



Potentialités en eaux souterraines des aquifères fissurés de la région d'Agboville (Sud Ouest de la Côte d'Ivoire) : Caractérisation hydroclimatique et physique

Y. A. N'Go, D. L. Goné*, I. Savané et M. M. Goblé

*Laboratoire « Géosciences et Environnement », Université d'Abobo-Adjamé,
UFR Sciences et Gestion de l'Environnement, 02 BP 801 Abidjan 02 (Côte d'Ivoire)*

(Reçu le 20 Septembre 2004, accepté le 03 Décembre 2004)

* Correspondance et tirés à part, e-mail : gone69_2@hotmail.com

Résumé

Cette étude porte sur l'évaluation de la productivité des aquifères fissurés du département d'Agboville à partir d'une approche qui prend en compte la variabilité climatique, le bilan hydrologique, l'épaisseur d'altérites, la profondeur totale des forages et les débits d'exploitation. Une analyse de données pluviométriques s'étalant sur 78 ans et des paramètres hydrogéologiques sur 230 forages a été effectuée. Les résultats mettent en évidence une bonne recharge des aquifères malgré la baisse pluviométrique observée depuis 1977. L'influence de l'épaisseur n'est pas linéaire; cependant les épaisseurs productives varient entre 10 et 40 m. La profondeur totale des forages influencerait négativement la productivité de ceux-ci. Les débits les plus élevés sont obtenus autour de 60 m. Les formations schisteuses qui constituent la majorité des formations géologiques sont en général les plus productives. Ces résultats concourent à faire connaître les potentialités en eaux souterraines. Ils orientent les prospections hydrogéologiques futures pour une implantation économique des forages dans cette région.

Mots-clés : *Variabilité climatique, altérites, forages, transmissivité, productivité, Agboville, Côte d'Ivoire.*

Abstract

Productivity study of the fractured aquifers in the Agboville region (south-west of Côte d'Ivoire): physical and hydroclimatic characterization

This study deals with fractured aquifers productivity in the Agboville area (Côte d'Ivoire). It is based on an approach which takes into account climatic variability,

hydrologic balance, thickness of the weathered material, total boring depth and flow rates of water drawing. The analyses of rainfall data spanning a period of 78 years and hydrological parameters for 230 drilling were conducted. This study revealed that groundwater was normally occurring despite a decrease in rainfall patterns observed since 1977. The effect of thickness of weathered material did not follow a linear relationship. However, useful thickness range between 10 and 40 m. The overall thickness of the boring affected negatively their productivity. The highest flow rates were obtained around 60 m. schist-like formations that from the majority of the geological formations were generally the most productive. These results allow to understand the ground waters resource potentials. Present work provides new information and can be used as a data base in future hydro geological prospecting to economic borehole realization in the area

Keywords: *Climatic vulnerability, weathered material, boring, flow rates, productivity, Agboville, Côte d'Ivoire.*

1. Introduction

Les eaux souterraines constituent le deuxième réservoir mondial d'eau douce après celui des glaciers et des calottes polaires. Sur le plan quantitatif, cet important volume d'eau peut permettre de lisser les disparités existant entre les apports (variabilité des apports par les précipitations) et les prélèvements. Les eaux souterraines sont beaucoup moins vulnérables que les eaux de surface. Les conditions d'accès sont variables selon la nature des roches qui constituent le sous-sol. Relativement délaissées jusqu'à présent du fait des difficultés (économiques) liées à leur mise en valeur, les ressources en eau souterraine des aquifères discontinus, devraient permettre de combler le déficit en eau de la région d'Agboville.

Situé entre les longitudes 3°55' et 4°40W et les latitudes 5°35' et 6°15'N (*Figure 1*), le département d'Agboville connaît, à l'instar de différentes régions de Côte d'Ivoire situées en zone de socle, un problème d'alimentation en eau potable. En effet, depuis près de 44 ans, cette alimentation effectuée par la Société de Distribution d'Eau de Côte d'Ivoire (SODECI) s'est faite exclusivement par le captage de la rivière Agbô. Ces dix dernières années, la qualité de l'eau de cette rivière soumise à une eutrophisation poussée s'est considérablement dégradée. Les traitements physico-chimiques classiques n'arrivent plus à rendre potable l'eau. Les eaux souterraines constituent le recours incontestable pour les populations. La disponibilité, l'accessibilité et l'exploitabilité de ces eaux deviennent du coup la problématique majeure de la mobilisation de cette ressource. Et pourtant, une telle étude n'a pu être menée jusqu'à présent sur la zone

d'Agboville. Dans les zones de socle des régions tropicales, plusieurs travaux [1-3] ont mis en évidence deux principaux types de réservoirs : les réservoirs des altérites et les réservoirs fracturés. L'ensemble altérites/socle fracturé se comporte alors comme un unique système aquifère, de type bicouche [4,5].

