

## Détermination de la qualité physico-chimique des ressources en eau du bassin versant de la Loka à Bouaké, Centre de la Côte d'Ivoire

### [ Determination of the physico-chemical quality of resources in water from the Loka watershed in Bouaké, Central Ivory Coast ]

*Aloua Estelle Danielle Ebé, Kouassi Serge Aristide Yao, and Kouassi Ernest Ahoussi*

Université Félix Houphouët Boigny de Cocody, UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Laboratoire des Sciences du Sol, de l'Eau et des Géomatériaux, 22 BP 582 Abidjan, Abidjan, Côte d'Ivoire

Copyright © 2023 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:** The objective of this study aims to evaluate the physicochemical quality of surface and well water based on measurements of Temperature (T°C), pH, Electrical Conductivity (EC), Suspended Matter (MES), Calcium (Ca<sup>2+</sup>), Magnesium (Mg<sup>2+</sup>), Sodium (Na<sup>+</sup>), Potassium (K<sup>+</sup>), Bicarbonates (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>), ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), Chlorides (Cl<sup>-</sup>), sulfates (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), orthophosphates (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) in the Loka watershed. The physical parameters pH, EC and T were measured in situ with a WTW 3111 pH meter, a WTW 3110 conductivity meter and a WTW3110 oximeter. Chemical parameters, major elements, nutrient salts and heavy metals were all analyzed at the CIAPOL laboratory. The analysis of these parameters was carried out according to the protocol of Rodier 1994. The suspended solids (MES) were obtained by filtration on a fiberglass filter. The physicochemical analysis of the Loka watershed shows that the surface waters have an average temperature of 26.43°C. pH values vary between 5.5 and 6.8. Summary The objective of this study aims to evaluate the physicochemical quality of surface and well water based on measurements of Temperature (T°C), pH, Electrical Conductivity (EC), Suspended Matter The conductivity content is between 29  $\mu$ S/cm and 116.2  $\mu$ S/cm, which reflects weakly mineralized waters. Nitrate concentrations observed in surface waters vary from 0.24 mg/L to 1.95 mg/L. Also, well water has a pH varying between 6.55 and 8.9 with an average of 7.35. These waters are also weakly mineralized and have nitrate contents of between 0.2 mg/L and 1.04 m/L. The average values of the different physicochemical parameters are generally below WHO quality standards. As a result, surface and well water on the whole can be used for the supply of drinking water but environmental monitoring remains important.

**KEYWORDS:** physico-chemical characteristics, the Loka watershed, surface water, well water.

**RESUME:** L'objectif de cette étude vise à évaluer la qualité physico-chimique des eaux de surface et de puits basé sur les mesures de Température (T°C), pH, Conduktivité Electrique (CE), Matière en suspension MES, Calcium (Ca<sup>2+</sup>), Magnésium (Mg<sup>2+</sup>), Sodium (Na<sup>+</sup>), Potassium (K<sup>+</sup>), Bicarbonates (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>), ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), Chlorures (Cl<sup>-</sup>), sulfates (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> (orthophosphates) dans le bassin versant de la Loka. Les paramètres physiques pH, CE et T ont été mesurés *in situ* avec un pH-mètre WTW 3111, d'un conductimètre WTW 3110 et d'un oxymètre WTW3110. Les paramètres chimiques, les éléments majeurs, les sels nutritifs et les métaux lourds ont été tous analysés au laboratoire du CIAPOL. L'analyse de ces paramètres a été faite selon le protocole de Rodier 1994. Les matières en suspensions (MES) ont été obtenues par filtration sur filtre en fibre de verre. L'analyse physico-chimique du bassin versant de la Loka montre que les eaux de surface présentent une température moyenne de 26,43°C. Les valeurs du pH varient entre 5,5 et 6,8. La teneur en conductivité est comprise entre 29  $\mu$ S/cm et 116,2  $\mu$ S/cm, ce qui traduit des eaux faiblement minéralisées. Les concentrations du nitrate observées dans les eaux de surface varient de 0,24 mg/L à 1,95 mg/L. Aussi, les eaux de puits ont un pH variant entre 6,55 et 8,9 avec, une moyenne de 7,35. Ces eaux sont faiblement minéralisées également et ont des teneurs en nitrate comprises entre 0,2 mg/L et 1,04 m/L. Les valeurs moyennes des différents paramètres physico-chimiques sont généralement en dessous

des normes de qualité de l'OMS. De ce fait, les eaux de surface et de puits dans l'ensemble peuvent être utilisées pour l'approvisionnement en eau potable mais, un suivi environnemental reste important.

**MOTS-CLEFS:** paramètres physico-chimiques, bassin versant de la Loka, eau de surface et eau de puits.

## **1 INTRODUCTION**

Ressource naturelle indispensable à la vie dans tout l'écosystème [1], l'eau joue un rôle très important dans le développement socio-économique aussi bien au niveau local, régional que national. Encore, appelée << l'or bleu >>, l'eau est une matière incontournable pour satisfaire les besoins vitaux de l'Homme. C'est une ressource largement présente sur la planète car elle couvre 70 % de la surface du globe, les eaux souterraines représentent 30 % des stocks d'eau douce sur terre et presque la moitié de l'eau potable dans le monde [2] et l'eau douce ne représente que 2,5 % du volume total, réparti à 68,7 % dans les calottes glaciaires et les glaciers, 30,1 % dans les nappes phréatiques, 0,8 % dans le permafrost et seulement 0,4 % dans les eaux de surface et l'atmosphère [3]. La distribution de l'eau potable par la SODECI ne suivant pas l'accroissement de l'urbanisation et bon nombres de populations ont recours aux eaux de source (rivière, mare, marigots) et souterraines (puits, forage) pour satisfaire leurs besoins. Cependant, ces eaux sont vulnérables face aux diverses contraintes (agriculture, industrie, ménages, etc.), climatique, etc. [4, 5]. Dès lors, la connaissance de sa qualité est une préoccupation majeure pour répondre à la demande et à l'approvisionnement des différents utilisateurs du bassin. L'objectif de cette étude vise à évaluer la qualité physico-chimique des eaux de surface et de puits basé sur les mesures de Température (T°C), pH, Conduktivité Electrique (CE), Matière en suspension MES, Calcium (Ca<sup>2+</sup>), Magnésium (Mg<sup>2+</sup>), Sodium (Na<sup>+</sup>), Potassium (K<sup>+</sup>), Bicarbonates (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>), ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), Chlorures (Cl<sup>-</sup>), sulfates (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> (orthophosphates).

