

Caractéristiques lithologiques des formations sédimentaires et granulométrie des niveaux sableux traversés par le forage d'Abouabou (Côte d'Ivoire)

[Lithological characteristics of sedimentary formations and sandy particle levels traversed by drilling Abouabou (Côte d'Ivoire)]

Yao N'Goran Jean-Paul¹, OGA Marie Solange², Yao Kouadio Salomon³, Koffi Kouamé Yves Alain⁴, Aka Akpa Olivier⁵, and BIEMI Jean⁶

¹Département des géosciences marines,
Université Félix Houphouët Boigny de Cocody,
Abidjan, Côte d'Ivoire

²Département des sciences et technique de l'eau et du génie de l'environnement,
Université Félix Houphouët Boigny de Cocody,
Abidjan, Côte d'Ivoire

³Centre de Recherches Océanologiques,
Laboratoire de Physique et de Géologie Marine (PHYGEM), Côte d'Ivoire

⁴Département des sciences et technique de l'eau et du génie de l'environnement,
Université Félix Houphouët Boigny de Cocody,
Abidjan, Côte d'Ivoire

⁵Société de Distribution d'Eau de Côte d'Ivoire (SODECI),
Abidjan, Côte d'Ivoire

⁶Département des sciences et technique de l'eau et du génie de l'environnement,
Université Félix Houphouët Boigny de Cocody, 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 layers lithology traversed by Abouabou drilling was studied using successively 32 samples to a depth of about 240 m.

The log established indicates a high level of clay about 63 m, the bottom to the surface. This level is followed by alternating average levels (about 26 m) of sandy clays and sands rich in limestone, with a thickness of 72 m.

This assembly is surmounted by average to low levels sandy (40 to 09 m), with calcareous intercalation to the surface. These sands alternate with clay banks of 16 to 10 m. the grain size analyses show essentially coarse to very coarse sands. They have generally bad standings with a strong asymmetry to the fines. Although their characteristics argue for a reduction in their water holding capacity, these sandy levels are still favorable hydrogeological tanks.

KEYWORDS: clay, sand, grading, asymmetry, retention, water, tanks, hydrogeological.

RESUME: La lithologie des formations traversées par le forage d'Abouabou a été étudiée à partir de l'analyse de 32 échantillons prélevés successivement sur une profondeur d'environ 240 m.

Le log établi indique du fond vers la surface un fort niveau argileux d'environ 63 m d'épaisseur, auquel succède une alternance de niveaux moyens (environ 26 m) d'argiles sableuses et de sables riches en calcaire, sur une épaisseur de 72 m. Cet ensemble est surmonté par des niveaux sableux moyens à faibles puissance (40 à 09 m), à intercalation calcaires vers la surface. Ces sables alternent avec des bancs argileux de 16 à 10 m. Sur le plan granulométrique, les sables rencontrés sont essentiellement grossiers à très grossiers. Ils présentent dans l'ensemble un mauvais classement avec une forte asymétrie vers les éléments fins. Bien que leurs caractéristiques granulométriques militent en faveur d'une réduction de leur capacité de rétention en eau, ces niveaux sableux constituent tout de même des réservoirs à intérêt hydrogéologique favorable.

MOTS-CLEFS: argiles, sables, classement, asymétrie, rétention, eau, réservoirs, hydrogéologique.

1 INTRODUCTION

Les ressources en eau de consommation deviennent de plus en plus rares surtout dans les grandes agglomérations. En Côte d'Ivoire, l'approvisionnement en eau potable de la ville d'Abidjan et ses environs constituent aujourd'hui un défi majeur pour les autorités administratives. En effet, le district d'Abidjan enregistre une forte croissance démographique chaque année liée à l'exode rurale des populations à la recherche d'un mieux-être (amélioration de leur condition de vie sociale). Ainsi, les pénuries d'eau sont constatées dans la plupart des quartiers de la ville souvent sur une longue période. Face à cela beaucoup d'infrastructures (surtout des forges d'eau) ont été réalisées au cours de cette dernière décennie, afin de capter si possible les différentes nappes du Continental Terminal et du Maastrichtien de la région d'Abidjan. Ces nappes sont décrites par les travaux de Aghui et Biémi 1984 [1]; Oga, 1998 [2], Adiaffi 2008 [3], Oga & al., 2011[2]. C'est dans ce cadre que le Forage d'Abouabou a été effectué dans la partie sud de la ville d'Abidjan (figure 1), avec une profondeur maximale de 240 m. Les formations de ladite zone n'ont pas fait l'objet d'études. Dans le présent travail, l'on s'interroge donc sur la nature lithologique des formations traversées par le forage profond d'Abouabou ainsi que les caractéristiques granulométriques des niveaux d'intérêts hydrogéologiques. Il contribue à une meilleure connaissance géologique de la zone sud du bassin sédimentaire émergé entre la faille de lagunes et l'océan Atlantique.

