

Caractérisation lithologique et hydrodynamique de cinq puits dans le bassin sédimentaire de la région des lagunes, Sud-Est de la Côte d'Ivoire

Jean - Michel Kouadio GBANGBOT^{1*}, Gbombele SORO² et Konan Ernest KONAN³

¹ Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa, UFR Environnement, Laboratoire des Sciences et Technique de l'Environnement BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

² Université Félix Houphouët-Boigny, UFR Sciences de la Terre et des Ressources minières, Laboratoire des Sciences et Techniques de l'Eau et de l'Environnement, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

³ Université Félix Houphouët-Boigny, UFR Sciences de la Terre et des Ressources minières, Laboratoire de géologie marine et de sédimentologie 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

* Correspondance, courriel : gbangbotjeanmichel@yahoo.fr

Résumé

L'objectif de cette étude est de déterminer la lithologie et les caractéristiques hydrodynamiques de cinq forages réalisés dans le bassin sédimentaire dans le Grand Abidjan. Les données de cuttings prélevés lors de l'exécution des forages ont été analysées et décrits en vue de la caractérisation lithologique des terrains traversés. Les données des essais de pompages ont été interprétées par la méthode de Jacob-Cooper pour déterminer les transmissivités des aquifères traversés par ces forages. Du point de vue lithologique, seul le puits d'Assinie présente un niveau aquifère constitué de calcaires, tandis que les quatre autres puits ont pour principal aquifère constitué de sables grossiers. Ces derniers sont souvent intercalés entre des argiles bariolées, sombres et blanches. Les profondeurs des puits sont comprises entre 112 m et 180 m avec des débits de foration qui vont de 18 à 30 m³/h. Les transmissivités calculées s'étendent sur trois ordres de grandeurs entre 4,06.10⁻⁴ m²/s et 1,08. 10⁻² m²/s. Ces valeurs indiquent que ces aquifères présentent de fortes potentialités hydrauliques et constituent toujours une bonne réserve en ressource en eau.

Mots-clés : *bassin sédimentaire, aquifère, lithologie, transmissivité, Abidjan.*

Abstract

Lithologic and hydrodynamic characterization of five wells of the sedimentary basin in the region of lagoons, South-East of Côte d'Ivoire

The objective of this study is to determine the lithology and the hydrodynamic characteristics of five drillings carried out in the sedimentary basin in Greater Abidjan. The cuttings data taken during the execution of the drillings were analyzed and described for the lithological characterization of the lands crossed. The data from the pumping tests were interpreted by the Jacob-Cooper method to determine the transmissivity of the aquifers crossed by these drillings. From a lithological point of view, only the Assinie well has an aquifer level consisting of limestones, while the other four wells have the main aquifer consisting of coarse sand. These are often intercalated between particolored, dark and white clay. The depths of the wells are between 112 m and 180 m with flow rates ranging from 18 to 30 m³ / h. The transmissivities range over three orders of magnitude between 4, 06.10⁻⁴ m² /s and 1, 08.10⁻² m² /s. These values indicate that these aquifers have high hydraulic potential and still constitute a good reserve of water resources

Keywords : *sedimentary basin, aquifer, lithology, transmissivity, Abidjan.*

1. Introduction

Les ressources en eau dans la région du Grand Abidjan sont tributaires des réserves d'eaux souterraines, contenues essentiellement dans les formations du bassin sédimentaire côtier caractérisé par la prédominance des sables, marnes et argiles [1]. Selon ces auteurs, ces différentes formations renferment trois types de nappes. La nappe du Continental Terminal (CT) d'âge Mio-pliocène est constituée de sables et d'argiles au niveau lithologique. Elle renferme l'essentiel des ressources en eau exploitable pour l'approvisionnement en eau potable du district d'Abidjan. Celle du Quaternaire formée essentiellement de sables et qui affleure au sud du bassin est sujette à divers types de pollution. Et enfin la nappe du Maestrichtien (Crétacé supérieur) constituée de niveaux calcaires pas trop épais. Elle est actuellement exploitée à des fins commerciales au niveau de Locodjoro eu égard à ses eaux riches en calcium et magnésium. Cet aquifère situé à environ 200 m en-dessous du CT, semble abriter de grandes réserves d'eaux souterraines. Ces réserves qui peuvent être d'une importance stratégique pour fournir des ressources en eau d'approvisionnement alternative afin de protéger la nappe du CT à Abidjan menacée actuellement par la pollution et la surexploitation [2]. Cependant, en dehors des études qui ont été faites lors de la mise en exploitation des eaux de cette nappe, il existe dans la littérature scientifique locale peu d'informations scientifiques sur l'extension de cette nappe. De même, après les études de [1, 3] sur la lithologie et les épaisseurs de ces différents aquifères, fort est de constater le manque d'études récentes concernant la lithologie et les paramètres hydrodynamiques de ces nappes, dont l'importance n'est plus à démontrer. En effet, les études concernant l'évolution hydrochimique et la qualité des eaux sont nombreuses [4 - 12]. Or il faut noter que pour les études de modélisation du fonctionnement de cette nappe, pour une meilleure planification de ses ressources eaux, en tenant compte des problématiques du changement climatique et de la forte pression de l'urbanisation liée à l'explosion de la démographie, une connaissance meilleure des caractéristiques lithologique et hydrodynamique de l'aquifère s'avère être primordiale. Par ailleurs, la combinaison de ces deux méthodes que sont la description lithologique des aquifères et leur hydrodynamisme permet d'établir la corrélation entre la mise en place des aquifères au niveau géologique et leur fonctionnement. L'hydro-lithologie s'avère donc être un outil précieux dans l'étude des aquifères multicouches. L'objectif de cette étude est d'utiliser la méthode de l'hydro-lithologie afin de caractériser les formations traversées par cinq (05) forages réalisés dans le bassin sédimentaire à des profondeurs comprises entre 112 m et 180 m. Cette étude permettra de mieux appréhender le fonctionnement hydro-lithologique des nappes du bassin en vue d'une meilleure protection de leur ressource.

