

## **Etude sédimentologique et palynologique des aquifères du tertiaire des régions des lagunes (Abidjan) et du sud Comoé (Nouamou): Implication paleoenvironnementale**

### **[ Sedimentological and palynological study of the aquifers in the tertiary of the lagoons region (Abidjan) and South Comoé (Nouamou): paleoenvironmental implication ]**

**Zoh Derrick Aurélien BEHI<sup>1</sup>, N'goran Jean-Paul YAO<sup>1</sup>, Yao Mathieu N'GUESSAN<sup>1</sup>, Goha René BIE<sup>2</sup>, and Zéli Bruno DIGBEHI<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Département des Géosciences Marines, Université Félix Houphouët Boigny de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire

<sup>2</sup>Département des Sciences de la Terre, Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa, Côte d'Ivoire

---

Copyright © 2016 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 sedimentological and palynological study of 232 samples of cuttings from two survey drilled in the eastern ivoirien coastline allowed us to characterize the aquifers of early Miocene. It falls within the context of the national drinking water supply from aquifers of the sedimentary basin in the said areas. Sedimentation consists of two facies (the quartz sands and clays). The predominance of subrounded to shiny and rounded grains reflect an aquatic transport of a relatively more or less long journey. Quartz subrounded grains, yellow orange and foxed show the presence of an oxidation and the mats grains reflect a transport by the wind. The granulometry study shows a dominance of sigmoidal facies "S". Sand grains are coarse, medium and are well to poorly sorted with an asymmetry tends to thin elements. The sediments were entirely transported by saltation in more or less agitated dispositional environments. This is shown by the low calcium carbonate (CaCO<sub>3</sub>) rate. The presence of glauconites, oxidized pyrites remains of bivalves in the sediments of Anoumabo show a deltaic environment while in Nouamou the depositional environment is of fluvial-deltaic type. The strong presence of spores and pollen grains are characteristics of the hot and humid climate and has also permitted to identify the early Miocene age in the wells.

**KEYWORDS:** sedimentology, palynology, paleoenvironmental, aquifer, Ivory Coast.

**RESUME:** L'étude sédimentologique et palynologique de 232 échantillons de déblais issus de deux forages réalisés dans l'Est du littoral ivoirien a permis de caractériser les aquifères du tertiaire. Elle s'inscrit dans le contexte du programme national d'adduction en eau potable desdites régions à partir des nappes aquifères du bassin sédimentaire. La sédimentation est constituée de deux faciès (les sables quartzeux et les argiles). La prédominance des grains sub-arrondis à arrondis et luisants traduisent un transport en milieu aquatique sur un trajet relativement plus ou moins long. Les grains de quartz sub-arrondis, jaunes orangés et jaunes roux montrent la présence d'une oxydation et les grains mats traduisent un transport par le vent. L'étude granulométrique présente une dominance des faciès sigmoïdales "S". Les grains de sables sont grossiers à moyens et assez bien à moyennement classés avec une asymétrie qui tend vers les éléments très fins. Les sédiments ont été transportés en totalité par saltation dans des milieux de dépôt plus ou moins agités matérialisés par la faible teneur en carbonate de calcium (CaCO<sub>3</sub>). La présence de glauconites, de pyrites oxydées, de restes de bivalves dans les sédiments d'Anoumabo montrent un milieu deltaïque (ou estuarien) tandis qu'à Nouamou le milieu de dépôt est de type fluvio-deltaïque. La forte présence de spores et grains de pollens caractéristiques d'un climat de type chaud et humide, a permis d'identifier un âge Miocène inférieur dans les puits.

**MOTS-CLEFS:** sédimentologie, palynologie, paléoenvironnement, aquifère, Côte d'Ivoire.

## 1 INTRODUCTION

L'eau (H<sub>2</sub>O) est la ressource naturelle la plus exploitée dans le monde. Elle demeure la denrée la plus importante et de grande consommation humaine. Aujourd'hui, elle fait l'objet de beaucoup d'attention parce que l'eau de qualité devient de plus en plus rare dans le monde entier et surtout dans les pays désertiques à cause du réchauffement climatique et de la pollution due aux activités anthropiques. Malgré un réseau hydrographique dense en Côte d'Ivoire, presque toutes les régions restent encore mal desservies en eau potable. Dans le littoral ivoirien, la plus grande quantité des eaux exploitées se trouvent dans les aquifères du Tertiaire (Continental Terminal ou Mio-Pliocène). Les travaux hydrogéologiques et hydrochimiques isotopiques de certains auteurs tels que [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], mettent en évidence :

- la vulnérabilité et la pollution de l'aquifère du tertiaire à Abidjan, Dabou, Bonoua et à Adiaké.
- la cartographie des réservoirs de cet aquifère dans la zone d'Abidjan ;
- la source d'approvisionnement de cet aquifère qui est d'origine lagunaire et pluviométrique ;
- sa structure qui est de type continue et poreuse par son caractère continu tout au long des couches sédimentaires hôtes.

Afin de comprendre certains aspects géologiques des aquifères du tertiaire, deux forages hydrauliques ont été réalisés sur le littoral ivoirien de part et d'autre de la faille des lagunes. Il s'agira de caractériser l'extension latérale des aquifères continus du tertiaire sur le littoral Est Ivoirien. Ainsi, la mise en évidence des environnements de dépôt dans lesquels le cortège sédimentaire s'est déposé et des processus sédimentaires qui ont prévalu lors des dépôts sera nécessaire. C'est pourquoi, des approches lithologiques, palynologiques et paléoenvironnementales des déblais issus de ces forages constitueront l'essentiel de ce présent travail.

## 2 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Le puits d'Anoumambo est situé à Marcory dans au sein du domaine de l'Autorité de Régulation des Télécommunications de Côte d'Ivoire (A.R.T.C.I). Ces coordonnées géographiques en degré-minute-seconde sont 5°18'42.35"N et 3°58'15.64"W. Il est distant de la lagune Ebrié de 422 m. Celui de **Nouamou** est localisé à environ 17, 3 km de la frontière ivoiro-ghanéenne avec pour coordonnées géographiques 5°10'59.98"N et 2°53'38.21"W. La distance qui le sépare de la lagune Ehy est de 662 m.

