

Facteurs Explicatifs Du Tarissement Des Points D'eau En Milieu De Socle Cristallin Dans Le Departement Des Collines Au Benin

Dègla Hervé Koumassi

Département de géographie et Aménagement du Territoire
Université d'Abomey-Calavi / Laboratoire Pierre Pagney "Climat, Eau,
Ecosystèmes et Développement " (LACEEDE/UAC), Abomey-Calavi,
Bénin

doi: 10.19044/esj.2017.v13n20p206 [URL:http://dx.doi.org/10.19044/esj.2017.v13n20p206](http://dx.doi.org/10.19044/esj.2017.v13n20p206)

Abstract

The department of the hills is located at the center of Benin in plinth area. The water supply in this area is more and more directed towards surface water due to the hydrogeologic constraints and the impact of the climatic fluctuations.

The climatological and geological data analysis made by the methods of descriptive statistical analysis made it possible to analyze the dynamics of the climatic parameters on the one hand and the behavior of the geological units to the recorded flows.

The hydroclimatic study showed a deficit on the level of the climatic assessment and a decline of pluviometry since 1970.

The study of the hydrogeologic characteristics carried out on 706 drillings made it possible to show the relationship between various parameters such as: thickness of change, flows end of boring and productivity of the drilling / lithology.

Keywords: Drying up, points of water, plinth area, department, hills

Résumé

Le département des collines est situé au centre du Bénin en zone de socle cristallin. L'alimentation en eau dans cette zone est de plus en plus orientée vers les eaux de surface à cause des contraintes hydrogéologiques et de l'impact des variations climatiques.

L'analyse des données climatologiques et géologiques faites par les méthodes d'analyse statistique descriptive ont permis d'analyser la dynamique des paramètres climatiques d'une part et le comportement des unités géologiques aux débits enregistrés d'autre part.

L'étude hydroclimatique, a montré un déficit au niveau du bilan climatique et une baisse de la pluviométrie à partir de 1970.

L'étude des caractéristiques hydrogéologiques effectuées sur 706 forages ont permis de montrer les rapports entre différents paramètres tels que : épaisseur d'altération, débits fin de foration et productivité des forages/lithologie.

Mots clés : Tarissement, points d'eau, milieu de socle, département, collines

1- Introduction

Les eaux souterraines constituent le deuxième réservoir mondial d'eau douce après celui des glaciers et des calottes polaires (N'go et *al.*, 2004). Dans de nombreux pays, la quasi-totalité de l'eau potable se trouve en milieu de socle où la perméabilité matricielle résulte de la présence d'un réseau de fissures ou de canaux (Yao, 2009). 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 (Soro, 2007).

Au Bénin, depuis l'avènement de la DIEPA (1982), les eaux souterraines constituent en général la principale source d'alimentation en eau potable de la population rurale, et celle située sur le socle en particulier. En effet, le territoire béninois est constitué à 80 % de socle renfermant 97 % des ressources en eau souterraines, (le barbé et *al.* ; 1993). Pour améliorer l'accès à l'eau potable, l'Etat béninois a entrepris, depuis le début les années 1970, des programmes pour doter chaque village et hameau de points d'eau potable. C'est ainsi que plusieurs localités ont bénéficié de puits modernes et de forages à motricité électrique ou humaine (Gnanhoui, 2008).

Dans le département des collines, à partir de 1982, avec la première décennie internationale de l'eau potable et de l'assainissement (DIEPA), les premiers forages équipés de pompes à motricité humaine ont commencé par être réalisés avec des taux de succès allant de 55 à 65% pour assurer l'alimentation en eau potable de la population en milieu rural (MEHU-PNUD , 1999). Cela est suivi en 1998 par la réalisation des adductions d'eau villageoises dans les localités de plus de 2000 habitants. Ainsi entre 1982 et 2007, 1295 forages équipés de pompe à motricité humaine sont réalisés dans le département des collines avec 26 adductions d'eau villageoises (Antea ,2006). Malgré ces efforts, le ratio habitants / point d'eau potable reste faible, en raison du tarissement des forages dû à l'impact de la variabilité climatique sur la recharge des aquifères et au substratum géologique en place.