2. Matériel et méthodes

2-1. Présentation de la zone d'étude

La Côte d'Ivoire est un pays côtier du Golfe de Guinée en Afrique de l'Ouest, encadré au Nord par le Mali et le Burkina Faso, à l'Ouest par la Guinée et le Libéria et à l'Est par le Ghana. La Côte d'Ivoire appartient au vieux bouclier de l'Afrique de l'Ouest [13] qui, avant l'ouverture de l'Atlantique, était en continuité avec celui du Brésil. Selon [14], les formations géologiques de la Côte d'Ivoire se répartissent en deux entités chronologiquement distinctes. D'une part un socle précambrien qui constitue la majeure partie du territoire ivoirien, soit 97,5 %, et d'autre part un étroit bassin sédimentaire (2,5 %) d'âge secondaire-tertiaire au sud. Du point de vue géologique, la zone d'étude appartient au bassin sédimentaire côtier, composé de formations post-éburnéennes, inscrites dans un rectangle côtier entre les latitudes 5°00' N et 5°30' N et entre les longitudes 3°00' W et 6°00' W [15]. Sur le plan tectonique, le bassin sédimentaire est séparé en deux zones distinctes par la faille des lagunes, une zone au Nord de l'accident où la couverture sédimentaire atteint rarement 300 m d'épaisseur et une zone au Sud où le bassin est contrairement profond. Le socle s'enfonçant

au-delà de 4 000 à 5 000 m sous les sédiments [16]. Trois types d'aquifères se distinguent dans la région d'étude selon les travaux de [1, 3, 17, 18] :

- L'aquifère du Quaternaire constitué par les sables marins grossiers (nappe du Nouakchottien) et les sables fins à grossiers (nappe de l'Ogolien) ;
- L'aquifère du Continental Terminal (CT) composé des sables graveleux, des sables grossiers fluviaux et des sables argileux. L'aquifère du CT repose en discordance sur l'aquifère du Maestrichtien. Les travaux antérieurs de [15] indiquent que le CT alimente la nappe du Crétacé supérieur par sa base. Cet aquifère a une épaisseur de 0 à 200 m selon la profondeur du substratum et de l'état d'érosion de la surface [1]. Les caractéristiques hydrauliques sont très bonnes avec une perméabilité de 10^{-6} à 10^{-3} m/s, une transmissivité de 30.10^{-2} à 20.10^{-2} m²/s et un coefficient d'emménagement de 0,05 à 0,2. Les débits varient entre 7,2 et 338 m³/s [3] ;
- L'aquifère du Maestrichtien où se loge la nappe du Crétacé Supérieur, nappe semi artésienne composée des bancs de calcaires gréseux, peu fissurés, de gros grains de quartz roulés et surmontant des niveaux coquilliers, d'âge crétacé supérieur [15].

Les forages suivis (*Figure 1*) sont au nombre de cinq (5), dont un (1) à Abobo, un (1) à Adjamé et un (1) à Yopougon au Nord de la ville d'Abidjan, un (1) à Bingerville au Nord-est d'Abidjan et un (1) à Assinie au Sud-est. Les coordonnées géographiques des différents forages sont consignées dans le *Tableau 1*.

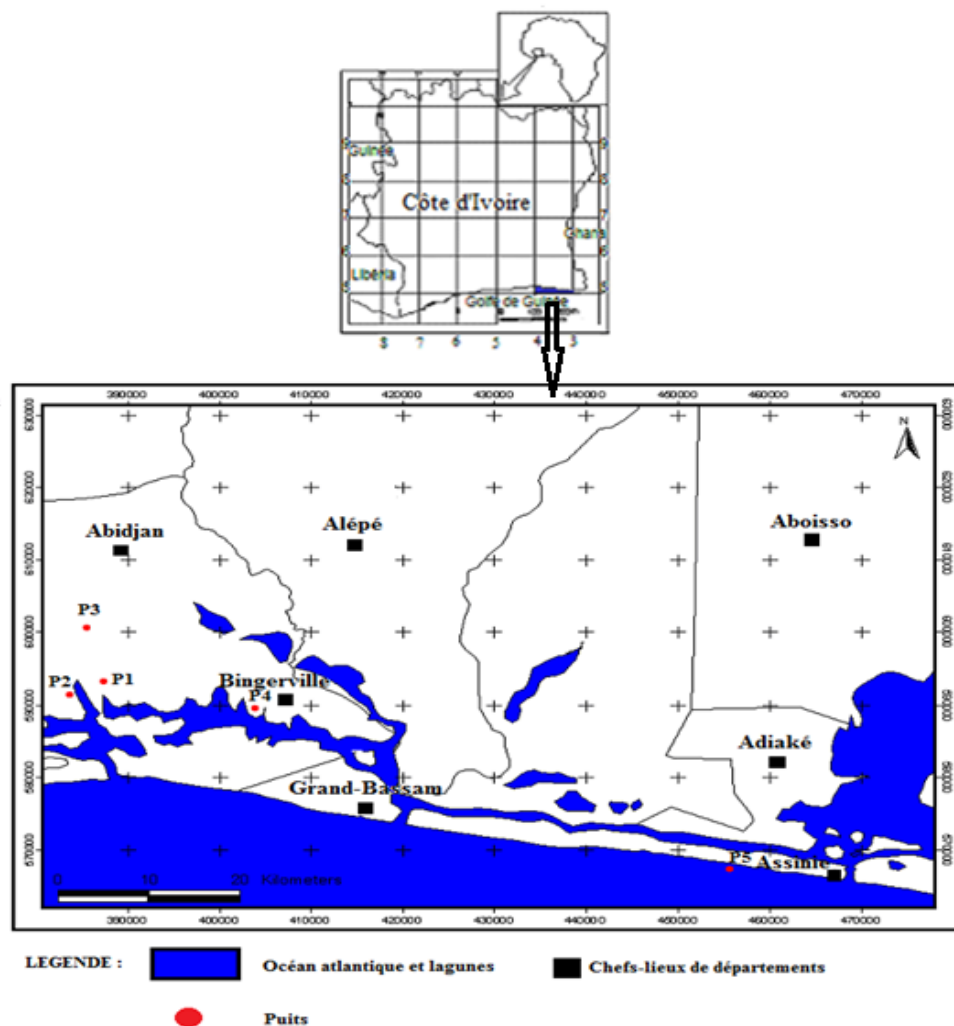


Figure 1 : Localisation géographique des forages exécutés

Tableau 1 : Coordonnées géographiques des forages

Localités	Longitude (W)	Latitude (N)	Puits (P)
Adjamé	W 004°01'38.2"	N 05°22'37.2"	Adjamé Macaci Sodéci (P1)
Yopougon	W 004°03'52.3"	N 05°21'38.3"	Yopougon Andokoi Sodéci (P2)
Abobo	W 004°02'56.7"	N 05°26'04.8"	Abobo (hôpital des sœurs ; P3)
Bingerville	W 003°52'53.8"	N 05°20'06.8"	Hydrofish Scierie (P4)
Assinie	W 003°24'02.3"	N 05°08'54.8"	Village Babianan (P5)

2-2. Données

Les données de cette étude proviennent des forages réalisés par la société Forage Rationnel Construction (FORACO) dans le cadre d'un projet de renforcement de l'alimentation en eau du Grand Abidjan. Ces données comprennent :

- les Cuttings ou déblais prélevés à chaque un (1) mètre linéaire foré qui ont permis d'établir la caractérisation lithologique des aquifères traversés ;
- les fiches techniques qui donnent les renseignements sur les caractéristiques des forages que sont la profondeur, niveau statique et le débit ;
- les données des essais de puits et de pompages ont permis d'obtenir les mesures des rabattements. Ces rabattements ont été directement faits dans le forage faite de piézomètres d'observation. Les pompages sont effectués par paliers enchaînés d'une durée de 4 à 7 heures avec une remontée observée pendant 1h. Le nombre de paliers est généralement de 3 et rarement 4. Les profondeurs des ouvrages varient entre 112 m et 180 m. Tous les forages ont un diamètre de 234,95 mm (9''1/4) et sont équipés sur toute la profondeur forée avec des tuyaux en PVC de diamètre 127 mm (5'').