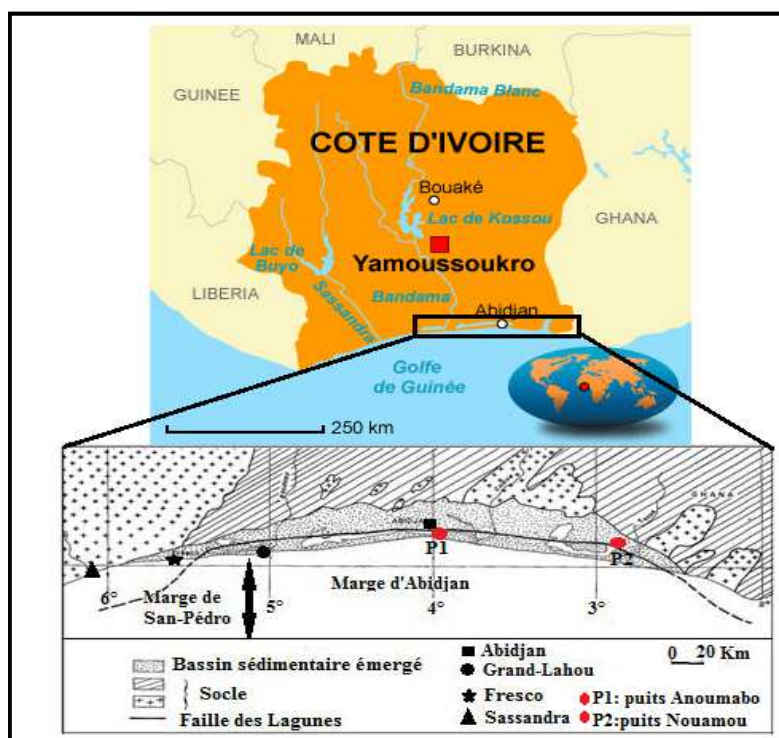


Figure 1: Localisation géographique de la zone d'étude

### 3 MATARIEL ET METHODES

Le matériel ayant servi de support à cette étude est essentiellement constitué de 232 échantillons de déblais de forages. Le traitement des données a été fait selon les approches suivantes :

- l'analyse lithologique par l'observation macroscopique des échantillons afin de discriminer les zones sableuses des zones argileuses.
- la granulométrie porte sur les sédiments meubles contenant au moins 55% de grains de sable. Les échantillons de roches subissent des traitements (lavage, attaques chimiques, séchage) avant d'être tamisés dans une colonne de seize (16) tamis vibrante de type AFNOR (maille décroissantes de 5 à 0,063mm). Une corrélation est établie entre les paramètres de distribution granulométrique ; le mode de transport des sédiments et les milieux de dépôt sont respectivement déduits des diagrammes de [8] et des diagrammes Sk-So de [9] et Sk-Md [10].
- la morphoscopie des grains de quartz réalisée à la loupe binoculaire permet de déterminer l'agent et la durée du transport selon deux méthodes. Il s'agit de la méthode de [11] qui est basée sur le contour périphérique des grains et de la méthode de [12]. Cette dernière définit des grains de types non usée, émoussé luisant, rond mat propre, etc.
- la teneur en Carbonate de Calcium ( $\text{CaCO}_3$ ) de chaque échantillon est déterminée par l'analyse calcimétrique réalisée au moyen d'un calcimètre Bernard.
- les âges des strates sont connus par l'identification de palynomorphes.

### 4 RESULTATS ET INTERPRETATIONS

#### 4.1 CARACTERISATION LITHOSTRATIGRAPHIQUE

Cette étude révèle la nature des formations traversées par les différents forages et évalue les proportions relatives des éléments accessoires.

##### 4.1.1 LITHOLOGIE DU Puits D'ANOUMABO

L'analyse lithologique des déblais montre dans le sens de la sédimentation les niveaux suivants.

- les sables quartzeux grossiers (142 à 139 m) avec présence de débris carbonés. Les grains de quartz sont arrondis à sub-arrondis et émoussés luisants à sphéricité élevée.
- un banc d'argiles de couleur jaune claire (139 à 138 m).
- les argiles gris-sombres (138 à 60 m) très riche en palynomorphes, foraminifères, glauconites et pyrites oxydées.
- les sables quartzeux grossiers (60 à 2 m) contenant des restes de coquilles de bivalves, de lamellibranches, d'échinodermes, de mollusques; des glauconites, de nombreux débris carbonés, des pyrites oxydées et de la muscovite. Les grains de quartz vont des formes arrondies, sub-arrondis aux formes sub-anguleuses.
- la terre de barre (2 à 0 m) de couleur noirâtre qui renferme de nombreux débris carbonés.

##### 4.1.2 LITHOLOGIE DU Puits DE NOUAMOU

Elle présente dans le sens de la sédimentation les niveaux suivants:

- les argiles sableuses brun sombres (90 à 89 m) avec peu de palynomorphes et dépourvues de microfaunes.
- les sables quartzeux grossiers et sombres (89 à 85 m). Ils sont mat-propres et sub-arrondis à sphéricité élevée.
- les argiles sableuses brun sombres (85 à 82 m) avec une passée d'argile jaune ocre renfermant peu de spores et grains de pollens;
- les argiles peu sableuse de couleur jaune orangés (82 à 68 m). Les grains de quartz sont sub-arrondis à arrondis et mats sales;
- les sables quartzeux (68 à 10 m) avec un banc de sable argileux entre 36 et 43 m. Les grains de sable sont émoussés luisants et sub-arrondis avec une présence remarquable de nombreux débris carbonés et de muscovites;

- les argiles jaune claires orangés (10 à 6 m) avec quelques rares grains de sable;
- les argiles gris-claires (6 à 3 m) dépourvues de foraminifères et très riche en palynomorphes.
- les argiles latéritiques rouge-orangés (3 à 1 m) contenant des débris carbonés,
- la terre de barre (1 à 0 m) de couleur noirâtre et renfermant des débris carbonés.

#### 4.2 ETUDE CALCIMÉTRIQUE

Les carbonates de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ) ont été observés seulement dans le puits d'Anoumabo (Fig. 2). Ils sont d'origine biochimique issue de l'abondance relative de débris de mollusques, gastéropodes, bivalves et de tests de foraminifères. L'absence de  $\text{CaCO}_3$  à Nouamou et la faible teneur à Anoumabo (teneur inférieure à 10%) témoignent d'une sédimentation effectuée dans un environnement plus ou moins agité.

