



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

## INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED RESEARCH (IJAR)

Article DOI: 10.21474/IJAR01/15365

DOI URL: <http://dx.doi.org/10.21474/IJAR01/15365>



### RESEARCH ARTICLE

#### QUALITE ET ORIGINE DE LA MINERALISATION DES EAUX SOUTERRAINES DU DEPARTEMENT DE GRAND-LAHOU (SUD-OUEST DE LA COTE D'IVOIRE)

SORO Tanina Drissa<sup>1\*</sup>, BLE Louan Odile<sup>2</sup>, KONE Gogbeu Yiba Magloire<sup>2</sup>, OGA Yéi Marie- Solange<sup>2</sup> et SORO Nagnin<sup>2</sup>

1. Université Jean Lorougnon Guédé, UFR Environnement, Laboratoire des Sciences et Technologies de l'Environnement, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire.
2. Université Félix Houphouët-Boigny, UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Laboratoire des Sciences du Sol, de l'Eau et des Géotechniques, 08 BP 2600 Abidjan 08, Côte d'Ivoire.

#### Manuscript Info

##### Manuscript History

Received: 10 July 2022

Final Accepted: 14 August 2022

Published: September 2022

##### Key words:-

Groundwater, Chemical Facies, PCA, Grand-Lahou

#### Abstract

This study aims to assess the quality of groundwater in Grand-Lahou department in southwestern Côte d'Ivoire and to determine the origin of their mineralization. To do this, a sampling campaign conducted in september 2021 focused on twenty boreholes and nine wells. The methodology is based first on the physico-chemical characterization of these waters through elementary statistics and the determination of their chemical facies using the Piper diagram. Then the multivariate statistical analysis (PCA) is applied to know the origin of the mineralization. The results show that the waters are acidic with pH values ranged from 4.6 to 7.8 with an average of 5.75. Apart from iron, the parameters of the groundwater respect the WHO standards and they are fit for consumption. The groundwater has three chemical facies: the calcic and magnesian bicarbonate facies (31.03%), the sodi-potassium bicarbonate facies (17.24%) and the sodi-potassium chloride facies (51.72%). This plurality of facies highlights the complexity of the geological formations in the area. The mechanisms controlling groundwater mineralization are mineralization-residence time; intrusion of brackish water and anthropogenic pollution by surface inputs. This study provides a database for the management of groundwater resources.

Copy Right, IJAR, 2022,. All rights reserved.

#### Introduction:-

Les ressources en eaux souterraines occupent une place de choix dans la politique d'approvisionnement en eau potable des populations rurales et urbaines en Côte d'Ivoire. Il apparaît donc nécessaire de mieux maîtriser ces ressources en eaux (Lasm et al., 2011). La composition chimique d'une eau issue du milieu naturel est très variable (Matini et al., 2009). Elle dépend de la nature géologique du sol d'où elle provient et aussi des substances réactives qu'elle aurait pu rencontrer lors de l'écoulement. Ainsi, la composition quantitative et qualitative de l'eau souterraine en matières en suspension et dissoutes, de nature minérale ou organique, détermine sa qualité (Jain et al., 2005). L'utilisation intensive des ressources naturelles et l'accroissement des activités humaines ont engendré de graves problèmes sur la qualité des eaux souterraines (Yao et al., 2012). En effet, l'utilisation de ces eaux pour les

**Corresponding Author:- SORO Tanina Drissa**

Address:- Université Jean Lorougnon Guédé, UFR Environnement, Laboratoire des Sciences et Technologies de l'Environnement, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire.

besoins domestiques s'accroît, certes à cause de la poussée démographique, mais aussi à cause de la pollution et du tarissement des eaux de surface. Tous ces facteurs concourent à la raréfaction de cette ressource naturelle dont la demande se fait toujours plus pressante (N'Guettia et al., 2019). En Côte d'Ivoire, comme partout ailleurs en Afrique, les eaux souterraines sont confrontées à un phénomène de pollution d'origine anthropique qui dégrade leur qualité. Les études réalisées par Aké et al. (2010) et Blé et al. (2016) ont fait cas de cette pollution dans les régions d'Abidjan et de Bonoua situées au Sud de la Côte d'Ivoire. Pour ces auteurs, la dégradation des ressources en eau souterraine est intimement liée aux activités agricoles et à la décomposition de la litière forestière. Dans le Sud-Ouest ivoirien, l'approvisionnement en eau potable des populations, surtout rurales est assuré parfois par des forages (Yao et al., 2012). Par ailleurs, la surexploitation de ces ressources en vue de couvrir les besoins quotidiens en eau détériore davantage leur qualité (Soro, 2002; Ahoussi, 2008). Selon l'OMS (2011), la mauvaise qualité de l'eau pose un problème de santé publique et cause de nombreuses maladies telles que la dysenterie, la fièvre typhoïde, etc. Dans le département de Grand-Lahou, bon nombre de puits et forages sont vétustes. Ils tarissent ou sont abandonnés à cause de leur apparence rougeâtre et goût désagréable. De plus l'essor spectaculaire enregistré dans le secteur agricole de cette région, ces dernières années, suscite un intérêt particulier sur le plan scientifique (Soro, 2002). La gestion efficace de ces eaux passent par l'évaluation de leur qualité chimique et la maîtrise des processus hydrogéochimiques qui concourent à leur minéralisation. C'est dans cette optique que s'inscrit la présente étude.

