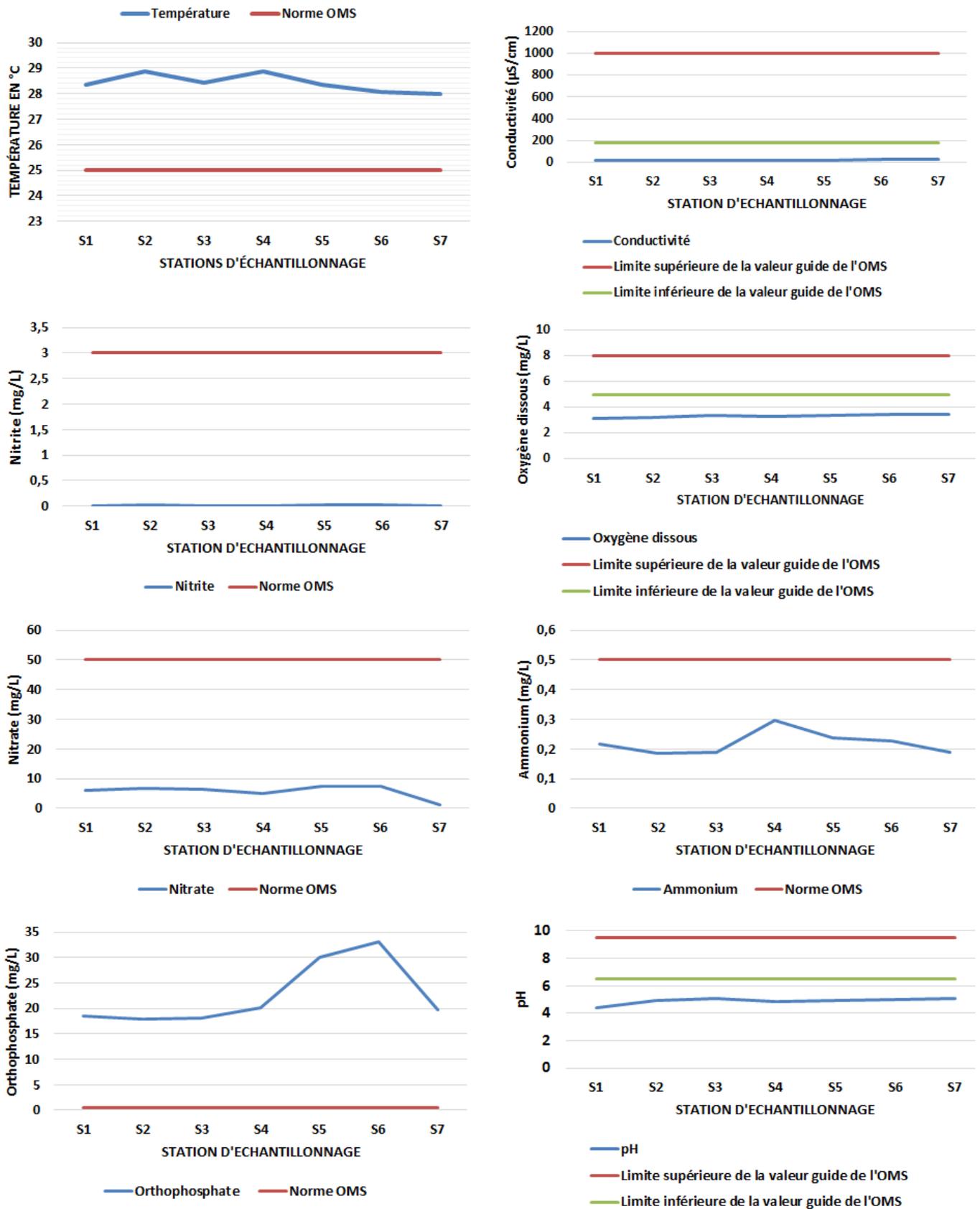


Fig. 6. Comparaison des paramètres physico-chimiques du fleuve à la norme OMS

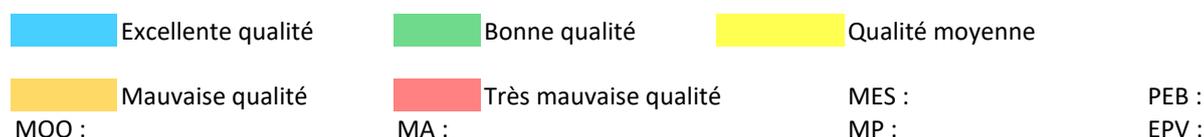
3.1.3.1 ANALYSE DE LA QUALITÉ DE L'EAU PAR L'OUTIL SEQ-EAU