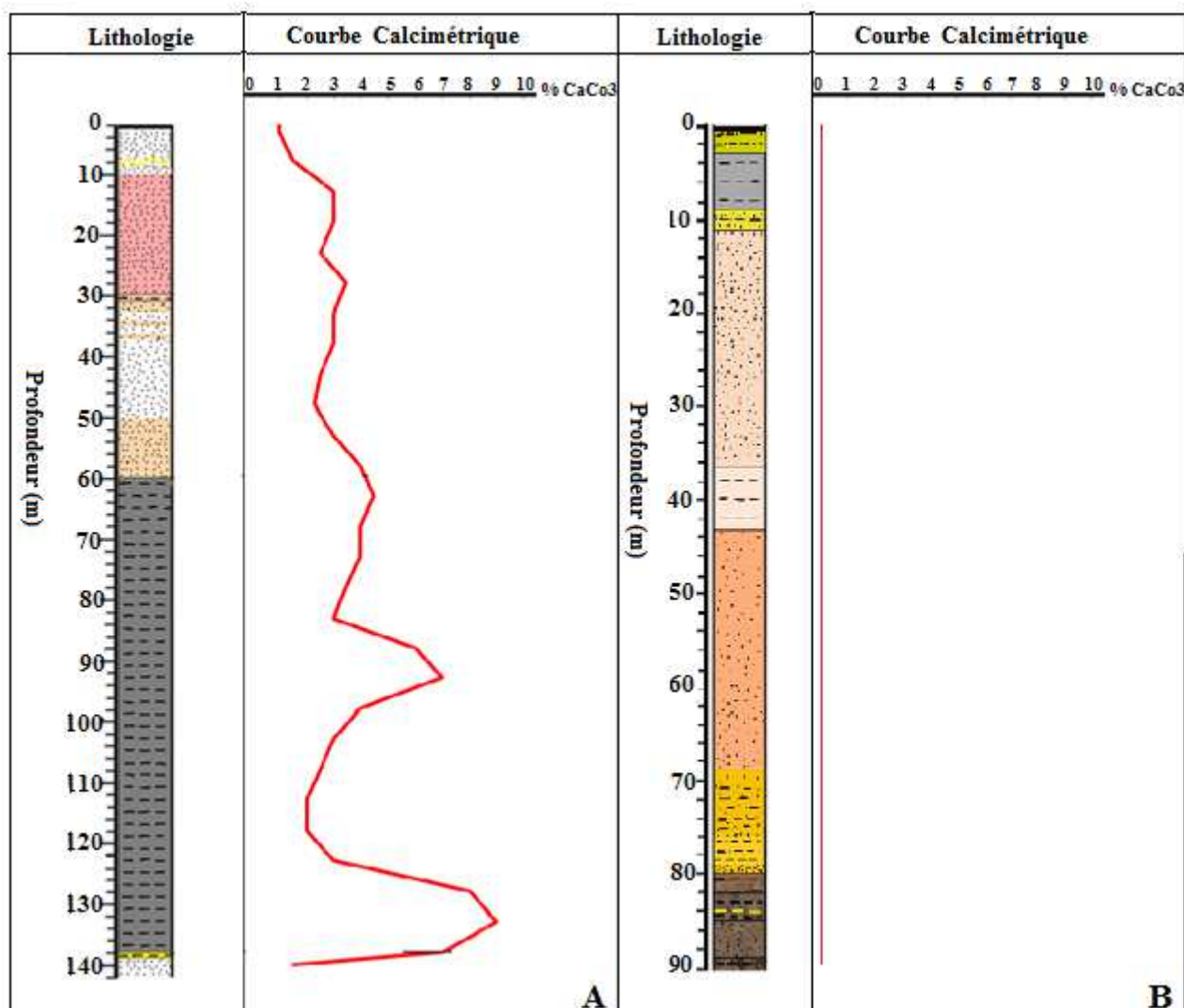


Fig.2. Evolution du taux de carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ) dans les puits d'Anoumabo (A) et de Nouamou (B)

#### 4.3 CORRELATION LITHOLOGIQUE

Cette étude a mise en évidence trois unités lithologiques (Fig.3) avec la présence des aquifères formés sous des couches d'argiles. Les nappes identifiées dans les puits sont de types captifs. La forte ressemblance des unités 1 et 3 laisserait

entrevoir les dépôts de l'unité 2 comme un phénomène de biseauage dû à l'effet de la faille des lagunes sur les formations sédimentaires rencontrées dans le forage d'Anoumabo.