2-3. Méthodes

2-3-1. Analyse lithologique des cuttings

L'analyse a porté sur la description lithologique des différentes formations traversées par le forage. L'analyse lithologique (description macroscopique et de résidus de lavage) a permis d'apprécier l'abondance relative des éléments figurés.

2-3-2. Détermination de la transmissivité

Les essais sont effectués par paliers successifs de pompage à débit constant, le niveau de stabilisation étant atteint à chaque palier les débits sont croissants. Après un temps de repos, permettant à la nappe de retrouver son niveau initial, on effectue un nouveau pompage de plus longue durée au débit constant le plus élevé autorisé par les potentialités du forage et les capacités de l'équipement de pompage. Après ce dernier pompage, la remontée est observée pendant une (1) heure. Les rabattements ont été mesurés directement dans le puits de pompage en absence de piézomètre d'observation. L'intérêt des courbes de remontée est très grand pour les essais de débits où l'on ne dispose pas de piézomètres, le seul point d'observation de la nappe étant le forage lui-même comme c'est le cas pour cette étude. Selon [19], l'analyse des courbes de remontée donne des résultats aussi surs, sinon meilleurs que ceux tirés de l'observation de la descente. Les nappes étudiées sont prises comme étant captive du fait d'être comprises entre 2 écrans imperméables. On a donc utilisé la méthode de Jacob pour estimer les transmissivités des 5 puits. Cette méthodologie repose sur le principe de superposition [20]. En effet, pour simuler l'arrêt du pompage, on ajoute au débit Q extrait une injection du même constant ($-Q$). Le rabattement S_r ou rabattement résiduel est la somme ($s+s'$) (*Équation 1*).

$$Sr = \frac{0,183}{T} Q \left(\log \frac{2,25(t_p+t_r)}{r^2S} - \log \frac{2,25Tt_r}{r^2S} \right) \quad (1)$$

avec, Sr étant le rabattement résiduel, T la transmissivité exprimée en m^2/s , S le coefficient d'emmagasinement sans dimension, t_p la durée du pompage (s) jusqu'à l'arrêt de la pompe, t_r le temps écoulé depuis le début du pompage, (s) le temps de remontée et Q le débit de pompage en m^3/s .

En simplifiant l'Équation (1) on obtient l'Équation (2) suivante :

$$Sr = \frac{0,183Q}{T} \log \left(1 + \frac{t_p}{t_r} \right) \quad (2)$$

Dans cette équation, l'expression $(t_p + t_r)$, est remplacée par la moyenne logarithmique pondérée du temps \bar{t} (temps corrigé). Ce temps corrigé \bar{t} représente le temps auquel se serait produit le rabattement dans un certain piézomètre si le débit pompé était resté constant depuis le début et égal au débit réel au temps t [21 - 23]. On trace ensuite la courbe Sr en fonction de $\log(\bar{t}/t_r)$. La pente de la droite obtenue correspondant à la variation de Sr par cycle logarithmique ΔSr et permet de déduire T par la **Formule (3)** suivante :

$$T = \frac{0,183Q}{\Delta Sr} \quad (3)$$

avec, ΔSr variation du rabattement résiduel par cycle logarithmique.

3. Résultats

3-1. Descriptions lithologiques des cuttings des différents forages

3-1-1. Lithologie du puits de Bingerville

L'analyse lithologique des déblais du puits implanté à Bingerville montre dans le sens du forage les niveaux suivants :

- 2 à 25 m : Argiles latéritiques

Ce niveau est constitué par des argiles latéritiques de couleur jaune à orangé, ces argiles sont friables et oxydées. On note accessoirement de la pyrite et des débris carbonés.

- 25 à 39 m : Argiles sombres

Ce niveau est constitué par des argiles sombres très compactées à rares débris de foraminifères. On y trouve rarement de la glauconite et de la pyrite.

- 39 à 44 m : Sables grossiers

Les sables grossiers composant ce niveau sont de couleur brun-rougeâtre, témoignant une forte présence d'oxyde ferrique. Ces sables sont arrondis à sub-arrondis. Ils contiennent de rares grains de glauconites et de débris carbonés, des coprolithes et des grès à ciment argileux gris.

- 44 à 64 m : Argiles sombres

A cette profondeur, on y trouve des argiles sombres qui sont compactées et pauvres en foraminifères. On y trouve rarement de la glauconite, de la pyrite et de débris carbonés.

- 64 à 86 m : Argiles bariolées

Ce niveau est constitué par des argiles bariolées. Les différentes colorations de ces argiles vont du rouge, jaune au gris. L'épaisseur des lamines constituant ces variations de couleur sont de l'ordre du millimètre (mm).

On note la présence de latérite, de débris carbonés et de quelques grains de quartz translucides, quelques fois rougeâtre, de taille fine à moyenne.

- 86 à 92 m : Sables grossiers

Les sables de ce niveau sont grossiers, blancs, translucides et arrondis, sub-arrondis à sub-anguleux.

- 92 à 97 m : Argiles bariolées sableuses

Ce niveau se caractérise par un mélange d'argiles bariolées et de sables. Ces sables sont grossiers de couleur blanche, translucides, sub-anguleux à sub-arrondis.

- 97 à 120 m : Sables grossiers

Ce niveau est constitué de sables grossiers, de couleur blanche, translucides arrondis, subarrondis à sub-anguleux. Au plan hydrogéologique, ce puits présente trois aquifères de même nature lithologique (sables grossiers). Le plus important est celui rencontré à partir de 97 m dont l'épaisseur est de 23 m. Les deux autres ont des épaisseurs comprises entre 5 et 6 m de profondeur.