2- Milieu d'étude

Le département des Collines fait partie des douze (12) Départements de la République du Bénin. Il est situé entre $2^{\circ} 10'$ et $2^{\circ} 24'$ de longitude est et $7^{\circ} 27'$ et $8^{\circ} 46'$ de latitude nord. Il couvre une superficie de 13 931 km² soit 12,37% de la superficie du territoire national et compte six communes que sont Bantè, Dassa-Zoumè, Glazoué, Ouèssè, Savalou et Savè. Il est limité au nord par les Départements de Borgou et de la Donga, au sud par les Départements du Zou, du Plateau et de l'Ouémé, à l'Est par la République Fédérale du Nigeria et à l'ouest par la République du Togo (*figure 1*).

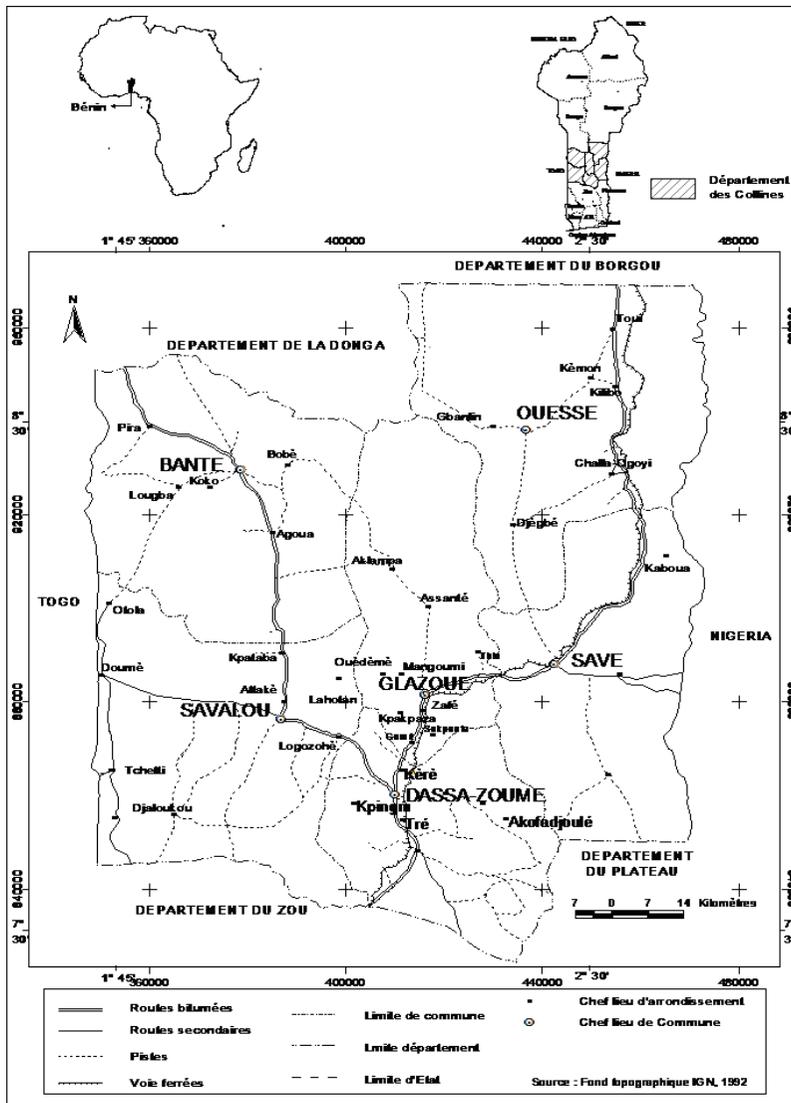


Figure.1. Situation géographique du département des Collines

Le département des collines est caractérisé par un climat intermédiaire entre le climat subéquatorial à deux saisons humides du sud et le soudano-sahélien du nord Bénin à une seule saison humide. Il présente des caractéristiques intermédiaires à ces deux faciès climatiques (Boko, 2004).