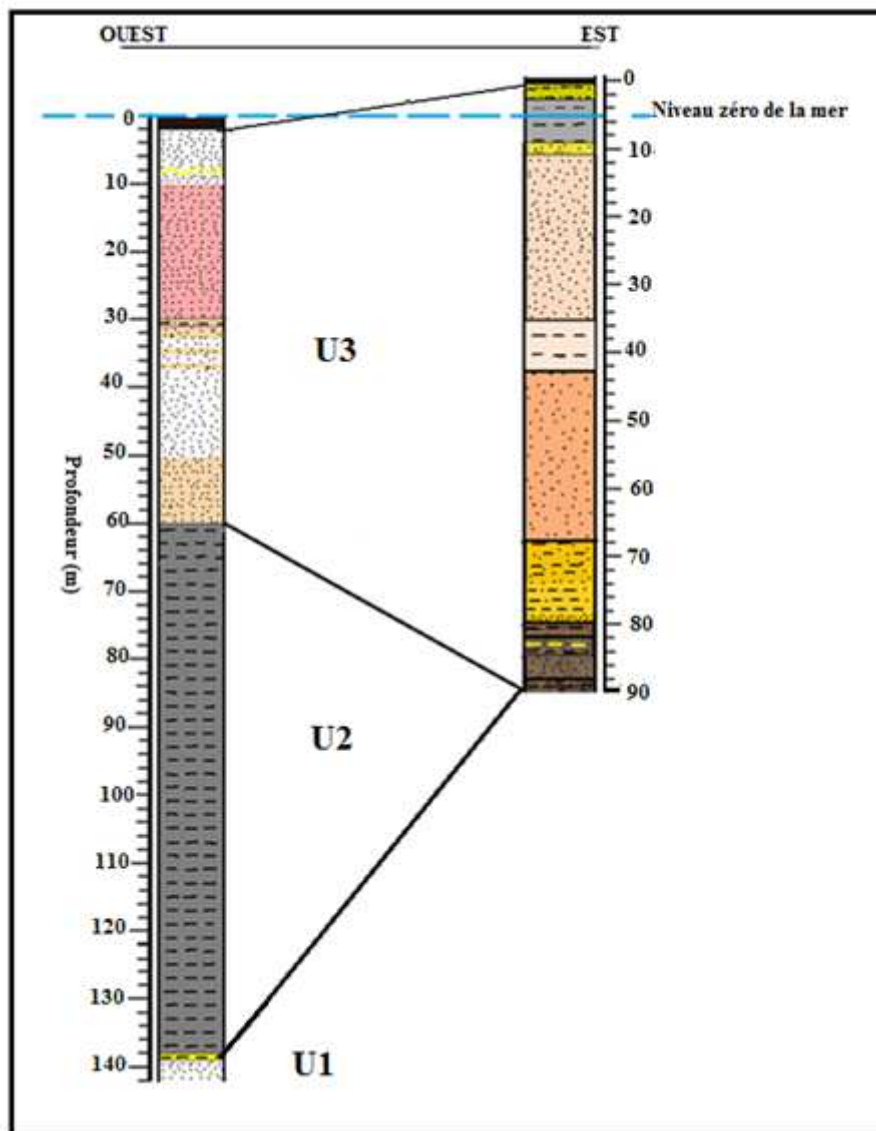


Fig. 3. Synthèse lithologique (Ouest-Est) des puits d'Anoumabo et de Nouamou

## 5 ETUDE GRANULOMETRIQUES DES SABLES RENCONTRES DANS LES DIFFERENTS Puits

### 5.1 FACIÈS GRANULOMETRIQUES

L'analyse granulométrique appliquée aux fractions sableuses présente deux intervalles dans les puits d'Anoumabo et de Nouamou. Ce sont respectivement: An1 (2 à 60 m), An2 (138 à 142 m) et N1 (11 à 69 m), N2 (85 à 89 m). Le faciès hyperbolique (sigmoïdal) est le faciès qui caractérise la sédimentation dans les puits c'est-à-dire 100% dans les sédiments d'Anoumabo (Fig. 4) et 53 % dans ceux de Nouamou (Fig. 5).

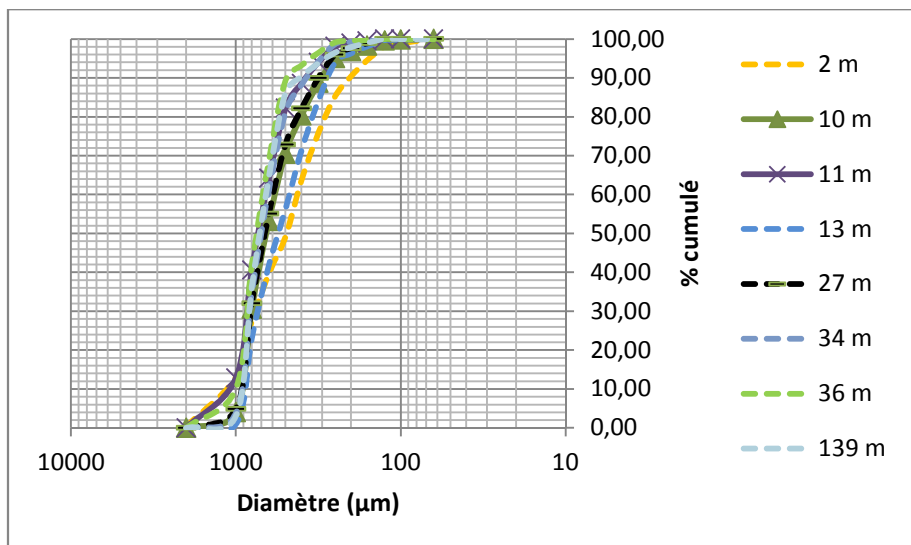


Fig. 4: Faciès granulométriques et hyperboliques dans le puits d'Anoumabo

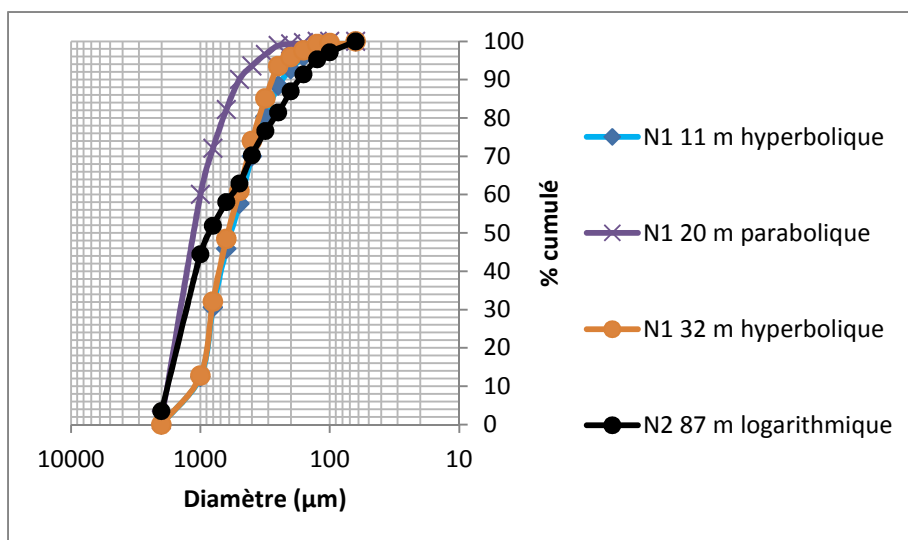


Fig. 5: Faciès granulométriques hyperboliques, paraboliques et logarithmiques dans le puits de Nouamou

### 5.1.1 PARAMETRES DE DISTRIBUTION GRANULOMETRIQUE

L'analyse des paramètres granulométriques a permis d'identifier à Anoumabo des sables grossiers à moyens, assez bien classés à moyennement classés et très asymétriques vers les éléments fins à asymétriques vers les éléments fins.

A Nouamou ces paramètres identifient des grains de sables très grossiers à grossiers, moyennement à médiocrement classés et très asymétriques vers les éléments fins.

### 5.1.2 MODE DE TRANSPORT

Le test de Visser appliqué aux sédiments a mis en évidence trois modes de transport: la suspension (Population B); la saltation (Population A, A') et le roulement (Population C).

Le mode de transport dominant à Anoumabo est la saltation (Population A, A' et A'') avec 69 à 98,55 % des sables moyens et grossiers. Le roulement (Population C) concerne les sables grossiers uniquement. Son pourcentage oscille entre 4 et 30 %. La suspension (Population B) a des valeurs comprises entre 0,1 et 3,2 % et caractérise les grains fins.