## **2 MATÉRIEL ET MÉTHODES**

### **2.1 ZONE D'ÉTUDE**

Le bassin versant de la Loka est situé au nord-ouest de Bouaké (centre de la Côte d'Ivoire). Il est compris entre les latitudes 07°24' et 07°48' nord et les longitudes entre 05°240' et 05°0'W. Le bassin occupe une superficie de 767,64 km<sup>2</sup> et comprend principalement le barrage de la Loka en amont avec une superficie de 595 km<sup>2</sup> la rivière Loka dans le village de Mahounou en aval et la rivière de Kossou en exutoire. Le bassin versant de la Loka a un relief dont l'altitude varie entre 300 m et 400 m, et d'un relief monotone qui varie de 200 à 300 m. Son profil en long a une pente assez faible de 5,4 % en moyenne. Les formations géologiques dominées de granite, de granitoïdes discordants et de migmatites. Les réservoirs sont alimentés par les précipitations et les formations d'altérites constituent un réservoir de récupération sous l'effet du gradient de pression. Ce paysage est composé de savanes pré-forestières regroupant essentiellement de savanes herbeuses et arborées. Le bassin versant de la Loka est occupé par plusieurs groupes ethniques majoritairement ruraux ayant pour activité principale l'agriculture. De plus, le manioc devient la culture dominante et l'anacarde la culture d'exportation la plus pratiquée. L'accroissement de la population a favorisé une demande en eau potable de plus en plus forte. Le bassin versant de la Loka est implanté au sommet du horst granitique qui sépare les eaux du fleuve N'zi et celles du fleuve Bandama. Ainsi, le sol substrat géologique de la zone d'étude est composé de granite, parcouru de filons pegmatites et quartzeux.