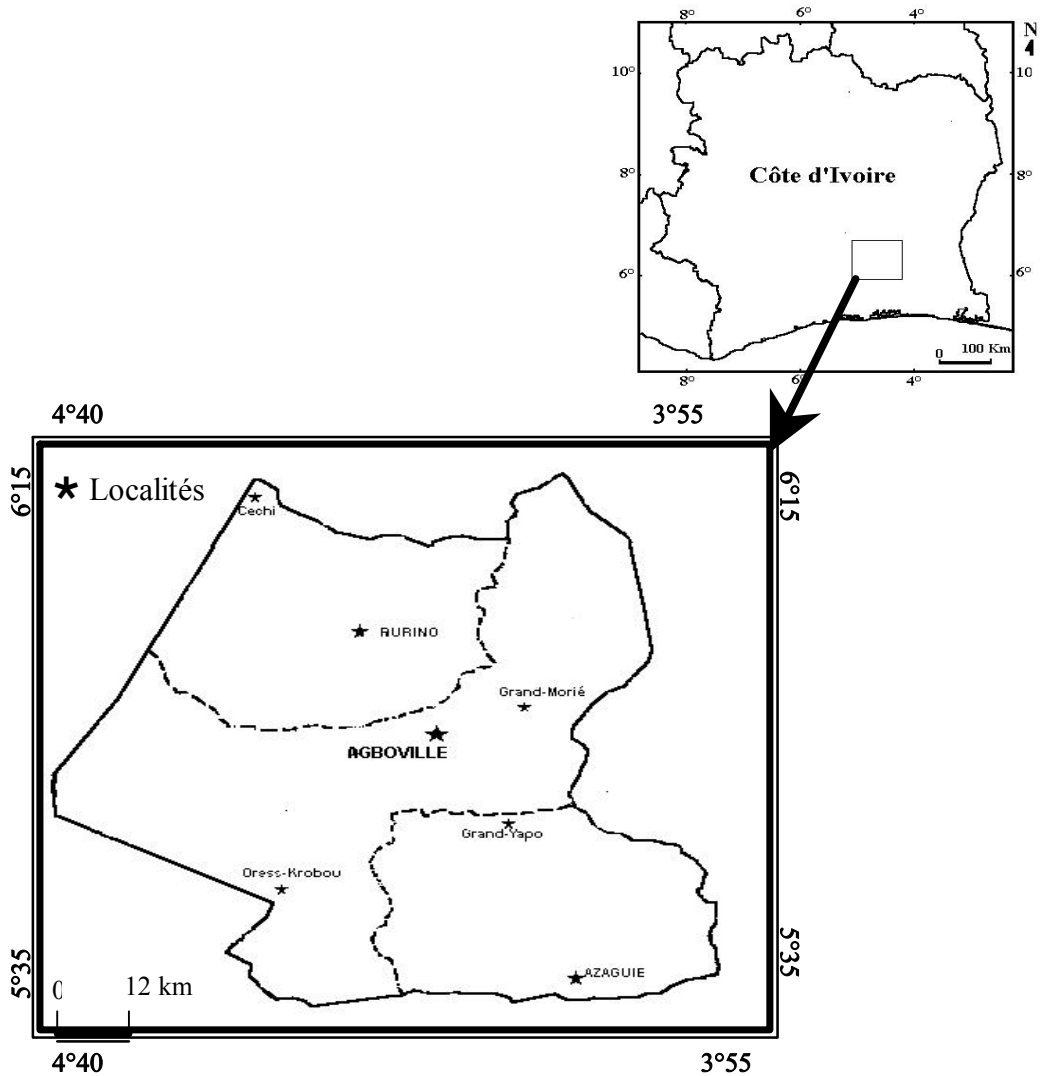


Figure 1 : situation géographique de la zone d'étude

Des études en Afrique de l'Ouest ont montré que l'exploitation des eaux souterraines pouvait être significativement améliorée en captant directement les secteurs fracturés de la roche saine avec une profondeur optimisée autour de 50 m [6-8] pour des raisons sûrement économiques. Cependant, d'autres travaux soutiennent que la possibilité d'obtenir des débits productifs est réelle à de grandes profondeurs [1]. Le département

d'Agboville est situé sur un milieu de socle formé de schistes birimiens auxquels sont associées des formations granitiques isolées ou intrusives (métagranites, granodiorites) qui influencent la productivité des forages [9] (*Figure 2*). L'altération de ces formations produit d'épaisses couches d'altérites dont l'épaisseur varie en moyenne entre 4 et 40 m. Les profondeurs totales des forages varient de 20 à 120 m pour les forages anciens et de 30 à 80 m pour les forages récents.

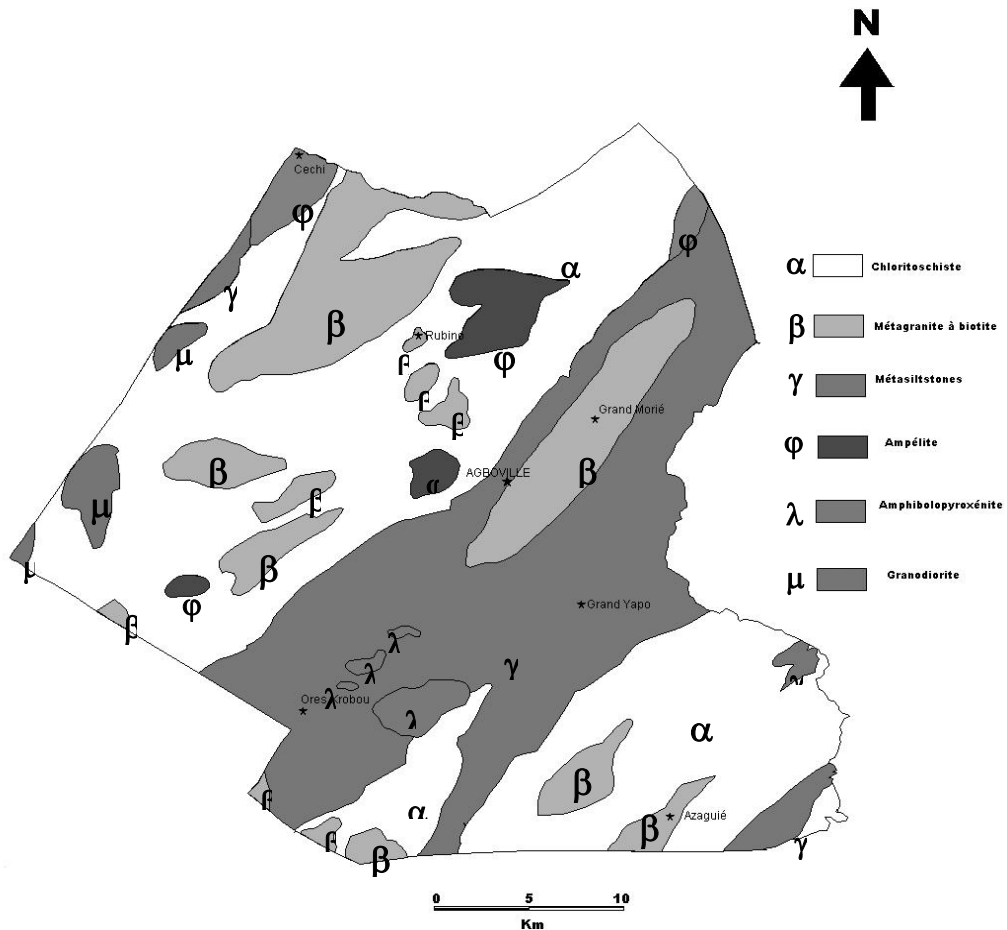


Figure 2 : Carte géologique de la région d'Agboville

La présente étude entend montrer les potentialités en eau souterraine de la région d'Agboville et favoriser une optimisation de l'alimentation en eau, au regard des données caractérisant les forages de cette région. La résolution de cette problématique passe par la caractérisation hydroclimatique, la mise en évidence de la recharge des aquifères, l'optimisation des profondeurs de forage et la caractérisation

hydrodynamique. Cette étude vise en définitive à montrer la disponibilité, l'accessibilité de ces eaux.

Une étude de l'impact de la variabilité climatique sur la recharge des aquifères, suivie de l'étude comparée de la relation débits/épaisseurs d'altérites et débits/profondeurs totales de forage et la caractérisation des paramètres hydrodynamiques en rapport avec les formations géologiques est la démarche adoptée pour atteindre les objectifs.