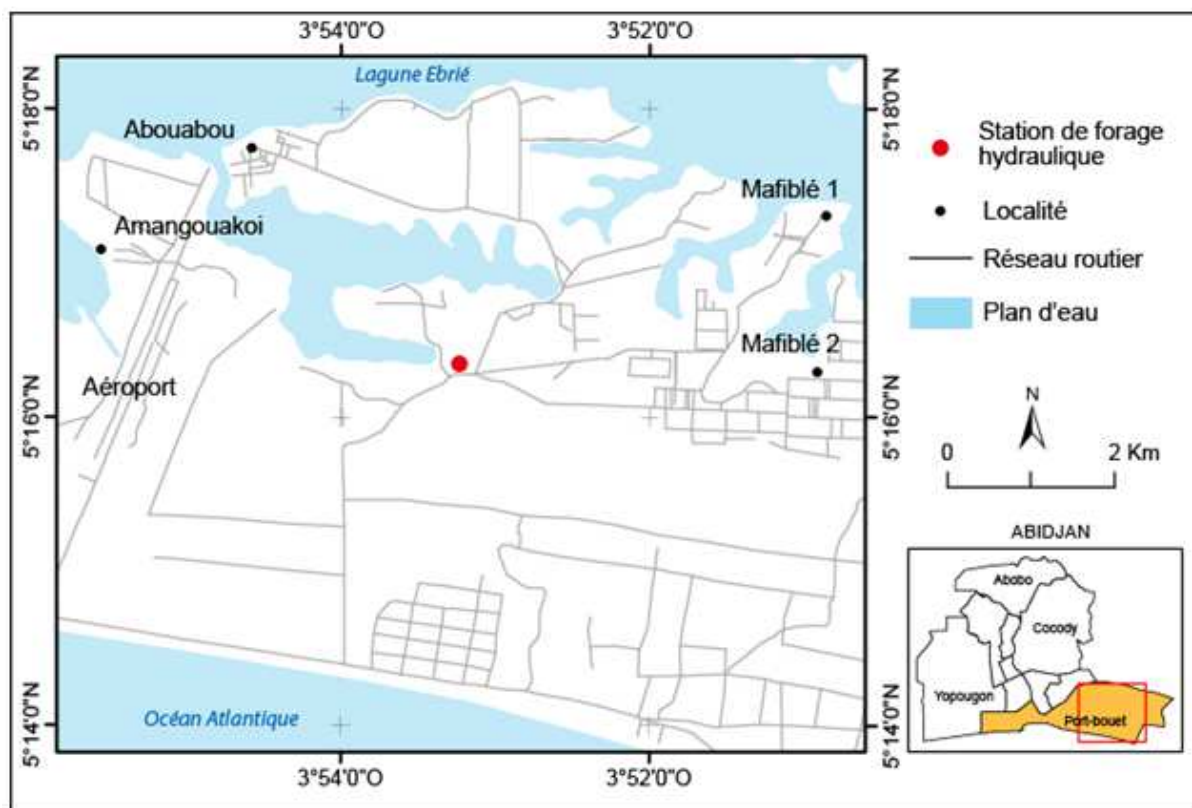


Figure 1 : Situation géographique du forage d'Abouabou

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

Le traitement des déblais s'est fait en quatre (4) étapes :

- i) l'analyse lithologique a adopté la méthode d'estimation tactile de l'abondance des grains et de leur type. Elle a permis de distinguer les argiles des sables sur l'ensemble de trente-deux (32) échantillons de déblais utilisés. La fraction sableuse a fait l'objet d'une analyse granulométrique;
- ii) l'observation à la loupe des résidus de lavage qui apprécie l'abondance relative des éléments figurés des différents échantillons a été effectuée ;
- iii) l'analyse granulométrique à sec de dix-sept (17) échantillons de sables sur une colonne de seize tamis (série AFNOR) a été réalisée après élimination de la matière organique à l'eau oxygénée et des carbonates à l'acide chlorhydrique Saaidi (1991) [5]. Les paramètres obtenus (moyenne, écart type, skewness) sont interprétés d'après les travaux de Folk et Ward (1957) [6]. Par ailleurs, ces paramètres ont été utilisés pour déterminer les environnements de dépôt des niveaux sableux rencontrés dans le puits à partir des diagrammes Md-Sk et So-Md de Moiola et Weiser (1968) [7];
- iv) l'analyse calcimétrique de tous les échantillons (32) effectuée au moyen d'un calcimètre Bernard indique la teneur en CaCO_3 le long du forage. Elle vise à identifier les niveaux carbonatés.