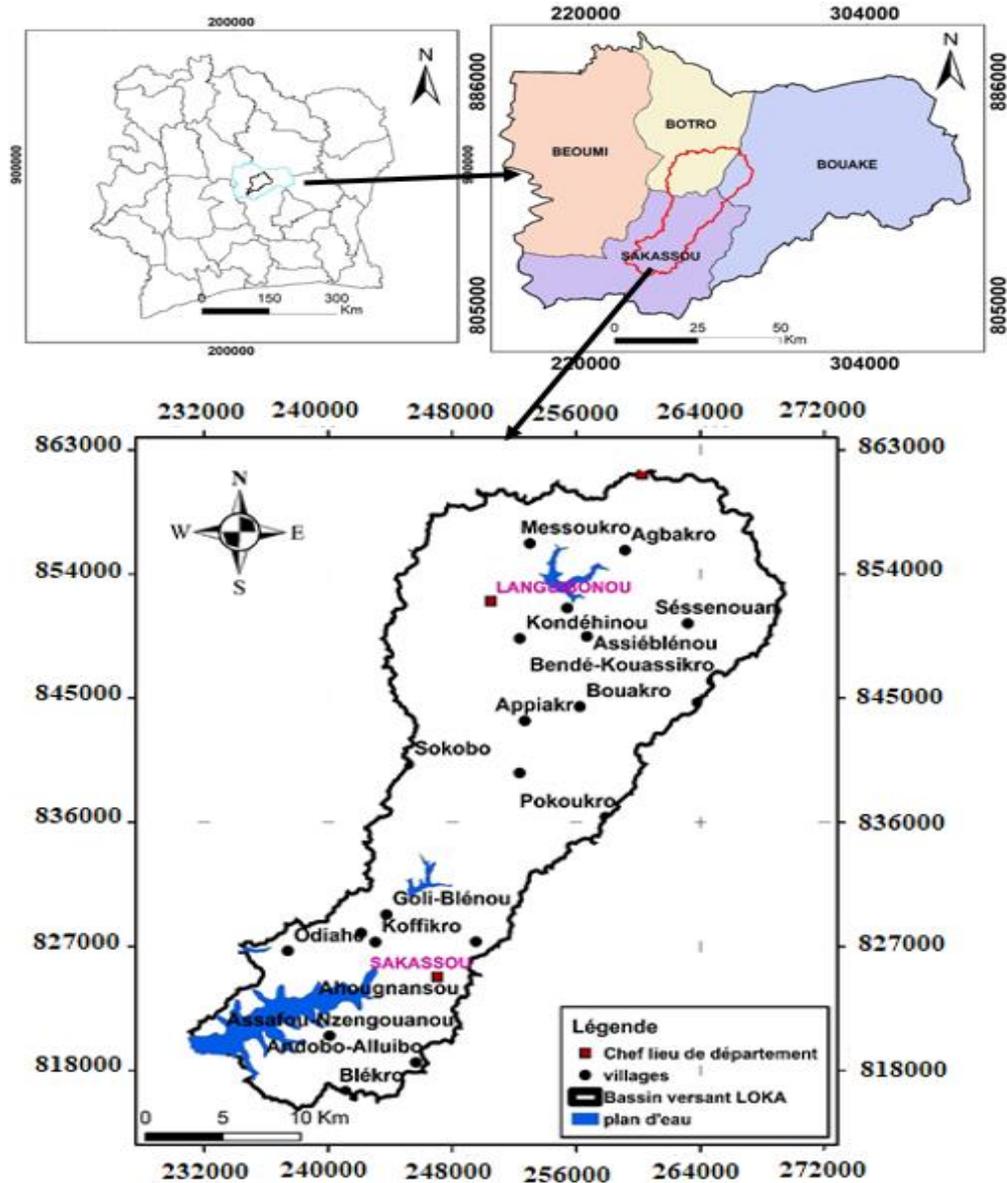


Fig. 1. Carte du bassin versant de la Loka

## 2.2 MESURE DES PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES

Dans le cadre de ce travail, les paramètres physiques pH, CE et T ont été mesurés *in situ* avec un pH-mètre WTW 3111, d'un conductimètre WTW 3110 et d'un oxymètre WTW3110. Les paramètres chimiques, les éléments majeurs, les sels nutritifs et les métaux lourds ont été tous analysés au laboratoire du CIAPOL (tableau). L'analyse de ces paramètres a été faite selon le protocole utilisé par plusieurs auteurs [6]. Les matières en suspensions (MES) ont été obtenues par filtration sur filtre en fibre de verre.

## 2.3 MÉTHODES D'ÉCHANTILLONNAGE

Les prélèvements effectués sur différents sites couvrant le bassin, les échantillons des eaux de surface (6 points) et de puits (19 points) ont été prélevés au cours de la mission hydrogéologique du 11 au 14 juillet 2022 à l'aide des bouteilles en polyéthylène de 500 mL rincées et comportant des identifiants. Remplies à ras et hermétiquement fermés pour éviter les bulles d'air. Ces échantillons ont permis de déterminer les caractéristiques physico-chimiques, les sels nutritifs au laboratoire (tableau 1) ainsi que les paramètres *in-situ* selon les normes OMS [7].

Tableau 1. Méthodes d'analyse des eaux

Paramètres	Méthodes d'analyse	Norme
Nitrite	Spectrométrie d'absorption moléculaire	HACH 8507
Nitrate	Spectrométrie d'absorption moléculaire	HACH 8039
Ammonium	Spectrométrie d'absorption moléculaire	HACH 8155
Orthophosphate	Spectrométrie d'absorption moléculaire au molybdate	HACH 8048
Sodium	Dosage spectrométrique d'émission atomique	NF T 90020
Sulfate	Néphélométrie	NF T 90040
Potassim	Absorption atomique	NF T 90020
Chlorure	Titrimétrie	NF T 90014
Calcium / magnesium	Absorption atomique	NF T 90036
Hydrogénocarbonate	Titrimétrie	NF T 90036

### 3 RÉSULTATS

#### 3.1 CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX DE SURFACE

Les analyses physico-chimiques des eaux de surface du bassin sont consignées dans le tableau 1. Le pH varie de 5,5 à 6,8, avec une moyenne de 6,13 et un écart type de 0,59. Le pH de ses eaux sont relativement acides et neutres. La température oscille entre 25 et 29,6°C avec une moyenne de 26,43 °C et un écart type de 1,72°C. La teneur en CE est comprise entre 29 et 116,2 µS/cm avec une moyenne de 81,48 µS/cm. Ces eaux sont faiblement minéralisées. Les concentrations en MES oscillent de 23,89 mg/L à 210,19 mg/L, avec une moyenne de 96,99 mg/L et écart type de 80,58 mg/L. Concernant les éléments chimiques (éléments majeurs et les sels nutritifs), les cations majeurs ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  et  $\text{K}^+$ ), les ions prédominants sont  $\text{Ca}^{2+}$  et oscillent entre 3,2 et 7,2 mg/L, avec une moyenne de 4,06 mg/L et un écart type de 2,12 mg/L. Ensuite vient les ions  $\text{K}^+$  avec des teneurs migrant de 0,2 à 4,8 mg/L, une moyenne de 2,76 mg/L et un écart type de 2,03 mg/L. Après les ions  $\text{Mg}^{2+}$  avec des teneurs comprises entre 0,2 à 1,95 mg/L, avec une moyenne de 1,28 mg/L et un écart type de 0,65 mg/L. En fin, les ions  $\text{Na}^+$  avec des teneurs varient entre 0,27 et 1,37 mg/L, une moyenne de 1,21 mg/L et un écart type de 1,08 mg/L. Quant aux anions ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  et  $\text{HCO}_3^-$ ), les ions  $\text{HCO}_3^-$  varient de 8,54 à 35,38 mg/L, avec une moyenne de 20,74 mg/L. Les ions ( $\text{Cl}^-$ ) oscillent entre 1,2 à 14,9, avec une moyenne de 7,55 mg/L. Les ions ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) varient de 0 à 1 mg/L, avec une moyenne de 0,67 mg/L. Les sels nutritifs ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  et  $\text{PO}_4^{2-}$ ), les teneurs en ions ( $\text{NO}_3^-$ ) varient de 0 à 1,5 mg/L, avec une moyenne et 0,88 mg/L et un écart type de 0,63 mg/L. Les concentrations en ions ( $\text{NO}_2^-$ ) oscillent entre 0 mg/L à 0,022 mg/L, avec une moyenne de 0,003 mg/L et un écart type de 0,01 mg/L. Les ions ( $\text{NH}_4^+$ ) varient de 0,27 à 1,74 mg/L, avec une moyenne de 0,68 mg/L et un écart type de 0,55 mg/L. Les ions ( $\text{PO}_4^{2-}$ ) oscillent de 0,03 à 0,36 mg/L, avec une moyenne de 0,145 mg/L et un écart type de 0,11 mg/L.