A Nouamou le mode de transport dominant est aussi la saltation (35 à 81 %) affectant les sables fins, moyens et grossiers (population A et A'). Le roulement (30 à 64%) concerne les sables grossiers et très grossiers (population C). Le transport par suspension représente 0,3 à 3,22 % du transport intéressant uniquement les sables fins (population B).

La saltation peut être subdivisée en trois (3) groupes à Anoumabo (Fig. 6). Le groupe I estimé 21,43 % représente la saltation à une population A. Le groupe II avec 64,28 % est la saltation à deux populations A. Enfin groupe III représentant 14,29 % correspond à la saltation à trois population A.

Deux groupes de saltations se distinguent à Nouamou (Fig. 7). Le groupe I évalué à 25 % concerne la saltation à une population A; alors que le groupe II avec 75 % se rapporte à la saltation à deux populations A.

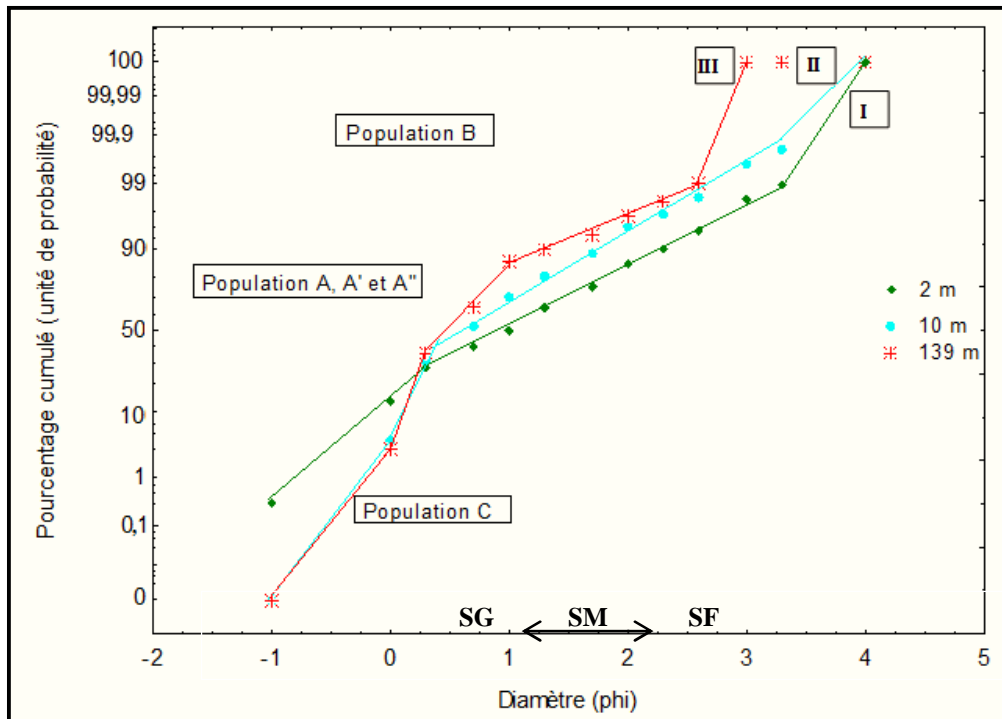


Fig. 6: Application du test de [8] aux sédiments du puits d'Anoumabo; I : groupe I ; II : groupe II ; III : groupe III. SG: sables grossiers, SM: sables moyens, SF: sables fins.

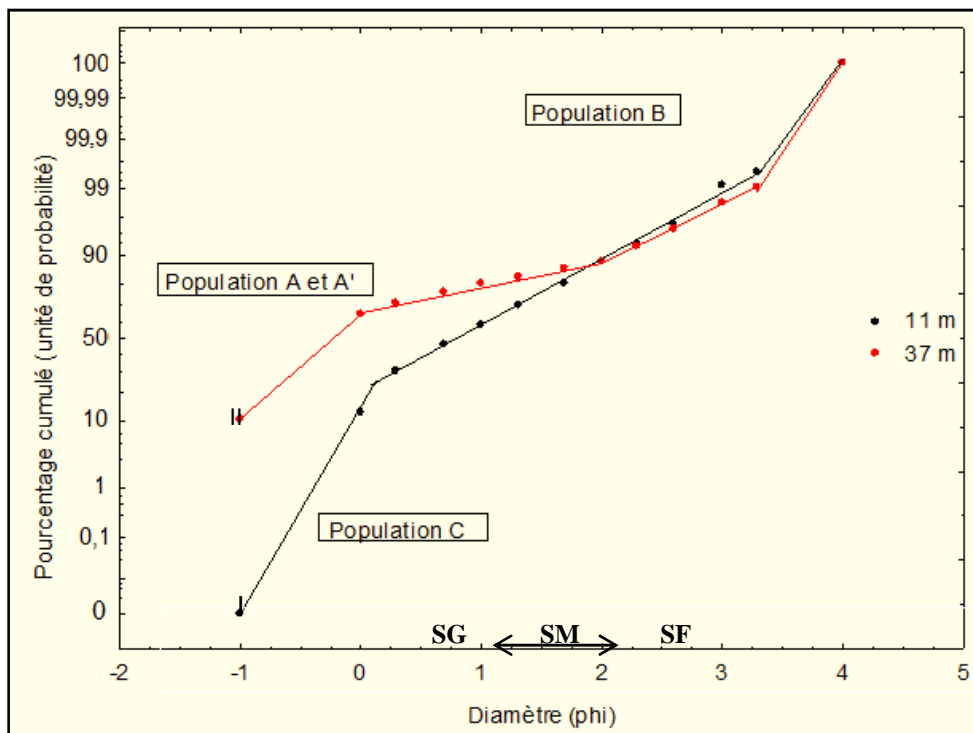


Fig. 7: Application du test de [8] aux sédiments du puits de Nouamou; I: groupe I; II: groupe II. SG: sables grossiers, SM: sables moyens, SF: sables fins

### 5.1.3 ENVIRONNEMENT DE DÉPÔT

L'application du diagramme Sk-Md aux paramètres granulométriques montre que les grains de sables se sont déposés en très grande partie dans un milieu fluviatile (Fig.8). Par ailleurs, la distribution des grains de sable des puits d'Anoumabo présente un milieu de dépôt de type plage à la côte 47 m.