3 RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION

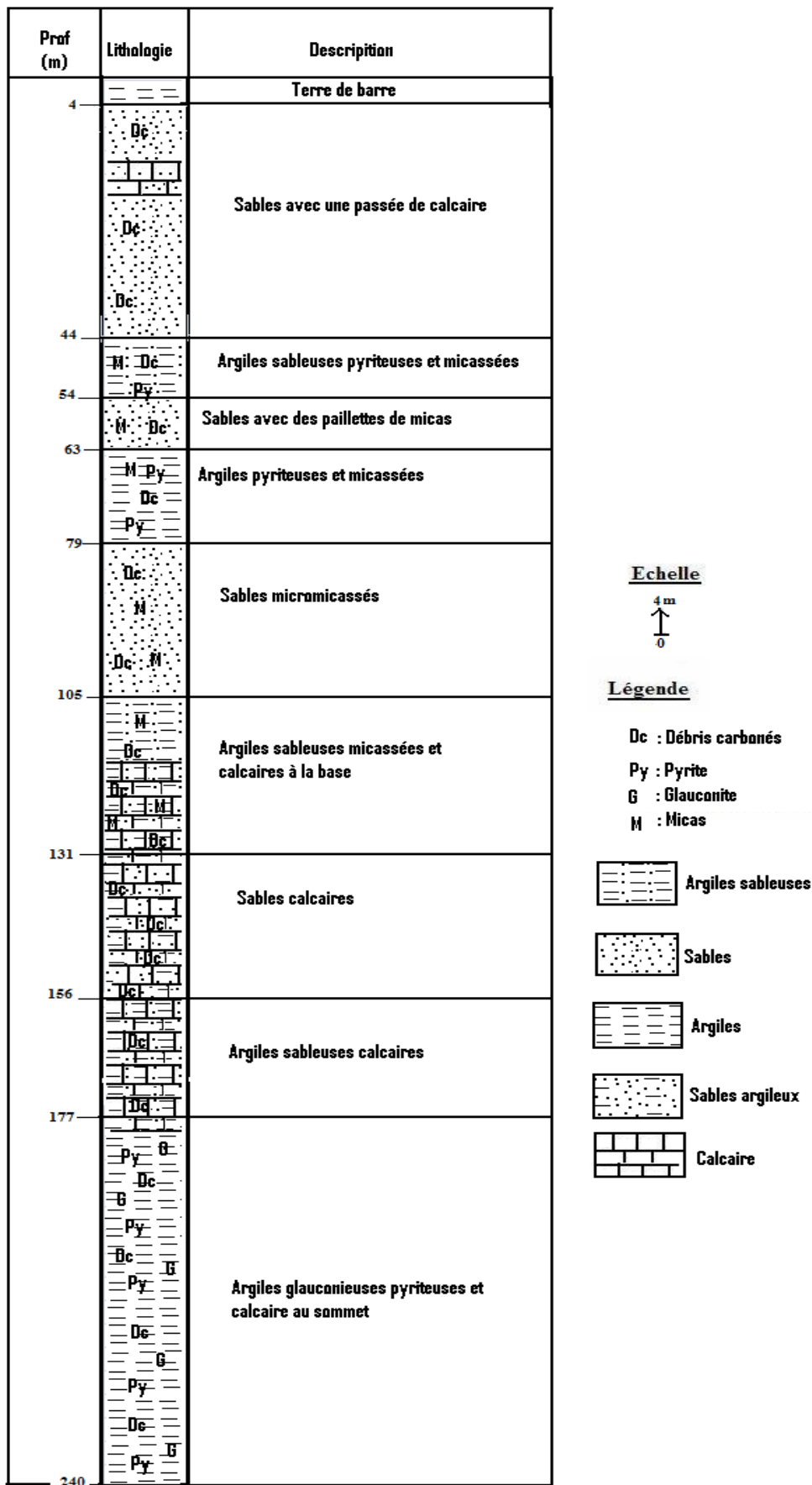
3.1 DESCRIPTION LITHOLOGIQUE DU FORAGE (FIGURE 2)

240-177 m : Niveau argileux glauconieux

Ce sont des argiles verdâtres avec des granules de glauconites bien individualisées. Les grains de quartz fins y sont rares. En revanche, il est constaté une abondance de pyrites, de radioles d'échinides, de foraminifères benthiques, de coprolithes, de spicules monoaxones de spongiaires, des paillettes de micas, de foraminifères planctoniques, de coquillage de bivalves et de gastéropodes, de scaphopodes et des os de poisson.

177-156 m : Niveau argilo-sableuse calcaire

C'est un niveau relativement gris. Il comporte assez de coprolithes, de mollusques, d'os de poisson, de radioles d'échinides, de formes benthiques (sphériques et allongées) de foraminifères, de débris d'ostracodes, et de spicules monoaxones de spongiaires. Des débris de micas (micromicas) y sont également présents avec des grains de quartz transparents rarement grossiers et subanguleux.



156-131 m : Niveau sablo-argileux calcaire

Les grains de sables sont grossiers à fins sub-arrondis. Ils sont parsemés de galets abondants très arrondis (blanchâtres, quelquefois enfumés). Il y a une absence totale de micas contrairement aux débris carbonés et aux débris de foraminifères benthiques et de mollusques qui sont présents et abondants. Le calcaire est cryptocristallin.

