

Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux souterraines dans la zone d'Akouédo (Sud de la Côte d'Ivoire)

[Physico-chemical quality of water resources in Akouedo zone (the South of Côte d'Ivoire)]

BLE Louan Odile¹, Kouadio Emile Yoboue², Bongoua Devisme Affi Jeanne², AKE Gabriel Etienne³, and DOUAMPO Akossi Firmin⁴

¹Département des Sciences et Techniques de l'Eau et de l'Environnement (DSTEE), UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Université Félix Houphouët Boigny de Cocody, BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

²Département de pédologie et Minéralogie des sols, UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Université Félix Houphouët Boigny de Cocody, BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

³Laboratoire des Sciences et Techniques de l'Eau et de l'Environnement (LSTEE), UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Université de Cocody, B.P. 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

⁴Bureau National d'Etude Technique et de Développement (BNETD), section hydraulique, 04 BP 945 Abidjan, Côte d'Ivoire

Copyright © 2014 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 Discharge of Akouédo of a surface of 153 ha is classified to the rank of the uncontrolled dump sites of western Africa. She receives 550000 Tons of waste a year and lixivats are drained in an anarchy way under the heaps of garbage. This study was realized from captants fields Zone is, Riviera Centre, Riviéra Nord and a drilling of placed Akouédo village enters 1 and 5km of the discharge. With the aim of studying the physico-chemical quality of 30 samples of groundwaters and 10 samples of lixivats of the aforementioned locality, The analytical parameters retained for the quality control of waters were the ones of a chemical analysis Of routine realized by the National Institute of Health service (INHP) on the drillings of Abidjan.

The analysis of lixivats generated by the discharge showed contents raised in DCO 956,8mg / L), DBO5 (382,7mg / L),) MES (187mg / L), NO₃-(40mg / L), SO₄²⁻-(35mg / L), NTK (153mg / L) and Na + (34mg / L. for the conductivity, the values are between 375 µS / cm and 7770 µS /cm. The chemical oxygen demand (DCO) was determined by means of one volumetry (AFROR, on 1987), The biological request in oxygen (DBO5) was measured by a DBO measure (WTW.D82362 Weilhein). The NTK, was determined by the method of Kjeldhal. NO₃⁻ and SO₄²⁻ were determined by the spectrophotomètre (Spectronic 20 D).

The Analysis in Main Normalized Component (ACPN) was used for the highlighting of the phenomena of mineralization of subterranean waters of the zone of study. She revealed a possible threat of the tablecloth of Continental Terminal bound (connected) to the anthropological activities. The piézométrique study has watch which the piézométrique level of the tablecloth varies enter 8 and 13,5m. Waters are acid with a pH which varies from 4,02 to 4,7. They are weakly mineralized, with an electric specific conductivity included between 120 and 180 µS / cm.

KEYWORDS: Vulnerability, pollution, Groundwater, spectrophotométrie, molecular absorption.

RESUME: La décharge d'Akouédo d'une superficie de 153 ha est classée au rang des décharges sauvages d'Afrique de l'Ouest. Elle reçoit 550000 tonnes de déchets par an et les lixivats sont drainés de manière anarchique sous les tas d'ordures.

Cette étude a été réalisée à partir des champs captants Zone Est, Riviera Centre, Riviera Nord et un forage d'Akouédo village situés entre 1 et 5km de la décharge. Dans le but d'étudier la qualité physico-chimique de 30 échantillons d'eau souterraine et 10 échantillons de lixiviat de ladite localité, les paramètres analytiques retenus pour le contrôle de la qualité des eaux étaient ceux d'une analyse chimique de routine réalisée par l'Institut National d'Hygiène Publique (INHP) sur les forages d'Abidjan.

L'analyse des lixiviats générés par la décharge a montré des teneurs élevées en DCO (956,8mg/L), DBO₅ (382,7mg/L), MES(187mg/L), NO₃⁻ (40mg/L), SO₄²⁻(35mg/L), NTK(153mg/L) et Na⁺(34mg/L). Quant à la conductivité, les valeurs sont comprises entre 375 µS/cm et 7770 µS/cm. La demande chimique en oxygène (DCO) a été déterminée à l'aide d'un volumétrie (AFROR, 1987), la demande biologique en oxygène (DBO₅) a été mesurée par un DBO mètre (WTW.D82362 Weilhein). Le NTK, a été déterminé par la méthode de Kjeldhal. Le NO₃⁻ et le SO₄²⁻ ont été déterminé par le spectrophotomètre (Spectronic 20 D).

L'analyse en Composante Principale Normée (ACPN) a été utilisée pour la mise en évidence des phénomènes de minéralisation des eaux souterraines de la zone d'étude. Elle a révélé une éventuelle menace de la nappe du Continental Terminal liée aux activités anthropiques. L'étude piézométrique a montré que le niveau piézométrique de la nappe varie entre 8 et 13,5m. Les eaux sont acides avec un pH qui varie de 4,02 à 4,7. Elles sont faiblement minéralisées, avec une conductivité électrique comprise entre 120 et 180 µS/cm.

MOTS-CLEFS: Vulnérabilité, pollution, eaux souterraines, spectrophotométrie, absorption moléculaire.

1 INTRODUCTION

La protection des eaux souterraines est une question de plus en plus préoccupante tant au niveau de l'exploitation de la ressource qu'au niveau des impacts sur la santé humaine. La croissance démographique que connaît la Côte d'Ivoire après son indépendance a eu pour conséquence l'augmentation des besoins primaires dont l'accès à l'eau potable. Cette grande pression sur les ressources naturelles se traduit par une production de plus en plus de déchets de toute nature. Les sources de pollution provenant des activités anthropiques (exploitation des décharges incontrôlées, et des systèmes d'assainissement sauvages), menacent la nappe d'Abidjan. Des études antérieures ont montré que la nappe est soumise à de nombreuses sources de pollution [1]. Des études ont déjà signalé une pollution organique et minérale des eaux de la lagune Ebrié [2], cependant l'impact de cette décharge sur la nappe d'Abidjan n'est pas encore bien connu. Alors qu'à proximité de la décharge se trouve le champ captant Riviera Nord dont le débit est de 60000m³/j.