Le régime pluviométrique moyen mensuel de la période (1975-2003) présente un aspect unimodal dans la station de Savalou (**figure 2**)

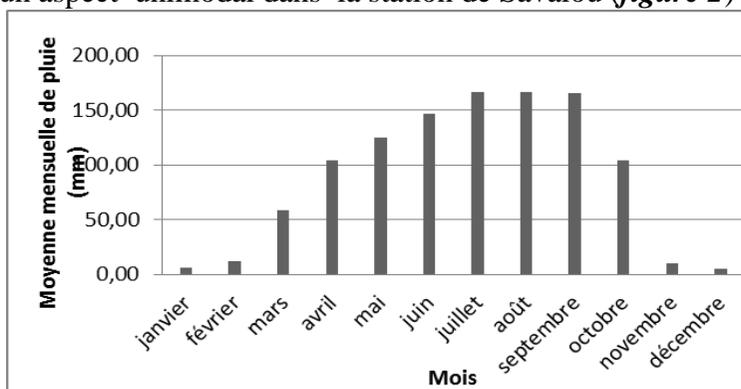


Figure.2. Régime pluviométrique mensuel à Savalou de 1975 – 2003

La température mensuelle moyenne (**figure 2**) varie suivant les mois dont les plus chauds sont février et mars où elle atteint 29°C. Juillet et août sont les plus frais avec une valeur moyenne de 24°C.

Sur le plan géologique, ce département est installé sur le socle précambrien dahoméen composé du gneiss et du granite avec des formations du Continental terminal (sablo-argileux) à l'aval du bassin. Il présente un relief parsemé de collines de 300m d'altitude en moyenne dont la structure du socle influence fortement l'écoulement. Les cours d'eau sont fortement encaissés, avec une pente faible qui témoigne du comblement du lit du cours d'eau.

Les sols ferrugineux tropicaux, les sols hydromorphes à pseudo- gley sur sable, les sols minéraux bruts sur cuirasse et sur roche. Ce département est drainé par de nombreux cours d'eau permanents et temporaires sont les plus importants sont : le fleuve ouémé et la rivière Zou et l'okpara (**Figure 3**)

Le couvert végétal est dominé par une savane boisée ou arborée dominée par *Parkia biglobosa* (nééré), *Vitellaria paradoxa* (le karité), *Khaya senegalensis* (le caïlcédrat : *Zunzatin en fon*), *Vigna unguiculata*, *Adansonia digitata* et *Bombax costatum* (le kapokier),. Le long des cours d'eau, se développent des forêts galeries qui sont constituées d'espèces comme *Raphia huqueri* (palmier raphia), *Berlinia grandiflora*, *Anogeisus leiocarpa* .