2. Méthodologie

Les données disponibles concernant les pluies moyennes (1923-2001) ont été obtenues auprès de la Société d'Exploitation pour le Développement Aéroportuaire et Météorologique (SODEXAM) à l'aéroport d'Abidjan. Les paramètres physiques des forages et les valeurs de transmissivité proviennent de l'exploitation et de l'interprétation des données des essais de pompages de la région, recueillies auprès des services de l'ex-Direction de l'Eau du Ministère des Infrastructures Economiques. La nature des roches rencontrées à été déterminée à partir des Logs des forages.

L'impact de la variabilité climatique a été cerné par une étude de l'évolution de la pluviométrie sur 78 ans avec la méthode des variables centrées réduites [10], le filtre passe-bas de « *Hanning d'ordre 2* », et le bilan hydrologique. Ainsi, l'indice pluviométrique ou "variable centrée et réduite" de la station est calculé à partir de la formule de Nicholson d'expression :

$$I_p = \frac{(X_i - X_m)}{\sigma_i} \tag{1}$$

Avec :

I_p : indice pluviométrique

X_i (mm) : hauteur de pluie totale pour une station pendant une année i ;

X_m (mm) : moyenne annuelle de la pluie à la station pendant la durée entière de l'enregistrement (Période d'étude).

σ : écart type de la pluviométrie annuelle

La méthode Filtre passe-bas de Hanning d'ordre 2, appelée aussi "moyennes mobiles pondérées", permettant d'éliminer les variations saisonnières dans une série chronologique a été utilisée. Le calcul de ce filtre a été effectué au moyen des équations de Tyson *et al.* [11] qui permettent d'estimer chaque terme de la série:

$$X_{(t)} = 0,06 x_{(t-2)} + 0,25 x_{(t-1)} + 0,38 x_{(t)} + 0,25 x_{(t+1)} + 0,06 x_{(t+2)} \tag{2}$$

pour $3 \leq t \leq (n-2)$,

Où X_t est le total pluviométrique pondéré du terme t ; X_{t-2} et X_{t-1} sont les totaux pluviométriques principaux observés des deux termes qui précèdent immédiatement le terme t . X_{t+2} et X_{t+1} sont les totaux pluviométriques observés des deux termes qui suivent immédiatement le terme t .

Les totaux pluviométriques pondérés des deux premiers [X_1, X_2] et des deux derniers [X_{n-1}, X_n] termes de la série sont calculés au moyen des expressions suivantes (n étant la taille de la série) :

$$\begin{aligned} X_1 &= 0,54 x_1 + 0,46 x_2 \\ X_2 &= 0,25 x_1 + 0,5 x_2 + 0,25 x_3 \\ X_{n-1} &= 0,25 x_{(n-2)} + 0,50 x_{(n-1)} + 0,25 x_n \\ X_{(n)} &= 0,54 x_n + 0,46 x_{n-1} \end{aligned} \quad (3)$$

Pour mieux visualiser les périodes de déficit et d'excédent pluviométrique les moyennes mobiles ont été centrées et réduites au moyen de la formule suivante :

$$Y'_t = (X_{(t)} - m) / s \quad (4)$$

Où m est la moyenne de la série des moyennes pondérées et s est l'écart-type de la série des moyennes mobiles pondérées.

Les ruptures ont été détectées grâce au test de Pettitt [12]. Le bilan hydrologique a été réalisé avec la méthode de Turc en tenant compte des données disponibles. Une analyse comparative réalisée d'une part avec les débits des forages et les épaisseurs d'altérites, les débits et les profondeurs totales des forages et, d'autre part, de la transmissivité en relation avec la lithologie a permis d'évaluer les potentialités en eau de cette région.

3. Résultats et discussion

3-1. Variabilité climatique de la région d'Agboville

La variabilité inter annuelle des totaux pluviométriques s'organise en une période humide de 1923 à 1940, une période normale de 1941 à 1976 et une période sèche de 1977 à 2001 (*Figure 3*). La période normale a une très forte apparence humide avec souvent des déficits assez remarquables tels qu'en 1946 (-44 %) et 1956 (-41 %). Néanmoins, d'une façon globale elle présente un excédent de 4 % par rapport à la moyenne inter annuelle.

Pendant la période sèche (1977 à 2001), le déficit est important au début des années 1980 où l'on enregistre l'indice pluviométrique le plus faible de la série en 1983 avec

-2,36. La sécheresse au cours de ces années (1982, 1984 et 1986) a été ressentie dans toute l’Afrique de l’Ouest [13].

Les années humides 1994 (+1%), 1995 (+5%) et 1996 (+3%) qui ont été ressenties sur d’autres stations (Man, Dimbokro) en Côte d’Ivoire et même en zone soudano-sahélienne [14] sont faiblement humides à Agboville. Par contre, la séquence de 1987 à 1990 est assez humide avec un excédent de 24%.

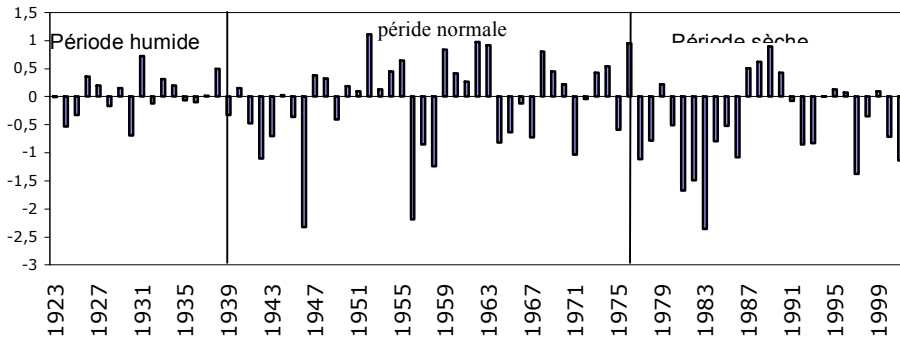


Figure 3 : *Variations inter-annuelles des indices de pluviométriques à la station d’Agboville (1923 – 2001)*

Les moyennes mobiles pondérées indiquent mieux les périodes d’excédent et de déficit pluviométrique (*Figure 4*): Les variations saisonnières au niveau d’Agboville ont accompagné l’évolution inter annuelle de la pluviométrie.