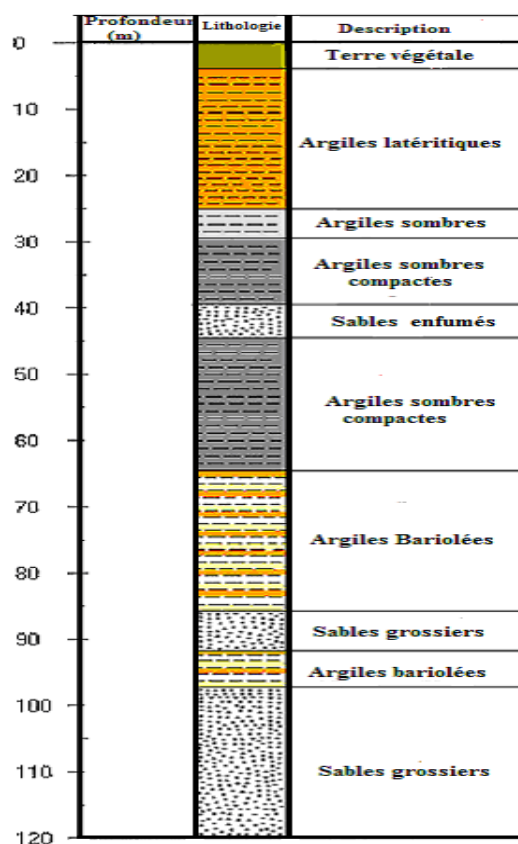


Figure 2 : Coupe lithologique de synthèse du puits de Bingerville

3-1-2. Lithologie du puits d'Assinie

L'analyse lithologique des déblais du puits implanté à Assinie montre dans le sens du forage les niveaux suivants :

- 2 - 23 m : Sables coquilliers

Ce niveau est constitué par des sables moyens à fins, de couleur jaune claire. Les grains sont sub-arrondis à arrondis, translucides, riches en débris coquilliers, le plus souvent des bivalves.

- 23 - 47 m : Sables grossiers

Ce niveau se compose de sables grossiers de couleur jaune orangé, sub-arrondis à arrondis, translucides à rare débris coquilliers.

- 47 - 53 m : Argiles sableuses

Ce niveau est formé d'un mélange d'argiles et de sables fins. Ces sables sont sub-arrondis à arrondis, translucides. On note accessoirement de la glauconite et de la pyrite.

- 53 - 60 m : Argiles vertes

Ce niveau est formé par des argiles vertes. On note la présence de glauconite et accessoirement de la pyrite.

- 60 - 65 m : Argiles sableuses

Ce niveau est formé d'un mélange d'argiles et de sables fins. On note la présence de glauconite et accessoirement de la pyrite.

- 65 - 147 m : Argiles vertes

Ce niveau est formé par des argiles vertes souvent à passées calcaires. La glauconite y est abondante tandis que la pyrite est accessoire.

- 147 - 164 m : Argiles très vertes

Ce niveau est formé par des argiles très vertes, plastiques à passées calcaires. On note également une abondance de glauconite et accessoirement de la pyrite dans cette unité.

- 164 - 180 m : Calcaires

Ce niveau est caractérisé par du calcaire glauconieux de couleur gris verdâtre à débris coquilliers. Ces calcaires ont une texture microgranulaire. On note la présence d'argiles glauconieuses friables légèrement calcaires. Ce dernier niveau constitue l'aquifère karstique dont les eaux sont bien protégées de toutes formes de pollution anthropique du fait de sa profondeur et des écrans argileux qui le protègent. Par contre, les deux premiers aquifères (sables coquilliers et sables orangés) affleurant à la surface du sol, peuvent être contaminés facilement du fait de l'absence d'un écran protecteur.

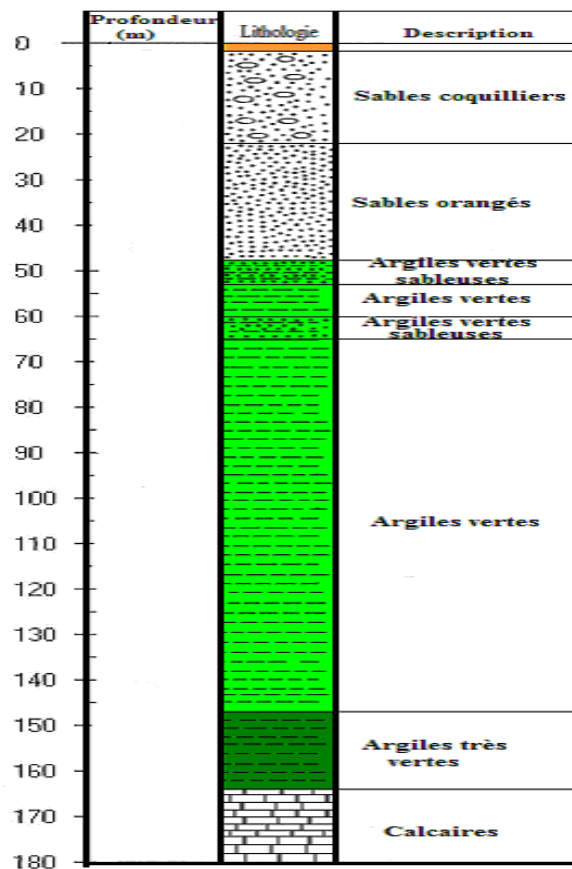


Figure 3 : Coupe lithologique de synthèse du puits d'Assinie

3-1-3. Lithologie du puits d'Adjamé

L'analyse lithologique des déblais du puits implanté à Adjamé montre dans le sens du forage les niveaux suivants :

- 2 - 31 m : *niveau latéritiques*

Ces argiles latéritiques sont très altérées, rouges, brunâtres à jaunâtres, friables et ferrugineuses. L'on note de rares grains fins de sables translucides, rougeâtres, sub-anguleux.

- 31 - 61 m : *Sables grossiers*

Les sables sont grossiers, translucides, blanchâtres, arrondis à sub-anguleux. Ce niveau constitue un très bon aquifère du point de vue qualité et quantité. En effet, il est protégé par deux écrans imperméables qui le rendent captifs.

- 61 - 71 m : *Argiles blanches*

Les argiles sont blanchâtres, faiblement silteuses. Les sables y sont rares avec des grains fins translucides, blanchâtres, sub-arrondis à anguleux.

- 71 - 99 m : *Sables grossiers argileux*

Les sables sont grossiers, présentant des formes arrondies à sub-arrondies. Ces sables argileux constituent un aquifère de moindre importance du fait de la présence d'argiles.

- 99 - 112 m : *Argiles blanches*

Ces argiles sont blanchâtres, faiblement silteuses. Les sables y sont rares avec des grains fins translucides, blanchâtres, sub-arrondis à anguleux.

