



Journal Homepage: [-www.journalijar.com](http://www.journalijar.com)

## INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED RESEARCH (IJAR)

Article DOI:10.21474/IJAR01/17562  
DOI URL: <http://dx.doi.org/10.21474/IJAR01/17562>



### RESEARCH ARTICLE

#### ASSESSMENT OF THE QUALITY OF DOMESTIC WATER RESOURCES: CASE OF THE SAN-PÉDRO RIVER AT THE FAYÉ HYDROELECTRIC DAM (SOUTHWEST CÔTE D'IVOIRE)

M'min Marie Florence Kadjo, Kouakou Séraphin Konan, Sampah Georges Eblin, Zilé Alex Kouadio, Franck Hervé Akaffou and Lazare Kouakou Kouassi

Laboratory of Environmental Sciences and Technologies, Jean Lorougnon Guédé University, Research Scholar, Department of Environment.

#### Manuscript Info

##### Manuscript History

Received: 20 July 2023

Final Accepted: 24 August 2023

Published: September 2023

##### Key words:-

Water Quality, Water Quality Index (WQI), Drinking Water Supply Fayé Dam, San-Pédro River

#### Abstract

Surface waters are the most vulnerable to pollution and variations in the hydrological cycle. These waters are polluted by anthropogenic pollutants such as pesticides from agricultural activities and heavy metals from agro-industrial activities. The waters of the San-Pédro River reservoir at the Fayé dam are expected to be used for the drinking water supply of the population of the city of San-Pédro. The objective of this study is to assess the chemical quality of the water in the San-Pédro River at the Fayé dam based on the calculation method of the Water Quality Index (WQI). Thirteen (13) stations were sampled during the four (4) climatic seasons in 2021 and 2022. These seasons are: the large dry season (LDS), large rainy season (LRS), small dry season (SDS), and small rainy season (SRS). Chemical analyses were conducted on 27 physico-chemical and chemical parameters. The results of the Water Quality Index calculation indicate water unsuitable for drinking in all seasons. The quality of these waters is influenced by trace metal elements (TME) with average WQIavg, TME values of 1079.6; 864.5; 3007.6; and 3645.2 in LDS, LRS, SDS, and SRS, respectively. On the other hand, organic parameters have a less significant influence on the quality of this water, as evidenced by WQI values of 35.7 in LDS; 53.9 in LRS; 80.1 in SDS; and 33.5 in SRS. Therefore, this water requires appropriate treatment before any use.

Copy Right, IJAR, 2023.. All rights reserved.

#### Introduction:-

En Côte d'Ivoire, particulièrement dans la région de San-Pédro, les études hydrogéologiques réalisées ont rapporté les taux d'échecs élevés des implantations de forages (24,88 % pour le projet PUR 4) et l'abandon d'ouvrages hydrauliques en raison de la mauvaise qualité de l'eau obtenue et du caractère défectueux des pompes (Dé Lasm, 2013). Par ailleurs, vu la réduction du taux de recharge de la nappe (Dé Lasm, 2013) et l'augmentation de la population qui est passée de 442204 à 639 000 habitants entre 1998 et 2015, et ensuite à 790242 habitants en 2021 (RGHP, 2015 & 2021), l'accès à l'eau potable se pose avec acuité dans cette région. De ce fait, les populations rurales ont recours de plus en plus aux eaux de pluie, de puits, aux sources et surtout aux eaux de surface pour satisfaire leurs besoins en eau domestique, malgré leur qualité douteuse (Dé Lasm, 2013). Les ressources en eau de surface sont des écosystèmes qui transportent une charge importante de substance sous des formes dissoutes et particulières liées à leurs origines à la fois naturelles et anthropiques (Sala et al., 2000 ; Dudgeon et al., 2006 ;

**Corresponding Author:-M'min Marie Florence Kadjo**

Address:-Laboratory of Environmental Sciences and Technologies, Jean Lorougnon Guédé University, Research Scholar, Department of Environment.

Assaad, 2014). En effet, durant leur parcours dans l'ensemble des bassins versants, la composition chimique de ces eaux est influencée par la nature des terrains traversés (Probst et Probst, 2015) et les activités anthropiques (Eblin et al., 2014). Cependant, la qualité et la quantité de ces eaux sont mal connues (Fadika, 2012). Or, l'un des défis actuels pour la Côte d'Ivoire, qui se veut un pays émergent, est d'assurer de façon durable l'approvisionnement en eau potable de sa population et surtout celles des zones rurales et périurbaines. A San-Pédro, l'eau destinée à l'alimentation en eau potable (AEP) est directement prélevée dans le lit du fleuve San-Pédro. Cependant, cette ressource enregistre un niveau très bas en période d'étiage, créant des pénuries d'eau dans les ménages. Au vu de ce qui précède, l'Office Nationale de l'Eau Portable (ONEP) et la Société de Distribution d'Eau de Côte d'Ivoire (SODECI) envisagent utiliser l'eau de la retenue du barrage hydroélectrique de Fayé pour alimenter en eau potable les populations de la ville San-Pédro. Pourtant sur le bassin versant amont cette retenue, sont menées d'importantes activités agricoles et agro-industrielles (Fadika, 2012) susceptibles d'influencer négativement la qualité de l'eau brute à traiter. Il est donc nécessaire de connaître la qualité chimique des eaux du fleuve San-Pédro au barrage de Fayé.

## Matériel et Méthodes:-

### Présentation de la zone d'étude:

La zone d'étude est le versant du fleuve San-Pédro à Fayé (exutoire). Fayé est un barrage hydroélectrique situé à 35 Km au nord de la ville de San-Pédro. Ce bassin est situé entre les longitudes 6°30' et 7°05' Ouest et les latitudes 4°90' et 5°40' Nord (Figure 1A), avec une superficie est estimée à 2 400 km<sup>2</sup>. Au niveau climatique, ce bassin appartient au climat équatorial de transition caractérisé par quatre saisons dont deux saisons sèches (décembre à mars et août à septembre) et deux saisons pluvieuses (avril à juillet et octobre à novembre) (Figure 1B). La géologie de cette zone est constituée de roches cristallines et cristallophylliennes constituées de granites, granodiorites, migmatites et de gneiss, avec des sols ferrallitiques fortement désaturés sous une forte pluviométrie de plus de 1400 mm de pluie (Dé Lasme, 2013 ; Konin, 2021). Cette région est une zone d'intenses activités anthropiques caractérisées par un développement des activités agricoles et agro-industrielles (Fadika, 2012).

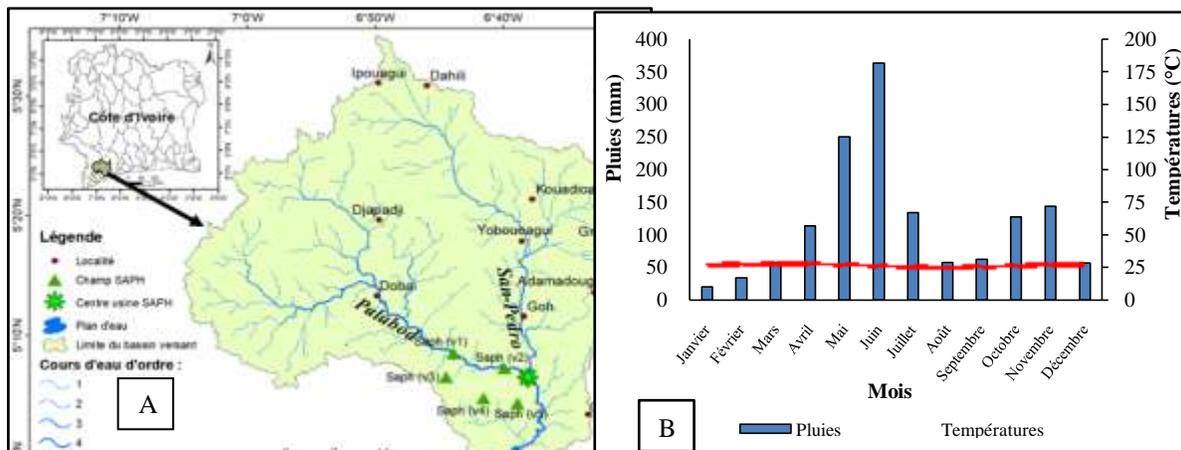


Figure 1:- A:-Localisation de la zone d'étude ; B:-Diagramme ombrothermique de la région de San-Pédro (1979 à 2019)

### Données:

Les données sont essentiellement des données hydrochimiques qui sont constituées des résultats d'analyses physico-chimiques et chimiques de cinquante-deux(52) échantillons d'eau prélevés en amont et en aval de la retenue du barrage hydroélectrique de Fayé durant les quatre (4) campagnes. Ces campagnes se sont déroulées pendant les 4 saisons climatiques que sont : le mois d'août (petite saison sèche : PSS) et de novembre (petite saison pluvieuse : PSP) 2021 et, de mars (grande saison sèche : GSS) et juillet (grande saison pluvieuse : GSP) 2022.

Le potentiel d'hydrogène (pH), la température (T°C), l'oxygène dissous (O<sub>2</sub>), la conductivité électrique (CE), la turbidité (Turb.) ont été mesurés sur le terrain. Au laboratoire, les sulfates (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), les nitrates (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>), les nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), les orthophosphates (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>), l'ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), la demande biochimique en oxygène en cinq jours (DBO<sub>5</sub>), la demande chimique en oxygène (DCO), le carbone organique total (COT), le calcium (Ca<sup>2+</sup>), le magnésium (Mg<sup>2+</sup>), le sodium (Na<sup>+</sup>), le potassium (K<sup>+</sup>), le fer (Fe), le manganèse (Mn), le cuivre (Cu), le zinc (Zn),

l'arsenic (As), le cadmium (Cd), le chrome (Cr), le plomb (Pb), le mercure (Hg), ainsi que le nickel (Ni) ont été dosés. Le choix des sites a tenu surtout compte des zones d'activités anthropiques et la zone envisagée pour l'implantation de l'exhaure (Figure 3). Au total, treize (13) stations ont été identifiées.