Tableau 2. Analyse statistique des paramètres physico-chimiques des eaux du bassin versant

Variabiles	Unités	Minimum	Maximum	Ecart type	Moyenne	Norme brute des eaux OMS 2017
pH		5,5	6,8	0,59	6,13	6,5-8,5
T	°C	25	29,6	1,72	26,43	20-25
CE	µS/cm	29	116,2	29,87	81,48	< 250
MES	mg/L	23,89	210,19	80,58	96,99	50-200
Ca <sup>2+</sup>	mg/L	0,8	7,2	2,12	4,06	100
Na <sup>+</sup>	mg/L	0,27	3,29	1,08	1,21	200
Mg <sup>2+</sup>	mg/L	0,24	1,95	0,65	1,28	50
K <sup>+</sup>	mg/L	0,2	4,8	2,03	2,76	12
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/L	0	3	1,21	0,67	50
Cl <sup>-</sup>	mg/L	1,2	14,9	5,94	7,55	200
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	8,54	35,38	12,82	20,74	100
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	0	1,5	0,50	0,88	50
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/L	0	0,022	0,01	0,003	0,1
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/L	0,27	1,74	0,55	0,68	0,05
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	mg/L	0,03	0,36	0,11	0,145	0,2

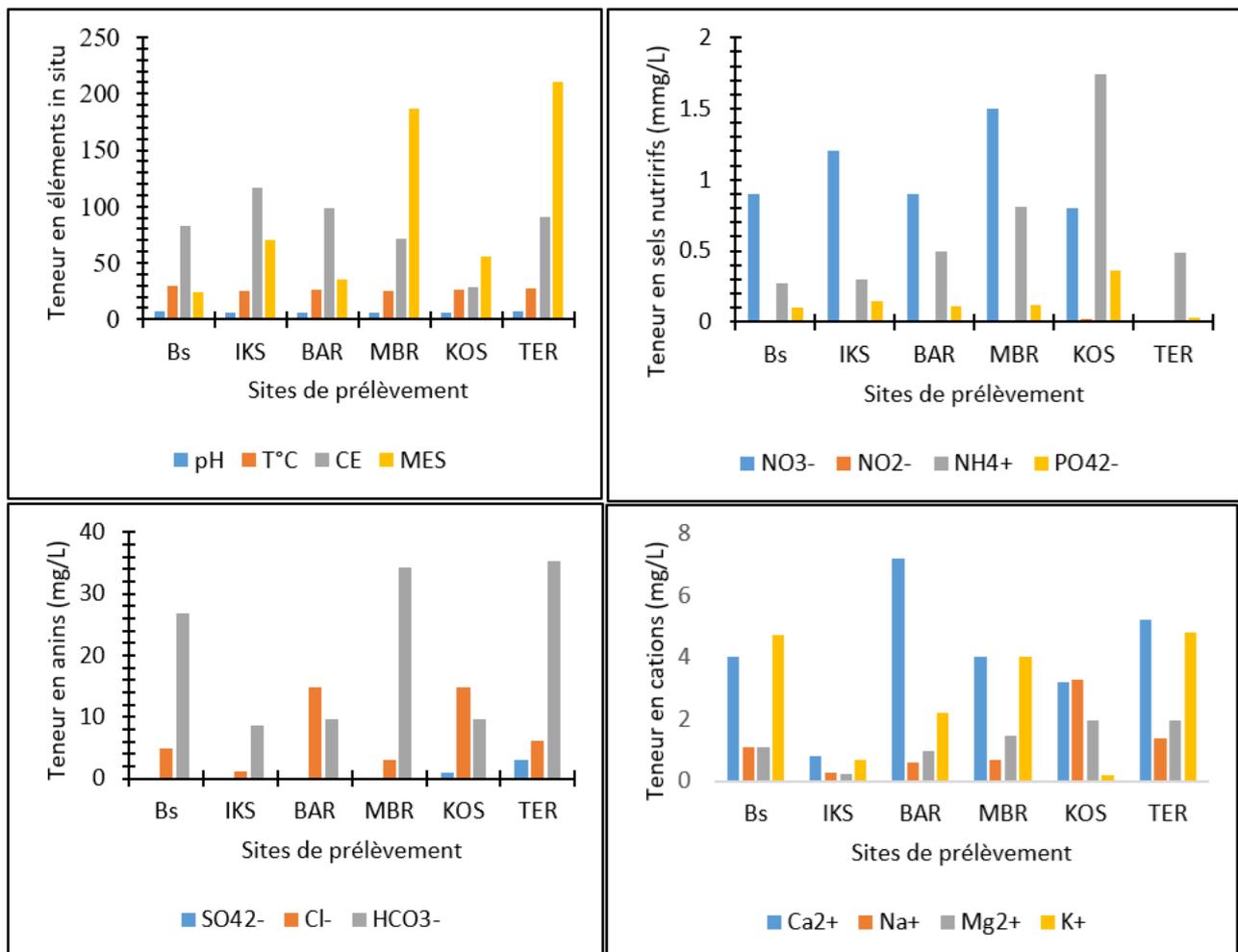


Fig. 2. Evolution des paramètres physico-chimiques des eaux de surface

### 3.2 CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX DE PUIITS

L'analyse des paramètres physico-chimiques sont présentées dans le tableau II. La température des eaux de puits est comprise entre 25 et 27°C, avec une moyenne de 25,93°C et un écart type de 0,71°C. 13% des de prélèvements ont des températures égales à la norme et 77% des sites ont des températures supérieures à la norme OMS. Les eaux de puits sont légèrement acides à alcalines, les teneurs en pH varient de 6,55 à 8,9, avec une moyenne de 7,35 et un écart type de 0,77. La plupart des eaux de puits ont un pH supérieur à la norme OMS (6,5). Les conductivités électriques sont comprises entre 28,3 et 312 µS/cm, avec une moyenne de 101,08 µS/cm et un écart type de 158,81 µS/cm. La valeur moyenne est largement inférieure à la norme OMS (400 µS/cm). Les teneurs en calcium (Ca<sup>2+</sup>) varient de 1, à 46 mg/L, avec une moyenne de 9,38 mg/L et un écart type de 30,83 mg/L. Les teneurs en Sodium (Na<sup>2+</sup>) oscillent entre 0,2 à 1,04 mg/L, avec une moyenne de 0,49 mg/L et un écart type de 0,35 mg/L. Les valeurs en Magnésium (Mg<sup>2+</sup>) sont comprises entre 0 et 21,49 mg/L, avec une moyenne de 21,59 mg/L et un écart type 13,99 mg/L. Le Potassium (K<sup>+</sup>) varie entre 1,2 et 10,60 mg/L, avec une moyenne de 4,89 mg/L et un écart type de 3,04 mg/L. Quant aux