131-105 m : Niveau argilo-sableuse calcaire à la base

Ce niveau est relativement gris. Il comporte assez de coprolithes, de mollusques, d’os de poisson, de radioles d’échinides, de formes benthiques (sphériques et allongées) de foraminifères, de débris d’ostracodes et de spicules monoaxones de spongiaires. Des débris de micas (micromicas) y sont également présents avec des grains de quartz transparents rarement grossiers et sub-anguleux. Des foraminifères planctoniques sont observées à partir de 120 m jusqu’à la profondeur finale (TD).

105-79 m : Niveau sableux

Ce sont des sables grossiers à fins, sub-anguleux à sub-arrondis et transparents avec des galets importants (rouge brun, sub-arrondis). Les proportions de coprolithes, de débris carbonés et de paillettes de micas y sont relativement faibles. Des débris de mollusques et des foraminifères benthiques mal conservés y sont rencontrés.

79 -63 m : niveau argileux

Ce sont des argiles grises relativement verdâtres. Ils comportent une importante accumulation de paillettes de micas. Quelques rares grains fins de quartz sub-arrondis avec de rares galets sub-arrondis y sont présents. Des débris carbonés, des coprolithes et des moules de foraminifères benthiques y abondent.

63-54 m : niveau sableux

Il est essentiellement constitué de sables à grains grossiers blanchâtres sub-anguleux à sub-arrondis. Les débris carbonés et des paillettes de micas y sont abondants.

54-44 m : niveau argilo-sableuse

Ce sont des argiles sableuses très oxydées de couleur rouge. Les grains de sables sont grossiers à fins, transparents, luisants et anguleux à sub-anguleux. Des paillettes de micas ainsi que des débris carbonés y abondent. La pyrite et des os de poisson y sont également abondants. L’absence totale de microfaune est remarquable.

44-4 m : niveau sableux

Il est essentiellement constitué de sables à grains grossiers sub-anguleux à sub-arrondis blanchâtres. Les débris carbonés y sont abondants. Cependant, il y a une absence totale de micas.

4-0,5 m : niveau de la terre de barre

Ce niveau est caractérisé par la terre humifère. De couleur noire, il comporte assez de racines d’herbes et d’arbres.

3.2 CARACTERISTIQUES GRANULOMETRIQUES DES NIVEAUX SABLEUX

Les paramètres granulométriques des niveaux sableux sont consignés dans le tableau 1 ci-dessous.

La moyenne qui détermine le grain moyen d’un échantillon de sédiment indique des valeurs supérieures à 500 μm sur l’ensemble des intervalles sableux rencontrés dans le forage. Elle démontre ainsi le caractère grossier à très grossier des sables du forage, comme l’indique les histogrammes de fréquence (figures 3 A-F)

L’écart-type ou la déviation standard ou le Sorting (S_o) représente la mesure statistique de la dispersion autour de la moyenne d’une courbe gaussienne. Il caractérise le degré de classement du sédiment étudié. Plus sa valeur est faible, mieux est le classement du sédiment. Ainsi, les niveaux sableux sont dans l’ensemble mal à très mal classés. Les sables bien à très bien classés se rencontrent respectivement à 40 m et 56 m. L’intervalle 6 - 10 m enregistre quant à lui des sables modérément classés.

Le skewness, synonyme du degré d’asymétrie de la courbe de distribution par rapport à l’ordonnée, indique l’étalement de la granulométrie vers les particules fines pour les valeurs positives et inversement vers les particules grossières pour les valeurs négatives (Rivière;1977). Cette distribution reflète plus ou moins les conditions hydrodynamiques du milieu.

Les valeurs enregistrées traduisent dans l'ensemble une prépondérance d'une forte asymétrie vers les éléments fins. Cette caractéristique est, par ailleurs, illustrée par la morphologie générale des courbes cumulatives en " S " plus ou moins étalé et à pente moyenne, qui est l'expression d'un hydrodynamisme moyen à faible (figures 2 A-F).

Les faciès sableux présentent également une symétrie granulométrique des échantillons au niveau des intervalles 29 - 36 m; 80 - 88 m et à la côte 140 m.