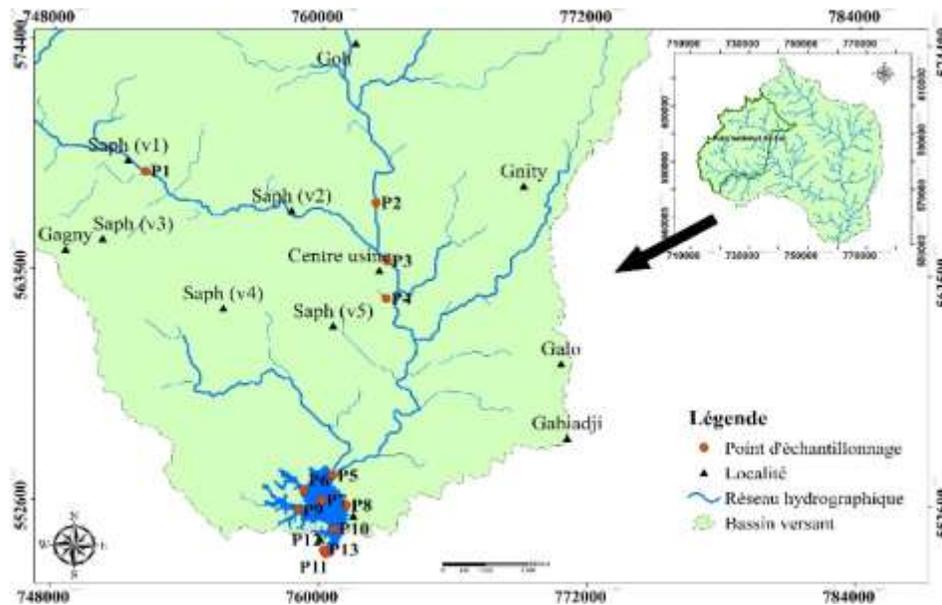


Figure 2:- Carte de la répartition des stations d'échantillonnage.

### Méthodes:-

#### Adéquation de l'eau de surface à la consommation (méthode de l'évaluation de la qualité de l'eau de surface)

Ces données hydrochimiques sont ainsi utilisées pour évaluer la qualité des eaux du fleuve San-Pédro au barrage de Fayé. Ainsi, sa qualité pour l'utilisation domestique ou la consommation humaine dépend étroitement de la présence de substances et/ou de paramètres physico-chimiques dans ces eaux. Pour déterminer ou évaluer la qualité des eaux de surface destinées à produire de l'eau potable, la comparaison des valeurs des paramètres physico-chimiques de l'eau avec les valeurs guides pour les eaux de surface destinées à la consommation humaine (voir 2.3.1.1.) est faite. De même, la méthode de l'indice de la qualité de l'eau (IQE) (voir 2.3.1.2.) a été utilisé.

#### Traitements statistiques des données

L'analyse statistique a concerné cinquante-deux (52) échantillons prélevés en GSS, GSP, PSS, PSP. Au total, 27 paramètres statistiques (minimum (Min), maximum (Max), moyenne (Moy), écart type ( $\sigma$ ) et coefficient de variation % (CV) ont été calculés pour chacune des variables physico-chimiques (tableaux 2 et 3). Dans cette étude, les concentrations des paramètres physico-chimiques et chimiques ont été comparées aux valeurs guides du Journal Officiel de la République Française (JORF) n°31 du 06 décembre 2007 texte n° 17 (Rodier et al., 2009) modifié par le décret n°2022-1720 du 29 décembre 2022 – article 1 et mise en vigueur le 1<sup>er</sup> janvier 2023.

#### Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux

La méthode utilisée est le calcul de l'Indice de la Qualité de l'Eau (IQE). L'IQE a été initialement conçu par Brown et al. (1970). Selon les rapports de l'OMS (2017), l'utilisation de l'IQE aide à clarifier l'effet combinatoire de chaque paramètre ainsi que tous les paramètres qualitatifs sur la qualité de l'eau de surface en vue de sa potabilisation.

Cet indice est une technique de classification de la qualité de l'eau. Il repose sur la comparaison des paramètres de qualité de l'eau avec les normes internationales ou nationales (Talhaoui et al., 2020). L'IQE résume de grandes quantités de données sur la qualité de l'eau en termes simples (Excellente, Bonne, Mauvaise, Très mauvaise, Impropre, etc, ... Tableau 1).

Tableau 1:- Classification et usage possible de l'eau de surface selon l'IQE (Aher et al., 2016).

Classe IQE	Type d'eau et couleur	Usage possible
0 - 25	Excellente qualité	Eau potable, irrigation et industrie

25 - 50	Bonne qualité	Eau potable, Irrigation et industrie
50 - 75	Mauvaisequalité	Irrigation et industrie
75 - 100	Très mauvaisequalité	Irrigation
100[	Impropre ou eau non potable	Traitement approprié requis avant utilisation

Les paramètres tels que T°C, pH, CE, O<sub>2</sub>, turb, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, DCO, BDO<sub>5</sub>, COT, Cu, Fe, Mn, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Zn, Hg, Cd, Cr, Pb, As et Ni ont été utilisés pour calculer l'Indice de Qualité de l'Eau (IQE). La comparaison des paramètres dans cette étude s'est faite à partir des directives de JORF (Tableau 2). Elle consiste à multiplier chaque paramètre standardisé par son poids relatif de pondération et additionner les résultats obtenus pour produire un indice de qualité. Cet indice se traduit par la formule de l'équation 1 (Brown et al. (1970); Talhaouiet al., 2020) :

$$IQE = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i * W_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (\text{Equation 1})$$

Dans cette approche, la valeur numérique appelée poids relatif (W<sub>i</sub>), spécifique à chaque paramètre physico-chimique, est calculée selon la formule suivante :

$$W_i = \frac{k}{S_i} \quad (\text{Equation 2})$$

Où k est la constante de proportionnalité et peut également être calculée à l'aide de l'équation suivante :

$$k = \left( \frac{1}{\sum_{i=1}^n S_i} \right) \quad (\text{Equation 3})$$

n est le nombre de paramètres et S<sub>i</sub> est la valeur guide maximale des eaux superficielles destinées à être utilisées pour la consommation humaine selon JORF de chaque paramètre en mg/L, en °C pour la T°C, unité de pH pour le pH, en µS/cm la CE et la en NTU pour la Turb.

Ensuite, une échelle d'évaluation de la qualité (Q<sub>i</sub>) est calculée pour chaque paramètre en divisant la concentration par la norme dudit paramètre et en multipliant l'ensemble par 100 comme dans la formule suivante :

$$Q_i = \left( \frac{C_i}{S_i} \right) * 100 \quad (\text{Equation 4})$$

Avec Q<sub>i</sub> : échelle d'évaluation de la qualité de chaque paramètre et C<sub>i</sub> : concentration de chaque paramètre.

## Résultats et Discussion:-

### Résultats:-

Les résultats obtenus dans cette étude sont présentés sous forme de tableaux, de graphes et de cartes thématiques, puis interprétés, afin de donner une idée générale sur la qualité globale des eaux étudiées et leur évolution spatiale et saisonnière.

### Caractéristiques des paramètres physico-chimiques des eaux et leur aptitude à usage domestique

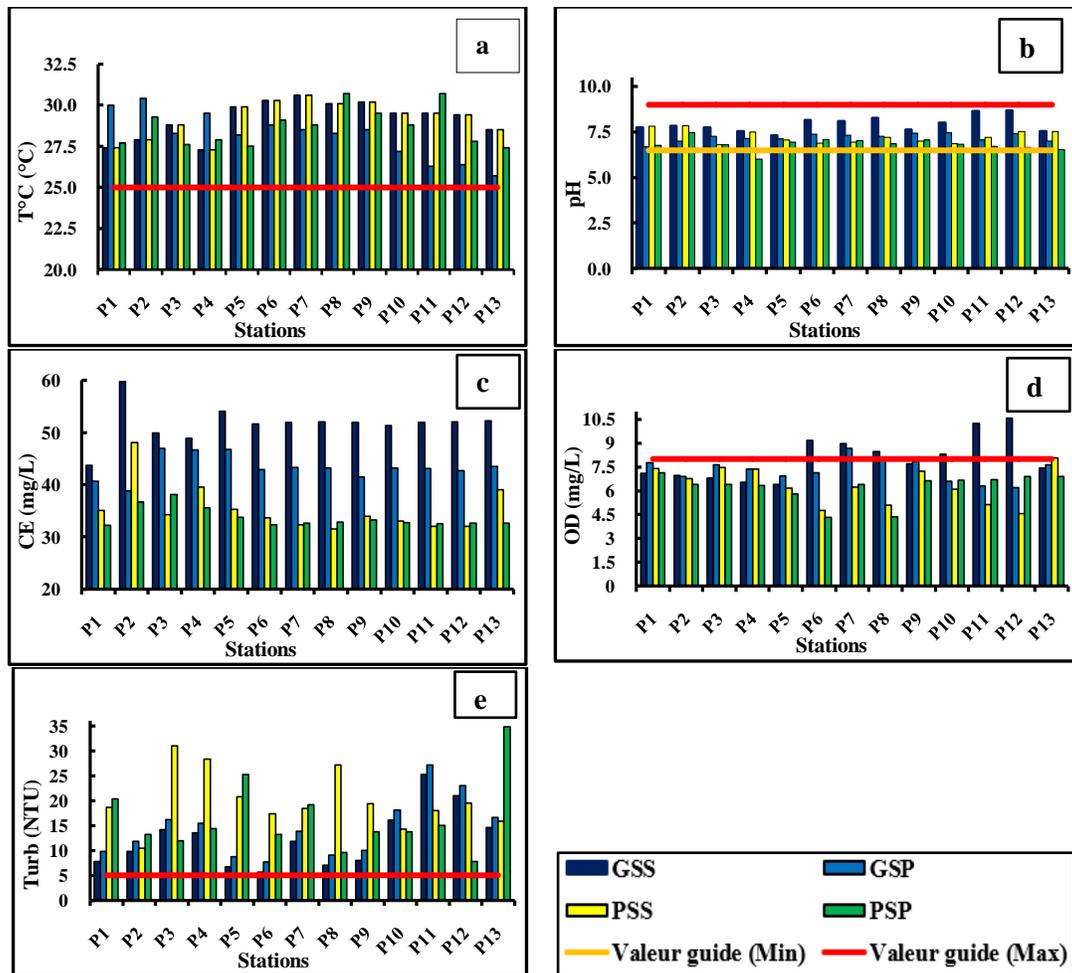
Les caractéristiques statistiques descriptives des variables physico-chimiques utilisées concernent les valeurs minimales et maximales, la moyenne (Moy) et l'écart-type (σ) ainsi que le coefficient de variation (CV) (Tableau 2 et 3 ; Figure 3 ; 4 et 5).