### Présentation de la zone d'étude

Le département de Grand-Lahou est localisé au Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire entre 5°5' et 5°49' de latitude Nord et 4°41' et 5°30' de longitude Ouest avec une superficie de 22283 km<sup>2</sup> (figure 1). Il est limité au Sud par l'Océan Atlantique et la lagune Ebrié, au Nord par les départements de Divo et Tiassalé, à l'Est par les départements de Jacqueline et Dabou et à l'Ouest par les départements de Guitry et Fresco (Kamagaté et al., 2018). Il fait partie de la région des Grands-ponts dont le chef-lieu est Dabou et comprend les départements de Dabou, Jacqueline et Grand-Lahou. Le département comprend 54 villages regroupés en cinq sous-préfectures (Ahouanou, Bacanda, Ebounou, Toukouzou et Grand-Lahou).

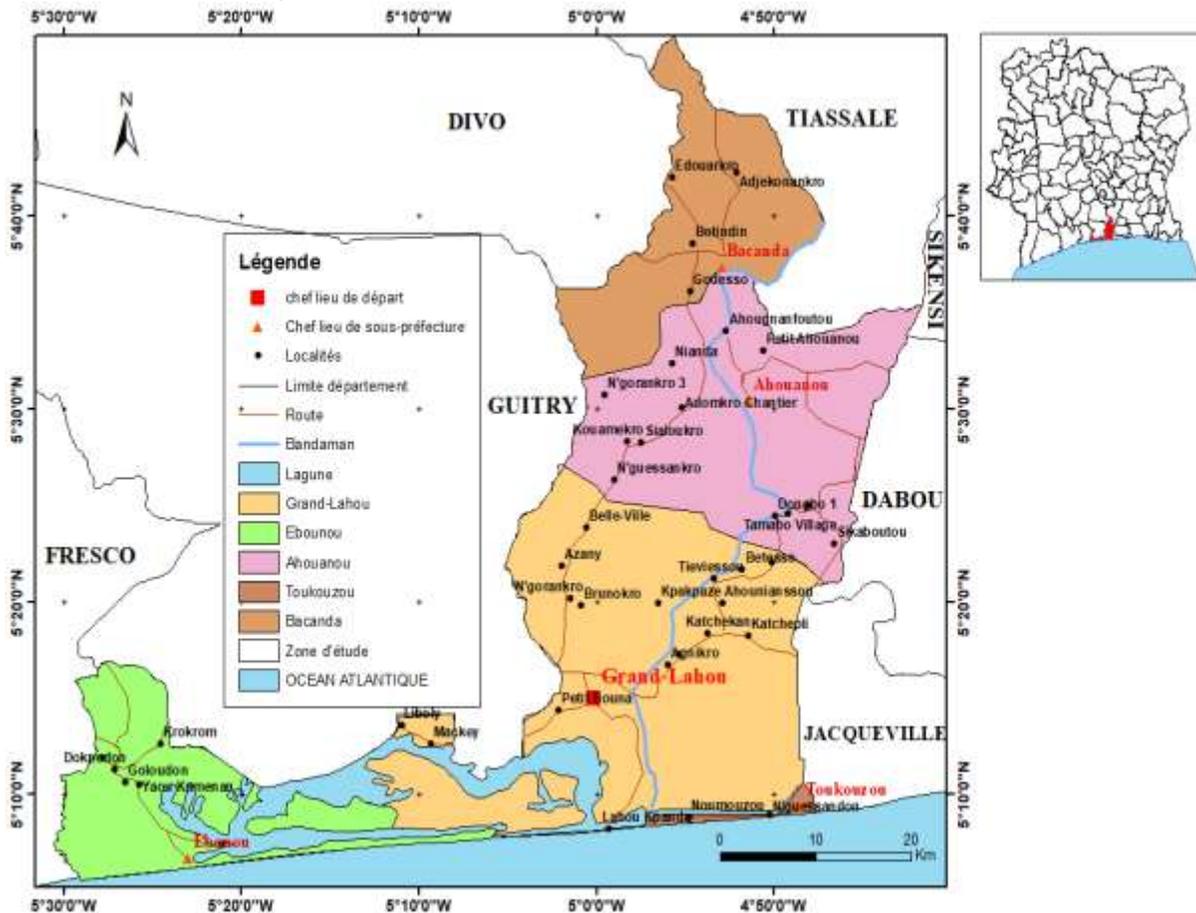


Figure 1:- Présentation de la zone d'étude.

La population est estimée à 155 832 habitants (RGPH, 2021). Elle est composée d'autochtones (Adjoukrou, Abidji, Avikams, N'zima, Dida) et d'allogènes représentés en grande partie par les ressortissants des pays limitrophes de la Côte d'Ivoire vivant dans les villages et les nombreux campements de la zone d'étude. On trouve également dans la zone, des populations d'autres régions du pays (Soro, 2006). La couverture végétale ne permet pas de dégager les grands aspects du relief. Toutefois, dans son ensemble, le relief est assez plat et monotone. Nous avons le secteur littoral, avec ses lagunes et ses marécages, situé à une altitude voisine du niveau de la mer, mais quelques sommets se distinguent, comme les collines au sud-ouest de Brahéri, avec un point culminant à 283 m (Soro, 2006).