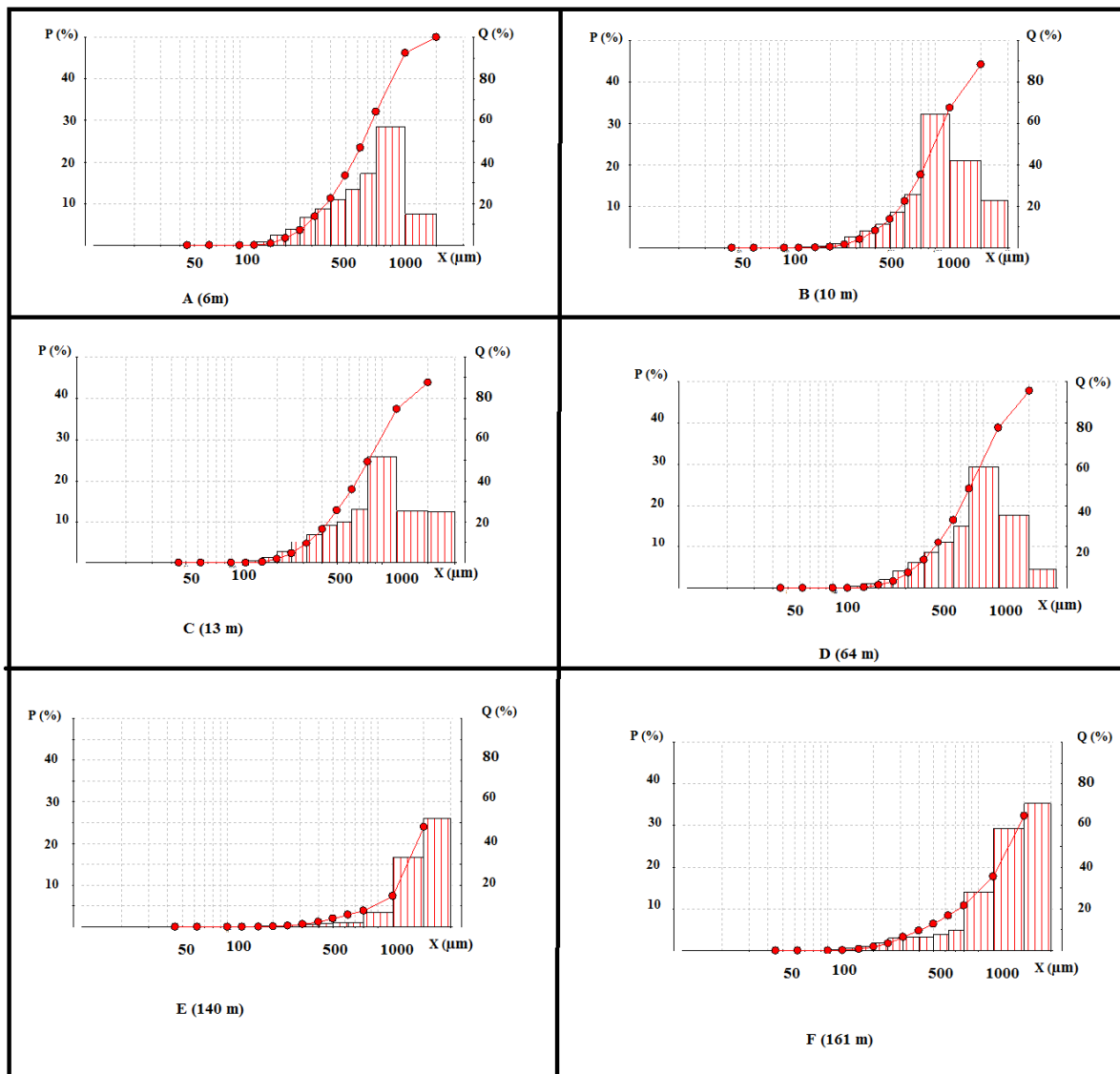


Figure 3 : Courbes granulométrique et histogramme de fréquence (P%) = pourcentage en poids de sédiment retenu sur chaque tamis; Q (%) = pourcentage cumulés en poids des refus; X (µm) = maille des tamis

Tableau 1: Paramètres granulométriques des sables de forage d'eau à Abouabou

Paramètres granulométriques				Caractéristiques granulométriques		
Côtes (m)	Moyenne granulométrique M_z (μm)	Ecart type $\sigma(\phi)$	skewness $Sk(\phi)$	Faciès	Mode de classement	Prépondérance des éléments fins ou grossiers
6	704	0,53	0,45	sables grossiers	modérément classés	forte asymétrie vers les éléments fins
10	1125,33	0,6 2	0,41	sables très grossiers	modérément classés	forte asymétrie vers les éléments fins
13	1000	1,04	0,27	sables très grossiers	très mal classés	asymétrie vers les éléments fins
23	794,67	0,85	0,14	sables grossiers	mal classés	asymétrie vers les éléments fins
29	1223	1,05	-0,02	Sables très grossiers	très mal classés	symétrie granulométrique de l'échantillon
32	1471	0,84	0,09	sables très grossiers	mal classés	symétrie granulométrique de l'échantillon
36	1453	0,88	0,07	Sables très grossiers	mal classés	symétrie granulométrique de l'échantillon
40	1288,33	0,44	0,47	sables très grossiers	bien classés	forte asymétrie vers les éléments fins
56	1184,33	0,23	0,21	sables très grossiers	très bien classés	asymétrie vers les éléments fins
63	2232,33	1,05	0,65	sables très grossiers	très mal classés	forte asymétrie vers les éléments fins
73	2460,67	1,02	0,44	sables très grossiers	très mal classés	forte asymétrie vers les éléments fins
80	2097,33	1,05	0,1	sables très grossiers	très mal classés	symétrie granulométrique de l'échantillon
88	1046,67	0,96	0,09	Sables très grossiers	mal classés	symétrie granulométrique de l'échantillon
102	1762,33	0,81	0,26	sables très grossiers	mal classés	asymétrie vers les éléments fins
140	2002,67	0,89	0,05	sables très grossiers	mal classés	symétrie granulométrique de l'échantillon
154	923,33	0,9	0,28	sables très grossiers	mal classés	asymétrie vers les éléments fins
161	1590,33	0,82	0,27	sables très grossiers	mal classés	asymétrie vers les éléments fins

3.3 ANALYSE DE LA CALCIMÉTRIE

La variation de la teneur du carbonate de calcium CaCO_3 des différentes formations du forage étudié est exprimée par la courbe calcimétrique ci-dessous indiquée (figure 4).