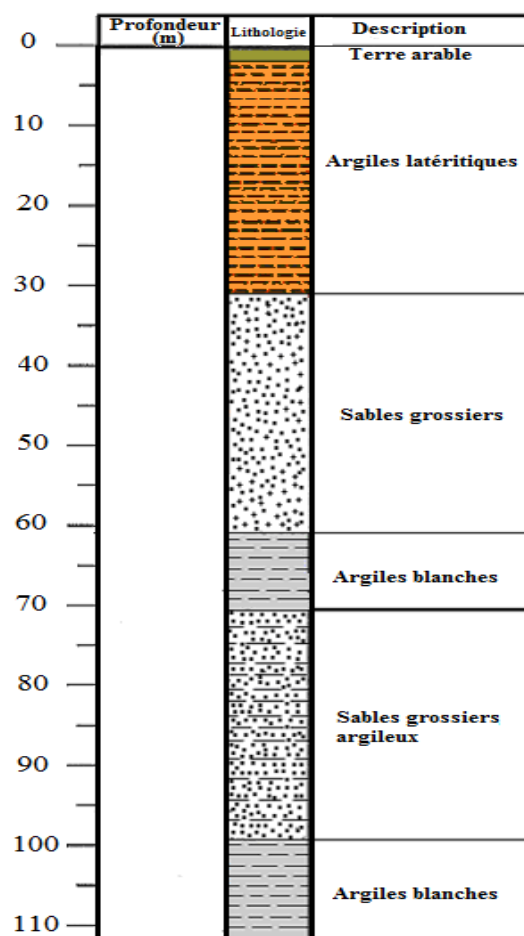


Figure 4 : Coupe lithologique de synthèse du puits d'Adjamé

3-1-4. Lithologie du puits de Yopougon

L'analyse lithologique des déblais du puits implanté à Yopougon montre dans le sens du forage les niveaux suivants :

- 2 - 29 m : Argiles latéritiques

Ces argiles latéritiques sont de couleur jaune à orangé, friables et oxydées, avec accessoirement de la pyrite et des débris carbonés.

- 29 - 39 m : Sables grossiers

Ces sables sont grossiers, avec des grains arrondis à sub-arrondis. Ces sables constituent un très bon aquifère semi-captif.

- 39 - 77 m : Sables argileux

Ces sables sont blanchâtres, grossiers à moyens, translucides, arrondis à sub-anguleux, avec très peu d'argiles blanches.

- 77 - 91 m : Argiles blanches

Ces argiles sont blanches, friables, à rare grains de sables anguleux et translucides.

- 91 - 124 m : sables grossiers

Les sables sont blanchâtres, grossiers, translucides, sub-arrondis à sub-anguleux.

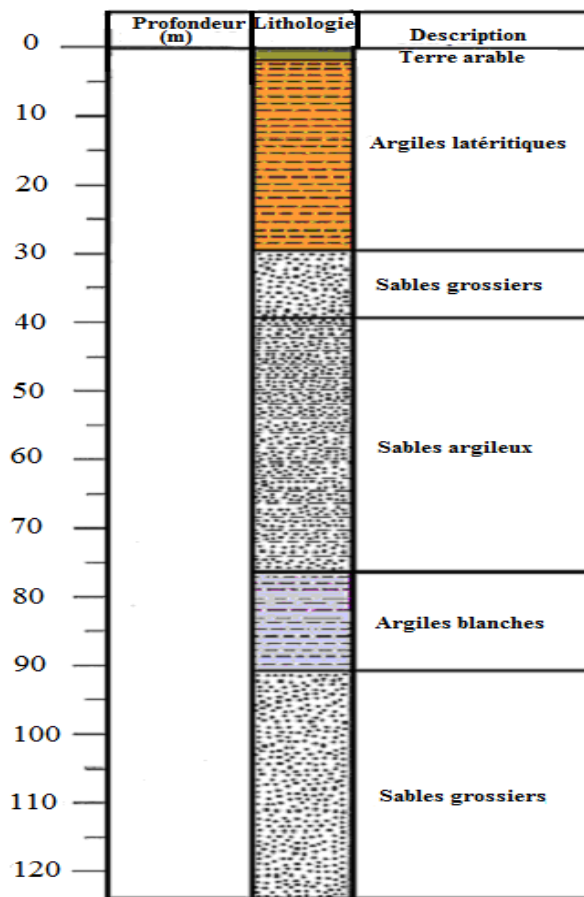


Figure 5 : Coupe lithologique de synthèse du puits de Yopougon

3-1-5. Lithologie du puits d'Abobo

L'analyse lithologique des déblais du puits implanté à Abobo montre dans le sens du forage les niveaux suivants :

- 2 - 60 m : Argiles latéritiques

Ce niveau superficiel est constitué par des argiles latéritiques de couleur jaune à orangé. Ces argiles sont friables et oxydées. L'on note accessoirement de la pyrite et des débris carbonés.

- 60 - 71 m : Sables grossiers

Ces sables sont blanchâtres grossiers, translucides, arrondis à sub-anguleux.

- 71 - 90 m : Argiles blanches

Ces argiles sont également blanchâtres, friables, à grains de sables fins, translucides, sub-arrondis à sub-anguleux. Les grains de quartz sont translucides sub-anguleux à anguleux de couleur blanche.

- 90 - 111 m : Sables grossiers

Les sables sont blanchâtres, grossiers, translucides, sub-arrondis à sub-anguleux, blanchâtres.

- 111 - 117 m : Argiles sableuses

Ces argiles sont blanches, friables, à rares grains de sables blanchâtres anguleux et translucides.

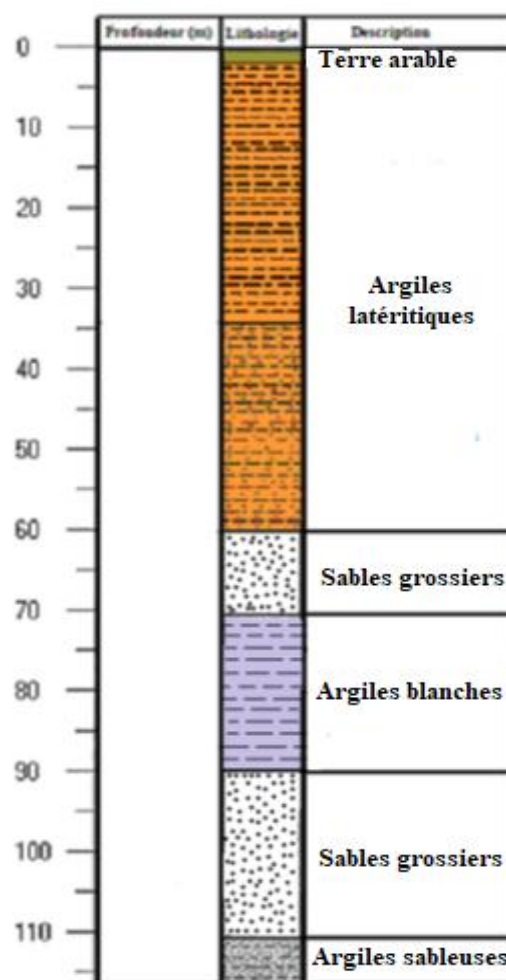


Figure 6 : Coupe lithologique de synthèse du puits d'Abobo

3-2. Analyses des transmissivités déterminées à partir des pompages

La transmissivité a été déterminée, grâce à la méthode de la remontée de [24]. La pente de la droite des points de rabattement en fonction du temps corrigé sur une échelle semi-logarithmique a permis de calculer les différentes transmissivités.