ALTÉRATIONS DE LA FONCTION BIOLOGIQUE

Les qualités des altérations varient d'excellente à mauvaise (Figure 7). L'altération « Effets des proliférations végétale » est d'excellente qualité à toutes les stations. L'altération « Matières phosphorées » est le plus déclassant. Ces indices varient entre 16,87 et 18,38. Les indices de qualité de la station de référence (S7) sont supérieurs aux indices de qualité des autres stations pour les altérations « Matières organiques et oxydables », « Matières azotées », « Nitrates » et « Particules en suspension ».

Tableau 4. Qualité des altérations de la fonction biologique du fleuve Cavally

Stations	MOO	MA	Nitrates	MP	EPV	MES	T°	Acidification	PEB
S1	42,64	84,10	79,58	18,33	96,95	84,56	19,11	19,11	96,00
S2	43,29	82,16	79,54	18,38	95,15	85,18	21,56	21,56	100,00
S3	45,41	84,75	79,57	18,36	94,79	83,44	22,04	22,04	79,11
S4	42,44	80,72	79,71	18,16	95,38	76,42	21,31	21,31	100,00
S5	44,56	76,45	79,43	17,16	95,11	60,47	21,64	21,64	100,00
S6	45,87	76,74	79,43	16,87	94,88	57,28	21,93	21,93	100,00
S7	50,51	90,13	88,00	18,20	94,79	90,49	22,15	22,15	97,98



3.1.3.2 ALTÉRATIONS DE L'USAGE EAU POTABLE

Selon la figure 8 l'altération « Minéralisation » est le plus déclassant. Les indices de cette altération sont compris entre 20,76 et 35,32. Les altérations « effets des proliférations végétales », « Nitrates » et « pesticides sur eau brute » sont d'excellente qualité dans toutes les stations. On constate une dominance de l'indice de qualité des altérations « Particules en suspension » et « Minéralisation » à la station S7.

Stations	Matière organiques et oxydables	Nitrates	Effets des proliférations végétales	Particules en suspension	Acidification	Minéralisation	Pesticides sur eau brute	Micro-organismes
S1	47,89	97,52	92,56	73,20	63,11	20,76	99,80	100,00
S2	48,28	97,36	92,65	73,55	64,29	21,00	100,00	100,00
S3	49,77	97,48	97,12	72,55	64,58	21,95	98,60	100,00
S4	47,63	98,04	92,29	69,12	64,13	21,25	100,00	100,00
S5	49,19	96,96	92,07	67,38	64,33	21,80	100,00	74,53
S6	50,13	96,96	97,14	67,06	64,51	22,33	100,00	100,00
S7	50,63	99,52	96,88	86,45	64,64	35,32	99,70	71,25

■ Excellente qualité ■ Bonne qualité ■ Qualité moyenne
■ Mauvaise qualité ■ Très mauvaise qualité

Fig. 7. Qualité des altérations de l'usage production d'eau potable du fleuve Cavally

3.1.3.3 QUALITÉ PHYSICO-CHEMIQUE GLOBALE FLEUVE CAVALLY

La qualité physico-chimique de l'eau des stations de mesure sont de qualité moyenne (Figure 9). Les indices de qualité de l'eau varient de 40,21 à 50,00. Les indices de qualité obtenus aux stations situées dans la zone d'étude sont inférieurs à celle de la station de référence S7 (58,97%).