Deux zones calcaires se distinguent le long du forage. La première se situe autour de 13 m de profondeur dans un niveau sableux avec une teneur qui atteint 60 %. La seconde zone caractérise un intervalle franc entre 105 m et 180 m constitué d'argiles sableuses intercalées de sables argileux où les teneurs oscillent entre 30 et 65 %. Les valeurs de CaCO_3 restent faibles pour les autres intervalles.

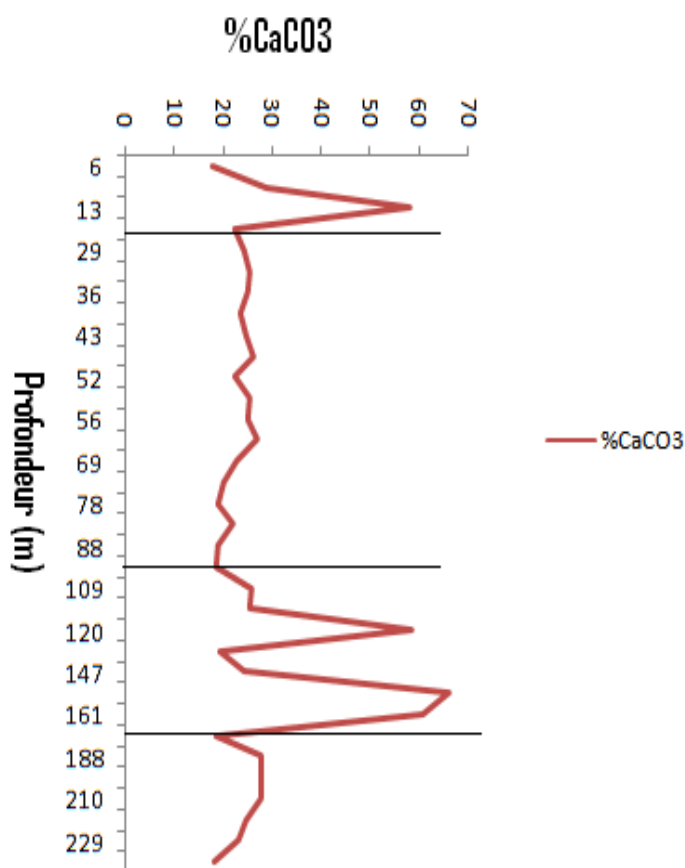


Figure 4 : Courbe calcimétrique du forage d'Abouabou

3.4 ENVIRONNEMENT DE DÉPÔT

La courbe calcimétrique indique une teneur importante de CaCO₃ autour de la cote 13 m et entre 105 et 180 m du puits étudié. Les sédiments grossiers rencontrés à la cote 13 m et ses environs témoignent d'un milieu agité donc à importante énergie défavorable à la formation du calcaire d'origine chimique. Ainsi, la forte teneur de calcaire est d'origine biodétritique. L'énergie de dépôt entre 105 et 180 m est relativement faible comme l'indiquent la présence de sédiments fins (argile). C'est un milieu calme dans lequel le calcaire a pu précipiter chimiquement bien que la participation des débris coquilliers ne soit pas négligeable. Par ailleurs, le diagramme Sk-Md (Figure 5-A) montre que les échantillons analysés appartiennent aux domaines de dune côtière tandis que celui So-Md (Figure 5-B) témoigne d'un environnement de dépôt de type plage pour l'essentiel des sédiments. De ce fait, les sédiments ont évolué dans un milieu marin à littoral à forte énergie.