**Tableau 1:-** Statistiques descriptives des paramètres physiques et de pollution organique : sels nutritifs et matières organiques des eaux du fleuve San-Pédro au Barrage de Fayé.

Saiso ns	Paramè res statistiqu es	Paramètres physiques (PC)					Sels nutritifs-Matières organiques (SN_MO)							
		T°C	pH	CE	O <sub>2</sub>	Turb	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	DB O <sub>5</sub>	DC O	CO T
		°C		µs/c m	mg/ L	NT U	mg/ L	mg/ L	mg/ L	mg/ L	mg/ L	mg/ L	mg/ L	mg/ L
GSS	Min	27,3	7,3 1	43,7	6,39	5,7	0,01 5	2,5	0,05	0,31	1,17	2,82	7,04	3,31 4
	Max	30,6	8,6 7	59,8	10,5 7	25,2	0,04	5,6	0,19	5,31	13,4	7,37 2	18,4	8,66 3
	Moy	29,1 8	7,9 4	51,6 3	8,06	12,4 4	0,02	3,62	0,13	0,91	5,12	3,99	9,95	4,69
	σ	1,07	0,4 0	3,36	1,32	5,63	0,01	0,87	0,05	1,28	3,33	1,24	3,08	1,45
	CV (%)	3,7	5,1	6,5	16,4	45,3	25,5	24,1	36,0	140, 04	65,1	31,0	31,0	31,0

<b>GSP</b>	<b>Min</b>	25,7	6,6 8	38,8 0	6,21	7,70	0,01	3,40	0,12	1,70	1,32	4,84	12,0 8	5,68
	<b>Max</b>	30,4	7,4 7	47,0	8,67	27,2 0	0,02	4,30	0,20	3,50	6,92	6,24	15,5 6	7,33
	<b>Moy</b>	28,2	7,2 0	43,3	7,31	14,4 4	0,01	3,75	0,14	2,72	4,19	5,63	14,0 5	6,62
	<b><math>\sigma</math></b>	1,4	0,2 2	2,3	0,68	5,63	0,00 34	0,27	0,03	0,57	1,93	0,38	0,96	0,45
	<b>CV (%)</b>	4,9	3,0	5,3	9,3	39,0	26,5	7,3	18,3	20,8	46,2	6,8	6,8	6,9
<b>PSS</b>	<b>Min</b>	27,3	6,8	31,5	4,56	10,5	0,01 2	1,3	0,02	0,04	8	1,27	3,18	8
	<b>Max</b>	30,6	7,8 5	48,1	8,09	31	0,04 1	7	0,6	0,2	17	6,09	15,2	25
	<b>Moy</b>	29,1 8	7,2 4	35,4	6,34	19,9 5	0,02	3,61	0,13	0,12	14,3 1	3,30	8,24	14,3 1
	<b><math>\sigma</math></b>	1,07	0,3 5	4,4	1,12	5,54	0,00 6	1,71	0,14	0,04	2,55	1,48	3,69	4,81
	<b>CV (%)</b>	3,7	4,9	12,4	17,7	27,8	29,2	47,5	107, 4	33,0	17,8	44,8	44,8	33,6
<b>PSP</b>	<b>Min</b>	27,4	6,0	32,2	4,32	7,80	0,02	0,4	0,03	0,11	7,14	0,60	1,50	1,42
	<b>Max</b>	30,7	7,5	38,1	7,15	34,8 0	0,09	3,4	0,09	1,11	31,2 7	3,68	9,18	8,64
	<b>Moy</b>	28,7	6,8	33,7	6,24	16,3 4	0,05	1,8	0,06	0,62	18,4 2	2,13	5,31	5,02
	<b><math>\sigma</math></b>	1,1	0,3	1,8	0,86	6,90	0,02	1,1	0,02	0,30	6,87	0,92	2,28	2,15
	<b>CV (%)</b>	3,9	4,8	5,4	13,8	42,2	39,5	59,6	28,9	49,0	37,3	43,0	43,0	42,8
<b>Valeur guide (JORF)</b>		<b>25</b>	<b>6,5- 9</b>	<b>1100</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>50</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>250</b>	<b>&lt; 7</b>	<b>30</b>	<b>10</b>

Les résultats montrent que les températures ( $T^{\circ}\text{C}$ ) moyennes varient entre  $29,18 \pm 1,07$  ;  $28,2 \pm 1,4$  ;  $29,18 \pm 1,07$  et  $28,7 \pm 1,1^{\circ}\text{C}$  respectivement en GSS, GSP, PSS et en PSS. Ces valeurs sont toutes supérieures aux valeurs limites de JORF pour les eaux superficielles destinées à la consommation humaine qui est de  $25^{\circ}\text{C}$ . Les coefficients de variations (CV) sont respectivement de 3,7 ; 4,9 ; 3,7 et 3,9%, indiquant ainsi de faibles variations spatiales (Figure 3a). Les pH moyens en GSS, GSP, PSS, PSP variant entre  $7,94 \pm 0,4$  ;  $7,2 \pm 0,2$  ;  $7,24 \pm 0,35$  et  $6,8 \pm 0,3$  sont tous supérieurs à la valeur limite minimale des eaux brutes qui est 6,5 mais inférieurs à la limite maximale (8,5) selon JORF. Les CV obtenus aux différentes saisons traduisent une variation peu importante (Tableau 2). La minéralisation des eaux est relativement faible avec des CE moyennes qui varient entre 51,63 ; 43,3 ; 35,4 et 33,7  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en GSS, GSP, PSS et PSS, respectivement. Ces valeurs sont inférieures à la valeur limite qui est de 1100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  pour une  $T^{\circ}\text{C}$  de  $25^{\circ}\text{C}$ . Concernant les moyennes d' $\text{O}_2$ , elles sont comprises entre  $7,31 \pm 0,68$  ;  $6,34 \pm 1,12$  et  $6,24 \pm 0,86$  en GSP, PSS et PSP. Ces moyennes sont conformes à la valeur limite, sauf en GSS, où la valeur moyenne de  $8,06 \pm 1,32$  est supérieure à ladite valeur qui est de 8 mg/L (Tableau 2). La plus forte concentration est observée à la station P12 (10,57 mg/L), toujours en GSS (Figure 3d). Cependant, les variations sont modérées avec des CV respectifs de 16,4 ; 17,7 et 13,8% en GSS, PSS et PSP, sauf en GSP où la variation (9,3%) est faible. En GSS, la turbidité (Turb) moyenne est de  $12,44 \pm 5,63$  NTU. Ainsi, pour les turbidités moyennes des GSP, PSS et PSP, elles sont respectivement situées entre 14,44 ; 19,95 et 16,34 NTU. Ces valeurs moyennes sont toutes supérieures à la valeur limite qui est de 5 mg/L pour les eaux brutes destinées à la consommation humaine, avec de fortes variations spatiales (45,3 ; 39 ; 27,8 et 42,2% en GSS, GSP, PSS et PSP). Cependant, on note la plus forte valeur de Turb en PSP (34,8 NTU) à la station P13, en aval du barrage (Figure 3e).



**Figure 3:-** Variation spatio-temporelle des paramètres physiques des eaux du fleuve San-Pédro au Barrage de Fayé.

Pour les sels nutritifs, on note des concentrations moyennes de 0,02 ; 0,01 ; 0,02 et 0,05  $\text{mgNO}_2^-/\text{L}$  ; 3,62 ; 3,75 ; 3,61 et 1,8  $\text{mgNO}_3^-/\text{L}$ , de 0,13 ; 0,14 ; 0,13 et 0,06  $\text{mgNH}_4^+/\text{L}$ , de 0,91 ; 2,75 ; 0,12 et 0,62  $\text{mg/L}$  au niveau des  $\text{PO}_4^{3-}$  et du  $\text{SO}_4^{2-}$  de 5,15 ; 4,19 ; 14,31 ; 18,24  $\text{mg/L}$  respectivement en GSS, GSP, PSS et en PSS. Ces concentrations moyennes sont inférieures aux valeurs limites des eaux brutes destinées à être utilisées pour la production d'eau de consommation qui sont de 3  $\text{mgNO}_2^-/\text{L}$  ; 50  $\text{mgNO}_3^-/\text{L}$  ; 4  $\text{mgNH}_4^+/\text{L}$  ; 5  $\text{mgPO}_4^{3-}/\text{L}$  et 250  $\text{mgSO}_4^{2-}/\text{L}$  (Tableau 2).