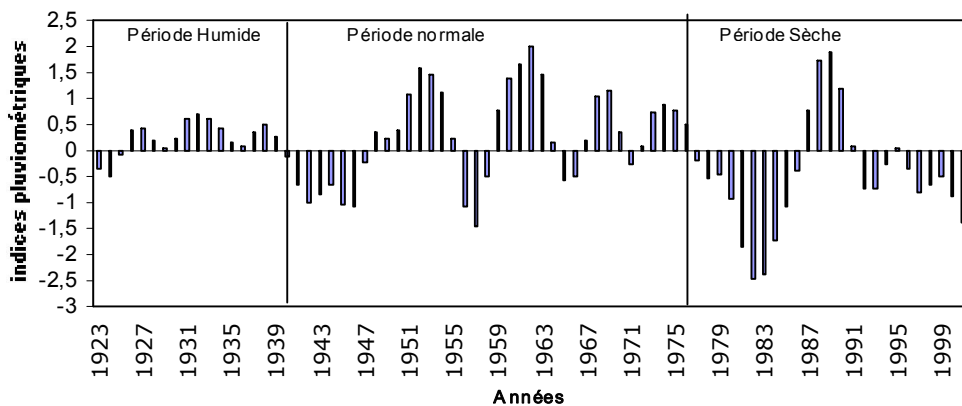


Figure 4 : *Variations inter-annuelles des moyennes mobiles pondérées à la station d’Agboville (1923- 2001).*

La chronique temporelle indique une alternance entre une période humide de 1923 à 1940, une période normale de 1941 à 1976 et une période sèche de 1977 à 2001. Outre la période 1940-1947 fortement déficitaire, la variable centrée réduite permet de mieux faire ressortir la tendance globalement humide de la période 1923-1976.

La méthode de Filtre récursif passe-bas de Hanning d'ordre 2 paraît être plus efficace par sa grande capacité à découper de façon perceptible les séries qui lui sont soumises. A cet effet, elle vient pallier l'insuffisance des indices pluviométriques à grouper les années par tendance.

Le test de Pettitt appliqué à la série pluviométrique d'Agboville fait apparaître deux ruptures de stationnarité entre 1939 et 1940 d'une part et 1976 et 1977 d'autre part (*Figure 4*). La rupture 1976-1977 se remarque par un pic de 426 dans l'évolution des indices de Pettitt. En revanche, la chute des indices après 1976 montre une régression importante de la pluviométrie. La moyenne de la période 1977 à 2001 est de 1310 mm soit un déficit de 7% par rapport à la normale de 1923 à 2001. Le découpage en période climatique obtenu par le test de Pettitt confirme donc celui de la méthode précédente. Ce résultat soumis au test de signification de Pettitt, donne une valeur $\alpha = 0,23 \%$ pour la rupture de 1976-1977 qui indique bien que cette rupture est très significative alors que celle de 1939-1940 est peu significative.

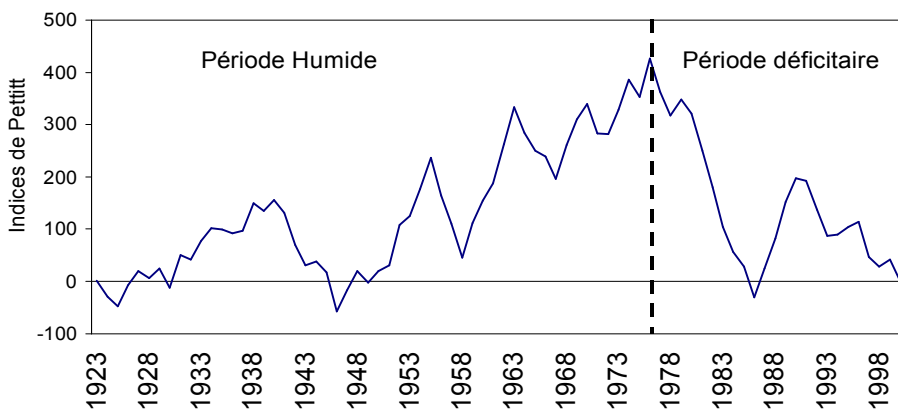


Figure 5 : *Variations interannuelles des indices de Pettitt à la station d'Agboville (1923 - 2001).*

La station d'Agboville présente une rupture plus tardive que celles des villes du centre de la Côte d'Ivoire dont la période de rupture se situe à la fin des années 1960 et au début des années 1970 [15].

Les mesures hydrologiques des modules annuels de la chronique de 1979 à 2001 effectuées sur le cours d'eau de l'Agnéby, sont les seuls renseignements dont nous disposons pour l'estimation de la quantité probable d'eau écoulée sur le bassin. En effet, dans cette période où l'on observe une diminution générale de la pluviométrie, les coefficients de ruissellement (R) oscillent entre 0,5 et 4,7 %, avec une valeur moyenne de 2,46 %. Le bilan hydrologique effectué avec la méthode de Turc fournit les résultats consignés dans le *Tableau 1*.

Tableau 1 : Récapitulatif des résultats du bilan hydrologique de la région d'Agboville (1979-2001).

Paramètres	Valeurs (mm)
Précipitation (P)	1298,00
Evapotranspiration potentielle (ETP)	1257,29
Evapotranspiration réelle ETR	1111,5
Ruissellement (R)	32
Infiltration (I)	154,5
ETP – ETR	145,79
P – ETR	186,5

De façon générale, les précipitations sont supérieures à l'ETP. Le bilan hydrologique est excédentaire sur cette période. En d'autres termes, malgré la diminution de la pluviométrie ces dernières années, la zone d'étude reste globalement humide. En plus, les réserves souterraines semblent être bien ré-alimentées. En effet, des 3,14 % (selon le bilan) de pluie, que représentent les pertes en écoulement, 17,16 % ruissellent et 82,84 %, s'infiltrent. Ce résultat indique que la recharge des eaux se fait correctement.

3-2. Caractéristiques hydrodynamiques des aquifères : Productivité des aquifères du département d'Agboville

Dans le cadre des campagnes d'Hydraulique villageoise, plusieurs ouvrages ont été réalisés et ont permis d'analyser certaines caractéristiques des aquifères. Des analyses statistiques effectuées sur 230 forages dont 30 récents (pour ressortir l'effet de l'amélioration des techniques de foration) ont permis de montrer les rapports entre différents paramètres tels que : débits/épaisseur d'altération, débits/profondeurs totale de foration et productivité des forages/lithologie.

L'étude de la variation des débits en fonction de l'épaisseur (*Figure 6*) montre que l'importance des débits des ouvrages ne semble pas établir une relation particulière

avec la puissance des altérites d'une manière générale. Ce qui peut être justifié par le fait que dans cette approche l'on ne tient pas compte ni de la nature des altérites, ni de la roches mères dont elles sont issues. En effet, certains auteurs [6,16] ont montré que la productivité des forages augmente avec l'épaisseur des altérites sur les roches cristallines et cristallophylliennes et diminue lorsqu'il s'agit des schistes, notamment les schistes birimiens de Côte d'Ivoire. Cependant, on constate que les débits d'exploitation moyens et forts ($Q > 2 \text{ m}^3/\text{h}$) se rencontrent généralement dans les zones où les épaisseurs d'altérites sont comprises entre 10 et 40 m.