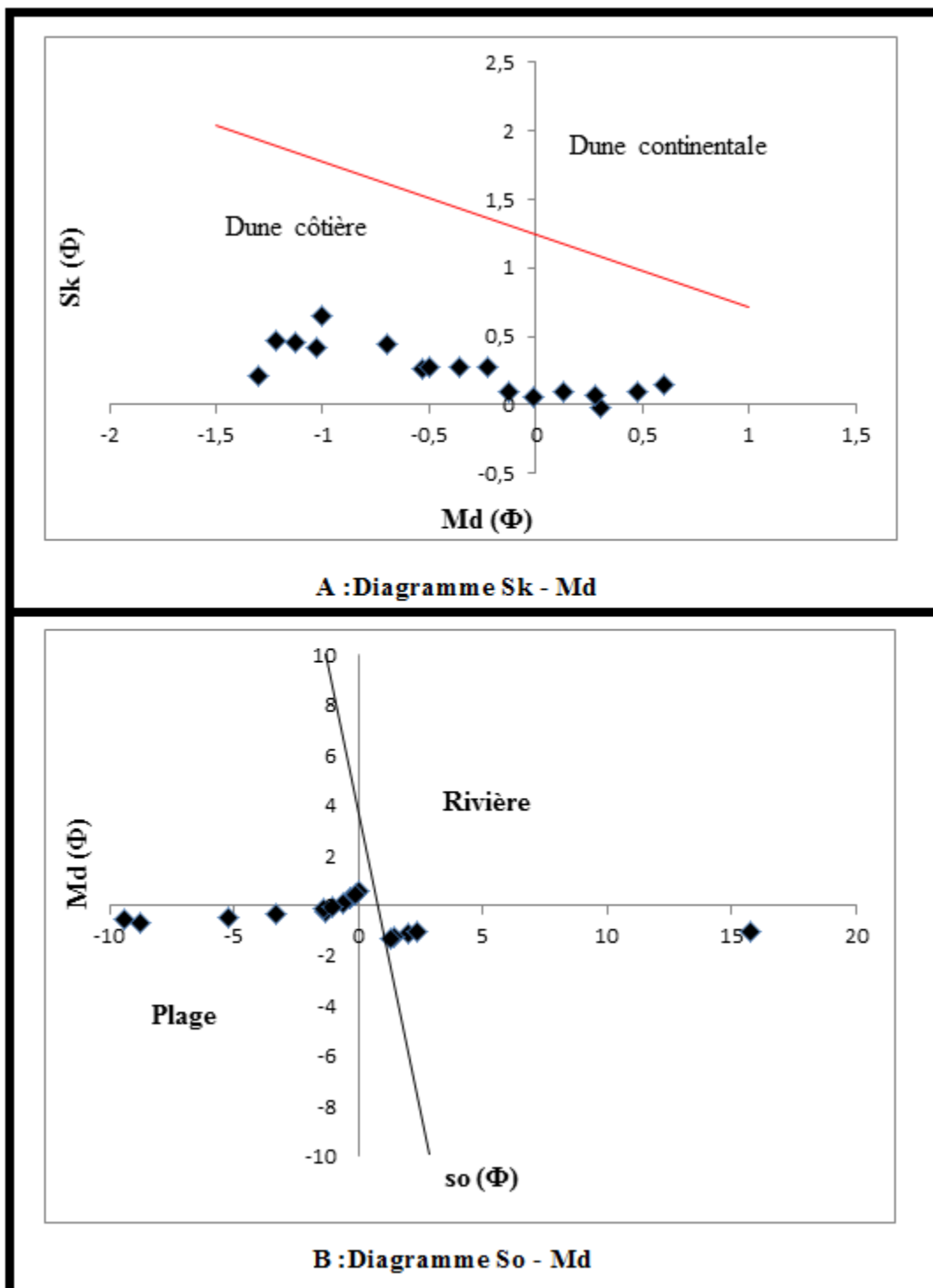


Figure 5 : Diagramme Sk-Md (A) et Diagramme So-Md (B) des sédiments

3.5 DISCUSSION

Les niveaux d'intérêts hydrogéologiques sont ceux à forte proportion de sables. Cependant, sur la base de la description lithologique, les observations suivantes peuvent être déduites :

- l'intervalle sableux entre 4 m et 63 m reste très vulnérable à la pollution superficielle en raison de l'absence d'une couverture argileuse étanche telle que mentionnée par les travaux de Aghui et Biémi (1984) [1] et Oga et al., (2011) [4].

- le niveau de sables entre 79 m et 105 m (soit 26 m d'épaisseur) est couvert par 16 m d'épaisseur d'argiles. Ce niveau est un bon réservoir qui pourrait abriter une importante accumulation d'eau protégée.
- au-delà de 105 m jusqu'à 180 m les niveaux possèdent des sables à grains grossiers asymétriques vers les éléments fins. Ils contiennent une importante proportion d'argiles et de calcaires. Les éléments fins réduisent les vides entre les éléments grossiers. De plus, le calcaire micritique tel que observé indique une recristallisation en phase de diagenèse précoce. Ce phénomène participe également à la réduction des vides entre les grains (Yao, 2012) [8]. De ce qui précède, la zone de crépine suivant le schéma technique du forage correspond à une zone argilo-sableuse très calcaire à faible porosité. Cependant, cet intervalle est en relation directe avec le réservoir compris entre 79 m et 105 m. Par ailleurs, son importante épaisseur (75 m) pourrait constituer un atout majeur de production de grande quantité d'eau.
- Selon les travaux de Selley (1978) [9], Yao *et al.* (2011) [10], Gbangbot *et al.* (2012) [11]; Yao *et al.* (2014) [12], les teneurs faibles de CaCO₃ traduisent un environnement de forte énergie où le calcaire est absent dans la plupart des cas. La forme en S des courbes granulométriques est la preuve d'un faciès de sable littoral bien classés avec évacuation de particules fines (Pinot, 1994 [13]; Saidi *et al.*, 2004 [14]; Moiola et Weiser, 1968 [7]; Rivière, 1977 [15]).