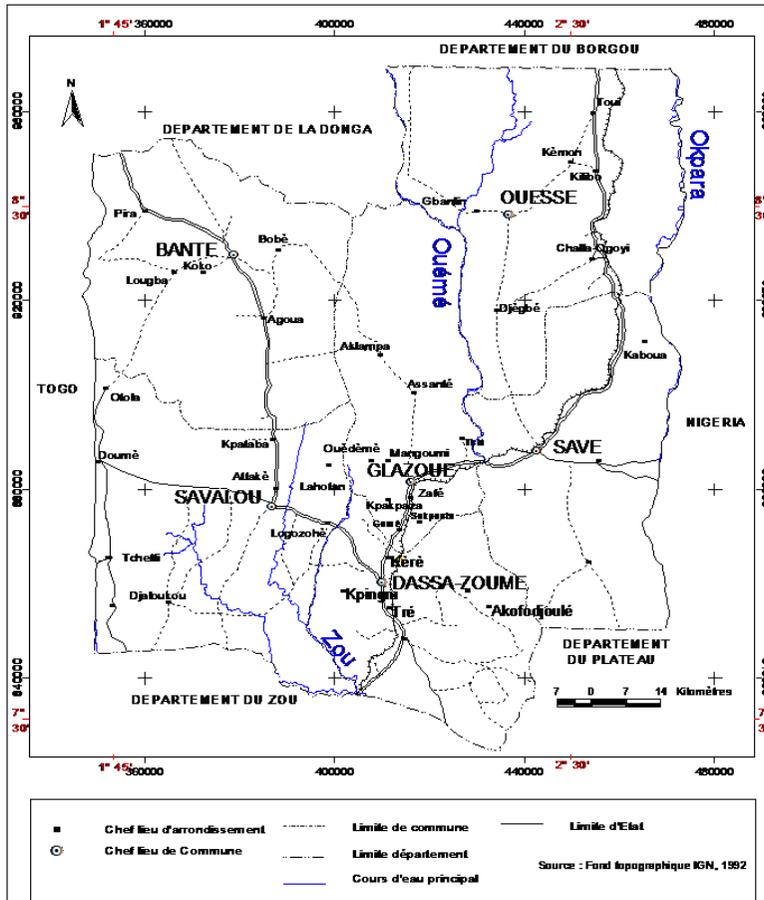


Figure.3: Réseau hydrographique du département des collines

4- Démarche méthodologique

4.1- Données de l'étude

Les données climatologiques utilisées dans cette étude sont :

- Les données pluviométriques constituées des hauteurs de pluies journalières, mensuelles et annuelles des stations de Savè ; Dassa Savalou, Bantè, Glazoué, ouessè, de la période de 1951 à 2003
- la température maximales, minimales de l'air de la station de Savè de 1965-2003;
- Les données d'ETP décadaire couvrant la période de (1965 -2008) de la station synoptique de Savè ;
- Les rapports d'exécution des forages.

Ces différentes données ont été collectées à l'ASCENA, au LACEEDE et au service Eau-collines.

L'analyse des données pluviométriques et thermométriques a été faite à l'aide des outils statistiques appropriés.

Le paramètre de tendance centrale, la moyenne arithmétique

La moyenne arithmétique est employée pour étudier les régimes pluviométrique et hydrologique. Elle est le paramètre fondamental de

tendance centrale. Elle s'exprime de la façon suivante :
$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

La moyenne \bar{X} nous a permis de caractériser l'état hydroclimatique moyen et de mettre au point quelques indices de dispersion.

Les paramètres de dispersion

Ils sont calculés à partir de la moyenne.

Le calcul de l'**écart type** permet d'évaluer la dispersion des valeurs autour de la moyenne « normale ». Il se détermine par le calcul de la racine carré de la variance :

$$\sigma(x) = \sqrt{V} \quad \text{Où } V \text{ est la variance}$$

L'écart type est l'indicateur de la variabilité par excellence.

A partir du calcul de l'écart type, l'étude des **anomalies centrées réduites** pluviométriques et hydrométriques mensuelles et interannuelles a été entreprise en standardisant les données. Les anomalies sur chaque station et sur les différents bassins se calculent par la formule suivante :

$$x'_i = \frac{x_i - \bar{X}}{\sigma(x)} \quad \text{où: } x'_i = \text{anomalie centrée réduite pour l'année } i$$

x_i = la valeur de la variable,

\bar{X} = la moyenne de la série.

$$\sigma(x) = \text{l'écart type de la série}$$

Bilan climatique

Un indicateur de la disponibilité en eau « un climat devient sec quand les précipitations sont inférieures à l'évapotranspiration et qu'il n'y a pas de réserve disponible » (Hufty 1976).

Le bilan climatique est le rythme des excédents ou des déficits en eau. Il estime la différence entre les abats pluviométriques et la valeur de l'évapotranspiration potentielle, il s'exprime par la formule suivante :

$$Bcp = P - ETP$$

Si $P - ETP > 0$ alors le bilan est excédentaire ;

Si $P - ETP < 0$ alors le bilan est déficitaire ;

Si $P - ETP = 0$ alors le bilan est stable (équilibré).

5- Résultats

5.1- Evolution interannuelle de la pluviométrie a Savé

La figure 4, présente l'indice pluviométrique annuel des hauteurs de pluie dans le département des collines à Savé de 1951 à 2003.