Au delà de 50 m d'épaisseur d'altérites, aucun débit intéressant n'a été obtenu (Figure 6) dans la région d'Agboville. Ce résultat est conforme aux résultats d'autres travaux effectués en Côte d'Ivoire [6] au Burkina Faso [7] et au Togo [8]. Les débits forts ($Q \geq 5 \text{ m}^3/\text{h}$) s'observent dans la région d'Agboville, aussi bien dans les forages anciens que dans les nouveaux forages entre 5 et 40 m d'épaisseur. La fréquence moyenne pour tous les forages est autour de 19%. Sans être assez importante, cette fréquence permet de croire aux potentialités réelles de cette région.

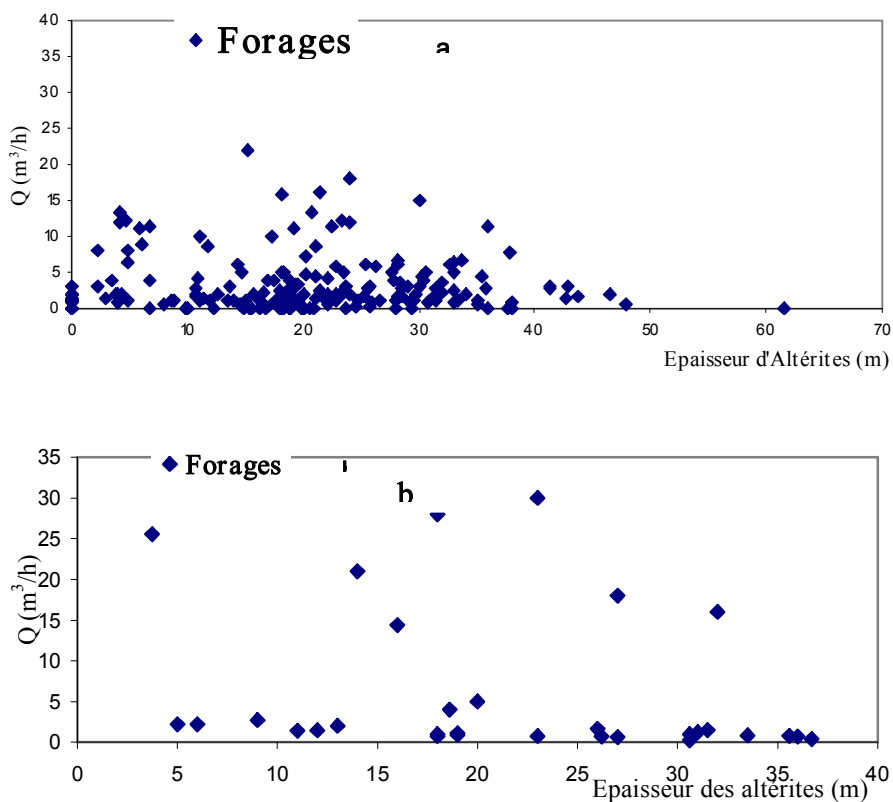


Figure 6: Variations des débits en fonction de l'épaisseur des altérites
a) anciens forages (1977- 1998) et b) forages récents (1999-2001).

En vue de déterminer la classe d'épaisseur qui fournit les débits les plus intéressants, une étude comparant les débits en fonction des classes d'épaisseur (au pas de 10 m) a été menée (Figure 7).

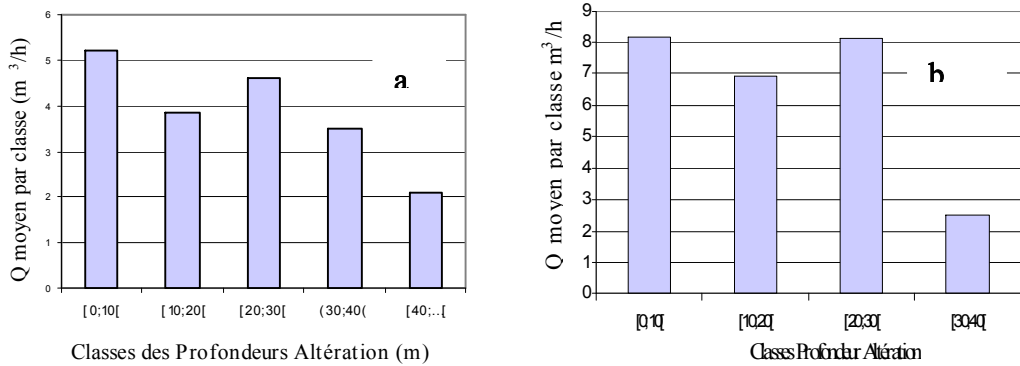


Figure 7 : *Variation du débit moyen par classe d'épaisseur des altérites*
a) forages anciens b) forages récents

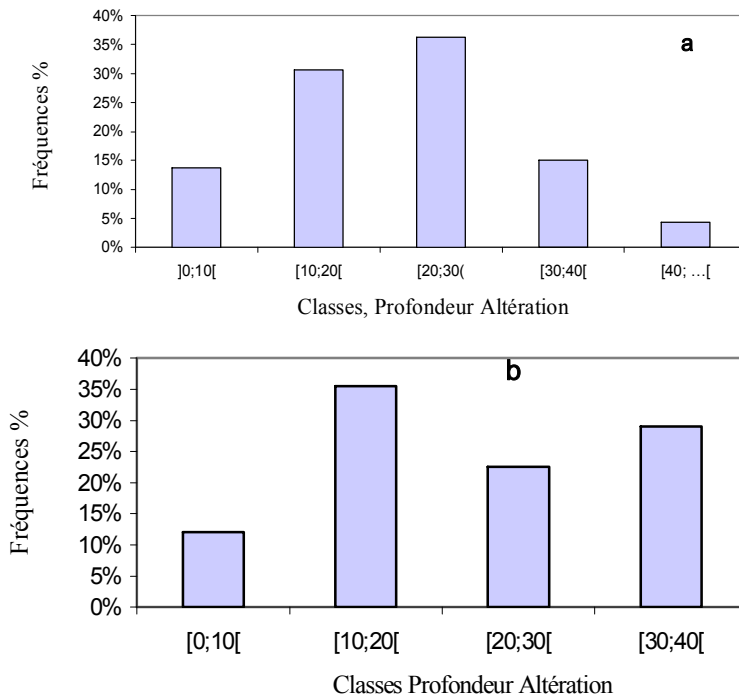


Figure 8: *Fréquence d'apparition des forages productifs par classe d'épaisseur des altérites*
a) forages anciens, b) anciens récents.