Cette étude a été initiée pour évaluer l'influence de la décharge sur la qualité des ressources en eau. Elle s'appuie sur l'utilisation des données piézométriques et hydrochimiques pour la caractérisation de la pollution.

1.1 CADRE GÉOGRAPHIQUE DE LA ZONE D'ÉTUDE

La zone d'étude qui est le District d'Abidjan est situé entre les longitudes 3°40' et 4°40W et les latitudes 5°20'et 6°00'N. Dans cette zone se trouve la localité d'Akouédo (**Figure 1**) qui est située à la périphérie de la ville d'Abidjan, Cette localité s'étend sur une superficie de 70 km² et regroupe essentiellement une partie des quartiers de Riviera et de M'pouto, le village d'Akouédo et les deux camps militaires. Près du village d'Akouédo, se trouve la décharge municipale de la ville d'Abidjan. La zone est limitée au Sud par la lagune Ebrié qui constitue la principale limite naturelle. Cette décharge construite depuis 1965 et classée au rang des décharges sauvages. Elle reçoit environ 550.000 tonnes par an d'ordures ménagères [3]. Aucun système de protection des eaux souterraines n'a été mis en place au niveau de la décharge.

Non loin de cette décharge, se trouve les champs captants Zone Est, Riviera Centre, Nord Riviera et le forage d' Akouédo village qui sont localisés à proximité du site et constituent d'importantes usines de production d'eau par la Société de Distribution d'Eau potable de Côte d'Ivoire (SODECI). Le champ captant Nord Riviera qui comporte 10 forages d'exploitation avec des profondeurs moyennes de 80 m et un débit d'environ 6000 m3/jour/forage, suscite des inquiétudes permanentes au sein des populations d'Abidjan.

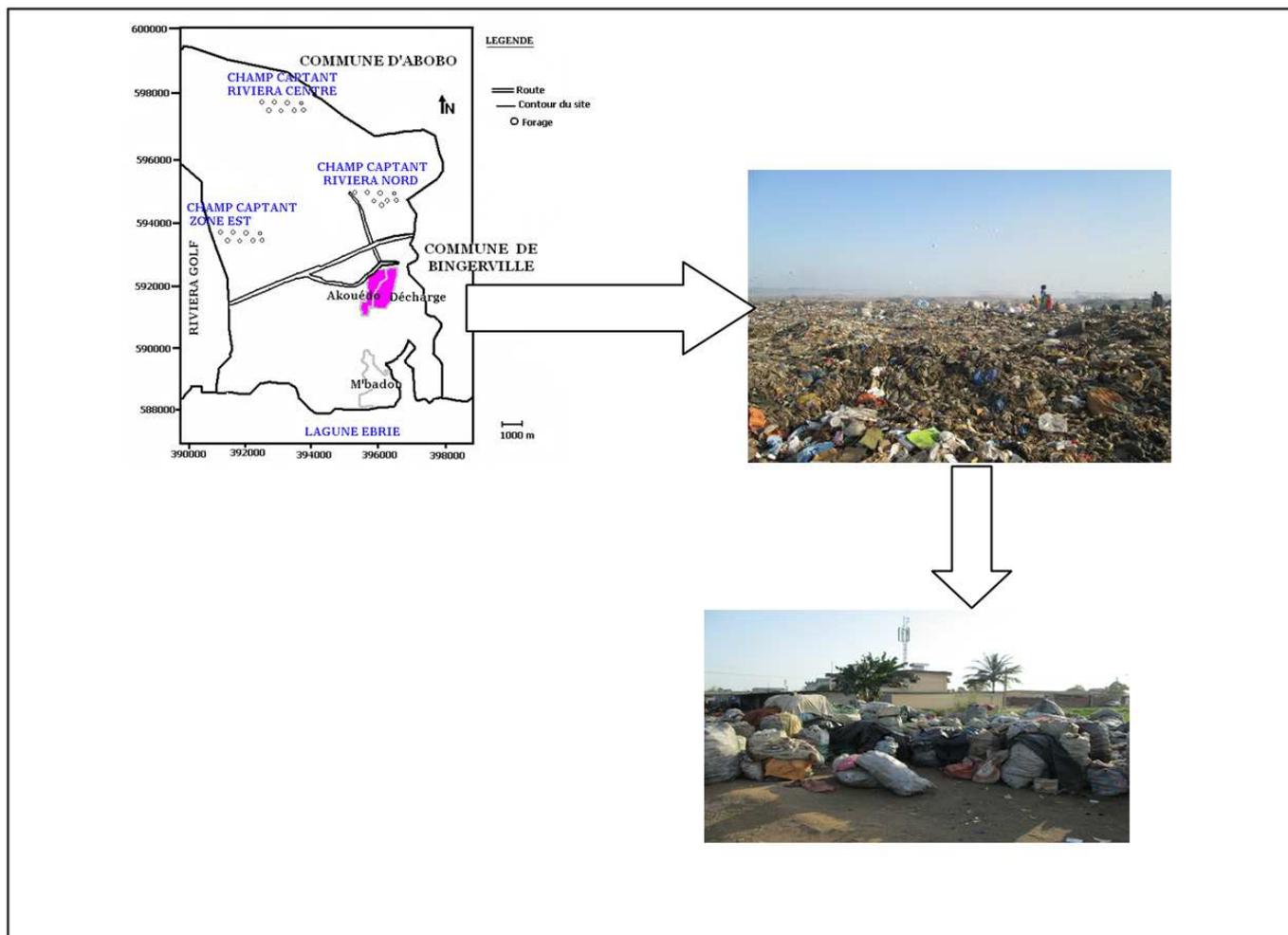


Figure 1: Localisation géographique de la décharge d'Akouédo (Octobre 2013)

1.2 CADRE GÉOLOGIQUE DE LA ZONE D'ÉTUDE

La nappe du Continental Terminal, principale réserve d'eau souterraine du district d'Abidjan est captée dans des aquifères à sables argileux. Plusieurs auteurs [4] ; rapportent que le Continental Terminal se caractérise par une stratification lenticulaire, des sables grossiers, des argiles bariolées, des grès ferrugineux. Le profil géologique de la zone d'Akouédo (*figure 2*) est constitué d'argiles sableuses, de sables moyens, de sables grossiers et d'un socle granito-gneissique.