anions, les teneurs en Sulfates (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) varient entre 0 et 3 mg/L, avec une moyenne 0,23 mg/L et un écart type de 0 mg/L. la plupart des valeurs sont nulle. Les concentrations en Chlorures (Cl<sup>-</sup>) oscillent entre 0,5 et 4,7 mg/L, avec une moyenne de 2, mg/L et un écart type de 69,01 mg/L. Les teneurs en Hydrogencarbonates (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) varient de 0 à 100,04 mg/L, avec une moyenne de 25,39 mg/L et un écart type de 1,56 mg/L. Les sels nutritifs (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> et PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>), les concentrations en nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) oscillent entre 1,5 et 29,6 mg/L, avec une moyenne de 11,12 mg/L et un écart type de 1,56 mg/L. Ces eaux de puits sont caractérisées par les apports anthropiques car, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> est supérieur à 10 mg/L. Les teneurs en nitrite (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) varient de 0,015 à 0,023 mg/L, avec une moyenne de 0,015 mg/L et un écart type de 0 mg/L. Les valeurs de l'ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) oscillent entre 0,01 et 0,24 mg/L, avec moyenne de 0,054 mg/L et un écart type de 0,04 mg/L. Les teneurs en phosphore (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) varient de 0,02 à 0,54 mg/L, avec une moyenne de 0,035 mg/L et un écart type de 0,35 mg/L mg/L).

Tableau 3. Analyse statistique des paramètres physico-chimiques des eaux du bassin versant

Variables	Unités	Minimum	Maximum	Ecart type	Moyenne	Norme brute des eaux
pH		6,55	8,9	0,73	7,35	6,5
T	°C	25	27	0,71	25,93	25
CE	µS/cm	28,3	312	89,07	101,08	400
MES	mg/L	6,5	146,93	45,71	74,34	200
Ca <sup>2+</sup>	mg/L	1,2	46	14,22	9,38	100
Na <sup>+</sup>	mg/L	0,11	1,04	0,34	0,49	50
Mg <sup>2+</sup>	mg/L	0	21,49	7,03	2,59	200
K <sup>+</sup>	mg/L	1,2	13	4,05	4,89	12
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/L	0	3	1,02	0,31	200
Cl <sup>-</sup>	mg/L	0,5	4,7	1,52	2,24	250
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	0	100,04	31,07	25,39	100
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	1,5	29,6	9,90	11,12	50
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/L	0,015	0,023	0,00	0,02	0,1
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/L	0,01	0,24	0,08	0,05	0,05
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	mg/L	0,02	0,54	0,20	0,17	0,2