La zone d'étude se situe dans le domaine guinéen (Soro, 2006). Le climat attéen est favorable au développement de la forêt dense sempervirente de type équatorial. La végétation correspond au domaine de la forêt dense. Cette forêt regroupe trois secteurs qui sont le secteur ombrophile, le secteur mésophile et le secteur littoral (Soro, 2002). Elle s'étendait jadis au sud de l'isohyète 1600 mm. Le secteur ombrophile est caractérisé par une forêt dense humide sempervirente liée au climat de type équatorial. Les espèces végétales rencontrées sont *Trichilia heudelotii*, *Uapaca guineensis*, *Terminalia ivorensis*, etc. Le secteur mésophile est représenté par la forêt dense semi-décidue. Le secteur littoral quant à lui est marqué par une complexité des groupements végétaux liés aux conditions édaphiques diverses. Il va de la forêt sempervirente à la savane littorale (Grand-Lahou) en passant par les mangroves à rhizophora et palétuviers, les forêts marécageuses des bas-fonds et les cordons lagunaires. Le climat de la zone d'étude est de type équatorial de transition qui associe deux saisons pluvieuses à deux saisons sèches (Soro et al., 2011). Le département de Grand-Lahou dispose d'une hydrographie dense et variée (Konan et al., 2013). Le littoral de Grand-Lahou est dominé par un vaste plan d'eau où communiquent les lagunes, le fleuve Bandama et la mer. Son réseau hydrographique est donc constitué d'un complexe lagunaire d'une superficie de 190 km<sup>2</sup> (Wognin, 2004) et de plusieurs cours d'eaux permanents ou saisonniers. Le complexe lagunaire, d'une longueur totale de 50 km, est composé de quatre (4) petites lagunes qui sont, d'Ouest en Est : les lagunes Tadio, Nouzoumou, Mackey et Tagba. Les cours d'eaux permanents sont essentiellement le Boubo et le fleuve Bandama. Les formations géologiques peuvent être regroupées suivant quatre grands domaines à savoir: le Quaternaire, le Méso-Cénozoïque, le Protérozoïque et le Birimien. Du point de vue géologique, la zone d'étude appartient à un ensemble formé de deux unités géologiques dont les formations du socle au Nord et le bassin sédimentaire situé au Sud. Les formations du socle sont variées, mais on peut les regrouper selon leur âge en trois grands ensembles, les formations archéennes (migmatites), libériennes (granitoïdes) et birimiennes (dont le groupe de comblement, à conglomérats, grès et schistes, est dominant) (Soro et al., 2011). Les formations du bassin sédimentaire se regroupent en deux unités géologiques: le Quaternaire et Le Méso-Cénozoïque. Le Quaternaire est représenté par les sables des cordons marins. Ces sables constituent une bande qui s'amenuise progressivement d'Est en Ouest. Le Méso-Cénozoïque (Continental terminal) est constitué de formations essentiellement sédimentaires. Ce sont en général les sables, les argiles et les grès ferrugineux (Soro, 2006). Deux types d'aquifères, à savoir les aquifères continus et les aquifères discontinus surmontés d'altérites constituent les réservoirs des eaux souterraines de la région (Soro, 2002).

## **Matériel Et Méthodes:-**

### **Matériel:-**

Les données utilisées dans cette étude, sont constituées de données hydrochimiques obtenues par mesure *in situ* et analyse au laboratoire. Sur le terrain, nous avons utilisé un GPS pour la localisation des points d'échantillonnage, 60 flacons en polyéthylène de 1L pour le prélèvement des échantillons d'eaux ; un appareil multiparamètre de type HANNA HI98195 pour les mesures des paramètres *in situ* ; 5L d'eau distillée pour le rinçage des flacons et des électrodes du multiparamètre de type HANNA HI98195 ; de l'acide nitrique (HNO<sub>3</sub>) pour stabiliser les éléments chimiques; des gants pour éviter des éventuelles contaminations ; 2 glacières pour la conservation des échantillons d'eaux souterraines en dessous de 4°C et enfin, une voiture pour le transport. Le matériel de laboratoire utilisé pour l'analyse chimique des ions majeurs est composé du spectrophotomètre UV-VIS utilisé pour analyser les sulfates et les nitrates, du spectrophotomètre d'absorption atomique utilisé pour l'analyse du potassium, du sodium, du magnésium et du calcium. Enfin le bicarbonate et le chlorure ont été analysés par dosage potentiométrique.

### **Méthodes:-**

#### **Méthode d'échantillonnage et d'analyse**

Une campagne d'échantillonnage d'eau a été effectuée sur la période du 25 septembre au 03 octobre 2021. Cette étude a porté sur 29 points d'eau dont vingt (20) forages et neuf (9) puits (figure 2). Avant le prélèvement, les forages ont été pompés pendant 2 à 3 minutes pour éviter l'eau stagnante dans la canalisation. Les bouteilles d'échantillonnage ont été stérilisées et rincées 2 à 3 fois avec l'eau à échantillonner avant leur remplissage. De