Quant aux matières organiques que sont la  $\text{DBO}_5$ , la DCO et le COT, elles présentent des concentrations moyennes oscillant entre 3,95 ; 5,63 ; 3,30 et 2,13  $\text{mgDBO}_5/\text{L}$  ; entre 9,95 ; 14,05 ; 8,24 et 5,31  $\text{mgDCO}/\text{L}$  ; entre 4,69 ; 6,62 ; 14,31 et 5,02  $\text{mgCOT}/\text{L}$  respectivement en GSS, GSP, PSS, PSP. On note de faibles pourcentages de variation pendant la GSP (6,8 ; 6,8 et 6,9%) pour les  $\text{DBO}_5$ , DCO, COT et de fortes variations pendant les GSS, PSS et PSP. Cependant, les concentrations moyennes des  $\text{DBO}_5$  et DCO sont inférieures aux valeurs limites des eaux brutes superficielles destinées à être utilisées pour la production d'eau potable qui sont 7  $\text{mgDBO}_5/\text{L}$  et 30  $\text{mgDCO}/\text{L}$  (Tableau 2). Quant au COT, il présente des concentrations supérieures à la valeur limite qui est de 10  $\text{mgCOT}/\text{L}$ , et cela en PSS dans presque toutes les stations de prélèvement, sauf celle de P2 sur un affluent du fleuve San-Pédro communément appelé rivière Gôh. Les fortes concentrations sont observées aux stations P11 (8,66  $\text{mg/L}$ ) au point de la turbine de la Compagnie Ivoirienne d'Electricité, P8 sur la retenue du barrage du côté Est, P1 (25  $\text{mg/L}$ ) en amont du barrage sur la rivière Palabod et P13 (8,64  $\text{mg/L}$ ) en aval du barrage sur le fleuve San-Pédro (Figure 4h).

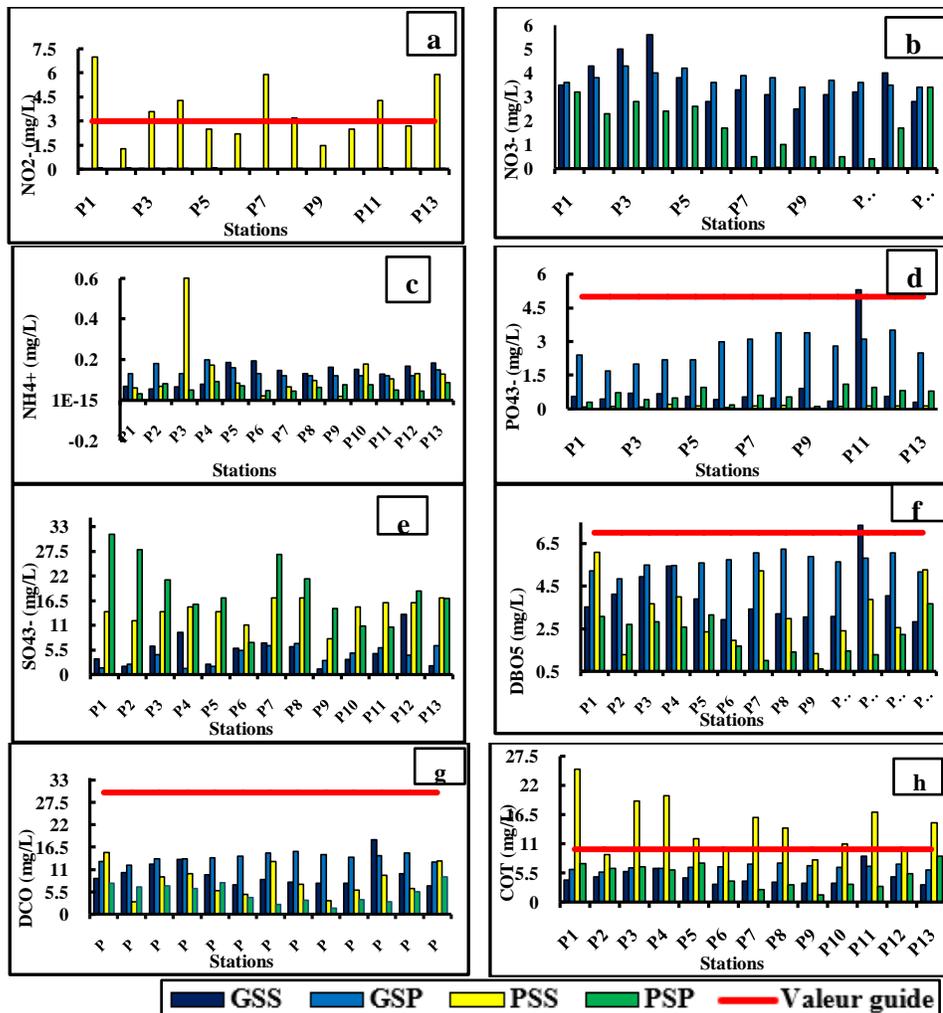


Figure 4:- Variation spatio-temporelle des sels nutritifs et des matières organiques des eaux du fleuve San-Pédro au Barrage de Fayé.

Tableau 2:- Statistiques descriptives des ETM des eaux du fleuve San-Pédro au Barrage de Fayé.

Sais ons	Paramè tres statistiq ues	Cations majeurs				ETM indésirables				ETM toxiques					
		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Cu	Fe	Mn	Zn	As	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb
		mg/ L	mg/ L	mg/ L	mg/ L	mg /L	mg/ L	mg/ L	mg/ L	mg /L	mg/ L	mg /L	mg/ L	mg /L	mg /L
GSS	Min	18,5 5	8,27 23	18,6 07	3,73 82	0,0 01	0,02 01	0,00 7	0,00 5	0,0 55	0,0 105	0,0 03	0,0 04	0,0 8	0,0 1
	Max	212, 14	110, 67	212, 78	42,7 49	0,0 09	0,23 01	0,05 21	0,08 42	0,6 29	0,01 203	0,0 08	0,0 47	0,8 8	0,1 7
	Moy	91,8 6	43,2 0	81,5 0	18,5 1	0,0 1	0,09 01	0,02 01	0,02 01	0,2 4	0,00 5	0,0 1	0,0 2	0,3 4	0,0 7
	Ecart_t ype	63,1 9	30,4 7	52,9 9	12,7 3	0,0 02	0,06 02	0,01 01	0,02 01	0,1 6	0,00 30	0,0 01	0,0 1	0,2 2	0,0 4
	CV (%)	68,8	70,5	65,0	68,8	42, 4	65,0	73,7	130, 8	65, 0	65,0	26, 8	65	65, 0	65, 0
GSP	Min	113, 50	9,33	113, 5	4,22	0,0 01	0,23	0,00 5	0,05	0,0 6	0,00 1	0,0 01	0,0 05	0,0 9	0,0 17
	Max	109,	48,9	110,	22,1	0,0	1,19	0,03	0,04	0,3	0,00	0,0	0,0	0,4	0,0

		72	3	0	0	06				3	6	03	24	6	89
	<b>Moy</b>	66,4 4	29,6 3	66,6 9	13,3 9	0,0 04	0,72	0,02	0,03	0,2 0	0,00 3	0,0 02	0,0 15	0,2 8	0,0 54
	<b>Ecart_t ype</b>	30,6 7	13,6 8	30,8	6,18	0,0 02	0,33	0,00 8	0,01	0,0 9	0,00 2	0,0 01	0,0 07	0,1 3	0,0 25
	<b>CV (%)</b>	46,2	46,2	46,2	46,2	46, 2	46,2	46,2	46,2	46, 2	46,9	46, 2	46, 2	46, 2	46, 2
<b>PSS</b>	<b>Min</b>	126, 80	0,03 1	127, 2	25,6	0,0 11	0,13 8	0,56	0,05	0,3 76	0,00 7	0,0 04	0,0 28	0,5 29	0,1 02
	<b>Max</b>	269, 50	0,06 6	274, 9	54,6	0,0 19	0,29 2	1,2	0,10 7	0,7 99	0,01 5	0,0 08	0,0 59	1,1 24	0,2 2
	<b>Moy</b>	226, 73	0,1	226, 61	45,7 8	0,0 2	0,24	1,01	0,09	0,6 7	0,01	0,0 1	0,0 5	0,9 5	0,1 8
	<b>Ecart_t ype</b>	40,3 6	0,01	41,3 4	8,24	0,0 02	0,04	0,18	0,02	0,1 2	0,00 2	0,0 01	0,0 1	0,1 7	0,0 3
	<b>CV (%)</b>	17,8	17,6	18,2	18,0	15, 6	18,3	18,1	17,8	17, 8	17,6	20, 4	17, 7	17, 8	18, 1
<b>PSP</b>	<b>Min</b>	113, 2	50,5	113, 5	22,8	0,0 04	0,07	0,03	0,05	0,0 3	0,00 0	0,0 03	0,0 2	0,0 5	0,0 9
	<b>Max</b>	495, 8	221, 1	497, 3	99,9	0,0 28	0,54	0,12	0,20	0,1 5	0,02 5	0,0 16	0,1 1	0,2 1	0,4 0
	<b>Moy</b>	292, 1	130, 3	293, 0	58,9	0,0 16	0,31	0,07	0,12	0,0 9	0,01 3	0,0 09	0,0 6	0,1 2	0,2 4
	<b>Ecart_t ype</b>	108, 9	48,6	109, 2	21,9	0,0 07	0,13	0,03	0,04	0,0 3	0,00 7	0,0 04	0,0 2	0,0 5	0,0 9
	<b>CV (%)</b>	37,3	37,3	37,3	37,3	42, 4	42,5	37,2	37,2	37, 0	54,6	39, 7	38, 1	37, 3	37, 3
<b>Valeur guide (JORF)</b>		<b>100</b>	<b>50</b>	<b>12</b>	<b>200</b>	<b>0,0 5</b>	<b>1</b>	<b>0,1</b>	<b>5</b>	<b>0,0 5</b>	<b>0,0 1</b>	<b>0,0 5</b>	<b>0,0 01</b>	<b>0,0 5</b>	<b>0,0 5</b>