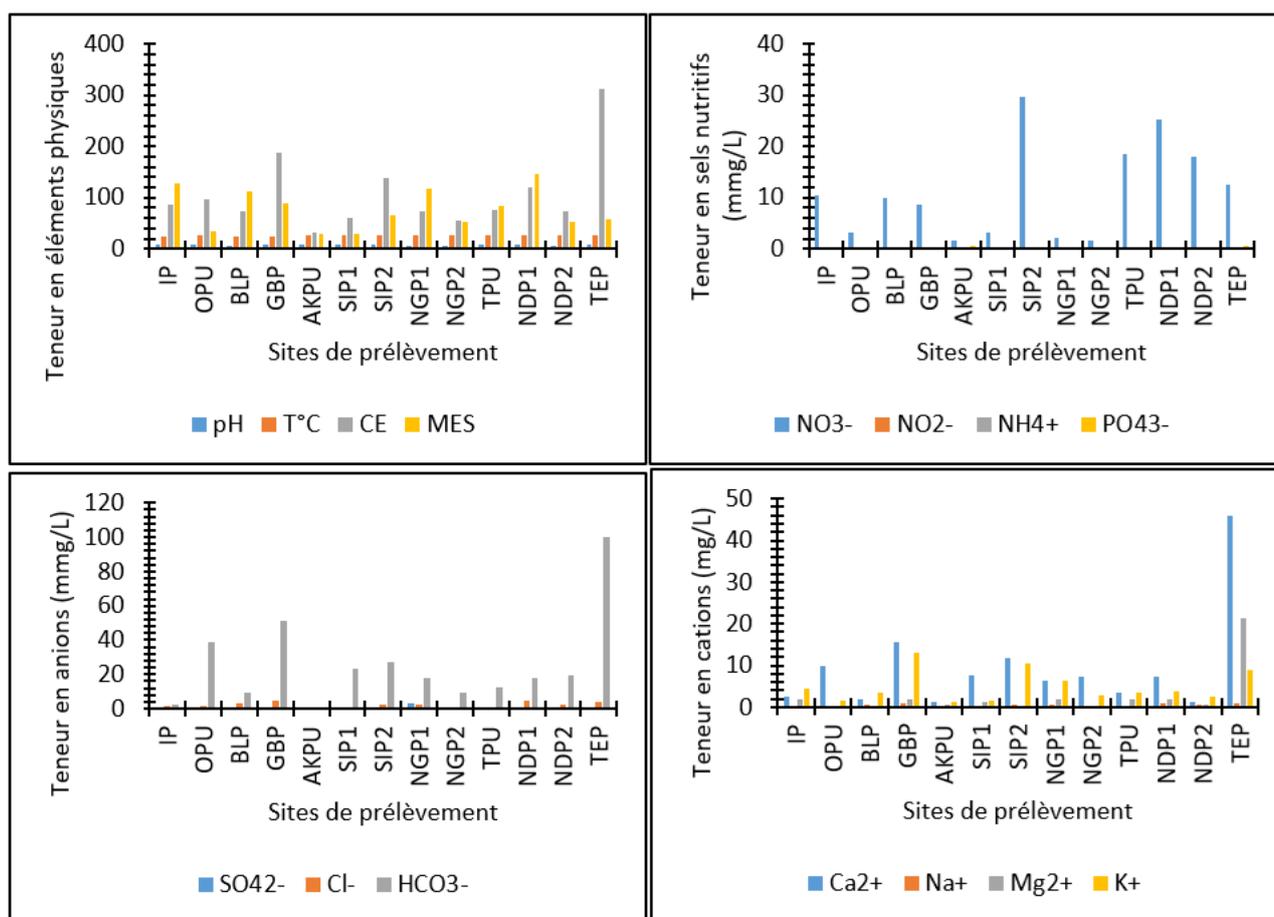


Fig. 3. Evolution des paramètres physico-chimiques des eaux de puits

## 4 DISCUSSION

### 4.1 ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX DE SURFACE

L'analyse des variables hydrochimiques a montré que le pH a une valeur moyenne de 6,13 dans eaux de surface. Cette valeur de pH montre que les eaux de la zone d'étude sont acides. L'acidité des eaux constitue l'un des traits caractéristiques des eaux de Côte d'Ivoire. Cette acidité peut être due à un processus biogéochimique ou anthropogénique. Ce processus est régi par le CO<sub>2</sub> du sol généré à travers la respiration des racines des plantes et de la décomposition de la matière organique [8, 9, 10] une eau est médiocre lorsque la température varie entre 25°C et 30°C. Cependant, la température moyenne des eaux dans la zone tropicale humide est de 30°C [11, 12, 13]. Aussi, l'évolution de la température de l'eau reste liée aux conditions locales telles que le climat régional, la topographie, le débit, la durée de l'ensoleillement et la profondeur [14]. La conductivité électrique permet une meilleure appréciation du degré de minéralisation de l'eau selon la concentration de chaque ion [15]. La valeur moyenne de CE est de 81,48  $\mu$ S/cm. Ce qui explique que les eaux sont faiblement minéralisées [16, 17, 18, 19]. Les eaux de surface du bassin présentent une moyenne en matière en suspension de 96,99 mg/L. Ces eaux sont chargées en MES et cela diminue la transparence de celles-ci. Cette concentration en matière en suspension est due à la présence de déchets solides et agricole. La concentration élevée en ammonium traduit la proximité des eaux de surface aux activités anthropiques [20], les nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) et les nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) sont des ions présents de façon naturelle dans l'environnement et sont le résultat d'une nitrification (correspond à l'oxydation biologiques de l'azote ammoniacale (NH<sub>3</sub>) en azote nitrique (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) de l'ion ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), présent dans l'eau et le sol. En effet, l'origine des NO<sub>3</sub><sup>-</sup> au niveau des eaux de surface serait anthropique, c'est-à-dire les activités agricoles beaucoup présentes dans la zone [13]. Au niveau du phosphate (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>), sa teneur varie entre 0,03 et 0,36 mg/L, avec en moyenne de 0,145 mg/L. Cette valeur est en dessous de la valeur seuil OMS (0,5 mg/L). Le phosphore est un élément nutritif essentiel à la croissance des plantes. Au-dessus d'une certaine concentration et lorsque les conditions sont favorables, il peut provoquer une croissance excessive d'algues et de plantes aquatiques supérieures [21]. Les éléments majeurs, les eaux de surface ont des concentrations moyenne largement inférieure à la norme de l'OMS. Le calcium (Ca<sup>2+</sup>) de

4,06 à 7,2 mg/L, le sodium ( $\text{Na}^+$ ) de 1,21 à 3,29 mg/L, le magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) avec une moyenne de 1,28 mg/L à 1,95 mg/L, le potassium ( $\text{K}^+$ ) de 2,76 à 4,8 mg/L, le chlorure ( $\text{Cl}^-$ ) avec une moyenne de 7,55 mg/L à 14,9 mg/L, le sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) de 0,67 mg/L à 3 mg/L, le bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ) de 20,74 mg/L à 35,38 mg/L [22].

#### **4.2 ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX DES PUIITS**

Les eaux de puits du bassin versant de la Loka ont une concentration moyenne en pH de 7,35. Ces eaux sont alcalines et la moyenne est supérieure à la norme OMS (6,5). Selon [23], l'alcalinité d'une eau correspond à la présence d'espèces basiques telles que les ions hydroxydes ( $\text{HO}^-$ ), les ions carbonates ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), les ions hydrogénocarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ) et dans une moindre mesure des ions phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) et silicates ( $\text{SiO}_3^{2-}$ ). La température moyenne est de 25,93°C. Cette valeur moyenne est supérieure à la norme OMS. Les plus faibles températures correspondent à celles mesurées soit très tôt le matin, soit très tard le soir. En effet, la valeur de 25°C est difficile à observer en Afrique de l'Ouest car, la température moyenne tend vers 30°C en raison des conditions climatiques [23, 24, 25, 26, 27, 28]. La valeur moyenne de conductivité est de 101,08  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Cette teneur moyenne traduit des eaux faiblement minéralisées qui serait fonction de la nature géologique des aquifères, de son épaisseur et de son temps de séjour de l'eau dans l'aquifère [27, 28]. Les teneurs en ions majeurs (anions et cations) et métaux lourds obtenus dans les eaux souterraines sont très inférieures à la norme OMS requise pour l'alimentation en eau potable. Au niveau des sels nutritifs la plupart des valeurs moyennes sont en-dessous de la norme recommandée par OMS, à l'exception des moyennes en ammonium 0,054 mg/L et en phosphate 1,6 mg/L. En effet, l'ammonium et le phosphate sont plus abondants dans les eaux de puits. Les teneurs importantes en ammonium traduit une contamination d'origine superficielle provenant de la réduction naturelle des nitrates et de la dégradation incomplète de la matière organique. Elles témoignent d'une pollution récente [29, 30]. La présence des teneurs en phosphore élevées dans les eaux de puits sont dues aux apports anthropiques provenant des rejets d'effluents humains ou animaux. Cette teneur observée pose des phénomènes d'eutrophisation [31].