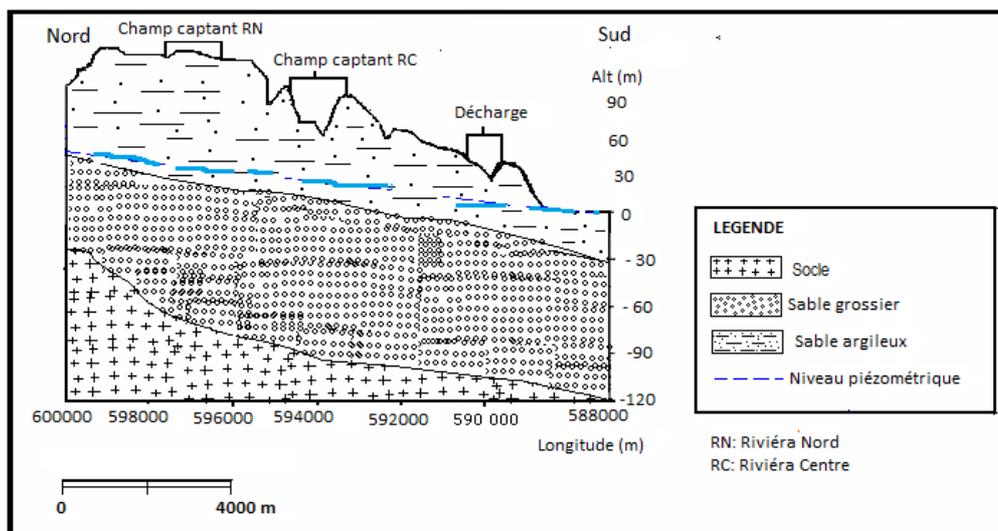


Figure 2: Profil géologique de la zone d'Akouédo

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 MÉTHODE D'ÉTUDE PIÉZOMÉTRIQUE

Une campagne de relevés piézométriques a été organisée en saison pluvieuse et sèche 2010 par la section hydraulique du BNETD (Bureau National d'Etude Technique et de Développement) pour la mesure du niveau statique de la nappe dans les champs captants Riviéra Centre, Riviéra Nord, zone Est et un forage d'Akouédo village. Les mesures piézométriques ont été réalisées à l'aide d'une sonde piézométrique OTT(100m) sonore et lumineuse. Les données collectées sur le terrain ont permis de déterminer la cote piézométrique selon la formule:

$$NP = Z - H$$

avec Z: altitude du piézomètre (m);

H: profondeur de l'eau (m);

NP: niveau piézométrique (m)

2.2 MÉTHODE D'ÉCHANTILLONNAGE

Les 40 échantillons prélevés durant l'année 2010 ont été recueillis dans des bouteilles en polyéthylène de 500 ml à 1 litre, préalablement lavées à l'acide nitrique et à l'eau distillée. Les échantillons ont été ensuite transportés dans des glacières à 4°C au laboratoire de l'Institut National d'Hygiène Publique (INHP) pour analyse dans l'heure qui suit le prélèvement. Les paramètres physiques tels que la conductivité, le pH, la température de l'eau ont été mesurés *in situ* à l'aide d'un pH-mètre knock portatest et d'un conductimètre WTW 330. Au laboratoire les nitrates, les nitrites, l'ammonium ont été dosés par la spectrophotométrie d'absorption moléculaire à l'aide d'un Spectrophotomètre de type 20D.

La demande chimique en oxygène (DCO) a été déterminée par volumétrie (AFROR, 1987), la demande biologique en oxygène (DBO₅) a été mesurée par un DBO mètre (WTW.D82362 Weilhein). Le NTK, a été déterminé par la méthode de Kjeldhal pour les 10 autres échantillons de lixiviats.

2.3 MÉTHODE D'ANALYSE HYDROCHIMIQUE

L'Analyse en Composante Principale Normée (ACPN) a permis de décrire et classer un nombre important de données afin d'en extraire les facteurs principaux à l'origine de l'évolution simultanée des variables et leur relation réciproques. Les composantes principales doivent être non corrélées entre elles et de variances décroissantes, de manière à permettre de mieux expliquer les différences entre les individus. L'analyse chimique des eaux a été effectuée sur onze variables (Cond, T°, pH, NO₃⁻, NO₂⁻, NH₄⁺, Cl⁻, Fe, Mn, Al, et le F) avec le logiciel NCSS 6.0.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 RÉSULTATS DE L'ÉTUDE PIÉZOMÉTRIQUE

Pour le contrôle du niveau piézométrique de la nappe du continental terminal, la direction de l'Institut Nationale d'Hygiène Publique à mis en service un réseau de piézomètres dont les relevés s'effectuent à pas de temps mensuel. Notre étude s'est portée sur les champs captants si- dessus mentionnés et un forage d'Akouédo village.

Afin de faire une corrélation objective, nous avons introduit un graphique représentant l'évolution des précipitations mensuelles durant la période de suivi.

D'une manière générale, nous constatons une certaine stabilité piézométrique. En effet, l'amplitude de variation du niveau piézométrique est faible et varie entre 1,5 et 5 mètres durant l'année 2010. Cette variabilité des réactions piézométriques au sein de l'aquifère du Continental Terminal semble être contrôlée par les caractéristiques hydrodynamique de l'aquifère.

L'évolution de la piézométrie annuelle de la nappe fait apparaître l'étroite relation avec les variations pluviométriques, ainsi:

La période de Décembre à Avril 2010 se caractérise par une baisse généralisée du niveau piézométrique (**figure 3**). De mai à Juillet 2010 la surface piézométrique a accusé une remontée qui a permis de rétablir l'ancien niveau piézométrique. Pendant La période de Septembre, la piézométrie va entrer dans une nouvelle phase d'abaissement continue jusqu'à début Octobre.

Cette variation de la piézométrie est comprise entre 1et 5mètres. La saison pluvieuse d'avril à juillet s'est répercutée très positivement sur l'état piézométrique de la nappe qui a enregistré une remontée remarquable. Il ressort clairement de cette analyse qu'aussi bien la recharge que la décharge de la nappe se fait d'une manière rapide.