l'acide nitrique ( $\text{HNO}_3$ ) a été ajouté aux échantillons. Après le prélèvement, les échantillons ont été mis dans une glacière contenant de la glace pour leur conservation et sont transportés au Laboratoire Central d'Analyse de l'Université Nangui Abrogoua (LCAUNA). Au cours du prélèvement, les paramètres physiques tels que la température, le pH, la conductivité électrique (CE), les solides totaux dissous (TDS) ont été mesurés *in situ* à l'aide d'un multiparamètre de type HANNA HI98195. La sonde du multiparamètre est plongée dans l'échantillon d'eau et la lecture s'est faite directement à l'écran. Les cations majeurs ont été dosés par spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA) dans une flamme air-acétylène oxydante. Cette méthode utilise la propriété des atomes neutres d'absorber à une certaine longueur d'onde un quantum d'énergie. Les chlorures et les bicarbonates sont analysés par dosage potentiométrique. Les teneurs en chlorure ont été déterminées par l'ajout progressif d'une solution titrante de nitrate mercurique de molarité 0,22N ou 2,26N en présence d'un indicateur coloré qui est le diphenyl-carbazone. À la fin de la réaction, on obtient une coloration violette-pourpre. La concentration de chlorure est égale à la valeur lue sur le titrimètre, multipliée par un facteur correctif qui dépend de la concentration de la solution titrante et la quantité de l'échantillon à doser. Le dosage du nitrate a été fait par la méthode de réduction au cadmium (HACH, méthode 8039) qui consiste à ajouter de NitraVer 5 à 10 ml d'échantillon et la lecture directe au spectromètre UV-VIS. Les sulfates ont été dosés par la méthode néphélométrique qui consiste à précipiter en milieu chlorhydrique les sulfates à l'état de sulfate de baryum. Le précipité ainsi obtenu est stabilisé à l'aide d'une solution de « tween 20 » ou de polyvinyl-pyrrolidone. Les suspensions homogènes sont mesurées au spectromètre à 650 nm. La teneur en ammonium a été obtenue par la méthode de salicylate qui consiste à ajouter du salicylate d'ammonium et du cyanurate d'ammonium à 10 ml d'échantillon et la lecture directe au spectromètre UV-VIS.

Le contrôle de la qualité des résultats d'analyse a été fait par simple calcul de la balance ionique (BI) (voir équation ci-dessous).

$$BI = \frac{\sum + - \sum -}{\sum + + \sum -} \times 100$$

avec :

$\sum +$  : Somme des cations (en méq/L).

$\sum -$  : Somme des anions (en méq/L).

La balance ionique est exprimée en pourcentage.

Si  $BI < 5\%$ , l'analyse est satisfaisante, les méthodes de dosage ont été précises.

Si  $5 < BI < 10\%$ , l'analyse est jugée acceptable.

Si  $BI > 10\%$ , l'analyse est douteuse et doit être reprise pour une vérification.

Si  $BI > 10\%$ , l'analyse est douteuse et doit être reprise pour une vérification.

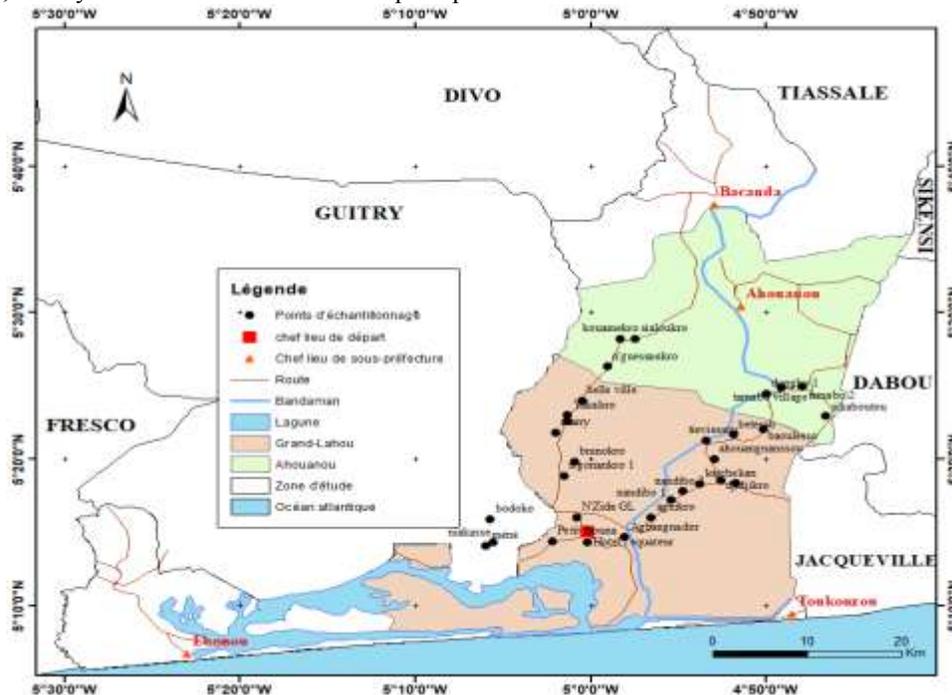


Figure 2:- Carte des points d'échantillonnage.

### Détermination des caractéristiques physico-chimiques des eaux souterraines

Une analyse descriptive sommaire a permis de faciliter l'exploitation des données hydrochimiques. Elle consiste à étudier les valeurs extrêmes (minima et maxima), les valeurs centrales notamment la moyenne et les paramètres de dispersion (écarts-type, coefficient de variation) des différents paramètres hydrochimiques.

Le diagramme de Piper (1953) a été utilisé pour déterminer les faciès chimiques des eaux. Ce diagramme est le plus fréquemment utilisé dans le domaine de l'hydrochimie avec de très bons résultats (Soro, 2002 ; Oga et al., 2009 ; Ahoussi et al., 2010 ; Soro, 2014 ; Diabagaté, 2019 ; N'Guettia et al., 2019).