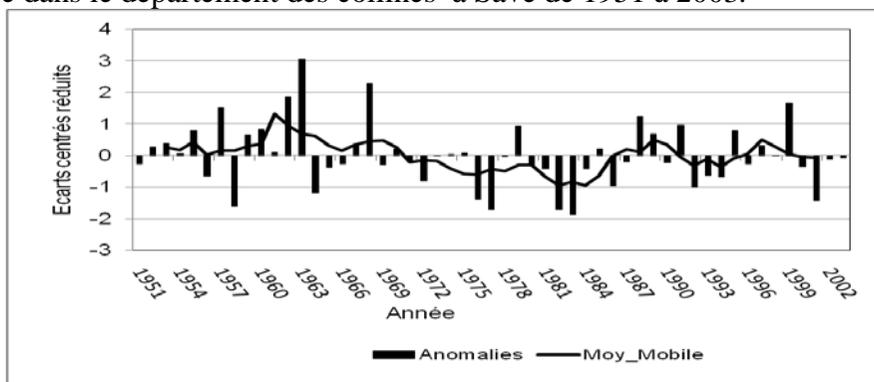


Fig.4. Indice pluviométrique annuelle des hauteurs de pluie à la station de Savé de 1951 à 2003

L'analyse de l'évolution interannuelle des pluies à la station de Savé (la figure 3) permet d'identifier deux grandes périodes sur la période 1951 à 2003. Il s'agit d'une part, de la sous-période 1951 à 1970 qui caractérise les anomalies positives et d'autre part la période 1971 à 2003 représentant la période de la récession pluviométrique avec une dominance des anomalies négatives.

On note qu'il y a, au cours de la période couvrant la baisse des séries pluviométriques des années caractérisées par une récession pluviométrique dont les plus remarquables sont les années 1976, 1977, 1982, 1983 et 1986 à Savé. Cette récession pluviométrique a pour conséquence la baisse du niveau des nappes phréatiques et une augmentation du coefficient de ruissellement

5.2- Evolution du bilan climatique sur le bassin du Zou à l'exutoire d'Atchérigbé

La figure 5, présente l'évolution du bilan climatique durant les sous-périodes 1951-1970 et 1971-2003 à Savé.

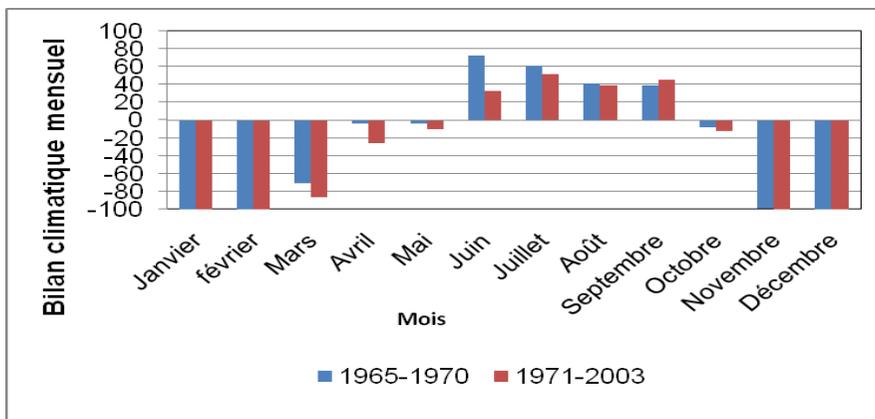


Fig. 5. Variabilité du bilan climatique sur les sous périodes 1951-1970 et 1971-2003 à Savè

De l’analyse de la figure 5, il ressort que le bilan climatique est excédentaire sur la sous-période 1951-1970 (sous période humide) et déficitaire sur la période 1971-2003 (sous-période sèche). Il faut noter que sur les deux sous périodes les mois de juin, juillet, août et septembre sont les plus humides. Cependant, les surplus d’eau ont diminué de 29,41% entre 1971-2003 par rapport à la sous-période 1965-1970. Cette diminution est plus marquée en juin avec un taux de 54,50%. La diminution du surplus pendant les mois humides va aussi entraîner une diminution de la recharge des eaux souterraines.