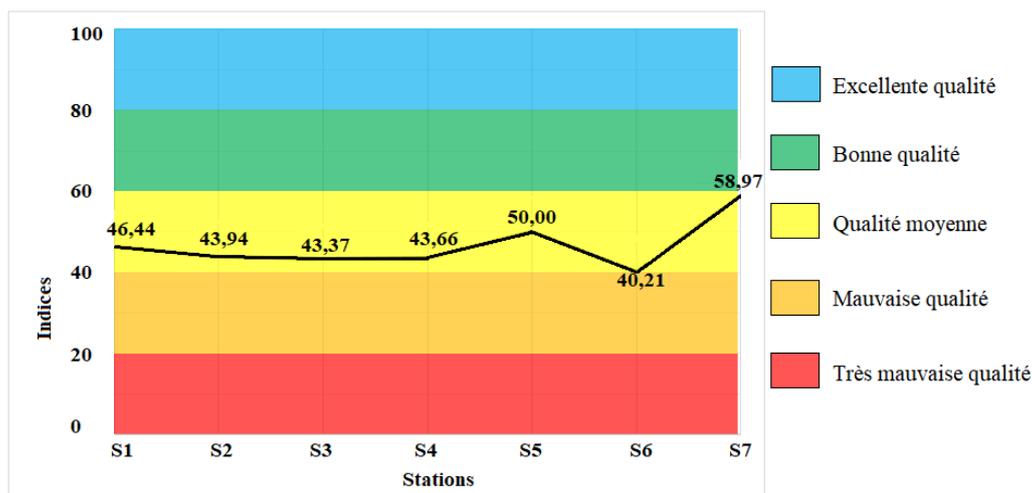


Fig. 8. Qualité physico chimique globale de l'eau du fleuve Cavally

3.2 DISCUSSION

Cette étude s'est intéressée aux méfaits de la pratique des activités d'orpaillage artisanal sur la morphologie du cours d'eau. Les conséquences de l'orpaillage artisanal sont plus accentuées dans la zone située entre le périmètre d'exploitation de la Société des Mines d'Ity (SMI) et le village Floleu. Sur cette portion du fleuve, l'activité d'orpaillage clandestin est menée intensément aussi bien dans le lit mineur que sur les berges. Elle pourrait être à l'origine de la déformation du lit du cours d'eau comme le justifie [16], [5], [17]. Ces auteurs qui ont menés des études semblables à Bounkani en Côte d'Ivoire et au Burkina Faso affirment l'activité d'orpaillage clandestine fragilise les sols, détruit progressive des terres arabes, déstabilise des berges et prédispose le sol à des processus d'érosion souvent intenses. En effet, l'exploitation artisanale de l'or s'accompagne en général d'ouverture de tranchées, de puits, du grattage et du retournement des sols.

La température élevée de l'eau pourrait s'expliquer par les perturbations du climat. L'acidité de l'eau constatée aux stations s'explique par l'exposition du plan d'eau à l'atmosphère occasionnée par les activités d'orpaillage clandestines comme le soutient [16]. Il stipule que les orpailleurs clandestins détruisent la forêt qui borde de la rivière pour en faire des bois de chauffe et des matériaux de construction lors de leur passage. Or, la disparition du couvert végétal expose le plan d'eau au rayonnement solaire. [18] et [13] démontrent dans une étude menée sur les eaux de surface de la région d'Adiaké et de Bonoua, que l'acidité de l'eau en zone tropicale humide est due au dioxyde de carbone dissous provenant soit de l'atmosphère, soit des réactions métaboliques des microorganismes et des matières organiques contenues dans l'eau. Aussi, les concentrations de particule en suspension et des matières phosphorées dans l'eau sont élevées dans le fleuve Cavally. Ces résultats sont similaires à ceux de [8] qui a effectué des analyses physico-chimiques sur la même portion du cours d'eau. Ces résultats pourraient s'expliquer par les rejets de produits et de boues dans le cours d'eau par les orpailleurs clandestins. [17] soutiennent cette affirmation car ils constatèrent lors d'une étude visant à mettre en évidence les effets de la pratique de l'orpaillage en milieu rural à Bounkani (Côte d'Ivoire) que les orpailleurs clandestins déversent du carburant des entretiens des équipements et rejettent les boues extraites dans le fond du fleuve dans le cours d'eau.

4 CONCLUSION

Dans la présente recherche, il était question de mettre en exergue l'effet de la pratique de l'orpaillage artisanal sur l'environnement. Ainsi, l'étude a permis de montrer que le déroulement de l'orpaillage contribue à l'élargissement du lit mineur et majeur du cours d'eau. Ce constat est principalement remarqué lorsque cette activité est intense. Aussi impact elle la qualité de l'eau du fleuve dont les valeurs des paramètres physico-chimique ne respecte pas les normes de l'OMS. Elle rend aussi l'eau difficile à la consommation et au développement de la faune aquatique. Cette étude a permis de proposer un plan d'action pour lutter contre les impacts des activités d'orpaillage artisanal sur la qualité des eaux en s'appuyant sur la classification réalisée en fonction des usages de l'eau du fleuve Cavally