### Étude du mécanisme de la minéralisation des eaux souterraines.

Les méthodes d'analyses statistiques ont été utilisées pour étudier et classer différents processus hydrogéochimiques à l'origine de la minéralisation des eaux souterraines. Pour cette étude, nous avons utilisé l'Analyse en Composantes Principales (ACP). C'est une méthode statistique multidimensionnelle descriptive qui permet de synthétiser et de classer un nombre important de données, afin d'en extraire les facteurs principaux qui sont à l'origine de l'évolution simultanée des variables et de leurs relations réciproques (Biémi, 1992). Plusieurs auteurs parmi lesquels on peut citer Ahoussi (2008), Soro (2010), Soro (2014) l'ont utilisée pour mettre en évidence les ressemblances chimiques entre les différentes eaux et/ou les différents pôles d'acquisition de la minéralisation et les variables qui les gouvernent. Selon Biémi (1992), une étude de l'ACP n'est valable que lorsque les plans factoriels considérés contiennent au moins 70% de la variance. En-dessous de cette valeur, on considère qu'un nombre important d'informations reste caché.

### Résultats Et Discussion:-

#### Résultats:-

Les valeurs de la balance ionique sont comprises entre -10% et 0%. Dix (10) ouvrages ont des balances comprises entre 1% et 5%. Ces valeurs montrent que l'analyse est acceptable.

#### Caractéristiques physico-chimiques des eaux souterraines

##### Statistiques élémentaires

Le tableau 1 présente les résultats des statistiques élémentaires des paramètres physico-chimiques des eaux souterraines.

L'analyse du tableau montre que dans l'ensemble, les valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques respectent les normes OMS en dehors du pH. Les coefficients de variation obtenus pour la température (4,92%), le pH (13,08%), le sodium ( $\text{Na}^+$ ) (39,55%) et le nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) (41,59%) sont inférieurs à 50%. Cela traduit une homogénéité de leurs données au niveau des eaux souterraines et donc une faible variation.

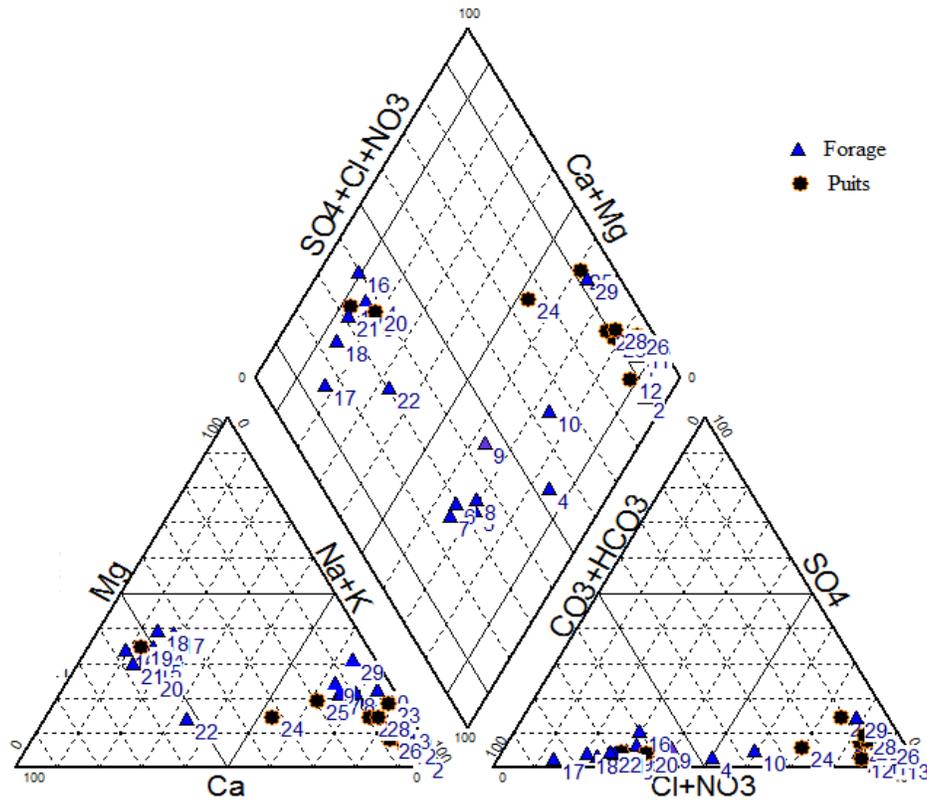
**Tableau 1:-** Statistiques élémentaires des paramètres physico-chimiques des eaux souterraines du département de Grand-Lahou.

CV: Coefficient de variation

Variables	Unité	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type	CV (%)	Norme OMS (2011)
TDS	mg/L	18,00	242,00	79,93	53,92	67,46	$\leq 1000$
T°C	°C	26,20	31,34	28,26	1,39	4,92	25°C à 30°C
pH	-	4,59	7,49	5,75	0,75	13,08	6,5 < pH < 8,5
CE	$\mu\text{S}/\text{cm}$	32,00	404,00	139,09	105,05	75,53	$\leq 500$
$\text{Ca}^{2+}$	mg/L	0,76	37,98	13,72	15,31	111,52	$\leq 100$
$\text{Mg}^{2+}$	mg/L	0,39	19,93	6,39	5,18	81,13	$\leq 50$
$\text{Na}^+$	mg/L	6,27	37,19	22,93	9,07	39,55	$\leq 200$
$\text{K}^+$	mg/L	0,01	25,50	3,45	4,86	140,68	$\leq 12$
$\text{Fe}^{2+}$	mg/L	0,02	1,41	0,33	0,35	104,30	< 0,3
$\text{NH}_4^+$	mg/L	0,01	0,93	0,21	0,29	140,92	$\leq 1,5$
$\text{HCO}_3^-$	mg/L	2,67	200,26	61,42	54,94	89,45	-
$\text{Cl}^-$	mg/L	4,10	54,02	12,17	12,10	99,41	< 250
$\text{SO}_4^{2-}$	mg/L	0,98	10,75	4,69	2,67	56,94	< 250
$\text{PO}_4^{3-}$	mg/L	0,07	6,67	0,59	1,23	208,58	$\leq 5$
$\text{NO}_3^-$	mg/L	17,26	78,12	39,49	16,42	41,59	$\leq 50$