Les concentrations moyennes en calcium varient de 91,86 ; 66,44 ; 226,73 et 292,1 mg/L en GSS, GSP, PSS et en PSP, avec des CV respectivement de 68,8 ; 70,5 ; 65 et 68,8% (Tableau 3). Dans ces eaux, les CV indiquent une forte dispersion des concentrations en calcium. Ainsi, les concentrations moyennes sont en dessous de la norme de 100 mg/L pour les eaux destinées à la consommation humaine respectivement en GSS et en GSP. Par contre en PSS et en PSP, elles sont supérieures à la valeur limite. Les concentrations en  $Mg^{2+}$  des eaux du fleuve San-Pédro au barrage de Fayé sont très peu dispersées, notamment en PSS. Elles s'étendent entre 0,031 mg/L et 0,066 mg/L (Figure 4b), avec une moyenne de  $0,10 \pm 0,01$  mg/L avec un CV de 17,6%. En GSS, GSP et PSP, les concentrations moyennes sont de 43,2 ; 29,63 ; 130,3 mg $Mg^{2+}$ /L avec une forte dispersion en  $Mg^{2+}$ . Les CV sont de ce fait de 70,5 ; 46,2 et 37,3, respectivement. Ces concentrations moyennes en  $Mg^{2+}$  sont conformes à la valeur limite ( $\leq 50$  mg/L) pour les eaux brutes destinées à la boisson en GSS, GSP, et PSS ; sauf en PSS où la concentration moyenne reste supérieure à la ladite valeur. S'agissant des concentrations en  $K^+$  dans les eaux, elles sont dispersées avec des CV de 65 ; 46,2 ; 37,3% en GSS, GSP et PSP, sauf en PSS où elles sont très peu dispersées (CV= 18,2%). Ces teneurs moyennes sont de 81,5 ; 66,6 ; 226,61 et 293 mg/L, supérieures à la valeur limite des eaux brutes destinées à la consommation humaine (12 mg/L). Quant aux concentrations du  $Na^+$ , elles varient de 18,51 ; 13,39 ; 45,78 à 58,9 mg/L en GSS, GSP, PSS et PSP. Ces concentrations moyennes sont supérieures à la valeur limite qui est de 200 mg/L. Cependant, elles sont dispersées en GSP et PSP ; et moins dispersées en GSS et en PSS (Tableau 3).

Les ETM indésirables (Tableau 3) présentent des concentrations moyennes de (0,01 ; 0,09 ; 0,02 et 0,02) mgCu/L ; de (0,004 ; 0,72 ; 0,02 et 0,03) mgFe/L ; de (0,02 ; 0,24 ; 1,01 et 0,09) mgMn/L ; et de (0,016 ; 0,31 ; 0,07 et 0,12) mgZn/L respectivement en GSS, GSP, PSS et en PSS. Ces concentrations moyennes sont inférieures à la valeur limite des eaux brutes destinées à la production d'eau potable que sont de 0,05 mgCu/L, 1 mgFe/L et 5 mgZn/L en toutes saisons. A l'inverse, la concentration du Mn en PSS reste supérieure à la valeur limite (0,1 mgMn/L). Ces différentes concentrations présentent une forte variation en GSS, GSP et PSP, exceptée en PSS où les dispersions sont modérées en Cu, Fe, Mn et Zn (Tableau 3).

Les concentrations des paramètres toxiques (Tableau 3) présentent de fortes dispersions en As, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb dans ces eaux en GSS, GSP et PSP, sauf en PSS où elles sont peu dispersées. Les concentrations moyennes de ces paramètres sont supérieures à la valeur limite de JORF pour les eaux brutes destinées à la consommation, sauf le Cr qui restent inférieure à la valeur limite en toute saison (Tableau 3). Les paramètres toxiques ont des concentrations moyennes respectives de (0,24 ; 0,20 ; 0,67 et 0,09) mgAs/L (>0,05 mgAs/L), (0,005 ; 0,003 ; 0,01 et 0,013) mgCd/L (>0,001 mgCd/L), (0,01 ; 0,002 ; 0,01 et 0,01) mgCr/L (<0,05 mgCr/L), (0,02 ; 0,015 ; 0,05 et 0,06) mgHg/L (>0,001 mgHg/L), (0,34 ; 0,28 ; 0,95 et 0,12) mgNi/L (>0,05 mgNi/L) et de (0,07 ; 0,054 ; 0,18 et 0,24) mgPb/L (>0,05 mgPb/L), en GSS,GSP, PSS et PSP.

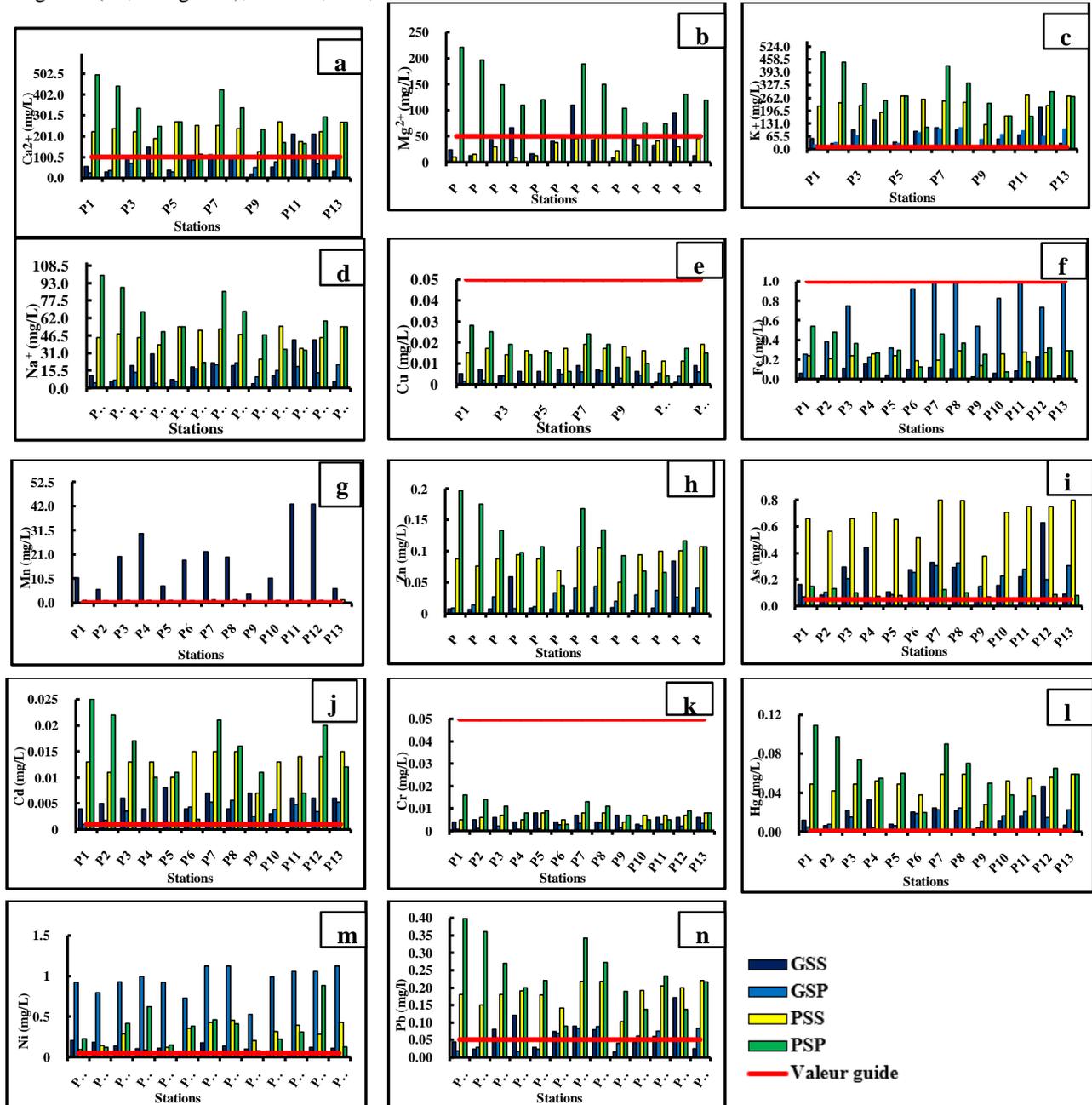


Figure 5:- Variation spatio-temporelle des ETM des eaux du fleuve San-Pédro au Barrage de Fayé.

**Résultats du calcul de l'IQE et l'évaluation de la qualité des eaux**

La qualité des eaux de surface destinées à un usage domestique ou à la consommation humaine dépend directement de la présence de certaines substances et/ou paramètres physico-chimiques, ainsi que de leur concentration dans ces

eaux. Ainsi, la qualité de ces eaux est évaluée par groupe de paramètres afin de montrer leur influence sur ces eaux (Tableau 4 ; 5 et 6), puis ces paramètres ont été associés afin d'évaluer sa qualité globale (Tableau 7). Ces mesures sont effectuées sur quatre saisons (GSS, GSP, PSS et PSP).

### Evaluation spatio-temporelle de la qualité de l'eau : cas des paramètres physiques

L'indice de qualité des eaux calculé présente des valeurs qui oscillent entre 106,9 et 277,1 avec une moyenne de 161 aux stations P5 à P11 ; entre 116,7 (P6) et 275,8 (P11) pour une moyenne de 173,1 respectivement en GSS et GSP. En PSS, on note des valeurs d'indice comprises entre 139,9 (P2) et 311,7 (P3) pour une moyenne de 216,5 et en PSP des valeurs comprises entre 113,1 et 372,3 (P13) avec une moyenne de 195,6 aux stations P12 à P13. Cependant, ces valeurs d'IQE sont supérieures à la valeur critique d'une eau non potable qui est de 100. Les valeurs des paramètres physiques varient légèrement entre les saisons. La plus grande valeur de l' $IQE_{moy,PC}$  est enregistrée en PSS (Tableau 4).