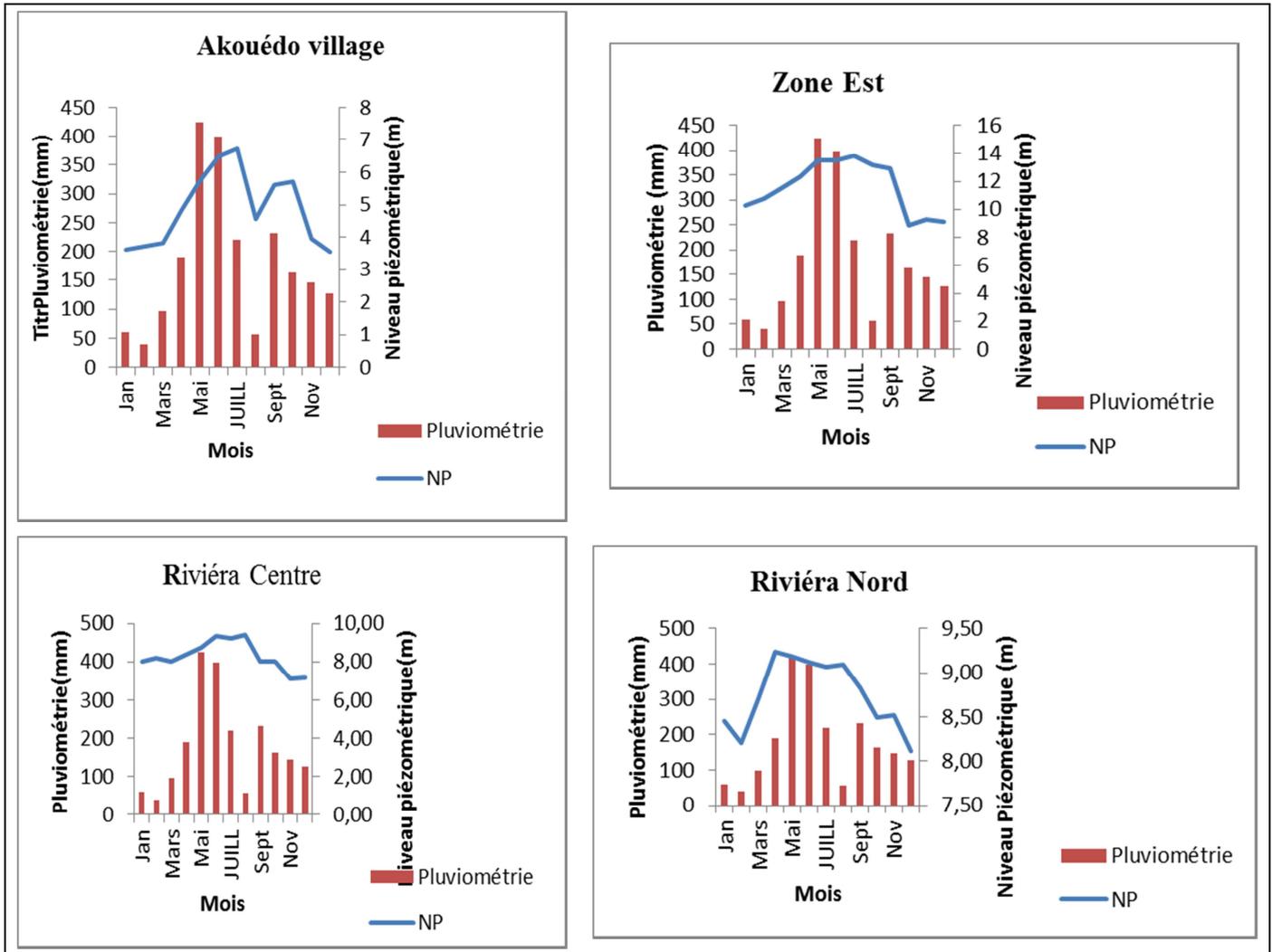


Figure 3: Variations mensuelles du niveau piézométrique en fonction des précipitations du District d'Abidjan en 2010.

3.2 RÉSULTATS DE L'ÉTUDE DES LIXIVIATS DE LA DÉCHARGE D'AKOUEDO

Le tableau 2 donne les caractéristiques physico-chimiques des lixiviats d'Akouédo

La zone d'Akouédo caractérisée par des sols composés principalement d'argiles et de sables moyens a une grande capacité de rétention d'eau et cela augmente le temps de transfert du contaminant à travers la zone.

Le lixiviat des décharges (figure 4) est produit par une percolation excessive d'eau de pluie dans les couches de déchets, combinée à des processus physiques, chimiques et microbiologiques favorisant le transfert des polluants des déchets dans l'eau de percolation [5].



Figure 4 : Lixiviats de la Décharge d'Akouédo (Octobre 2013)

Les concentrations en matière organique biodégradables (DBO₅) dans les lixiviats sont relativement élevées pendant la période de saison sèche (Décembre à Mars) que pendant les saisons de pluie (Avril à Juillet). L'étude de la variation inter-annuelle du rapport DBO/DCO (*figure 5*), témoigne d'une nette diminution de ce paramètre pendant la saison des pluies. Bien que ce rapport évolue dans le temps, il indique le degré de biodégradation et donne des informations sur la nature des transformations biochimiques au sein de la décharge [6].

Les ions NO₃⁻ et SO₄²⁻ ont en revanche des concentrations qui augmentent de façon continue de la grande saison à la petite saison (*Tableau 1*).

Tableau 1: Caractéristiques physico-chimiques des lixiviats à Akouédo(2010)

Paramètres	Mini	Maxi	Valeurs OMS(1993)
pH	7,81	9	6,5- 8
T°C	30,7	33,5	25
Cond μS/cm	375	7770	250
MES (mg/L)	187,33	1800	50
NO ₃ ⁻ (mg/L)	40	242,4	50
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	35	320	250
NTK (mg/L)	153,52	505	50
DCO (mg/L)	956,87	2189,3	500
DBO ₅ (mg/L)	382,76	1150	150
DBO5/DCO (mg/L)	0,027	0,55	-