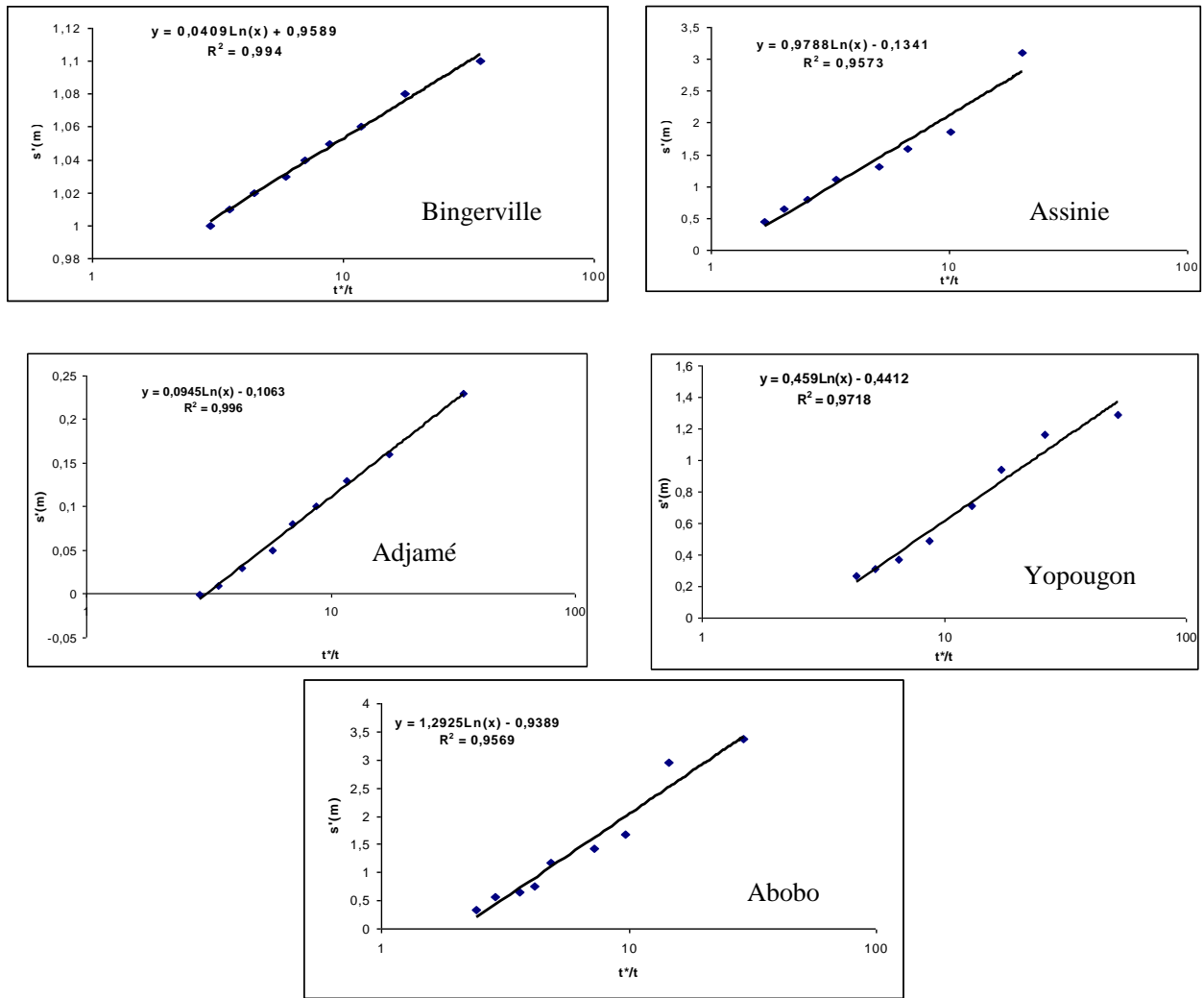


Figure 7 : Courbes de rabattement résiduel (s') en fonction du temps corrigé

Les indices de corrélation indiquent des valeurs comprises entre 0,98 et 0,99, ce qui signifie une bonne corrélation. Les points de mesure s'alignent parfaitement sur une droite traduisant un réservoir. Les différentes valeurs de transmissivité s'étendent sur trois ordres de grandeurs (10^{-2} , 10^{-3} et 10^{-4}). Elles rendent compte de la qualité des aquifères dont la lithologie est constituée essentiellement de sables grossiers. Les valeurs obtenues, l'âge et la lithologie des différents aquifères sont donnés par le **Tableau 2**.

Tableau 2 : Lithologie, âge et paramètres hydrauliques des aquifères traversés

Lieu	Prof. (m)	NS (m)	Q (m ³ /h)	T (m ² /s)	Lithologie	Aquifères
Abobo	117 m	48,1	18	$3,08 \cdot 10^{-4}$	Sables grossiers (captifs)	Continental terminal (Mio-pliocène)
Adjamé	112 m	35,65	80	$1,87 \cdot 10^{-2}$	Sables grossiers (captifs)	Continental terminal (Mio-pliocène)
Yopougon	124 m	93,5	30	$1,44 \cdot 10^{-3}$	Sables grossiers argileux (semi-captifs)	Continental terminal (Mio-pliocène)
Bingerville	120 m	35,19	20	$1,08 \cdot 10^{-2}$	Sables grossiers (captifs)	Continental terminal (Mio-pliocène)
Assinie	180 m	3,1	18	$4,06 \cdot 10^{-4}$	Calcaire (captif)	Maestrichtien (Crétacé supérieur)

4. Discussion

L'ensemble des puits présentent des faciès argilo-latéritiques au sommet, sauf le log d'Assinie qui présente un faciès sableux coquilliers au sommet. Cette différence est due probablement à la faille des lagunes qui aurait favorisé l'érosion de la partie superficielle du log d'Assinie. La présence de pyrite dans les argiles sombres du puits de Bingerville témoigne d'un dépôt dans les conditions calmes et réductrices ou anoxiques [25]. Tandis que la forte concentration de glauconite dans les niveaux argileux verts traduirait un dépôt dans un milieu marin peu profond [26]. L'association de la glauconite aux dépôts mis en place pendant les périodes d'instabilité et de renouvellement du milieu marin (périodes transgressives) peut s'expliquer par l'arrivée de produits d'érosion des sols qui contiennent l'essentiel des éléments nécessaires à la constitution de ce minéral : micas altérés, argiles dégradées et hydroxydes de fer [27, 28]. La faible présence de la pyrite dans les restes de débris coquilliers et des niveaux argileux du puits d'Assinie témoigne du développement d'un micro-environnement réducteur [29 - 33], d'un taux de sédimentation élevé, de l'abondance de la matière organique (débris végétaux) et de la présence d'éléments métalliques dissous surtout du fer et du manganèse [34]. Le principal aquifère des puits de Bingerville, Adajmé, Abobo et Yopougon est constitué majoritairement de sables grossiers. Ces sables sont souvent intercalés entre des argiles. Ces formations correspondent à celles du Continental terminal appelé aussi Mio-pliocène. C'est dans cette formation que se trouve la nappe d'Abidjan exploitée par la Société de distribution d'eau de Côte d'Ivoire (SODECI). En ce qui concerne, le puits d'Assinie, l'aquifère constitué principalement de calcaires, se situe à environ 165 m de profondeur.