### Faciès chimiques des eaux souterraines

La figure 3 montre la projection des échantillons d'eau dans le diagramme de Piper. L'analyse de la figure montre que les eaux souterraines se répartissent en trois faciès. Ce sont le faciès bicarbonaté calcique et magnésien avec 9 échantillons soit 31,03% , le faciès chloruré sodi-potassique représenté par 15 échantillons soit 51,72% et le faciès bicarbonaté sodi-potassique avec 5 échantillons d'eau soit 17,24% ;



**Figure 3:-** Projection des échantillons d'eau souterraine dans le diagramme de Piper.

### Mécanismes de la minéralisation des eaux souterraines

Les coordonnées des variables sont consignées dans le tableau 2. On remarque que les quatre premiers facteurs renferment 77,12% de la variance cumulée. On remarque que le facteur 1 avec 35,44% de variance est commandé dans sa partie positive par les variables TDS, pH, CE,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  et  $\text{HCO}_3^-$ . Le groupe de variables pH,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ , TDS, CE traduit la minéralisation par le temps de séjour de l'eau, la durée de l'interaction eau-roche. En effet, ces variables sont issues en général de l'altération des roches et de l'hydrolyse acide des minéraux silicatés. Le facteur F1 définit donc un axe de minéralisation-temps de séjour.

Le facteur F2 avec 20,67% de variance est déterminé dans sa partie positive par les variables  $\text{K}^+$ , Cl et à un moindre degré  $\text{SO}_4^{2-}$ . Ce regroupement définit l'apport des sels dans les eaux souterraines. Cet apport peut s'expliquer par l'intrusion des eaux marines et/ou lagunaires. Le facteur F2 exprime donc le phénomène de pollution souterraine par intrusion d'eaux saumâtres.

Le facteur F3 avec 11,92% de variance est commandé dans sa partie positive par la variable  $\text{Na}^+$  et à un très moindre degré  $\text{T}^\circ\text{C}$ . La variable  $\text{Na}^+$  peut provenir des sels marins tout comme de l'altération des minéraux silicatés tels que l'albite.

Le facteur F4 avec 9,09% de variance est commandé dans sa partie négative par la variable  $\text{NO}_3^-$  à un très moindre degré. La variable  $\text{NO}_3^-$  est un paramètre qui se retrouve dans les eaux souterraines à la suite des activités agricoles. Le facteur F4 exprime donc le phénomène de la pollution anthropique par apports superficiels.

**Tableau 2:-** Vecteurs saturations ou coordonnées des variables.

Variables	Fact.1	Fact.2	Fact.3	Fact.4
TDS	<b>0,765184</b>	0,407854	0,398213	0,108353
T°C	0,212413	-0,269553	<b>0,544356</b>	-0,490857
pH	<b>0,769967</b>	-0,086000	0,054736	0,512208
CE	<b>0,778670</b>	0,351101	0,291442	0,020318
Ca <sup>2+</sup>	<b>0,841734</b>	0,121589	-0,297264	-0,349752
Mg <sup>2+</sup>	<b>0,883171</b>	0,061314	-0,270262	-0,162915
Na <sup>+</sup>	-0,437164	0,402018	<b>0,621897</b>	0,470882
K <sup>+</sup>	-0,024327	<b>0,925999</b>	0,254298	-0,085332
Fe <sup>2+</sup>	<b>0,657956</b>	-0,100590	0,252322	0,149789
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	-0,304128	0,224586	-0,256621	0,227544
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	<b>0,947043</b>	-0,069779	0,041370	0,105189
Cl <sup>-</sup>	-0,211294	<b>0,909343</b>	-0,133201	-0,031128
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,354603	<b>0,657736</b>	-0,472082	-0,147070
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	-0,257467	0,500461	-0,327009	0,190312
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-0,383473	0,343955	0,392814	<b>-0,570598</b>
% total de variance	<b>35,44021</b>	<b>20,67348</b>	<b>11,92491</b>	<b>9,08672</b>
% cumulé	<b>35,4402</b>	<b>56,1137</b>	<b>68,0386</b>	<b>77,1253</b>

Fact. : Facteur

**Discussion:-**

Les analyses physico-chimiques des eaux souterraines du département de Grand- Lahou donnent une moyenne de température de 28,26°C. Cette valeur est proche de celle obtenue dans la région de Dabou (28,24°C) par Tapsoba-Sy (1995). Elle correspond aux variations saisonnières des températures atmosphériques ambiantes. Selon Biémi (1992), la valeur impérative de 25°C est difficile à observer en Afrique de l'Ouest où la température moyenne de l'eau tend vers 30°C en raison des conditions climatiques. La valeur moyenne du pH (5,75) montre que les eaux souterraines de la zone d'étude sont acides. Cette acidité des eaux a été observée dans plusieurs régions de la Côte d'Ivoire notamment dans la région de Tiassalé (Oga et al., 2009), dans la région de Dabou (Dibi et al., 2005), dans le degré carré de Grand-Lahou (Soro, 2002) et dans la région de San-Pédro (Lasm et al., 2011). Selon Lasm et al. (2008), l'acidité des eaux est principalement liée à la production du CO<sub>2</sub> dans les couches superficielles du sol sous l'action des activités biologiques. Les valeurs de la conductivité électrique des eaux dans la zone d'étude varient de 32 µS/cm à 404 µS/cm avec une moyenne de 139,09 µS/cm. Ces eaux sont faiblement minéralisées, ce qui correspond à un trait chimique bien reconnu dans le pays.