Les moyennes de débits enregistrés par classe (*Figures 7 a et b*) sont plus importants pour les altérites de moins de 30 m d'épaisseur ($4 \text{ m}^3/\text{h}$ pour les anciens forages et plus de $7 \text{ m}^3/\text{h}$ pour les récents). Au delà de 30 m, ces débits tendent à baisser, mais la moyenne reste tout de même supérieur à $2 \text{ m}^3/\text{h}$.

Les classes d'altérites favorisant un débit moyen à fort, les plus couramment rencontrées sont de 10 à 20, 20 à 30, 30 à 40 soit respectivement 31%, 36% et 15% pour la série des anciens forages et 36%, 23% et 29% au niveau des forages récents (*Figure 8*); ce qui est largement supérieur à celles proposées sur ces mêmes intervalles par ENGALENC [17] sur les formations schisteuses de Côte d'Ivoire.

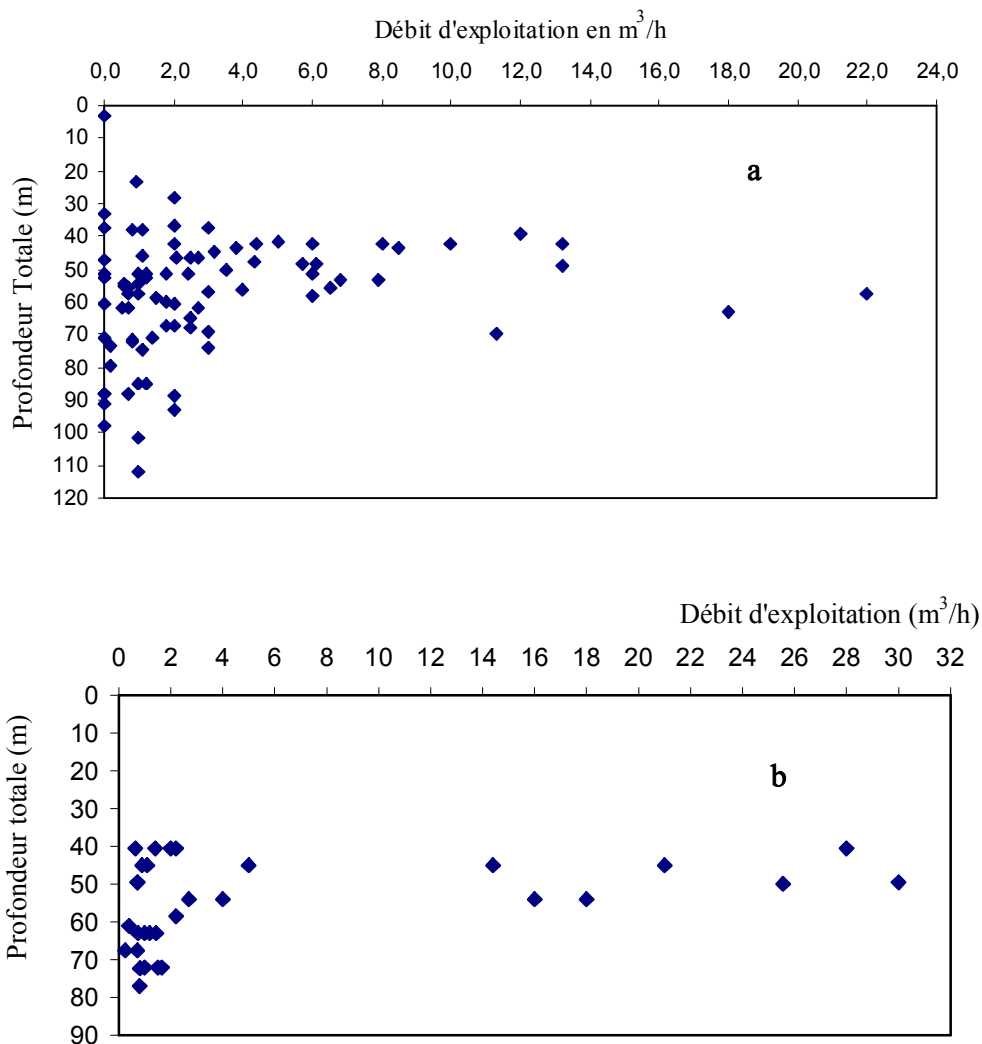


Figure 9: Répartition des débits en fonction de la profondeur totale de l'ouvrage
a) forages anciens; b) forages récents

Ainsi, une importante épaisseur des altérites peut devenir un facteur de productivité dans la ré-alimentation des aquifères fissurés à condition que celles-ci présentent une bonne perméabilité. Dans le cas contraire, elles tendent à s'opposer à la ré-alimentation des fractures sous-jacentes. C'est ce qui expliquerait la tendance à la baisse des débits en fonction de l'épaisseur.

En vue de déterminer la profondeur optimale d'obtention des forages productifs dans la région d'Agboville un graphe de répartition des débits en fonction de la profondeur totale de l'ouvrage a été établi (*Figure 9*). A l'analyse, la tranche de profondeur optimale à proposer pour réaliser des forages économiques est comprise entre 40 à 70 m.

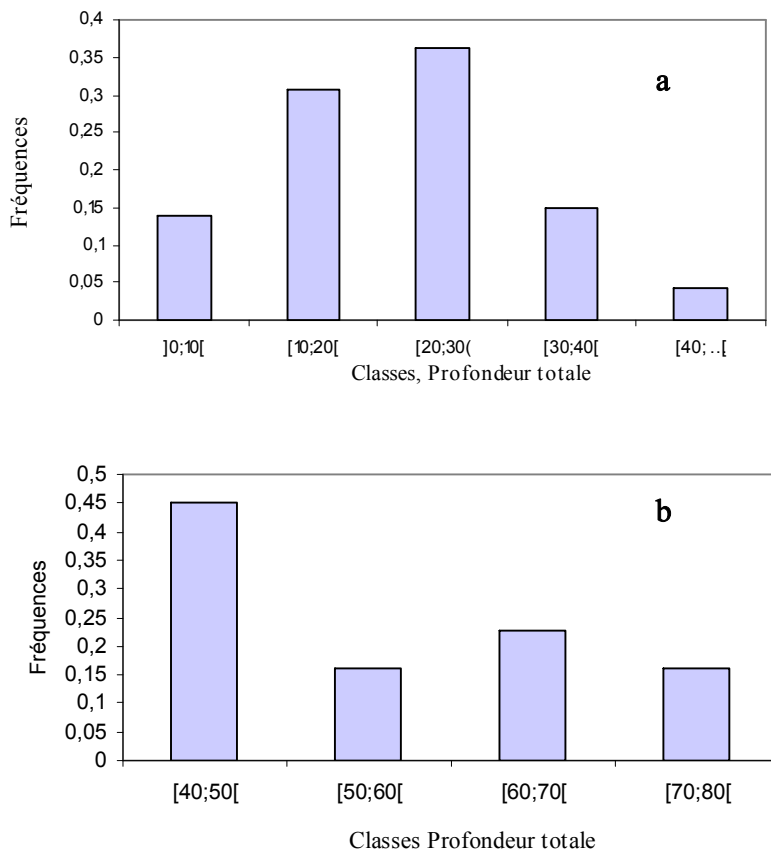


Figure 10: *Fréquence d'apparition des débits par classe de profondeur*
a) forages Anciens, b) forages récents.