**Tableau 3:-** Valeurs de l'indice de qualité des stations et leur classe : cas des paramètres physiques.

IQE : Paramètres physiques (PC)					
Stations	GSS	GSP	PSS	PSP	Classe de qualité
P1	117,9	135,0	210,2	234,8	Eau non potable
P2	134,6	149,8	139,9	168,0	Eau non potable
P3	171,1	189,1	311,7	153,6	Eau non potable
P4	163,3	182,5	290,3	174,0	Eau non potable
P5	106,9	124,5	223,0	280,5	Eau non potable
P6	109,1	116,7	188,9	165,0	Eau non potable
P7	160,4	173,4	203,2	224,0	Eau non potable
P8	118,9	130,9	273,3	130,3	Eau non potable
P9	122,2	138,3	214,6	172,7	Eau non potable
P10	192,7	201,7	167,4	171,6	Eau non potable
P11	277,1	275,8	195,9	183,6	Eau non potable
P12	242,7	240,9	207,5	113,1	Eau non potable
P13	176,3	191,4	189,0	372,3	Eau non potable
$IQE_{moy,PC}$	<b>161,0</b>	<b>173,1</b>	<b>216,5</b>	<b>195,6</b>	<b>Eau non potable</b>

### Evaluation spatio-temporelle de la qualité des eaux : cas des paramètres de pollution organiques

Le tableau 5 montre des classes de qualité variant d'excellente qualité à non potable. En GSS, on a une classe de qualité variant de 20,3 : excellente qualité (P13) à 85,9 : classe très mauvaise qualité (P11), avec une moyenne de 35,7 ; donc une eau de bonne qualité. En GSP, cette classe de qualité se situe entre 44,5 : bonne qualité (P2) et 60,7 : mauvaise qualité (P8), pour une moyenne de 53,9, traduisant une eau de mauvaise qualité. Les classes bonnes qualités ( $25 \leq IQE < 50$ ) et impropres à la consommation ( $IQE > 100$ ) correspondent chacune 15,4% et 23,1% (Figure 7d) des eaux étudiées. Cependant, la classe mauvaise qualité ( $50 \leq IQE < 75$ ) et très mauvaise qualité ( $75 \leq IQE < 100$ ) sont observées dans 4 stations d'échantillonnage avec des pourcentages de 30,8 chacune (Figure 7d). En PSS, la valeur d'IQE observée a une moyenne de 84,7 ; d'où une eau de très mauvaise qualité donc utilisable pour l'irrigation (Tableau 5). Quant à la PSP, on note une valeur moyenne de 33,5 ; donc une eau de bonne qualité ( $25 \leq IQE < 50$ ). La classe mauvaise qualité est observée uniquement à la station P13.

**Tableau 4:-** Valeurs de l'indice de qualité des stations et leur classe : cas des paramètres de pollution organique.

IQE (Pollution organique : PO)								
Stations	GSS	Classe qualité	GSP	Classe qualité	PSS	classe qualité	PSP	Classe qualité
P1	30,1	Bonne	49,6	Bonne	139,1	Eau non potable	44,6	Bonne
P2	34,4	Bonne	44,5	Bonne	48,9	Bonne	40,7	Bonne
P3	41,8	Bonne	51,4	Mauvaise	106,9	Eau non potable	41,4	Bonne
P4	45,8	Bonne	51,3	Mauvaise	110,7	Eau non potable	38,2	Bonne
P5	33,6	Bonne	51,9	Mauvaise	66,4	Mauvaise	47,7	Bonne
P6	25,5	Bonne	55,5	Mauvaise	54,9	Mauvaise	24,9	Excellente
P7	29,7	Bonne	58,4	Mauvaise	43,4	Bonne	9,3	Excellente
P8	27,7	Bonne	60,7	Mauvaise	78,0	Très mauvaise	21,9	Excellente
P9	28,0	Bonne	58,0	Mauvaise	92,0	Très mauvaise	16,2	Excellente

P10	26,2	Bonne	54,1	Mauvaise	61,8	Mauvaise	24,5	Excellente
P11	85,9	Très mauvaise	56,4	Mauvaise	94,8	Très mauvaise	21,7	Excellente
P12	34,7	Bonne	59,7	Mauvaise	56,8	Mauvaise	35,0	Bonne
P13	20,3	Excellente	49,5	Bonne	87,4	Très mauvaise	70,2	Mauvaise
<b>IQE<sub>moy,PO</sub></b>	<b>35,7</b>	<b>Bonne</b>	<b>53,9</b>	<b>Mauvaise</b>	<b>80,1</b>	<b>Très mauvaise</b>	<b>33,5</b>	<b>Bonne</b>

**Evaluation spatio-temporelle de la qualité des eaux : cas des ETM**

L'analyse du tableau 6 montre une eau de qualité non potable. Ainsi, 100% (Figure 7f) de ces eaux étudiées ont des valeurs d'IQE moyennes respectives de 1079,6 ; 864,5 ; 3007,6 et 3645,2 en GSS, GSP, PSS et PSP. La forte valeur d'IQE moyenne en ETM est enregistrée en PSP. Aussi, des fortes valeurs se retrouvent-elles en amont du barrage hydroélectrique respectivement aux stations P1 sur la rivière Palabod avant les champs de SAPH au village V1 (IQE<sub>P1</sub>=6360,3) et P2 sur le fleuve San-Pédro communément appelé rivière Gôh (IQE<sub>P2</sub>=5648,4).

**Tableau 5:-** Valeurs de l'indice de qualité des stations et leur classe : cas des ETM.

Stations	IQE (ETM)				Classe de qualité
	GSS	GSP	PSS	PSP	
P1	718,6	293,6	2974,0	6360,3	Eau non potable
P2	381,6	458,3	2542,4	5648,4	Eau non potable
P3	1321,0	898,0	2974,0	4319,2	Eau non potable
P4	1981,9	272,5	3118,7	3085,4	Eau non potable
P5	480,7	379,9	2831,9	3370,3	Eau non potable
P6	1222,0	1106,5	2539,7	1045,2	Eau non potable
P7	1470,6	1333,5	3550,4	5269,0	Eau non potable
P8	1306,2	1428,2	3550,3	4082,6	Eau non potable
P9	246,8	648,3	1679,3	2895,6	Eau non potable
P10	701,8	988,8	3118,8	1818,9	Eau non potable
P11	986,1	1222,0	3310,8	2090,3	Eau non potable
P12	2817,4	877,3	3358,1	4031,9	Eau non potable
P13	400,6	1331,4	3550,5	3370,1	Eau non potable
<b>IQE<sub>moy</sub></b>	<b>1079,6</b>	<b>864,5</b>	<b>3007,6</b>	<b>3645,2</b>	<b>Eau non potable</b>

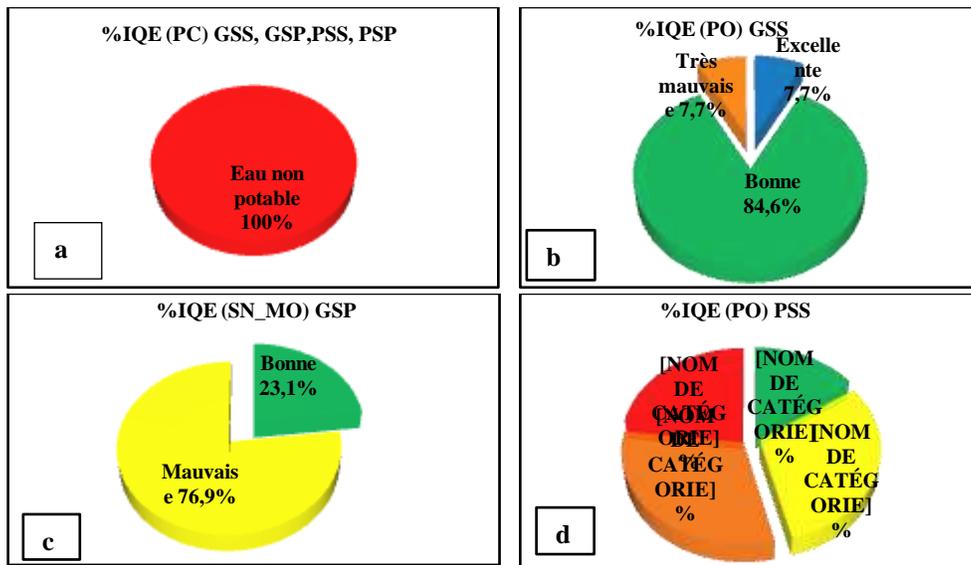




Figure 6:-Pourcentage des classes de qualité d’eaux par groupe de paramètre en GSS, GSP, PSS et PSP

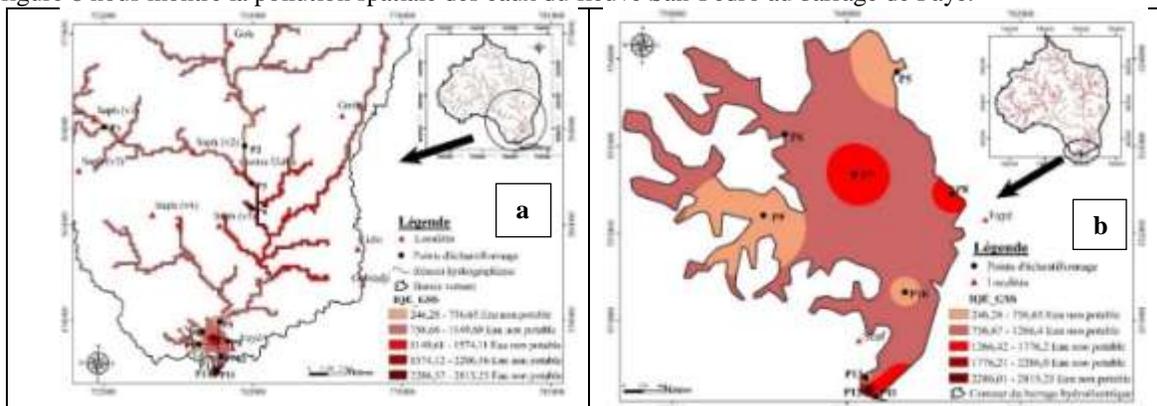
**Cartographie de la qualité globale des eaux du fleuve San-Pédro au barrage de Fayé**

La qualité globale des eaux du fleuve San-Pédro au barrage de Fayé est évaluée en tenant compte de vingt-sept (27) paramètres physico-chimiques repartis en trois groupes dont les paramètres physiques, les paramètres de pollution organiques et les ETM comme cités plus haut. Les valeurs globales des IQE indique des eaux non potables ou impropres à la consommation, d’où la nécessité d’un traitement approprié avant tout usage (Tableau 6).

Tableau 7:-Valeurs de l’indice de qualité globale des eaux et leur classe.