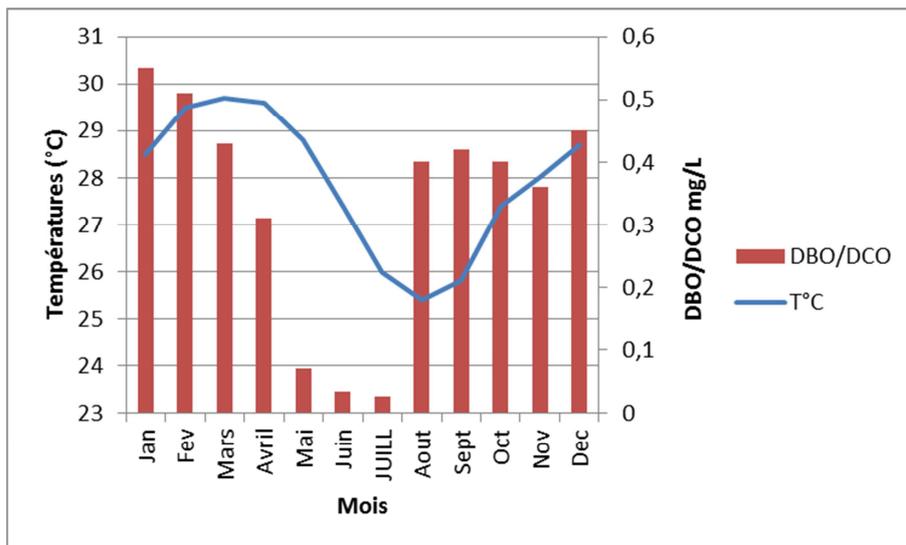


Figure 5: Evolution inter-annuelle du rapport DBO-DCO en fonction de la température

3.3 QUALITÉ PHYSICO-CIMIQUE DES EAUX

Pour mieux comprendre l'évolution de la pollution dans les eaux, nous avons introduit la carte de vulnérabilité aux nitrates dans différents champs captants du district d'Abidjan.

Cette carte réalisée à l'aide des résultats des analyses chimiques met en évidence la répartition spatiale des nitrates dans les eaux de la nappe d'Abidjan (figure 6). A l'analyse de cette carte, on observe une progression sud-nord du front de pollution des nitrates. La station d'Adjamé, située au Sud de la région, est la plus touchée par la pollution nitratée. Actuellement, la Société de Distribution d'Eau de Côte d'Ivoire a mis en arrêt tous les forages exploitant la nappe dans ces différents champs captants, notamment à Attécoubé. A la station d'Adjamé, 80% des forages sont arrêtés pour cause de pollution due aux nitrates. Dans ces différentes stations, les teneurs de 120 mg/L en nitrates sont couramment rencontrés. Cette pollution observée dans le zone d'Adjamé progresse vers l'Ouest de la ville comme l'indique la carte.

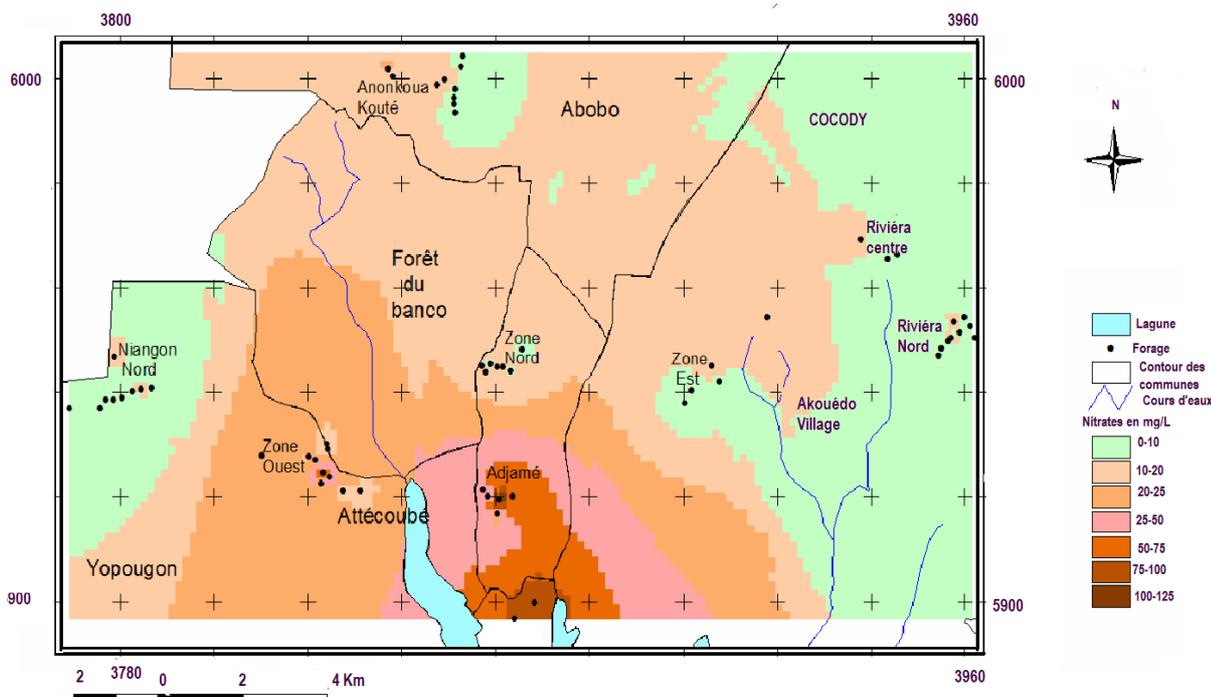


Figure 6: Evolution spatiale du nitrate dans les champs captants du District d'Abidjan en 2010

En ce qui concerne les différents champs captant qui font l'objet de notre étude on observe de faibles teneurs en nitrates dans l'ensemble (3 à 45 mg/L), avec une moyenne de 13,07 mg/L au niveau des champs captants Riviéra Centre et Riviéra Nord et zone Est. Cependant, certaines valeurs extrêmes sont observées dans le forage d'Akouédo village avec une valeur de plus de (45mg/L) (*figure 7*).