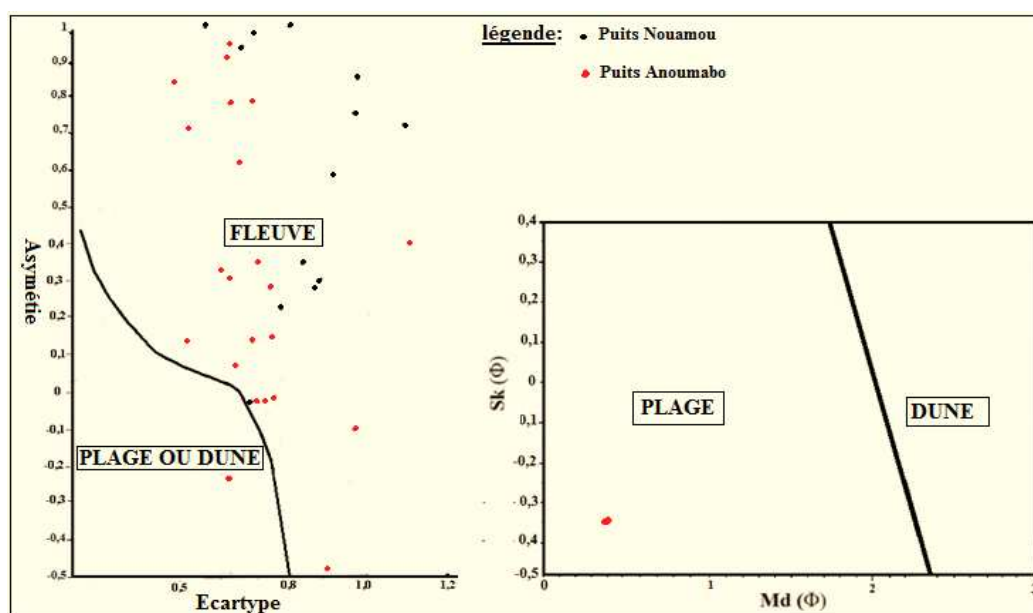


Fig. 8: Dispersion des sables des puits sur les diagrammes Sk-So de [9] et Sk-Md de [10].



#### 5.1.4 ETUDE MORPHOSCOPIQUE DES GRAINS DE QUARTZ

La morphoscopie des grains de sable des différents puits révèle une variation des formes des grains étudiés. En effet, dans le puits d'Anoumabo ils présentent des formes arrondies (42,7 %), sub-arrondies (34 %) et sub-anguleuses (22,8 %) (Fig. 9). Les formes anguleuses sont rares (1,2 %). Les grains de quartz du puits de Nouamou (Fig. 10), sont de formes sub-arrondies (43,7 %), sub-anguleuses (37,9 %), anguleuses (16,8 %), et arrondies (1,6 %).

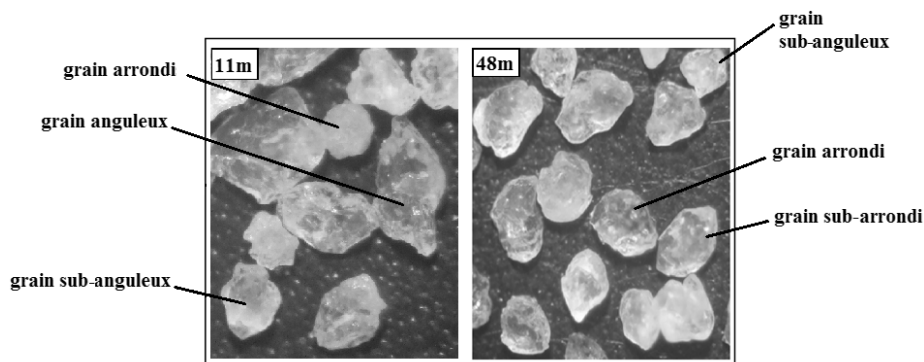


Fig. 9: Morphoscopie des grains de quartz d'Anoumabo (G: 400 $\mu$ m x 250)

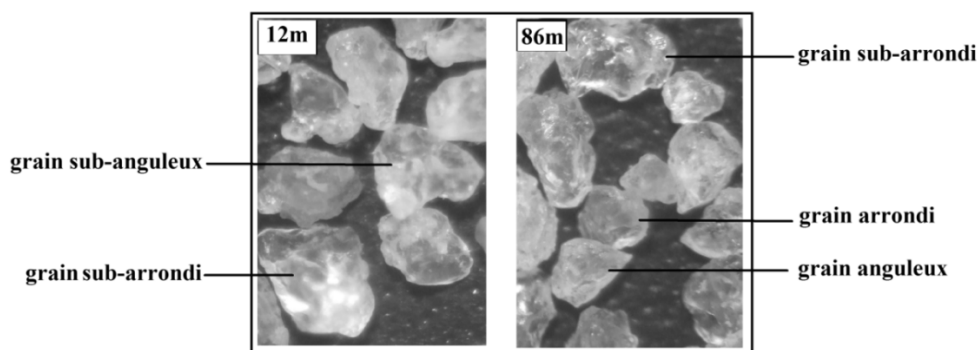


Fig. 10: Morphoscopie des grains de quartz de Nouamou (G: 400  $\mu$ m x 250)

## 6 CARACTERISATION PALYNOLOGIQUE

Les palynomorphes rencontrés dans les puits d'Anoumabo (60 m-138 m) et de Nouamou (84 m-90 m) ont permis de dater les aquifères d'un âge Miocène inférieur. Ce sont *Verrucatosporites usmensis*, *Retitricolporites irregularis*, *Laevigatosporites ovatus*, *Leiotriletes ardiensis*, *Pachydermites diderixii*, *Polypodiaceoisporites regularis*, *Striatopollis catatumbus*, *Monocolpopollenites sp.*, *Crassoretitriletes vanraadshooveni*. Ils sont issus des végétations qui se développent sous un climat tropical chaud et humide et caractérisent un environnement marécageux froid ou humide (mangrove).