Stations	IQEglobal				Classe de qualité
	GSS	GSP	PSS	PSP	
P1	718,1	293,4	2971,7	6355,2	Eau non potable
P2	381,4	458,0	2540,4	5643,9	Eau non potable
P3	1320,0	897,3	2971,7	4315,8	Eau non potable
P4	1980,4	272,3	3116,3	3083,0	Eau non potable
P5	480,3	379,6	2829,7	3367,6	Eau non potable
P6	1221,0	1105,6	2537,7	1044,4	Eau non potable
P7	1469,4	1332,5	3547,7	5264,8	Eau non potable
P8	1305,2	1427,1	3547,5	4079,3	Eau non potable
P9	246,7	647,8	1678,0	2893,3	Eau non potable
P10	701,3	988,1	3116,3	1817,4	Eau non potable
P11	985,4	1221,1	3308,2	2088,7	Eau non potable
P12	2815,2	876,7	3355,4	4028,7	Eau non potable
P13	400,4	1330,4	3547,7	3367,5	Eau non potable
<b>IQE<sub>mov,global</sub></b>	<b>1078,8</b>	<b>863,9</b>	<b>3005,3</b>	<b>3642,3</b>	<b>Eau non potable</b>

La figure 8 nous montre la pollution spatiale des eaux du fleuve San-Pédro au barrage de Fayé.



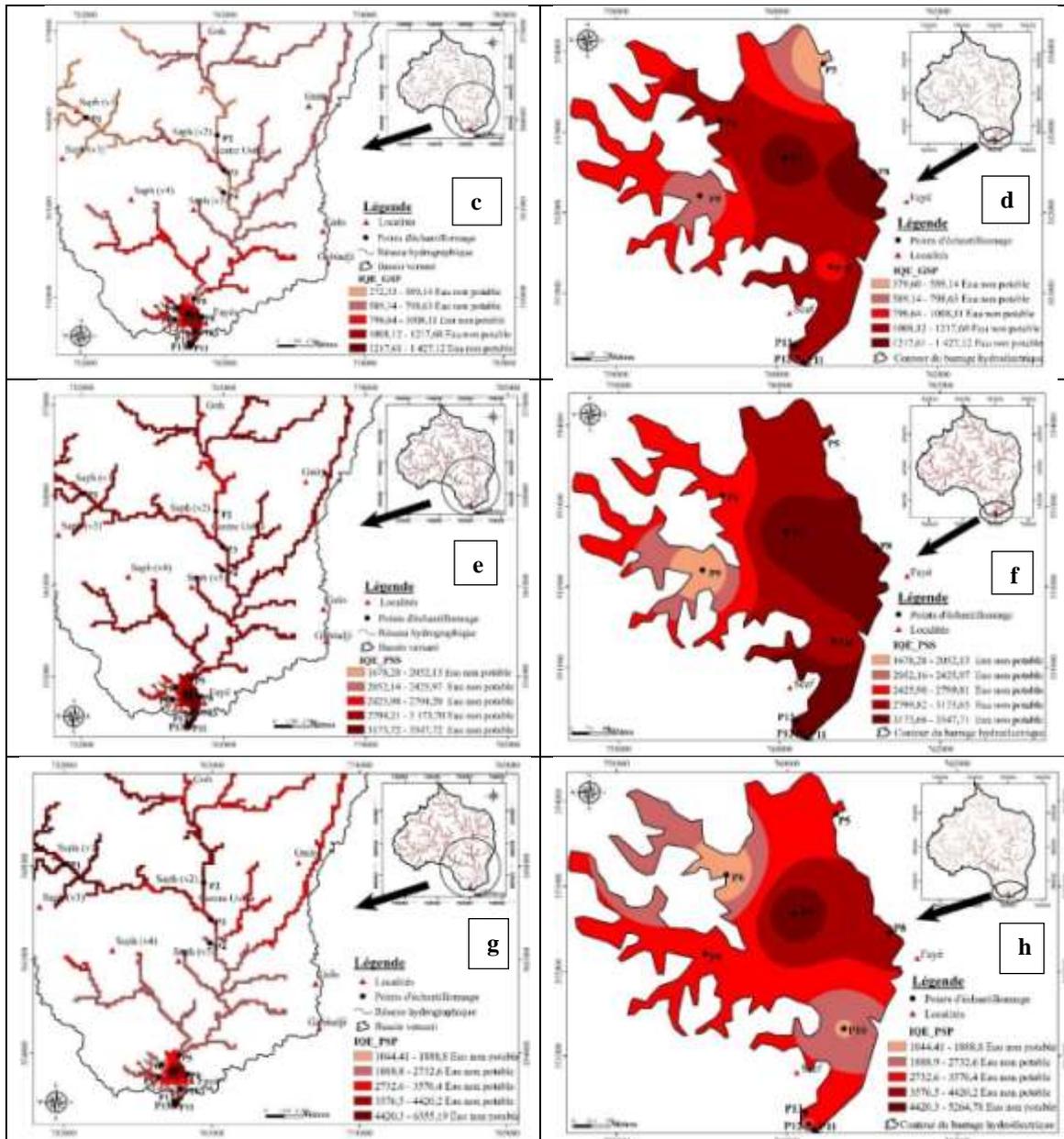


Figure 7:-Variation spatiale de la qualité globale des eaux du bassin versant du fleuve San-Pédro au barrage de Fayé.

De façon spatiale, on note une classe d'eau qui est impropre à la consommation en amont et aval de la retenue du barrage (Figure 8). En GSS, les fortes pollutions se situent au point P4 sur le fleuve San-Pédro (Figure 8a) précisément au point de rejet d'eau usée de la SAPH et au point P12 (Figure 8b) du côté Sud de la retenue (turbine de la CIE). En GSP, on note de fortes pollutions aux stations P7, P8, P11, P13 notamment dans les zones à forte activité de pêche, d'activités domestiques précisément sur la retenue du barrage (Figure 8d), contre de faibles valeurs sur le fleuve San-Pédro et son affluent Palapod (Figure 8c). En PSS, les fortes pollutions sont obtenues aux stations P7, P8, P11, P12 et P13 avec des valeurs variant de 3173,66 à 3547,71 (Figure 8f). Pendant la PSP, ces fortes pollutions sont représentées aux stations P1 sur l'affluent Palabod et P2 sur la rivière Gôh (Figure 8g), avec des valeurs variant de 4420,3 à 6355,19.

De façon générale, les valeurs de l'IQE sont toutes supérieures à la valeur 100, qui est la limite des classes de qualité pour les eaux superficielles à usages domestique ou autres usages, donc une eau fortement polluée.

### Discussion:-

Les eaux du bassin versant du fleuve San-Pédro au barrage de Fayé sont faiblement minéralisées ( $<100\mu\text{S/cm}$  selon Rodier et al., 2009), avec des CE moyennes qui varient entre 51,63 ; 43,3 ; 35,4 et 33,7  $\mu\text{S/cm}$  en GSS, GSP, PSS et PSS et des coefficients de variations (CV) respectivement de 6,5 ; 5,3 ; 12,4 et 5,4%. Ces valeurs de CE sont différentes de celles d'Abboudi et al. (2014) portant sur les eaux de surface au Maroc avec des valeurs de CE variant entre 230 et 550  $\mu\text{S/cm}$  et celles de Tfeilet al. (2018) sur les eaux de surface de la rivière Maal (115  $\mu\text{S/cm}$ ). Pendant les saisons (GSS et PSS), les valeurs de CE sont également contraires à celles de Kambiréet al. (2014) qui ont obtenu des valeurs de CE comprises entre 800 et 2400  $\mu\text{S/cm}$  dans les eaux de la lagune Aby en Côte d'Ivoire. Tfeil et al. (2018) ont également obtenu des valeurs de 170 à 591  $\mu\text{S/cm}$  dans les eaux de surface en Mauritanie. Les valeurs de pH enregistrées ( $7,94\pm 0,4$  ;  $7,2\pm 0,2$  ;  $7,24\pm 0,35$  et  $6,8\pm 0,3$ ) montrent des eaux alcalines, avec de faibles variations (CV = 5,1 ; 3,0 ; 4,9 et 4,8% respectivement en GSS, GSP, PSS et PSP). Les valeurs d' $\text{O}_2$  en PSS (min = 4,46 mg/L ; max = 8,09 mg/L) et en PSP (min = 4,32 ; max = 7,15 mg/L) sont comparables à celles signalées en 2016 par Zinsou au Benin (3,18 et 6,19 mg/L), et en 2014 par Nechadet al., au Maroc (4,32 et 7,2 mg/L).