Dans le bassin sédimentaire, cette formation géologique se rencontre dans le Maastrichtien et est d'âge Crétacé supérieur. Cette formation est également présente dans la zone de Locodjoro où la Société Africaine des Eaux Minérales (SADEM) exploite les eaux pour la production d'eau minérale AWA. Les valeurs des transmissivités calculées s'étendent sur plusieurs ordres de grandeur oscillant entre $3,08.10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ et $1,08.10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$. Ces valeurs sont fonction de la nature géologique des terrains aquifères. Les travaux de [6] dans la partie Nord-Est du bassin sédimentaire indiquent des valeurs de transmissivité similaires, tandis que les travaux de [35] dans la partie Sud-Est du bassin indique des valeurs plus élevées qui évoluent dans un seul ordre de grandeur ($0,07.10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ à $23,75.10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$). Ces mêmes valeurs ont été obtenues dans les travaux de [36, 37] dans la ville d'Abidjan. Ce sont de très bonnes transmissivités dans l'ensemble car selon [38], un aquifère est très intéressant à exploiter si sa transmissivité est au moins égale à $1,74.10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$. Ces différentes valeurs sont corrélées pour les puits réalisés avec la lithologie des différentes nappes traversées. En effet, ces terrains aquifères sont constitués en grande partie par des sables grossiers qui au plan hydrogéologique ont toujours de bonnes propriétés hydrauliques. Le puits d'Assinie présente une transmissivité ($4,06.10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$) sensiblement égale à celle du puits de Locodjoro ($4.10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$), cela justifie que le puits d'Assinie atteint effectivement l'aquifère du Maastrichtien constitué essentiellement de calcaire. Cet ordre de grandeur dans les calcaires se justifie par le fait que ce milieu se comporte comme un milieu fissuré dans lequel l'écoulement ne répond plus à la loi de Darcy. Les eaux de l'aquifère au niveau d'Assinie pourraient constituer au plan économique une bonne ressource en eau minérale si toutefois, une étude est menée pour déterminer les réserves exploitables.

5. Conclusion

L'étude lithologique des puits indique dans l'ensemble des formations sableuses et argileuses dans les puits de Yopougon, Abobo, Adjamé et Bingerville. Les sables sont grossiers, arrondis à sub-arrondis, tandis que les argiles sont de couleur variée (blanche, sombre et bariolées). Toutes ces formations appartiennent au Continental terminal (Mio-pliocène). Le puits d'Assinie présente en plus des formations du Continental terminal, un banc calcaire d'âge Crétacé supérieur (Maastrichtien). C'est dans ces formations sableuses que se trouve la nappe d'Abidjan exploitée par la SODECI pour l'alimentation en eau potable de la ville d'Abidjan.

Les valeurs de transmissivité obtenues varient de $4,06.10^{-4}$ à $1,87.10^{-2}$ m²/s), ce qui montre que ces aquifères présentent de bonnes propriétés hydrauliques. En ce qui concerne, l'aquifère au niveau d'Assinie, ces propriétés hydrauliques, ainsi que sa nature lithologique (calcaire) sont des caractéristiques qui pourraient faire l'objet d'une exploitation industrielle de ces eaux.

Références

- [1] - N. AGHUI et J. BIEMI, Bassin sédimentaire de Côte d'Ivoire : Géologie et hydrogéologie des nappes de la région d'Abidjan et risques de contamination. *Ann. Univ. Abidjan*, série C (Sciences), tome XX, (1984) 313 - 348
- [2] - J. P. FAILLAT, P. SQUARCIONI et J. M. HUBERT, Utilisation de la prospection électrique pour l'étude de la géologie et de l'hydrogéologie du bassin sédimentaire côtier aux environs d'Abidjan (forêt du Banco). *Ann. Univ. Abidjan*, série C (Sciences) Tome XV, (1979) 165 - 178
- [3] - J. P. JOURDA, Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique du grand Abidjan (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat de l'Université de Grenoble (France), (1987) 319 p.
- [4] - K. J. KOUAME, 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, (2007) 227 p.
- [5] - B. ADIAFFI, 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, (2008) 196 p.
- [6] - K. E. AHOUSSE, 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, Université de Cocody Abidjan, (2008) 270 p.
- [7] - Y. M. S. OGA, G. AKE, T. LASM, M. MASSULT, C. H. MARLIN, N. SORO, J. BIEMI et C. HILAIRE-MARCEL, Caractérisation chimique et isotopique des eaux minérales de la nappe profonde du maestrichtien de la Côte d'Ivoire. In 5th, AAWG Congres, Grand - Bassam, Côte d'Ivoire, 11-17 avril (2010) Abstract book
- [8] - N. SORO, L. OUATTARA, K. DOMGO, E. K. KOUADIO, K. E. AHOUSSE, G. SORO, M. S. OGA, I. SAVANE et J. BIEMI, Déchets municipaux dans le district d'Abidjan en Côte d'Ivoire ; Sources potentielles de pollution des eaux souterraines. *Int.J. Biol. Chem. Sci.*, 4 (6) (2010) 2203 - 2219
- [9] - O. B. YAPO, V. MAMBO, A. SEKA, Evaluation de la qualité des eaux de puits à usage domestique dans les quartiers défavorisés de quatre communes d'Abidjan (Côte d'Ivoire). *Int.J. Biol. Chem. Sci.*, 4 (2) (2010) 289 - 307
- [10] - K. E. AHOUSSE, M. S. OGA, Y. B. KOFFI, A. M. KOUASSI, N. SORO et J. BIEMI, Caractérisation hydrogéochimique et microbiologique des ressources en eau du site d'un centre d'enfouissement technique (CET) de Côte d'Ivoire : Cas du CET de Kossihouen dans le district d'Abidjan. *Int.J. Biol. Chem. Sci.*, 5 (5) (2011) 2114 - 2132
- [11] - A. B. YAO, K. I. KOUAME, K. A. KOUASSI, K. KOFFI, B. T. A. GOULA et I. SAVANE, Estimation de la recharge d'une nappe côtière en zone tropicale humide ; cas de la nappe du Continental Terminal d'Abidjan (Côte d'Ivoire). *Int. J. Innov. Appl. Stud.*, (2015) 888 - 898
- [12] - B. NLEND, H. CELLE-JEANTON, F. HUNEAU, B. KETCHEMEN-TANDIA, W. Y. FANTONG, S. NGO BOUM-NKOT and J. ETAME, The impact of urban development on aquifers in large coastal cities of West Africa: Present status and futures challenges. *Land Use Policy*, 75 (2018) 352 - 363 p.
- [13] - B. TAGINI, Esquisse structurale de la Côte d'Ivoire. Essai de géotectonique régionale. Thèse Doctorat, Université de Lausanne (Suisse), (1971) 302 p.