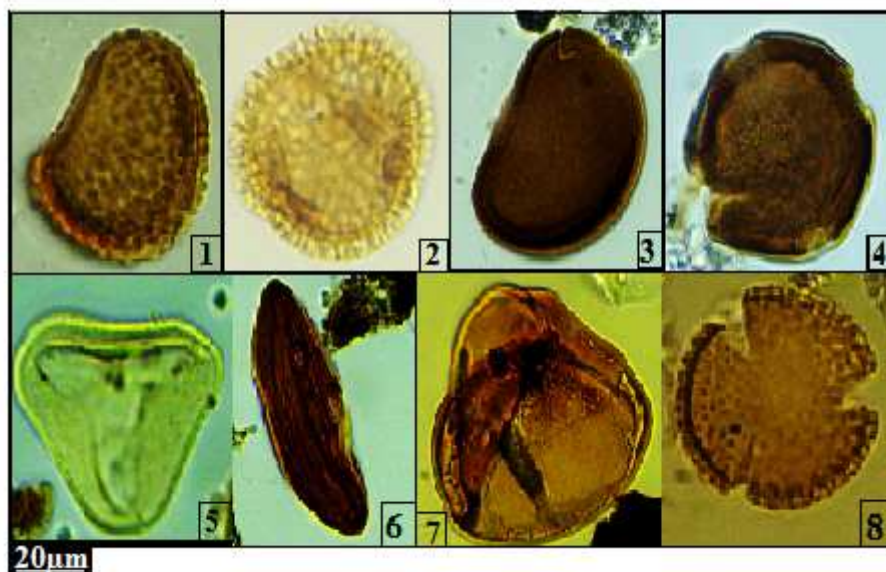


Fig.11: Quelques Spores et Pollens observés; 1-*Verrucatosporites usmensis*, 2-*Retitricolporites irregularis*, 3-*Laevigatosporites ovatus*, 4-*Pachydermites diderixii*, 5-*Polypodiaceoisporites regularis*, 6-*Striatopollis catatumbus*, 7-*Monocolpollenites sp.*, 8-*Crassoretitriletes vanraadshooveni*.

## 7 DISCUSSION

La sédimentation a montré des faciès essentiellement sableux et argileux. Les aquifères ont été datés du Miocène inférieur. Les aquifères rencontrés sont situés en dessous de couches d'argiles formant ainsi des nappes captives. Ces nappes s'alimentent beaucoup plus difficilement par infiltration très lente à travers les couches d'argile. Le cortège sédimentaire renferme des restes d'organismes marins, de la muscovite, des débris carbonés, des glauconites et de la pyrite oxydée à Anoumabo. A Nouamou il est caractérisé par de nombreux débris carbonés et de la muscovite. La présence de glauconites et de pyrites indiquent un milieu de dépôt marin peu profond, peu oxygéné et témoignent d'un ralentissement de la sédimentation [13]. Les débris carbonés et les muscovites caractéristiques des sédiments de Nouamou indiquent un milieu de dépôt continental de type fluvio-deltaïque tels que décrit par [14]. Les carbonates observés sont d'origine biochimique issue de l'abondance relative de débris de mollusques, gastéropodes, bivalves et de tests de foraminifères dans les sédiments d'Anoumabo. Leur faible taux suggère un milieu agité, condition défavorable au dépôt des calcaires [15]. Selon [16], la forte présence de population A et A' transportée par saltation est considérée comme caractéristique du mouvement alternatif des vagues (swash-backwash) dans lequel les grains de sable se déplacent par bonds suite à des chocs successifs. Ce mouvement est sensible en milieu littoral dans la zone de déferlement des vagues et en milieu deltaïque à la limite de la ligne de rivage. Le faciès sigmoïdal "S" est le plus dominant dans les puits. Selon [17] la forme en « S » dénommée « faciès de dépôt par excès de charge » serait un faciès de sable littoral où les grains sont transportés par saltation sur le fond par l'eau en mouvement : rivière, courant marin, jet de rive; suite d'une diminution de la compétence de l'agent de transport. Pour [18] la forme en « S » indique des sables transportés dans un milieu plus ou moins agité avec une évacuation des particules fines, le stock sédimentaire est homogène et l'énergie est adaptée à la charge transportée. Les sables sont grossiers à moyen, assez bien classé à moyennement classé et très asymétrique vers les éléments fin à asymétrique vers les éléments fins à Anoumabo. A Nouamou les grains de sables sont très grossiers à grossiers, médiocrement à moyennement classés et très asymétriques vers les éléments fins. Le classement des sables du littoral Est ivoirien est différent d'une région à une autre, traduisant ainsi la variation de la dynamique sédimentaire dans le bassin ivoirien [19]. Selon [20] la taille des grains diminue du Nord vers le Sud pour les sédiments de même âge. Pour lui cela indiquerait que le sens de l'écoulement général s'est fait du Nord vers le Sud de la Faille des Lagunes. L'application du test [9] et de [10] aux sédiments montre que les dépôts se sont effectués dans un environnement fluvial à Nouamou ; fluvial et plage à Anoumabo. Les grains de quartz étudiés sont sub-arrondis à sub-anguleux, arrondis et rarement anguleux. Ils présentent un caractère émoussé luisant de couleur grise à jaune orangée traduisant un transport en milieux aquatiques continentaux ou d'évolution en milieux marins [21]. Les grains de sables jaunes roux à jaune orangés indiquent la présence d'oxydes ferriques d'origine continentale [13].

Les palynomorphes tels que *Verrucatosporites usmensis*, *Retitricolporites irregularis*, *Laevigatosporites ovatus*, *Leiotriletes ardiensis*, *Pachydermites diderixii*, *Polypodiaceosporites regularis*, *Striatopollis catatumbus*, *Monocolpopollenites sp.*, *Crassoretitriletes vanraadshooveni* mis en évidence dans les sédiments argileux ont permis de suggérer un âge Miocène inférieur dans les deux puits. Le Miocène inférieur identifié dans nos travaux a été mis en évidence dans les travaux réalisés à Bingerville par [22] et [13] avec ces mêmes espèces. Les sporomorphes *Pachydermites diderixii*, *Striatopollis catatumbus* et *Verrucatosporites usmensis* ont été utilisées par [23] au Soudan en association avec d'autres palynomorphes pour caractériser le Miocène inférieur.

## 8 CONCLUSION

L'étude sédimentologique a permis d'établir la lithostratigraphie, la granulométrie et la calcimétrie des formations sédimentaires d'Anoumabo et de Nouamou. Elle a mise en évidence deux faciès lithologiques que sont les sables quartzeux et les argiles. Les grains de sable sont grossiers à moyen, majoritairement sub-arrondis à sub-anguleux et luisants, évoquant ainsi un transport en milieu aqueux sur une distance plus ou moins longue. Le mode de transport dominant de ces grains est la saltation. Les dépôts se sont réalisés dans un milieu peu agité, de type deltaïque ou estuarien à Anoumabo et fluvio-deltaïque à Nouamou. Les nappes du tertiaire rencontrées sont captives. Leur alimentation n'est plus directe par les eaux d'infiltration issues des pluies actuelles mais plutôt à travers l'écoulement latéral. Les nappes sont continues sur tout le littoral et peuvent contenir une importante quantité d'eaux susceptibles de combler le déficit en eau potable dans ces régions. Mais, il ne faut pas perdre de vue le volet environnemental (pollution anthropique: eaux usées, pesticides, herbicides...). Les sporomorphes observés dans les formations sédimentaires argileuses ont permis de dater les aquifères du Miocène inférieur.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs souhaiteraient adresser leur infinie reconnaissance aux responsables de la Direction de la **S.O.A.F.H.** (Société Africaine de Forages Hydrauliques) qui nous ont autorisés à prendre une part active aux différentes missions de forages, nous permettant ainsi de réaliser les prélèvements d'échantillons utilisés dans ce travail.