La classification chimique à l'aide du diagramme de Piper a mis en évidence trois (3) faciès: le faciès chloruré sodi-potassique (51,72%), le faciès bicarbonaté calcique et magnésien (31,03%) et le faciès bicarbonaté sodi-potassique (17,24%). Ce résultat est en accord avec les travaux de Soro (2002) dans le degré carré de Grand- Lahou. Selon plusieurs auteurs notamment Adiaffi (2008), le faciès bicarbonaté est le plus représenté dans le socle. En effet, l'abondance des ions bicarbonates dans ces eaux pourrait s'expliquer par l'hydrolyse des feldspaths que l'on rencontre en abondance dans les roches acides (Lasm et al., 2008). Contrairement en zone de socle, le faciès chloruré sodi-potassique est le plus représenté en zone sédimentaire. Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus dans la région du grand Abidjan par Jourda (1987), Oga (1998) et ceux d'Ahoussi (2008) dans la région d'Agboville.

L'analyse en composantes principales (ACP) a révélé trois phénomènes à l'origine de la minéralisation des eaux dans les aquifères de la zone d'étude. Ce sont les phénomènes minéralisation-temps de séjour, intrusion d'eaux saumâtres et les apports superficiels et la pollution anthropique. Selon Soro (2002) l'acquisition des éléments chimiques s'effectue principalement par l'hydrolyse acide des roches encaissantes. Cette hydrolyse demeure le mécanisme dominant dans la région.

**Conclusion:-**

Cette étude a permis d'évaluer la qualité des eaux souterraines du département de Grand-Lahou et l'origine de leur minéralisation. Ces eaux souterraines sont acides avec un pH moyen de 5,75. Elles sont peu minéralisées, ce qui est

conforme à un trait chimique bien reconnu dans le pays. Elles présentent trois faciès dont le plus dominant est le faciès chloruré sodi-potassique (51,72%). Les phénomènes qui gouvernent la minéralisation des eaux souterraines sont la minéralisation-temps de séjour, la pollution par intrusion marine et lagunaire et la pollution anthropique par les apports superficiels. Cette étude constitue un apport indéniable dans la gestion des eaux souterraines.

### Références Bibliographiques:-

1. Adiaffi, B. (2008). Apport de la géochimie isotopique, de l'hydrochimie et de la télédétection à la connaissance des aquifères de la zone de contact socle-bassin sédimentaire du Sud-Est de la Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat, Université de Paris-Sud, Orsay France, 217 p.
2. Ahoussi, K.E. (2008). Évaluation 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 discontinus de la région d'Abidjan-Agboville. Thèse de Doctorat en Sciences et Techniques de l'Eau, Université Félix Houphouët Boigny de Cocody, 348 p.
3. Ahoussi, K.E., Soro, N., Koffi, Y.B., Soro, G. et Biémi, J. (2010). Origine de la minéralisation des eaux des aquifères discontinus sous couvert forestier de la zone Sud de la Côte d'Ivoire: cas de la région d'Abidjan-Agboville. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, Vol. 4, N°3, pp. 782-797
4. Aké, G.E., Kouadio, B.E., Dongo, K., Dibi, B., Kouamé, K.F. et Biémi, J. (2010). Application des méthodes DRASTIC et SI pour l'étude de la vulnérabilité à la pollution par les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) de la nappe de Bonoua (Sud-Est de la Côte d'Ivoire). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, Vol. 4, N°5, pp. 1676-1692.
5. Blé, L.O., Aké, G.E., Soro, T., Soro, G. et Kouadio, E.Y. (2016). Évaluation de la qualité hydrochimique des eaux souterraines de la région de Bonoua (Sud-Est de la Côte d'Ivoire). *International Journal of Innovation and Applied Studies*, Vol.14, N°4, pp. 896-907.
6. Biémi, J. (1992). Contribution à l'étude géologique, hydrogéologique et par télédétection des bassins versants subsahariens du socle précambrien d'Afrique de l'Ouest: Hydrostructurale, hydrodynamique, hydrochimie et isotopie des aquifères discontinus de sillons et aires granitiques de la Haute Marahoué (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat d'État ès Sciences Naturelles, Université d'Abidjan, 480 p.
7. Diabagaté, A., Goula, T. A. et Soro, G. E. (2019). Hydrochimie des eaux souterraines de la Région du Poro (Côte d'Ivoire). *European Scientific Journal*, Vol. 15, N°9, pp. 247
8. Dibi, B., Inza, D., N'go, Y.A. et Goné, D. L. (2005). Origine et mécanisme de la minéralisation des eaux souterraines de la région de Dabou, Côte d'Ivoire. Apport de l'analyse en composantes principales normées. *BIOTERRE, Revue internationale des sciences de la vie et de la terre*, Vol. 5, N° 1, pp. 1-12.
9. Jain, P., Sharmah J.D., Sohu, D. et Sharma, P. (2005). Chemical analysis of drinking water of villages of Sanganer Tehsil, Jaipur District. *International Journal of Environmental Science and Technology*, Vol. 2, N°4, pp. 373-379.
10. Jourda J.P. (1987). Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique de la région du grand Abidjan (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat 3<sup>è</sup> cycle, Université Scientifique et Médicale de Grenoble, France, 317 p.
11. Kamagaté, M., Kamagaté, S. et Gogbe, T. (2018). Les entités décentralisées et le renforcement de la couverture médicale du département de grand-Lahou en cote d'ivoire. *Revue Espace, Territoires, Sociétés et Santé*, Vol. 1, N°2, pp. 47- 61.
12. Konan, K.S., Kouassi, K.L., Kouamé, K.I. , Aka, M., Kouassi, A.M. et Gnakri, D. (2013). Hydrologie et hydrochimie des eaux dans la zone de construction du chenal du port de pêche de Grand-Lahou, Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, Vol. 7, N°2, pp. 819-831.
13. Lasm, T., Yao, K.T., Oga, Y.M.S., Kouamé, K.F., Jourda, P., Kouadio, K.E. and Baka, D. (2008). Analysis of the physico-chemical characteristics of groundwater in Proterozoic Land region of the Tiassale Area (Southern Côte d'Ivoire). *European Journal of Scientific Research*, Vol. 20 N° 3, pp. 526-543.
14. Lasm, T., Lasme, O., Oga, Y.M.S., Youan Ta M., Baka D., Kouamé F. et Yao K.T. (2011). Caractérisation hydrochimique des aquifères fissurés de la région de San Pedro (Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, Vol. 5, N°2, pp 642-662.
15. Matini L., Moutou, J.M et Kongo-Mantono M.S. (2009). Évaluation hydrochimique des eaux souterraines en milieu urbain au Sud-Ouest de Brazzaville, Congo. *Afrique SCIENCE*, Vol. 5, N°5, pp. 82-98.
16. N'guettia, G., Mangoua, O.M.J., Aboua, N K., Douagui, A.G., et Goné, D.L. (2019). Caractérisation hydrogéochimique des eaux souterraines du bassin versant de la Baya, Est Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, Vol. 13, N°1, pp. 574-585.
17. OMS (2011). Guidelines for Drinking-water Quality. Recommendations; Fourth Edition; 518 p.
18. Oga, Y.M.S. (1998). Ressources en eaux souterraines dans la région du Grand-Abidjan (Côte d'Ivoire): Approches hydrochimique et isotopique. Thèse de Doctorat, Université Paris XI Orsay, France, 241 p.