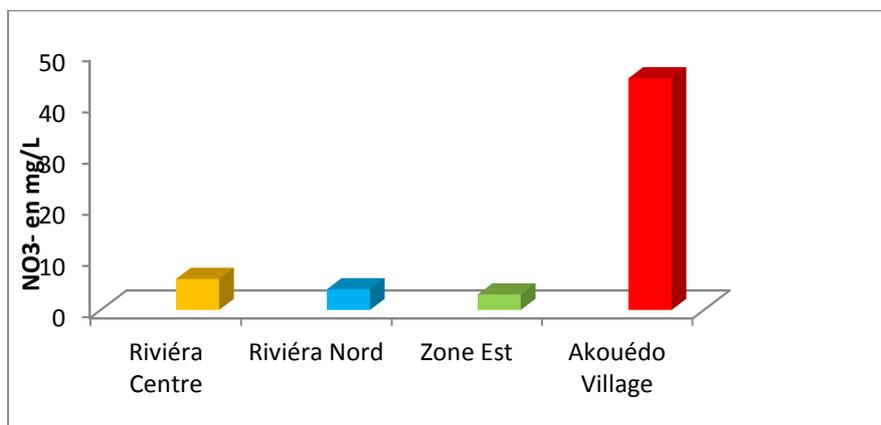


Figure 7 : Teneur moyenne en nitrate (NO₃⁻) des eaux des champs captants et du forage d'Akouédo

3.4 RÉSULTAT DE L'ÉTUDE STATISTIQUE MULTIVARIÉE

3.4.1 ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALE (ACP)

La réalisation de cette étude a été effectuée sur 30 échantillons, d'eau de forage des champs captants Riviéra Centre, Riviéra Nord et Zone Est. Les variables utilisées sont les suivantes: Cond, T°, pH, NO₃⁻, NO₂⁻, NH₄⁺, Cl⁻, Fe, Mn, Al, et le F.

Les valeurs propres des facteurs sont présentées dans le (*tableau 2*). Les trois premiers facteurs représentent 82,10% de la variance exprimée dont 59,16% pour F1, 13,22% pour F2, 9,7% pour F3. Le facteur 1 est très important par rapport aux autres.

Les paramètres physico-chimiques des eaux de forage sont présentés dans le (*tableau 3*).

La matrice de corrélation entre les différentes variables est présentée par le (*tableau 4*). A l'analyse de cette matrice de corrélation, on relève notamment une très bonne corrélation entre le fer et l'aluminium (r=0,85), entre l'ammonium et le pH (r=0,87). Ces corrélations sont très significatives et témoignent de l'affinité entre ces éléments. Par contre la corrélation entre les nitrates et l'aluminium (r=0,58) n'est pas très significative.

La projection des variables dans le plan factoriel F1-F2, met en évidence trois regroupement des paramètres étudiés dans les échantillons d'eau (*figure 8*) Le premier regroupement contient le NH₄⁺, le NO₃⁻ et le NO₂⁻, il traduit une pollution par la matière organique liée aux activités anthropiques. Le deuxième groupe renferme la conductivité, la température, il traduit le processus de mise en solution des ions. Ainsi, le facteur F1 semble rendre compte des conditions d'acquisition du chimisme de l'eau. Le facteur F1 est déterminé par l'ion NO₃⁻, NH₄⁺, Cl⁻ La présence de ces composés azoté dans une eau souterraine rend compte des conditions du milieu et leur influence sur les eaux d'infiltration [7]. En effet, le NO₃⁻ est produit à la surface du sol puis entraîné avec les eaux d'infiltration en profondeur. Les eaux de la nappe du Quaternaire sont peu profondes, la présence de ces composés dans les eaux peu profondes, avec un niveau statique proche de la surface du sol (1 à 10 mètres) témoigne d'une pollution organique. Cette pollution est issue de la dégradation complète ou incomplète de la matière organique par les microorganismes dans les couches superficielles du sol. Cet élément est un bon indicateur des apports superficiels.

Table 1. Tableau 2: Valeurs propres de l'ACP

	Val Propre	% Total variance	Cumul Val Propre	Cumul %
1	6,508215	59,16559	6,50822	59,1656
2	1,454769	13,22517	7,96298	72,3908
3	1,068180	9,71073	9,03116	82,1015

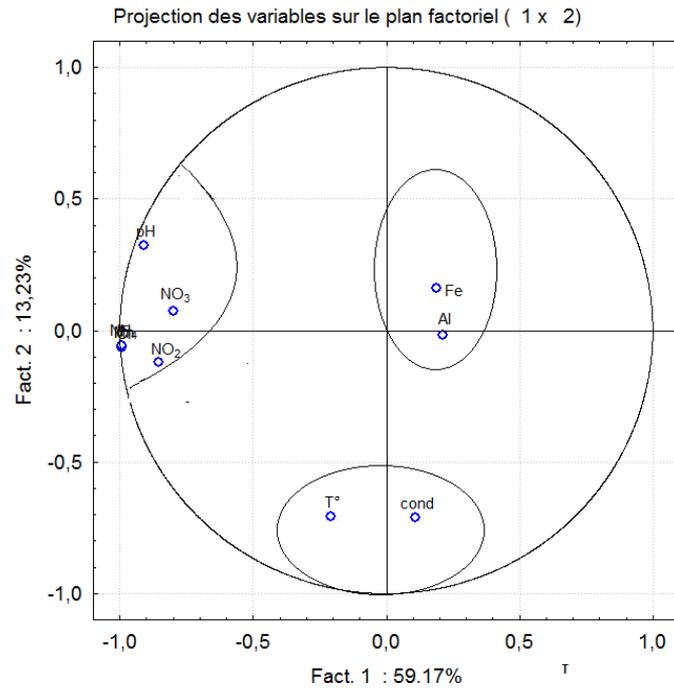


Figure 8: Analyse dans le plan factoriel F1-F2

Tableau 3: Récapitulatif des paramètres physico-chimiques des eaux de forage du District d'Abidjan