Aussi les auteurs aimeraient remercier les responsables du Centre d'Analyse et de Recherche (C.A.R) de la PETROCI pour la confection des lames palynologiques.

Enfin nos remerciements vont à l'endroit des responsables du laboratoire des Géosciences marines de l'UFR STRM (Université Felix Houphouët Boigny) qui nous ont offert un cadre propice pour la réalisation de nos travaux de recherches.

## REFERENCES

- [1] AGHUI N. et BIEMI J., Géologie et hydrogéologie des nappes de la région d'Abidjan et risque de contamination. Annuaire de l'Université de Côte d'Ivoire, série C (sciences), tome 20, pp.313-347, 1984.
- [2] SY A. épouse Tapsoba, Contribution à l'étude géologique 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 en Science, Université de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire, 200p., 1995.
- [3] YEI M.S.O., Ressources en eaux souterraines dans la région du grand Abidjan (Côte d'Ivoire): Approches hydrochimique et isotopique. Thèse de Doctorat en Sciences de l'Université de Paris-Sud, Orsay, France, 290p., 1998.
- [4] AHOUSI K.E., 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 discontinus de la région d'Abidjan-Agboville. Thèse de Doctorat unique de l'Université F.H.B., Abidjan (Côte d'Ivoire), 270 p., 2008.
- [5] ADIAFFI B., 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 unique de l'Université Paris Sud Faculté des Sciences d'Orsay, France 196 p., 2008.
- [6] DEH S.K.: Contribution de l'évaluation de la vulnérabilité spécifique aux nitrates et d'un modèle de transport des organochlores à la protection de la nappe d'Abidjan (sud de la côte d'Ivoire) Thèse de Doctorat unique de l'Université F.H.B., Abidjan (Côte d'Ivoire) ,210p. 2013.
- [7] EBLIN S.G., Dégradation des écosystèmes environnementaux dans la région d'Adiaké (Sud-est côtier de la Côte d'Ivoire) et risque de pollution des eaux: Apport d'un SiG. Thèse de Doctorat unique de l'Université F.H.B., Abidjan (Côte d'Ivoire) 205p., 2014.

- [8] VISHER.G.S., Grain size distributions and depositional processes. *Journ. Sedim. Petrol.*, Tulsa, vol. 39, pp. 1074-1106, 1969
- [9] FRIEDMAN G. M., Dynamic processes and statistical parameters compared for size frequency distribution of beach and river sands. *J. Sed. Ped.*, 37, pp. 327-354, 1967.
- [10] MOIOLA.R.J, et WEISER, Textural parameters: an evaluation. *Journ. Sedim. Petrol.* n°38, pp 45-53, 1968:
- [11] PETITJOHN: Sedimentary rocks. Edit. Harper and Brothers, New-york., 2nd Edit., 718p., 1957.
- [12] CAILLEUX A., Distinction des sables marins et fluviaux. *Bull. Soc. Géol. Fr*, 5<sup>ème</sup> série, t. XV, pp. 375-404, 1947.
- [13] GBGANGBOT K.J.M., Lithostratigraphie des dépôts de subsurface des régions de Bingerville et d'Assinie, sud et sud-est, basse côte d'ivoire. Essai de comparaison des environnements de dépôts au cours du tertiaire. *European Journal of Scientific Research* ISSN 1450-216X Vol. 86 No1 September, 2012, pp.41-52, 2012.
- [14] SELLEY R.C., Ancient sedimentary environments. Second édition. 287p., 1978.
- [15] YAO N.J.P., Caractérisation sédimentologique, minéralogique, géochimique et biostratigraphique des falaises vives de Fresco: région de grand-lahou (Côte d'ivoire). Thèse de Doctorat unique de l'Université F.H.B., Abidjan, 240 p., 2012.
- [16] SOW, Etude sédimentologique et révision chronostratigraphique du Crétacé Terminal du Horts du Ndiass (Sénégal occidental). Doctorat de 3<sup>ème</sup> cycle en géologie de l'Université C.A.D de Dakar, 152p., 1992.
- [17] PINOT.J.P., Manipulations sédimentologiques courantes M.W. TURGAL.07.SEDI Edition de février 1994. 118p., 1994.
- [18] ATOUI *et al.*, Distributions granulométriques des sédiments de surface de la frange littorale du Ras Taguermess au Ras Marmour (Golfe de Gabès, Tunisie). *In: Conférence Méditerranéenne Côtière et Maritime*. Edition 1, Hammamet, Tunisie 2009, pp.75-78, 2009.
- [19] BOGA A.H., analyses sédimentologiques et stratigraphiques de séquences sédimentaires (Crétacé-Quaternaire) de l'est du bassin sédimentaire de côte d'ivoire. Caractérisation des processus de dépôts détritiques. Thèse de Doctorat unique de l'Université F.H.B., Abidjan (Côte d'Ivoire), 235 p., 2015.
- [20] ASSALÉ F.Y.P., Caractérisation sédimentologique, palynologique, géochimique et paléoenvironnementale des formations sédimentaires connexes à la faille des lagunes (Est du bassin onshore de Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat unique de l'Université F.H.B., Abidjan (Côte d'Ivoire), 441 p., 2013.
- [21] SAAIDI E., Traité de sédimentologie, pétrographie, environnements sédimentaires. Editions Afrique Orient, 399 p., 1991.
- [22] ENNIN T. M. (Etude sédimentaire et palynologique de quatre puits dans la région de Brégbo (Sud -Est d'Abidjan). DEA des sciences de la terre option Géologie marine, UFR STRM, Université d'Abidjan, 58p., 2003.
- [23] EISAWI A. and SCHRANK E., Upper Cretaceous to Neogene palynology of the Melut Basin, Southeast Sudan. *Palynology*. Volume.32, n°1, pp. 101-129, 2008.