4 CONCLUSION

Les formations traversées par le forage d'Abouabou sont essentiellement constituées d'une alternance d'argile, de sable et d'argiles sableuses. Elles contiennent en outre des dépôts calcaires enregistrés en surface et en profondeur respectivement autour de 13 m et dans l'intervalle 105 - 180 m.

Les sables rencontrés sont grossiers à très grossiers, sub-anguleux, luisants. Ils témoignent d'un environnement de dépôt aquatique agité relativement distale de la zone d'approvisionnement. Les tailles variées des grains (mauvais classement) indiquent que les réservoirs qu'ils caractérisent ont une capacité de rétention réduite. Cependant, en considérant l'intervalle 79 m-180 m de formations poreuses et perméables (soit 91 m), on a de bonnes raisons de dire que ce forage est beaucoup intéressant au plan hydrogéologique surtout qu'il rencontre les réservoirs de la nappe d'Abidjan datée du Mio-Pliocène (Continental Terminal). Le niveau à intérêt hydrogéologique franc se situe entre 79 m et 105 m.

La présence de foraminifères planctoniques évoque un dépôt marin. Mais, les micas et les pyrites suggèrent quant à eux, une influence continentale des dépôts dans un milieu réducteur.

REMERCIEMENTS

Les remerciements vont à l'endroit de la Société de Distribution d'Eau de Côte d'Ivoire (SODECI) pour le soutien matériel et financier pendant les travaux de terrain et d'analyses en laboratoire. Nous disons notre reconnaissance aux responsables de la SODECI et aux structures telles que Foraco, ONEP et CRO pour leur collaboration.

REFERENCES

- [1] AGHUI N et BIEMI J. (1984) : Géologie et hydrogéologie des nappes de la région d'Abidjan et risques de contamination. Ann. Univ Nat. de Côte d'Ivoire, série C (sciences), tome 20, pp 313-347
- [2] OGA M-S (1998). Ressources en eaux souterraines dans la région du Grand Abidjan (Côte d'Ivoire) : Approches hydrochimique et isotopique. *Thèse unique de Doctorat, Université Paris-Sud (Paris XI)*, 241p.
- [3] 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 en Sciences, Université de Paris-Sud, Orsay, France, p. 217.
- [4] OGA M.S, LASM T, MASSAULT M, BAKA D, AKE G, MARLIN Ch, BIEMI J et HILLAIRE-MARCEL Cl (2011) : Caractérisation et suivi isotopique des eaux de la nappe semi-captive du Maestrichtien de la Côte d'Ivoire. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 5(3) pp. 991-1004,
- [5] SAAIDI E. (1991). *Traité de sédimentologie*. Edition Ellipses, 393p
- [6] FOLK R.L., WARD W.C. (1957). Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. *J. Sedim. Petrol.*, Tulsa (Okl.), 27 (1), pp 3-26.
- [7] MOIOLA R.J. & WEISER D., 1968. Textural parameters: an evaluation. *Journ. Sedim. Petrol.* n°38 pp. 45-53.
- [8] YAO N. (2012). Caractérisation sédimentologique, minéralogique, géochimique et biostratigraphique des falaises vives de Fresco : Région de Grand-Lahou (Côte d'Ivoire). *Thèse unique de Doctorat, Université Félix Houphouët Boigny*, 202p.
- [9] SELLEY R.C., 1978. *Ancient sedimentary environments*. Second édition. 287p.

- [10] YAO N., DIGBEHI Z., MONDE S., KRA A., AKA K., BLEOUE N., TEA Y., KPLOHI Y. et DUFFI K. (2011) : Etude Sedimentologique et Esquisse Paléoenvironnementale des Formations de Fresco. *Sciences & Nature*, Volume 8, N°1, pp.73-84.
- [11] GBANGBOT K., DIGBEHI Z., YAO N.J., MONDE S., YAO N.A. (2012) : 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*, Volume 86, N° 1, pp. 41-52.
- [12] YAO N., GBANGBOT K., BIE G., DIGBEHI Z. (2014) : Essai de caractérisation sédimentologique et paléoenvironnementale des dépôts de subsurface rencontrés par les forages d'eau dans la partie nord de la ville d'Abidjan : Sud de la Côte d'Ivoire. *Bioterre*, Volume 14, pp. 5-18.
- [13] PINOT.J.P., 1994. *Manipulations sédimentologiques courantes*.M.W.TURGAL.07.SEDI Edition de février 1994. 118 p.
- [14] SAIDI H., BRAHIM M. et GUEDDARI M. (2004). Caractérisation granulométrique et minéralogique des sédiments de surface de la frange littorale Sidi Bou Said-la Goulette. *Bulletin de l'Institut National des Sciences et Techniques* (volume. 31). pp. 97-106.
- [15] RIVIERE A. (1977). Méthodes granulométriques, techniques et interprétations. Ed. Masson. Paris. 144p.