Echantillon	cond	T°	PH	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	Cl ₂	Fe	Mn	Al	F-
1	120	26,4	6,7	3,2	0	0,15	17	0	0	0,3	0	0,85
2	100	26,4	6,6	7,6	0	0,26	12	0,08	0	0,02	0,02	0,42
3	180	27,6	6,7	13,8	0	1,14	20	0,2	0,01	0,03	0,3	0,65
4	150	27,7	7,2	4,7	0,05	0,34	90	0,1	0	0	0,07	0,56
5	130	29,5	6,6	1,56	0,01	0,7	14	0,15	0,04	0	0,05	0,5
6	160	28,4	7,3	3,34	0	0,56	0	0	0	0	0	0
7	130	29	6,8	3,2	0,01	0,56	14	0,01	0,02	0,01	0,05	0,4
8	130	30,7	6,5	1,62	0,07	0,17	0	0,05	0	0	0	0,65
9	170	24,5	7	0	0	0	0	0,06	0,04	0	0,04	0,47
10	140	27,2	6,7	0	0	0	0	0,9	0,02	0,01	0	0,49
11	130	29,6	6,5	0,84	0,02	0,86	0	0,05	0,02	0,01	0	0,3
12	140	15,8	7,1	3,5	0	0,56	5,3	0	0,05	0	0	0,46
13	140	27,9	7,1	3,1	0	0	8,8	0,21	0,04	0,02	0,01	0,4
14	150	28,1	6,6	1,66	0,01	0,17	6,2	0,1	0	0,03	0,05	0,94
15	146	28,5	6,8	3,5	0	0,3	5,5	0,33	0	0,11	0	0,31
16	170	29,3	6,8	1,58	0,04	0,12	0	0,02	0,04	0,01	0	0,7
17	180	28,1	7	3,92	0	0,36	0	0	0,06	0,01	0	0,35
18	190	25,1	7,1	6,6	0,04	0,86	0	0	0,3	0,01	0	0,56
19	130	30,8	6,8	10,2	0,09	1,4	0	0,06	0,04	0,02	0	0,65
20	120	28,4	7	2,9	0,03	0,27	0	0	0,02	0,01	0	0,41
21	120	30,2	6,7	7,4	0	0,06	0	0,12	0,05	0,01	0	0,62
22	140	29,5	6,9	0	0,02	0	0	0,04	0,01	0	0	0,5
23	140	31,1	6,8	0	0	0	0	0,12	0,03	0,01	0	0,51
24	180	28,4	6,7	1,56	0,02	0,47	5,3	0,38	0,04	0,02	0	0,29
25	150	27,4	6,6	2,5	0	0,5	5,3	0,13	0	0,01	0	0,29
26	170	30,7	7,4	1,36	0	0,36	5,3	0,13	0,02	0,01	0	0,12
27	160	28,5	7,2	3,5	0,02	0,41	3,3	0,02	0,04	0,01	0	0,35
28	120	30	6,6	2,08	0,02	1,02	13	0,06	0,07	0,02	0,01	0,93
29	150	18,3	7	1,98	0,02	0,14	14	0,15	0,06	0,21	0,15	0,63
30	180	28,2	6,8	1,88	0,02	0,5	12	0,1	0,04	0,03	0,12	0,52

Tableau 4: Matrice de corrélation entre les valeurs

	cond	T°	pH	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	Fe	Mn	Al	F
cond	1,000000										
T°	0,722062	1,000000									
pH	0,184733	0,958519	1,000000								
NO ₃ ⁻	0,146560	-0,025807	0,255498	1,000000							
NO ₂ ⁻	0,017077	-0,121981	-0,152516	-0,087699	1,000000						
NH ₄ ⁺	-0,084368	0,698052	0,873190	0,685982	0,174396	1,000000					
Cl ⁻	-0,085024	0,699046	0,873866	0,685030	0,174120	0,999998	1,000000				
Fe	-0,210944	-0,028587	-0,035763	-0,046355	0,024901	-0,040852	-0,040974	1,000000			
Mn	0,085143	0,700472	0,874835	0,683589	0,174415	0,999994	0,999997	0,040860	1,000000		
Al	0,021596	0,565590	0,706968	0,583722	0,215873	0,808885	0,808906	0,850572	0,808887	1,000000	
F	0,088665	0,703400	0,876801	0,680811	0,172118	0,999929	0,999939	0,037518	0,999948	0,808548	1,000000

4 DISCUSSION

La campagne de mesure du niveau piézométrique effectuée sur les forages Nord Riviera, Riviera Centre, zone Est et un forage du village d'Akouédo a permis de caractériser les variations du niveau piézométrique dans les différents forages et montrer que les remontées se font généralement en saison pluvieuse.

Les lixiviats de la décharge présentent pour la plupart des paramètres étudiés des valeurs élevées comparativement à celles recommandées. Ainsi, les résultats obtenus à l'issu d'une enquête sanitaire ont montré que la population avoisinantes de la décharge est touchée dans sa grande partie active par de maladies allergiques (respiratoires, cutanées). A Akouédo on note un nombre important de récupérateurs constituées (Hommes, dames, enfants), qui travaillent quotidiennement dans la décharge. Les odeurs et les fumées asphyxiantes sont les nuisances les plus importantes et les plus fréquentes qui ont un impact sur la santé de la population. Les enfants, partie de la population la plus sensible aux nuisances des déchets et de leurs lixiviats sont sujets des conjonctivites, les dermatoses, l'asthme et les maladies respiratoires.

Les variations saisonnières de la DBO₅ montrent que c'est pendant la saison des pluies qu'elle présente les valeurs les plus faibles. Cette étude a montré qu'il ya une corrélation entre l'augmentation de la température le rapport DBO/DCO. En effet pendant la saison sèche, on note un réchauffement des eaux de lixiviation permettant ainsi une intensification de l'activité des bactéries. Celles-ci vont permettre la dégradation de la matière organique présente dans le percolât [8]. En période de pluie, les températures du jus de la décharge commence à diminuer, constituant ainsi un facteur limitant les bactéries qui deviennent de plus en plus incapables de transformer cette matière organique.

Ainsi Les fluctuations saisonnières de la demande chimique en oxygène (DCO), de la demande biochimique en oxygène (DBO₅), de la conductivité et de l'azote total kjeldhal (NTK) s'expliquerait par un phénomène de dilution. En effet, pendant les saisons des pluies, les lixiviats reçoivent une importante quantité d'eau qui diluerait de façon considérable la charge polluante. Il s'ensuit alors une diminution des concentrations des paramètres (DCO, DBO₅ et NTK). Ce phénomène de dilution entraîne ainsi une baisse de la conductivité.

Les eaux de la zone d'Akouédo et en particulier celles du champ captant NR à cinq km de la décharge, n'ont pas encore subi de manière significative une modification de leur composition chimique depuis 2010. La conservation de la qualité des eaux est sans doute liée à l'importance de la couche superficielle argilo-sableuse qui se comporte comme une véritable couche filtrante de ces eaux. Cette couche pourrait aussi être à l'origine d'une progression assez lente du panache de pollution dans les couches au sein desquelles des réactions chimiques et biologiques complexes se dérouleraient et retarderaient la progression des polluants. Les eaux souterraines du District d'Abidjan bénéficient d'une protection hydrogéologique [9] à l'exception de certains champs captants notamment ceux d'Adjamé et Attécoubé [10] qui sont loin de la décharge.