Les profondeurs comprises entre 40 m et 70 m sont caractérisées par des débits plus importants pouvant atteindre 30 m³/h (*Figure 9*). Au-delà d'une profondeur de 70 m, on rencontre des forages à faibles débits. Les débits des ouvrages tendent à baisser au-delà de 70 m. Cette situation n'est certainement liée à la profondeur, puisqu'on observe le même comportement avant 40 m. A cause du nombre réduit des forages, il est difficile de tirer une conclusion définitive.

Au regard des forages étudiés dans cette région, la zone optimale de productivité est comprise entre 40 et 70 m. Ces résultats, tout en confirmant en partie les travaux des études antérieures effectuées en Côte d'Ivoire et dans la sous région, permettent de conclure que cette profondeur optimale pourrait se situer autour de 60 m.

Cette délimitation de la profondeur optimale est renforcée par les fréquences d'apparition des débits en fonction de la profondeur (*Figure 10*). Dans les anciens forages, l'intervalle compris entre 20 et 30 m avec une fréquence de 35 % est le plus important, alors que dans les forages récents, l'intervalle compris entre 40 et 50 m est prépondérant avec environ 45 %. Dans tous les cas, à Agboville, l'intervalle des profondeurs dans lesquels les débits d'exploitation apparaissent fréquemment pour l'ensemble des forages est compris entre 10 et 50 m. Et pourtant, au regard des analyses précédentes la zone d'obtention de forts débits d'exploitation est comprise entre 40 et 70 m. Ces résultats peuvent donc contribuer à orienter les prospections hydrogéologiques futures.

3-3. Productivité des forages et formations géologiques

Des travaux effectués dans le département d'Agboville ont montré que, dans le nord dominé par les schistes avec des intrusions de granites éburnéennes, les formations sont plus productives (3,8 m³/h) avec un taux de succès de 83 % [18]. Cependant, ce taux est inférieur au taux de succès moyen de cette même formation à l'échelle nationale, qui est de 87 %. Dans le sud, les schistes en majorité des méta sédiments, sont les plus productifs, 3,3 m³/h contre 2,9 m³/h pour les granites, avec respectivement des taux de succès de 97 % et 95 %. Ce résultat est nettement supérieur à la moyenne nationale pour ces mêmes unités, qui est de l'ordre de 87 % pour les schistes et 79 % pour la majorité des granites [18].

Le taux d'échec particulièrement élevé dans le Nord de la zone, est dû certainement à l'effet d'une mauvaise maîtrise de l'outil de foration au cours de ces années. Ce qui a probablement influencé ces résultats obtenus dans le cas des forages anciens. Au total, dans cette région, le taux de succès des forages est 85,5 % (*Tableau 2*).

Tableau 2 : Répartition du taux de succès des forages en fonction des unités géologiques

	Effectifs	Schistes	Granite	Totaux
1 ^{ère} Série (200 forages)	Positifs (Taux de succès)	71 (83,53%)	100 (87%)	171 (85,5 %)
	Négatifs	14	15	29
	Total	85	115	200

Les valeurs minimales, moyennes et maximales des débits d'exploitation des séries de données sont consignées dans le *Tableau 3*.

Tableau 3 : répartition des débits d'exploitation en fonction des unités géologiques.

	Valeur	Schistes	Granites
Q _{expl.} (m ³ /h) 1 ^{ère} Série (200 forages)	Minimale	0,2	0,2
	Moyenne	3,84	3,98
	Maximale	18	36
Q _{expl.} (m ³ /h) 2 ^{ème} Série (31 forages)	Minimale	0,72	0,4
	Moyenne	7,3	5,5
	Maximale	30	28

Les analyses portent sur les forages réalisés dans les granites (57,5 %) et les schistes (42,5 %). Les gros débits ($Q > 5 \text{ (m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \text{)}$) s'observent aussi bien dans les granites que dans les schistes. Cependant dans la majorité des cas, les débits d'exploitation des granites est inférieur à celui des schistes, notamment dans les forages récents. Ce qui laisse à penser que les schistes ont une meilleure productivité par rapport aux granites. Pour mieux comprendre ou confirmer cette information, nous avons analysé cette relation avec les paramètres hydrodynamiques.

3-4. Productivité et paramètres hydrodynamiques

L'étude de la productivité des formations géologiques a été menée avec les données hydrodynamiques. Elle permet de préciser la prépondérance de la productivité des schistes par rapport aux granites (*Tableau 4*). Les granites ont une transmissivité plus forte, selon les deux premières méthodes alors que la remontée de Jacob-Theis donne des transmissivités plus fortes aux schistes. La transmissivité déterminée par la remontée est plus élevée dans les schistes que dans les granites. Le caractère fiable de la remontée de Theis-Jacob, pourrait nous permettre de dire que les schistes sont plus

productifs que les granites. De plus, dans une majorité de forages les schistes sont plus transmissifs que les granites. La relation entre la nature pétrographique des roches et leur transmissivité a également été abordé en milieu de socle ivoirien par plusieurs auteurs dans la boucle du cacao[1] et dans la région de Man-Danané [9].

Tableau 4 : Répartition des transmissivités moyennes calculées par les différentes méthodes en fonction de l'unité géologique

	Transmissivité Moyenne ($10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$)			
	Theis	Cooper-Jacob	Theis Jacob-	Moyennes
Granites	3,27	2,83	1,8	2,646
Schistes	3,1	1,8	2,04	2,31

Il ressort de leurs études que les schistes sont plus transmissifs que les granitoïdes qui le sont plus que les quartzites et les amphibolites. Les structures feuilletées et redressées des schistes birimiens qui constituent des zones de moindre résistance, leur confère l'avantage d'être plus transmissifs que les autres formations. En fait, compte tenu de leur aspect feuilleté, ils ont tendance à se débiter plus facilement. La position subverticale à verticale acquise par les sillons schisteux à la suite de la tectonique tend à faciliter leur altération. Le produit d'altération est constitué d'argiles qui sont moins perméables que les arènes granitiques. Par contre, l'existence de fracturation reste un élément essentiel dans la capacité transmissive des roches cristallines et cristalloyphyllicennes car, en l'absence de phénomènes tectoniques et de désagrégation, ces roches sont pratiquement imperméables [9,19]. Les fractures générées conditionnent une bonne ou une mauvaise transmissivité selon qu'elles sont ouvertes ou fermées. La carte de fracturation de la région permettrait de confirmer ces résultats.