19. Oga, Y.M.S., Lasm, T., Yao, K.T., Soro, N., Saley, M.B., Kouassi, D. et Gnamba, F.(2009). Caractérisation chimique des eaux des aquifères de Fracture: Cas de la Région de Tiassalé en Côte d'Ivoire. *European Journal of Scientific Research*, Vol. 31, N°1, pp. 72- 87.
20. Piper, A.M. (1953). A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analysis. *US GeolSurv Groundwater Note 12 Sulin VA (1948) Water of petroleum formation in systems of naturalwaters. Costoptekhizdat, Moscow, 96 pp*
21. RGPH (2021). Résultats globaux, 37 p.
22. Soro, G. (2010). Évaluation quantitative et qualitative des ressources en eaux souterraines dans la région des lacs (Centre de la Côte d'Ivoire): hydrogéologie et hydrochimie des aquifères discontinus du District de Yamoussoukro et du département de Tiébissou. Thèse de Doctorat, Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 257 p.
23. Soro, N. (2002). Hydrochimie et géochimie isotopique des eaux souterraines du degré carré de Grand Lahou et ses environs (sud-ouest de la Côte d'Ivoire). Implication hydrologique et hydrogéologique. Thèse de Doctorat d'État ès Sciences Naturelles, Université de Cocody, 272 p
24. Soro, T. D. (2006). Variabilité climatique et son impact sur l'alimentation des ressources en eau du degré carré de Grand-Lahou (Côte d'Ivoire). Mémoire de DEA des Sciences de la Terre, Université de Cocody, 90 p.
25. Soro, T.D., Soro, N., Oga, Y.M.S., Lasm, T., Soro, G., Ahoussi, K.E. et Biémi, J. (2011). La variabilité climatique et son impact sur les ressources en eau dans le degré carré de Grand-Lahou (Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire). *Physio-Géo*, Vol. 5, pp 56-73.
26. Soro, T. D. (2014). Évolution des ressources en eau du bassin versant du Haut Bandama à Tortiya (Nord de la Côte d'Ivoire) dans un contexte de variabilité et de changement climatiques: Impacts hydrologiques, hydrogéologiques et hydrochimiques. Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouët Boigny de Cocody, 243 p.
27. Tapsoba-Sy, A. (1995). Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique de la région de Dabou (Sud de la Côte d'Ivoire): Hydrochimie, isotopie et indice de vieillissement des eaux souterraines. Thèse de Doctorat 3è cycle, Université Nationale de Côte d'Ivoire, 200 p.
28. Wognin, A.V.I. (2004). Caractérisation hydrologique et sédimentologique de l'embouchure du fleuve Bandama. Thèse de Doctorat, Université de Cocody, 195 p.
29. Yao, K.T., Oga, Y.M.S., Fouché, O., Baka, D., Pernelle C., et Biémi J. (2012). Évaluation de la potabilité chimique des eaux souterraines dans un bassin versant tropical: cas du Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, Vol. 6, N°6, pp. 7069-7086.