REFERENCES

- [1] Chambre de Commerce et d'Industrie de Côte d'Ivoire (CCI), 2013, les mines en bref, rapport d'activité, 2 p.
- [2] Koffi Y. B., Ahoussi K. E., Kouassi A. M. & Biemi J. (2014). Ressources minières, pétrolières et gazières de la Côte d'Ivoire et problématique de la pollution des ressources en eau et des inondations, *Geo-Eco-Trop*, 38 (1) : 119-136.
- [3] Goh D. (2016). L'exploitation artisanale de l'or en Côte d'Ivoire : la persistance d'une activité illégale, *European Scientific Journal*, 12(3) : 18-36.
- [4] Brou L. A., Kouassi K. L., Konan K. S., Kouadio Z. A., Konan K. F., Kamagate B., 2017. Rain-flow modeling using a multi-layer artificial neural network on the watershed of the Cavally River (Côte d'Ivoire), *Journal of Water Resource and Protection*, 9 (12): 1403-1413.
- [5] Bamba O., Pelede S., Sako A., Kagambega N., Miningou M. Y. W. (2013). Impact de l'artisanat minier sur les sols d'un environnement agricole aménagé au Burkina Faso, *Journal des Sciences*, 13 (1) : 1-11
- [6] Vo Q. T. (1969). Etude générale de la région de man, Rapport de synthèse agricole, Bureau pour le développement de la production agricole (B. O. P. A.), 433 p.
- [7] Oka K. J. H. (2017). Evaluation des impacts des activités minières sur la qualité des eaux du fleuve Cavally dans le périmètre d'exploitation de la SMI (Zouan-hounien, Côte d'Ivoire), Mémoire de master en Génie de l'Eau et de l'Environnement, UFR Environnement, Université Jean Lorougnon Guédé Daloa, Côte d'Ivoire, 47 p.
- [8] Zénobe D. E. (2010). Exploitation industrielle des gisements d'or et dynamique spatiale du terroir d'Ity dans l'Ouest de la Côte d'Ivoire. Une étude à base de la télédétection. *RGLL*, 8 : 170-172.
- [9] Padonou M. N. & Sarr P. (2009). Contribution de la télédétection et du système d'information Géographique (SIG) à l'amélioration de la gestion des eaux de surface dans un bassin versant : cas du barrage de Mogtedo au Burkina Faso, Journée d'animation Scientifique de l'AUF, 12-15 février 2009, Alger, Algérie : 127-133.
- [10] Sallemi M. (2013). Cartographie de l'occupation du sol : Guide Pratique, Observatoire du Sahara et du Sahel, 28 p.
- [11] Konan K. S. (2015). Rapport d'étude : analyses physico-chimique, chimique et bactériologiques, EIES du projet de construction d'infrastructures reliées à l'exploitation des gisements de Gbeitouo, Walter, Zia Nord-Est, Ity, Tontouo Et Daapleu, Développement Durable consulting Afrique, 14 p.
- [12] Rodier J. (1984). L'analyse de l'eau (eaux naturelles, eau résiduelle, eau de mer), 7 ème Edition, Dunod, Paris, France. 177 p.
- [13] Tohouri P., Adja G. M., Soro G., Ake E. G., Konan I. N. & Biemi J. (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.
- [14] Belhaj H. & Kettani K. (2013). Evaluation de la qualité physico-chimique de l'Oued Martil (Rif Occidental, Maroc), *Gestion et Protection de l'Environnement Proceedings G-ENVIRON-5*, 3 : 31-38.
- [15] S.E.E.E. (2008). Fiche sur le nouveau système d'évaluation de la qualité des eaux, fiche méthodologique, 5 p.
- [16] Maradan D., Ouedraogo B., Thiombiano N., Thiombiano T., Zein K. (2011). Analyse économique du secteur des mines liens pauvreté et environnement. sba-Ecosys-CEDRES. Rapport MECV Burkina Faso- mai 2011, 69 p.
- [17] Affessi A. S., Koffi K. G. J.-C. & Sangare M. (2016). Impacts sociaux et environnementaux de l'orpaillage sur les populations de la région du Bounkani (Cote d'ivoire), *European Scientific Journal*, 12 (26) : 288-306.
- [18] Eblin S. G., Sombo A. P., Soro G., Aka N., Kambiré O. & Soro N. (2014). Hydrochimie des eaux de surface de la région d'Adiaké (sud-est côtier de la Côte d'Ivoire), *Journal of Applied Biosciences*, 75 : 6259-6271