Les résultats de l'analyse multivariée montrent que l'activité anthropique constitue un phénomène important dans la minéralisation des eaux.

Par ailleurs, les résultats obtenus au niveau de la zone d'Akouédo concordent avec ceux de plusieurs auteurs [11]; [12] . En effet, d'après ces auteurs, les faibles conductivités s'expliquent par le fait que les eaux de la nappe d'Abidjan sont peu minéralisées. Aussi, l'acidité des eaux serait-elle liée à la présence d'une forte teneur en CO₂ libre. Cette forte teneur contenue dans le sable où le quartz domine, est le fait d'une présence constante de matière organique liée à l'infiltration des acides humiques. L'encaissant étant pauvre en éléments basiques (Ca, Mg), l'acidité est conservée. La qualité des eaux n'ayant pas varié au cours du temps, il est donc possible de dire qu'il n'y a pas à ce jour un appel des polluants de la décharge par le pompage des eaux au niveau des champs captant.

5 CONCLUSION

L'interprétation des données analytiques par l'analyse multivariée nous a permis de connaître la composition physico-chimique des eaux de boisson et la caractérisation des lixiviats aux environ de la décharge d'Akouédo. On peut donc affirmer que la décharge n'a pas encore d'impact sur les eaux exploitées au niveau des forages du champ captant Nord Riviera Riviera Centre et Zone Est à cause de la structure monoclinale des couches.

Au terme de cette analyse, il ressort que les lixiviats de la décharge d'Akouédo présentent une menace pour la nappe d'Abidjan. En absence de système de récupération des lixiviats, et en présence d'un sol sablo-argileux, le percolat pourrait s'accumuler au fond des déchets et s'infiltrer à travers le sol pour atteindre lentement la nappe sous-jacente et entraînerait ainsi sa contamination et sa dégradation à long terme.

L'étude a aussi permis de montrer que les lixiviats sont très riches en matière organique. Mais les paramètres les plus représentés sont la DCO, la DBO5, les MES, le NO₃⁻, le SO₄²⁻, le NTK avec des concentrations moyennes respectives de 956,8mg/L, 382,7mg/L, 187mg/L, 40mg/L, 35mg/L et 153mg/L. Ces paramètres sont en général plus concentrés en saison sèche qu'en saison des pluies.

REFERENCES

- [1] Kouamé KI, Goné GL, Savané I, Kouassi AE, Koffi K, Goula BTA, Diallo M. 2006. Mobilité relative des métaux lourds issus de la décharge d'akouédo et risque de décontamination de la nappe du Continental Terminal (Abidjan, Côte d'Ivoire). *Afr. Sci.*, 2(1): 39-56.
- [2] Soro N, Ouattara L, Dongo K, Kouadio KE, Ahoussi KE, Soro G, Oga MS, Savané I, Biémi J. 2010. Déchets municipaux dans le District d'Abidjan en Côte d'Ivoire: sources potentielles de pollution des eaux souterraines. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 4(2) 364-384.
- [3] Ahoussi KE, Oga YMS, Koffi YB, Kouassi AM, Soro N, Biémi J. 2011. Caractérisations hydrogéochemie et microbiologique des ressources en eau du site d'un Centre d'Enfouissement Technique (CET) de Côte d'Ivoire. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 5(5): 2114-2132.
- [4] Aghui N, Biémi J. 1984. Géologie et hydrogéologie des nappes de la région d'Abidjan et risques de contamination. *Annales Université Nationale Côte d'Ivoire, série c (Sciences)*, 20: 313-347.
- [5] Kattabi H; Lotfi A; Marina J.(2001). Evolution temporelle de la composition du lixiviat d'une décharge à ciel ouvert : effet des précipitations. *Déch. sci. Téch*, N°21 p7-10
- [6] Kattabi H.(2002). Intéret de l'étude des paramètres hydrogéologiques et hydrobiologiques pour la compréhension du fonctionnement de la station de traitement des lixiviats de la décharge des ordures ménagères d'Etuefont (Belfort, France). Thèse université de France Comté, France.
- [7] Ahoussi KE, Soro N, Kouassi AM, Soro G, Koffi YB, Zadé GPS. 2010. Application des méthodes d'analyses statistiques multivariées à l'étude de l'origine des métaux lourds (Cu²⁺, Mn²⁺, Zn²⁺, Pb²⁺) dans les eaux des nappes phréatiques de la ville d'Abidjan. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 4(5): 1753-1765.
- [8] Kouamé KJ. 2007. Contribution à la gestion intégrée des ressources en eaux (GIRE) du District d'Abidjan (Sud de la Côte d'Ivoire) : Outils d'aide à la décision pour la prévention et la protection des eaux souterraines contre la pollution. Thèse de Doctorat de l'Université de Cocody- Abidjan, p. 226
- [9] 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, hydrochimie et isotopie des aquifères discontinus des sillons et aires granitiques de la Haute Marahoué (Côte d'Ivoire). Thèse d'Etat, Université Nationale de Côte d'Ivoire, p. 480.
- [10] Kouamé KI, Goné GL, Savané I, Kouassi AE, Koffi K, Goula BTA, Diallo M. 2006. Mobilité relative des métaux lourds issus de la décharge d'akouédo et risque de contamination de la nappe du Continental Terminal (Abidjan, Côte d'Ivoire). *Afr. Sci.*, 2(1): 39-56.
- [11] OGA M. S. (1998). Ressources en eaux souterraines dans la région du Grand Abidjan (Côte d'Ivoire) : Approche Hydrochimique et Isotopique. Thèse de Doctorat de l'Université de Paris Orsay, 240 p.
- [12] SORO G. (2003). Evaluation des métaux lourds (Co, Cr, Cu, Mn, Ni, et Zn). Dans les sédiments d'une lagune Tropicale : cas de la lagune Ebrié, Abidjan (Côte d'Ivoire). Mémoire du Diplôme d'Étude Approfondies (DEA) des sciences de la terre option Hydrogéologie, Université de Cocody, 72p.