## **5 CONCLUSION**

L'analyse physico-chimique du bassin versant de la Loka montre que les eaux de surface présentent une température moyenne de 26,43°C. Les valeurs du pH varient entre 5,5 et 6,8. La teneur en conductivité est comprise entre 29  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et 116,2  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , ce qui traduit des eaux faiblement minéralisées. Les concentrations du nitrate observées dans les eaux de surface varient de 0,24 mg/L à 1,95 mg/L. Aussi, les eaux de puits ont un pH variant entre 6,55 et 8,9 avec, une moyenne de 7,35. Ces eaux sont faiblement minéralisées également et ont des teneurs en nitrate comprises entre 0,2 mg/L et 1,04 mg/L. Les valeurs moyennes des différents paramètres physico-chimiques sont généralement en dessous des normes de qualité de l'OMS. De ce fait, les eaux de surface et de puits dans l'ensemble peuvent être utilisées pour l'approvisionnement en eau potable mais, un suivi environnemental reste important.

## **CONFLITS D'INTÉRÊTS**

Les auteurs déclarent ne pas avoir de conflit d'intérêt sur cet article.

## **REMERCIEMENTS**

Les auteurs remercient le Responsable du Laboratoire des Sciences du Sol, de l'Eau et des Géomatériaux, de l'UFR STRM et de l'Université Félix Houphouët-Boigny et tous les techniciens qui ont participé à la réalisation de cette étude et le laboratoire du CIAPOL pour l'analyse des données.

## **REFERENCES**

- [1] L. Tampo, M. Gnazou, V. Akpataku, L. Bawa et G. Djaneyé-Boundjou, Application des méthodes statistiques à l'étude hydrochimique des eaux d'un hydrosystème tropical: Cas du bassin versant de la rivière Zio (Togo). *European Scientific Journal*, vol. 11, n°. 14, (2015) 204-225.
- [2] UNESCO-Organisation des Nations Unies pour l'Éducation, la Sciences et la Culture, Rapport mondial des Nations Unies pour la mise en valeur des ressources en eau 2015: l'eau dans un monde durable: faits et chiffres. Paris, 12 p, 2012.
- [3] H. Leridon et G. Marsily, Démographie, climat et alimentation mondiale. Rapport sur la science et la technologie de l'Académie des sciences. N°32, EDP Sciences, Paris. p 70, 2011.