- [14] - K. B. K. POTHIN, P. GIOAN et C. C. GRONAYES, Bilan géochronologique du socle précambrien de Côte d'Ivoire. *Bioterre, Rev. Intern. Sci. De la vie et de la terre*, Vol. 1, N°1 (2000) 36 - 47
- [15] - B. F. E. LOROUX, Contribution à l'étude hydrogéologique du bassin sédimentaire côtier de Côte d'Ivoire. Thèse Université de Bordeaux I, France, (1978) 93 p.
- [16] - L. MARTIN Carte sédimentologique du Plateau Continental de Côte d'Ivoire ; *Note explicative no 48. ORSTOM, CRO*, Abidjan, (1973) 25
- [17] - G. GUERIN-VILLEAUBREUIL, Hydrologie en Côte d'Ivoire. Mémoires du Bureau de Recherches Géologiques et Minières ; Editions techniques, 20 (1962) 43 p.
- [18] - N. LENEUF et D. BERTHELOT, Données nouvelles sur le contact socle-Continental Terminal. Comptes Rendus de la Société Géologique de France. Fascicule, 8 (1966) 283 - 284
- [19] - M. DETAY, Le forage d'eau, réalisation, entretien, réhabilitation. Masson Ed., (1993) 400 p.
- [20] - G. SORO, N. SORO, K. E. AHOUSI, T. LASM, F. K. KOUAME, T. D. SORO et J. BIEMI, Evaluation des propriétés hydrauliques des aquifères fracturés des formations cristalline et métamorphique dans la région des Lacs (centre de la Côte d'Ivoire). *Estudios Geológicos*, 66 (2) (2010) 227 - 242
- [21] - G. P. KRUSEMAN, N. A. De RIDDER et A. MEILHAC, Interprétation et discussion des pompages d'essais. International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen, The Netherlands, (1974) 210 p.
- [22] - G. P. KRUSEMAN & N. A. De RIDDER, Analysis and evaluation of pumping test data. International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen, The Netherlands, (1991) 341 p.
- [23] - R. P. CHAPUIS, Guide des essais de pompage et leurs interprétations. Bibliothèque et archives nationales du Québec, Gouvernement du Québec, Canada, (2007) 155 p.
- [24] - H. H. COOPER & C. E. JACOB, A generalized graphical method for evaluating formation constants and summarizing well-field history. *Transactions, American Geophysical Union*, 27 (4) (1946) 526 - 534
- [25] - A. MASSALA, J. P. BELLIER, F. MAGNIEZ-JANNIN & B. LAURIN, Biostratigraphy (Planktonic Foraminifera) and Environments of the Upper Cretaceous from two wells in the offshore Congo Basin; *Géologie de l'Afrique et de l'Atlantique Sud : Actes Colloques Angers*, (1996) 29 - 38
- [26] - J. M. K. GBANGBOT, Caractérisation stratigraphique des aquifères des formations de subsurface de la région des lagunes de Côte d'Ivoire : essai de modélisation des environnements de dépôts du tertiaire. Thèse de doctorat, Univ. F.H.B. Cocody, (2012) 196 p.
- [27] - A. MONACO, Contribution à l'étude géologique et sédimentologique du plateau continental du Roussillon (Golfe du Lion). Thèse d'Etat, Univ-Sci. et Tech. Languedoc, Montpellier, France, (1971) 295 p.
- [28] - D. JEANTET, Processus sédimentaires et évolution du plateau (Guyane française) au cours du Quaternaire terminal. Thèse 3ème cycle, Univ. Bordeaux I, France, (1982) 336 p.
- [29] - R. E. SWEENEY & I. R. KAPLAN, Pyrite framboid formation: laboratory synthesis and marine sediments. *Econ. Geol.*, 68 (1973) 618 - 643
- [30] - M. B. GOLDHABER & I. R. KAPLAN, The sulfur cycle. In : Goldberg (ed.). *The sea*. Wiley Interscience, New York, 5 (1974) 569 - 655
- [31] - D. T. RICKARD, Kinetics and mechanism of pyrite formation at low temperatures. *Amer. J. Sci*, 275 (1975) 636 - 652
- [32] - J. C. ALÓISI and A. MONACO, Etude des structures sédimentaires dans les milieux deltaïques (Rhône). Apport à la connaissance des conditions de sédimentation et de diagenèse. *C. R. Acad. Sci. Paris*, 290 (1980) 159 - 162
- [33] - A. MONACO, J. C. ALÓISI, H. GOT, Y. MEAR & G. BELLAICHE, Sédimentation et diagenèse en Méditerranée nord-occidentale. *Pétroles et technique*, (1983) 299 36 - 44

- [34] - R. C. ALLER, J. E. MACKIN & R. T. COX JR, Diagenesis of Fe and S in Amazon inner shelf muds: apparent dominance of Fe reduction and implications for the genesis of ironstones. *Continental Shelf Res.*, 6, 1/2, (1986) 263 - 289
- [35] - G. E. AKE, Impacts de la variabilité climatique et des pressions anthropiques sur les ressources hydriques de la région de Bonoua (Sud-Est de la Côte d'Ivoire) Thèse de doctorat, Université de Cocody Abidjan, (2010) 200 p.
- [36] - E. B. J. C. AKA, Contribution des méthodes granulométriques et électriques (résistivités électriques) pour la recherche d'eau en milieu sédimentaire : cas de Yopougon Niangon Attie (ouest d'Abidjan) Mémoire de DEA, Univ. Cocody UFR STRM, Abidjan, Côte d'Ivoire, (2013) 67 p.
- [37] - A. K. KOUASSI, F. W. KOUASSI, J. O. M. MANGOVA & I. SAVANE, Modèle conceptuel de l'aquifère du Continental Terminal d'Abidjan, *Hydrology in a Changing World: Environmental and Human Dimensions Proceedings of FRIEND-Water*, Montpellier, France, (2014) 256 - 262
- [38] - A. MABILLOT, Le forage d'eau; *Guide pratique. Edit'Offset à Saint Etienne* (Loire). D.L., 3-1980 — Imprimeur, (FRANCE), N°943 (1980) 237 p.