La variation spatiale amont/aval du cours d'eau du bassin versant du fleuve San-Pedro au barrage de Fayé montre des eaux impropres à la consommation dans les quatre saisons ( $\text{IQE}_{\text{moy, global}} = 1078,8$  en GSS ;  $\text{IQE}_{\text{moy, global}} = 863,8$  en GSP,  $\text{IQE}_{\text{moy, global}} = 3005,3$  PSS et  $\text{IQE}_{\text{moy, global}} = 3642,3$  en PSP). Cependant, les fortes pollutions spatiales en fonction des saisons sont observées notamment au P12 en aval du barrage (GSS) ; au P8 du côté Est du barrage (GSP) ; au P7 (centre du barrage) ; P8 (PSS) et au même P8 en PSP. En comparaison entre les saisons, la valeur moyenne élevée de l'IQE est obtenue dans la PSP. Lalaoui (2021) a trouvé des valeurs de IQE de 207,47 en saison sèche et 363,64 en saison humide sur le barrage Hamman Group en Algérie, d'où une eau impropre à la consommation. Les eaux du fleuve San-Pédro au barrage de Fayé qui sont impropres à la consommation seraient dues aux valeurs élevées des paramètres physiques et aux ETM tels que les paramètres toxiques (As, Cd, Hg, Ni, Pb) et cations majeurs ( $\text{Ca}^{2+}$  ;  $\text{K}^+$ ) dans ces eaux. Cela se justifie par le calcul d'IQE des ETM qui sont impropres à la consommation en toutes saisons et présentent des valeurs d'IQE similaires à celle de l'IQE global. Ces paramètres élevés dans ces eaux s'expliqueraient aux pratiques agricoles et autres activités anthropiques qui se déroulent sur le bassin versant (Izougarhane et al., 2016 ; Şener et al., 2017) et aussi à la dissolution des roches (eau-contact roche). Ces mêmes constats ont été faits par Diabaté (2014) qui ont travaillé respectivement sur le traitement des eaux de surface en milieu tropical et sur la qualité physico-chimique de l'eau de la retenue de Gagnoa en Côte d'Ivoire. Au niveau des paramètres organiques, le calcul de l'IQE est caractérisé par des eaux non potables à la station P1 (139,1) en amont du cours d'eau et de mauvaise qualité en aval du barrage à la station P13 (54,2) notamment en PSS avec un  $\text{IQE}_{\text{moy, PO}}$  égale à 80,1 témoignant une eau de très mauvaise qualité. Alors qu'en GSS et en PSP, on a une eau de bonne qualité avec des  $\text{IQE}_{\text{moy, PO}}$  de 35,7 et 33,5. Quant à la GSP, on note une eau de mauvaise qualité ( $\text{IQE}_{\text{moy, PO}} = 53,9$ ). La très mauvaise qualité en PSS se traduit par une importante charge minérale et organique d'origine anthropique. Par contre, en PSP la qualité des eaux s'améliore grâce au phénomène de dilution. Ces résultats corroborent avec ceux de Talhaoui 2020 qui ont trouvé qu'en hiver la qualité de l'eau varie d'excellente qualité à mauvaise (IQE de 65 à 74), alors en qu'été, elle varie de bonne à impropre à la consommation (IQE de 23 à 451). De ce fait, la protection de cette ressource en eau ainsi que l'amélioration sa qualité dans le bassin versant, est crucial afin de donner la priorité à la réduction des sources de pollution surtout anthropique. C'est à dire de prendre des mesures pour réduire les différentes formes de pollutions anthropiques qui affectent l'eau, afin de préserver sa qualité et sa disponibilité pour les générations futures.

### Conclusion:-

La présente étude a permis d'évaluer la qualité globale des eaux de surface du bassin versant du fleuve San-Pedro au barrage Fayé, une zone d'intenses activités anthropiques caractérisées par l'agriculture et les industries agro-alimentaires. Les résultats de nos investigations ont révélé que la qualité de l'eau à travers le calcul de l'indice de la qualité globale de l'eau (IQE), est impropre à toute utilisation. Ces observations sont valables en toute saison (GSS, GSP, PSS et en PSP) avec des valeurs  $\text{IQE}_{\text{moy, global}}$  de 1078,8 ; 863,9 ; 3007,27 ; et 3642,28, respectivement. En comparant les saisons, il faut noter qu'en PSP la valeur d'IQE est plus élevée, et faibles dans les autres saisons en particulier dans la GSP, cela se justifie par le fait qu'en PSP, il y a eu des précipitations plus importantes qui ont augmenté le débit du cours d'eau, diluant ainsi les polluants tels que les polluants organiques en réduisant leur concentration dans l'eau. De plus, les précipitations ont également entraîné un lessivage des sols qui sont riches en  $\text{Ca}^{2+}$  ainsi que les engrais potassiques accumulés dans les terres, polluant ainsi ces eaux de surface. En GSP, il y a eu de très faible précipitation conduisant ainsi à une diminution du débit des cours d'eau. Il faut souligner que la baisse des débits des cours d'eau renvoie à une plus grande utilisation de ces cours d'eau pour l'irrigation et autres usages,

ce qui peut aggraver la pollution. Cependant, notons que la pollution de ces eaux sont influencée par les éléments toxiques (As, Cd, Ni, Pb, Hg ; supérieurs aux valeurs limites des eaux brutes destinées à la consommation humaine) et aussi par les cations majeurs ( $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{K}^+$ ).

### References Bibliographiques:-

1. **Abboudi, A., Tabyaoui, H. et El Hamichi F. (2014):** etude de la qualité physico-chimique et contamination métallique des eaux de surface du bassin versant de guigou au Maroc. *European Scientific Journal*, 10(23) :1857-7881.
2. **Aher, D.N., Kele V.D., Malwade K.D. et Shelke M.D. (2016):** Lake water quality indexing to identify suitable sites for household utility: a case study Jambhulwadi lake; pune (MS). *Journal of Engineering Research and Applications*, 6(5) : 16-21.
3. **Assaad, A. (2014) :** Pollution anthropique de cours d'eau : caractérisation spatio-temporelle et estimation des flux. Thèse de Doctorat, Université de Lorraine, Français. HALL Open sciences. 213 p.
4. **Brown, R.M., McClelland, N.I., Deininger, R.A. et Tozer, R.G. (1970):** A Water Quality Index. Do we are? *Water and sewage work*, pp. 339-343.
5. **De Lasme, O.Z. (2013):** Contribution à une meilleur connaissance des aquifères fissuré du socle précambrien : cas de la région de San-Pédro (Sud-ouest de la Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouët Boigny (Abidjan, Côte d'Ivoire), 176 p.
6. **Diabaté, V. (2014):** Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux de la retenue de Gagnoa. Mémoire de Master, UFR des Sciences et Gestion de l'Environnement, Université Nangui Abrogoua (Abidjan, Côte d'Ivoire), 51 p.
7. **Dudgeon, D., Angela, H.A., Gessner, M.O., Kawabata, Z.I., Knowler, D.J., Lévêque, C., Naiman, R.J., Prieur, R.A.H., Soto, D., Stiassny, M.L.J. et Sullivan, C.A. (2006):** Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews*, 81:163-182.
8. **Eblin, S.G., Sombo, A.P., Soro, G., Aka, N., Kambiré O. et 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.
10. **Fadika, V. (2012):** Variabilité hydroclimatique et modélisation hydrologique de quelques bassins versants côtiers du Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire. Thèse Unique de Doctorat, Université Nangui Abrogoua, Côte d'Ivoire, 177 p.
11. **Izougarhane, M., Mansouri, D., El Ibaoui, H., Chakiri S. et Fadli M. (2016):** Physico-chimie et teneurs métalliques des eaux de l'estuaire de l'Oued Sebou durant des années de dragage du sable. *European Scientific Journal*, 12(30):127-151.
12. **JORF (Journal Officiel de la République Française). (2023):** Limites de qualité des eaux brutes de toutes origines utilisées pour la production d'eau destinée à la consommation humaine, à l'exclusion des eaux de source conditionnées. Fixées pour l'application des dispositions prévues aux articles r. 1321-7 (ii), r. 1321-17 et r. 1321-38 à r. 1321-42 Ministère de la Santé et des Solidarités. (N°31 du 06 décembre 2007 texte N° 17 modifié par Décret n°2022-1720 du 29 décembre 2022 – article 1 et mise vigueur le 1er janvier 2023). Kim, H., Jo, B. Y., & Kim, H. S.
13. **Kambiré, O. and all. (2014):** Caractérisation des eaux d'une lagune estuarienne de la Côte d'Ivoire : la lagune Aby. *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, 20:95-110.
14. **KONIN, N. J. C., N'Go Y. A., Soro, G. E., Ya, K. F. et Goula, B. T. A. (2021):** Influence des facteurs hydro-morphostructuraux sur les inondations du bassin-versant du fleuve San-Pedro, Côte d'Ivoire. *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 37:106-122.
15. **Lalaoui, M. (2021):** Contribution à l'Etude Biogéochimique des Eaux du Barrage Hammam Grouz. Thèse Unique de Doctorat, Centre Universitaire A. Boussouf de Mila (Algérie) 184 p.
16. **NECHAD, I., FADIL, K. et FADIL F. (2014):** Qualité physicochimique des eaux des sources Ain Regrag et Ain Sidi Bouali dans la région de Sefrou (moyen Atlas, Maroc), *Larhyss Journal*, 20:127-146.
17. **OMS (2017):** Directives de qualité pour l'eau de boisson. 4ème Edition intégrant le premier additif, (Genève, Suisse), 539 p.
18. **Probst, J-L. et Probst A. (2015):** Composition chimique des eaux et variabilité naturelle. In CNRS Éditions. Paris. (pp. 206-207).
19. **RGPH (2015):** Recensement Général de la Population et de l'Habitat. Résultats globaux. 22 p
20. **RGPH (2021):** Recensement Général de la Population et de l'Habitat. Résultats globaux. 25 p.
21. **Rodier, J., Legube, B. et Merlet N. (2009):** L'analyse de l'eau. 9ème édition, Entièrement mise à jour, Dunod, Paris (France), 1511 p.

22. **Sala, E.O., Chapin, F.S., Armesto, J.J., Berlow, E., Bloomfield, J. et Dirzo, R. (2000):** Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science Journals*, 287(5459):1770-1774.
23. **Şener, S., Şener, E. et Davraz, A. (2017):** Evaluation of water quality using water quality index (WQI) method and GIS in Aksu River (Turkey). *Science of the Total Environment*, 584:131-144.
24. **Talhaoui, A., El Hmaidi, A., Jaddi, H. et Ousmana, H. (2020):** Calcul de l'indice de qualité de l'eau (IQE) pour l'évaluation de la qualité physico-chimique des eaux superficielles de l'Oued Moulouya (NE, Maroc). *European Scientific Journal* 2(16):64-85.
25. **Tfeil, H., Mahfoudh, M., Mhamed, B.A.M., Aliyen, A., Yarba, L. et Vall Hmeyada, A.M. (2018):** Caractérisation Physico-Chimique des eaux de surface et étude de la diversité ichtyologique de quelques zones humides continentales en Mauritanie. *European Scientific Journal*, 14(6) ISSN: 1857-7881.
26. **Zinsou, H., Léonce, A., Hermas, A.A., Pierre, G., Delphine, A. et Philippe, L. (2016):** Caractéristiques physico-chimiques et pollution de l'eau du delta de l'Oueme au Benin. *J. Appl. Biosci*, 97:9163-9173.