4. Conclusion

L'étude de la variabilité climatique, des relations épaisseurs d'altérites/débits d'exploitation, de la lithologie par rapport aux paramètres hydrodynamiques permet de mettre en évidence les potentialités en eaux souterraines de la région d'Agboville. Il ressort que les eaux souterraines sont disponibles et généralement exploitables dans les formations schisteuses et granitiques. La recharge se fait correctement sur la période d'étude. L'épaisseur d'altérites semble influencer les débits d'exploitation. L'intervalle de profondeur compris entre 40 et 70 m sont généralement les plus favorables. La

profondeur optimale est autour de 60 m. Les schistes qui constituent les formations lithologiques majeures sont généralement les plus productifs.

Par conséquent, ces connaissances doivent maintenant permettre l'exploitation raisonnée et la gestion durable de ces ressources en eaux souterraines, de façon à entreprendre de nouvelles phases de développement économique, respectueuses de l'environnement, dans la région d'Agboville.

Remerciements

Nos remerciements à la Direction de l'Hydraulique Humaines (DHH) à Abidjan pour avoir mis à notre disposition les données sur les forages.

Références

- [1] - J. P. FAILLAT, *« Aquifères fissurés en zone tropicale humide: structure, hydrodynamique et hydrochimie (Afrique de l'Ouest) »*, Thèse Univ. Languedoc (Montpellier), (1986) 534 p.
- [2] - R. GUIRAUD, *« L'hydrogéologie de l'Afrique »*, Journ. Afr. Earth Sci., Vol. 7, 03 (1988) 519-543
- [3] - A. BERNARDI, M. DETAY et H. MACHARD de GRAMONT, *« Recherche d'eau dans le socle africain. Corrélation entre les paramètres géo-électriques et les caractéristiques hydrodynamiques des forages en zone de socle »*, Hydrogéol., 04 (1988) 245-253
- [4] - J. MARGAT, *« Rapport sur le thème 3 du colloque : Les milieux discontinus en hydrogéologie. Orléans 16-17 novembre 1982 »*, Hydrogéol. Géol. Ing., 1, BRGM, Orléans, (1983) 25-33
- [5] - ANONYME, *« L'hydrogéologie de l'Afrique de l'Ouest: synthèses des connaissances socle cristallin et cristallophyllien et sédimentaire ancien »*. Collection Maîtrise de l'Eau, 2^e édition, (1990) 147 p.
- [6] - J. BERGER, J. CAMERLO, J.C FAHY. et M. HAUBERT, *« Etudes des ressources en eaux souterraines dans une région de socle cristallin : la boucle du cacao (Côte d'Ivoire) »*. Bull. BRGM, section III, 2^e série, n°4, (1980-81) 273-291
- [7] - B. SOURISSEAU, *« Hydraulique villageoise dans le département du sahel (haute volta) »*. Rapport final. Rép. de Haute volta- BRGM, (1981)
- [8] - D. ASSOUMA, *« Etude par modèle mathématique de la structure et du fonctionnement d'un aquifère de socle exploité, en région tropicale (alimentation en eau potable de la ville de Dapaong-Togo) »*. Thèse de doct. 3^e cycle, Univ. Orléans, (1988) 183 p.

- [9] - T. LASM, « *Hydrogéologie des réservoirs fracturés de socle : analyse statistique et géostatistique de la fracturation et des propriétés hydrauliques. Application à la région des montagnes de Côte d'Ivoire (domaine Archéen)* ». Thèse de Doct. Unique, Université de Poitiers (France), (2000) 274p.
- [10] - S. E. NICHOLSON, J. KIM, J. HOOPINGARNER, "Atlas of African rainfall and its interannual variability". Department of Meteorology, Florida State University, Tallahassee, Florida, USA. (1988)
- [11] - P. TYSON D., T. G. J. DYER and M. N. MAMETSE, "Security changes in south Africa rainfall: 1880 to 1972". Quart J Roy Met Soc, 101, (1975) 817-833
- [12] - PETTITT, "A non-parametric approach to the change-point problem". Appl. Stas., 28 (2), (1979) 126-135
- [13] - G. MAHE and J.-C. OLIVRY, « *Variations des précipitations et des écoulements en Afrique de l'ouest et centrale de 1951 à 1989* ». Sécheresse n°1, vol. 6. (1995) 109-117
- [14] - G. MAHE, J.-C. OLIVRY, R. DESOUASSI, D. ORANGE, F. BAMBA and E. SERVAT, « *Relation eaux de surface-eaux souterraines d'une rivière tropicale au Mali* ». C.R. Acad. Sci., Sciences de la Terre et des Planètes 330 (2000) 689-692
- [15] - J. E. PATUREL, E. SERVAT, B. KOUAME, H. LUBES, J.M. MASSON, J.F. BOYER, M. TRAVAGLIO and M. MARIEU, « *Variabilité pluviométrique en Afrique humide le long du Golfe de Guinée. Approche régionale intégrée. Variabilité climatique et Variabilité des ressources en eau, PHI-V* », Documents Technique en Hydrologie, No. 16, Unesco, Paris, (1997) 1-31
- [16] - R. BISCALDI, « *Etude statistique des forages et carte hydrogéologiques des régions à substratum éruptif et métamorphique en Afrique Occidentale* ». BRGM-CIEH, 2 vol., Ouagadougou, (1967) 437p.
- [17] - M. ENGALENC, « *Méthodes d'études et de recherche de l'eau souterraine dans les roches cristallines de l'Afrique de l'Ouest* », Publ. CIEH Ouagadougou, Vol. 1, 2 et 3, (1978, 1979 et 1981) 652 p.
- [18] - GEOMINES, « *Inventaire hydrogéologique appliqué à l'hydraulique villageoise. Minist. T. P. & Transp.* », Direct. Centr. Hydraul., République de Côte d'Ivoire Carte de Dimbokro, cahier n°25 annexe1, (1982) 29 p.
- [19] - J. BIEMI, « *Contribution à l'étude géologique, hydrogéologique et par télédétection des bassins versants subsahariens du socle précambrien d'Afrique de l'ouest : Hydrostructural, Hydrodynamique et Isotopie des aquifères discontinus de sillons et aires granitiques de la haute Marahoué (Côte d'Ivoire)* », Thèse de Doct. d'Etat ès-Sciences Naturelles, Université d'Abidjan, (1992) 479 p.