- [4] M. S. Abdou-Babaye, I. Sandao, M. B. Saley, I. Wagani et B. Ousmane, Comportement hydrogéochimique et contamination des eaux des aquifères fissurés du socle précambrien en milieu semi-aride (Sud-Ouest du Niger). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 10 (6) (2016) 2728 – 2743.
- [5] K. G. N'guettia, O. M. J. Mangoua, K. N. Aboua, G. A. Douagui, D. L. Gone, « Caractérisation hydrogéochimique des eaux souterraines du bassin versant de la Baya, Est Côte d'Ivoire (2019) ». *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, Vol. 13, N°1 (2018) 574 – 585.
- [6] J. Rodier, Analyse de l'eau 8ème édition Dunod Paris, France, 1384 p, 1994.
- [7] OMS, Guidelines to Drinking-water Quality (fourth edition). (NLM classification: WA 675), (2017) 564 p.
- [8] A.M. Aka, Qualité environnementale d'un estuaire à pression anthropique et à forçages naturels saisonniers en lagune Ebrié (Sud-Est de la Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouët Boigny de Cocody, Abidjan, (2017) 243 p.
- [9] N. L. Aka, A. B. Kouamé, S. BAMBA et J. Abé, « Caractérisation saisonnière des paramètres physico-chimiques des eaux du Bandama, de l'Agneby et de la Mé (Côte d'Ivoire) » *F. Tech & Doc Vul*, N°2, (2019) 24 -31.
- [10] E. Odjohou, M. Amani, G. Soro et S. Monde, Caractérisation physico-chimique des eaux d'un système lacustre du cordon littoral 68 *Rev. Ivoir. Sci. Technol*, 39, (2022) 55-69.
- [11] J. Rodier, L. Bernard, M. Nicole et Coll, L'analyse de l'eau, 9ème édition Dunod Paris, 1529 p, 2009.
- [12] K.S. Konan, K.L. Kouassi, K.F. Konan, K.I. Kouamé, K. Aka et D. Gnakri, Evaluation des charges solides et caractérisation hydrochimique des eaux du lac du barrage hydroélectrique d'Ayamé 1 (Côte d'Ivoire), *Bulletin de l'Institut Scientifique*, Rabat, Section Sciences de la Terre, n° 35, (2013) 17-25.
- [13] S. G. Eblin, A.P. Sombo, G.M. Soro, N. Aka, O. Kambiré et N. Soro, Hydrochimie des eaux de surface de la région d'Adiaké (sud-est côtier de la Côte d'Ivoire). *Journal of Applied Biosciences*, Vol. 75, pp. 6259-6271.
- [14] E. M. E. Amani, A. C. Akobe, A. B. J. Amani et S. Monde, Détermination ponctuelle des paramètres physico-chimiques d'une colonne d'eau de la Baie du Banco (lagune Ebrié, Côte d'Ivoire). U.F.R. Sciences de la terre et Des Ressources Humaines, Université Félix Houphouët Boigny, *International Journal*, Vol. 10, N°. 06, 2020. <https://doi.org/10.37118/ijdr.18946.06.2020>.
- [15] Y. D. A. Gboko, N. Aka, Keumean et Soro N. (2022). Suivi de la qualité physico-chimique des eaux du Sassandra à la station hydrométrique de Gaoulou, Sud-ouest de la Côte d'Ivoire. *Afrique Science*, Vol. 21, N°, 3. pp. 127-141, 2014. ISSN 1813-548X, <http://ISSN 1813-548X>, <http://www.Afriquescience.net>.
- [16] V Clément et G. Ouimet, Programme d'évaluation et de surveillance des lacs. Rapport synthèse. Labelle (Québec), (2004) 26 p.
- [17] A. M. Kouassi, A. V. S. Assoko, K. Dje, K. E. Kouakou, K. F. Kouame et J. Biemi, « Analysis of the persistence of drought in West Africa: Characterization of the recent climate variability in Ivory Coast», *Environmental and Water Sciences, Public Health & Territorial Intelligence*, vol. 1, n°. 2, (2017) 47-59.
- [18] N. G. Aliko, K. S. DA-Costa, K. F. Konan, A. Ouattara et G. Gourène, Fish diversity along the longitudinal gradient in a manmade lake of West Africa, Taabo hydroelectric reservoir, Ivory Coast. *Ribarstvo*, vol. 68, N°. 2, pp. 47-60, 2010.
- [19] N. Aka, Y. D. A. Gboko, K. N. Keumean, O. A. Adjiri and N. Soro « Monitoring the Physico-Chemical Quality of the Davo River (South-West of Cote d'Ivoire)», *Open Journal of Applied Sciences*, 12, (2022) 1402-1415. <https://doi.org/10.4236/ojapps.2022.128097>.
- [20] N. Grogga, Structure, fonctionnement et dynamique du phytoplancton dans le lac de Taabo (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université de Toulouse (France), (2012) 224 p.
- [21] M. Varol, Temporal and spatial dynamics on nitrogens and phosphorus in surface water and sediments of a transboundary river located in semi-arid region of Turkey. *Cartena*, 100 p, 2012.
- [22] K. S. A. YAO, Apport de l'hydrochimie et de la géochimie environnementale dans l'évaluation des ressources en eau des environnements miniers du département de Divo (sud-ouest de la Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat unique à l'Université Félix Houphouët Boigny de Cocody, Abidjan (Côte d'Ivoire), (2022) 206 p.
- [23] J. Biémi, Contribution à l'étude géologique, hydrogéologique et par télédétection des bassins versants Subsahariens du socle précambrien d'Afrique de l'Ouest: Hydrostructurale, hydrochimie et isotopie des aquifères discontinus des sillons et aires granitiques de la Haute Marahoué (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat d'Etat des Sciences Naturelle, Université Nationale de Côte d'Ivoire, (1992) 480 p.
- [24] K. T. Yao, Hydrodynamisme dans les aquifères de socle cristallin et cristallophyllien du Sud-ouest de la Côte d'Ivoire: cas du département de Soubré. Apport de la télédétection, de la géomorphologie et de l'hydrochimie. Thèse Unique de Doctorat. Hydrogéologie-Hydrochimie. Université de Cocody, (2009) 216 p.
- [25] K. E. Ahoussi, Evaluation quantitative et qualitative des ressources en eau dans le Sud de la Côte d'Ivoire. Application de l'hydrochimie et des isotopes de l'environnement à l'étude des aquifères continus et 268 *Rev. Ivoir. Sci. Technol*, 28, (2016), 243-272.

- [26] K. R. Orou, J. K. Coulibaly, A. G. Tanoh, K. E. Ahoussi, K. E. P. Kissiedou, T. D. Soro et Soro N, Qualité et vulnérabilité des eaux d'aquifère d'altérites dans les sous-préfectures de Grand-Morié et d'Azaguié dans le département d'Agboville au sud-est de la Côte d'Ivoire. *Rev. Ivoir. Sci. Technol*, 28, (2016) 243-272.
- [27] K. M. Ehoussou, A. M. Kouassi et B. Kamagaté, Caractérisation hydrogéochimique des aquifères fissurés de la région du Bélier, centre de la Côte d'Ivoire. *Rev. Ivoir. Sci. Technol*, n°. 33, pp. 137-160, 2019.
- [28] G. R. Kouam-Kenmogne, F. Ntep, F. Rosillon, H. Nono G. A. Mpakam et T. Djeuda, Hydrodynamique souterraine et vulnérabilité à la pollution des ressources en eau en zone urbaine tropicale: cas du bassin versant de Mingoa (Yaoundé-Cameroun). Colloque Eau, Déchets et Développement Durable, Alexandrie, Egypte, pp. 145-151, 2010.
- [29] M. Lagnika, M. Ibikounle, J-P C. Montcho, V. D. Wotto, N G. Sakiti, Caractéristiques physico-chimiques de l'eau des puits dans la commune de Pobè (Bénin, Afrique de l'ouest). *Journal of Applied Biosciences*, 79, (2014) 6887 – 6897 ISSN 1997–5902.
- [30] L. Chery et J. Barbie, Le phosphore dans les eaux souterraines en France. Etat des connaissances. Année 1. Rapport BRGM/RP 40857-FR, (2000) 61 p.
- [31] N. Cordial Sciences Physique en BTS. Revue générale du froid, n°. 10, (1976) 5 p.
- [32] A. K. Yao, M. A. Kouassi, B. Y. Koffi et J. Biemi, « Caractérisation hydrodynamique et hydrogéochimique des aquifères fissurés de la région de Toumodi (Centre de la Côte d'Ivoire) ». *Journal of Environmental Hydrology*, vol. 18, n°, (2010) 1-15.