5.3-Caractéristiques hydrodynamiques des aquifères

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 706 forages ont permis de montrer les rapports entre différents paramètres tels que : épaisseur d’altération, débits fin de foration et productivité des forages/lithologie.

5.3.1-Epaisseur d’altération

En zone de socle, les fissures sont d’autant plus prononcées et productifs que l’épaisseur des altérites qui surmontent le substratum sain est plus importante. Le tableau I traduit l’épaisseur d’altération sur le tarissement des forages

Tableau 1. Influence de l’épaisseur d’altération sur le tarissement des forages

Epaisseur d’altération (EA en m)	EA ≤ 10	10 <EA ≤ 20	EA >20	Total
Nombre total d’ouvrages étudiés	221	429	56	706
Pourcentage (%)	31.33	60,67	8	100
Nombre d’ouvrages qui tarissent	111	22	15	148
Pourcentage (%)	75	14.58	10.42	100

Source

De l'analyse de tableau, il ressort que 68,67% des forages du département des collines ont une épaisseur d'altération supérieure à 10 m, et 31,33 ont une épaisseur inférieure à 10 m. Parmi les forages dont les épaisseurs sont supérieures à 10 m, 25% tarissent contre 75% des forages dont l'épaisseur d'altération est inférieure ou égale à 10 m. Le problème de tarissement des forages est plus observé sur les forages dont l'épaisseur d'altération est faible. Plus l'épaisseur l'altération est importante plus les ouvrages sont plus productifs.

5.3.2-Débit fin foration

D'après les normes de la Direction Générale de l'Eau issues du document de stratégie d'approvisionnement en eau potable en milieu rural, un forage est déclaré positif si son débit à la fin de la foration est supérieur ou égal à $0.7\text{m}^3/\text{h}$. La figure 6 montre le débit fin foration des 706 ouvrages dans le département des collines.

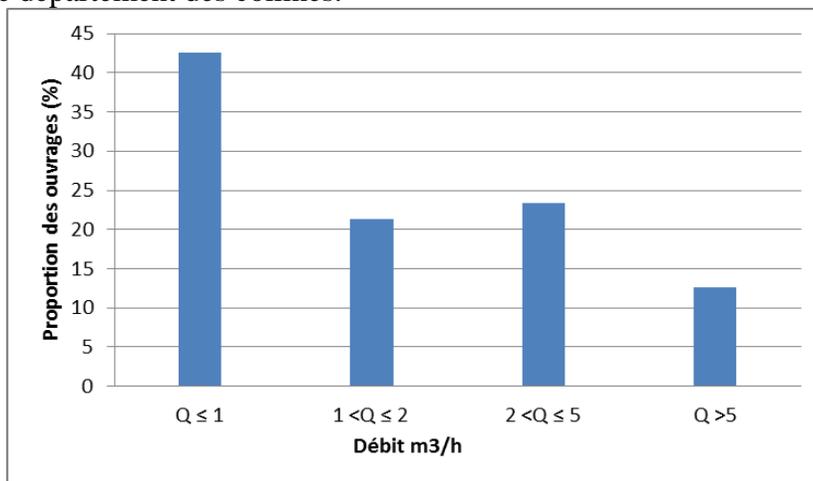


Figure 6 : Débit fin foration ouvrages dans le département des collines

L'analyse de cette figure montre que 64% des forages du département des collines ont un débit inférieur ou égal à $2\text{m}^3/\text{h}$ soit 452 forages. Parmi ces forages, 72,88 % tarissent. Les forages dont le débit est supérieur à $2\text{m}^3/\text{h}$ 36% soit 254 forages, 27,12% sont concernés par le problème de tarissement. Le risque de tarissement est plus grand quand le débit à la fin de la foration est faible.

5.3.2-Lithologie des forages du Département des Collines

Avant d'aborder l'influence de la lithologie sur le phénomène de tarissement dans le département des collines, on s'est intéressé d'abord à ce phénomène au niveau des formations géologiques du département des

collines. La figure 7 montre le taux de tarissement en fonction des formations géologiques

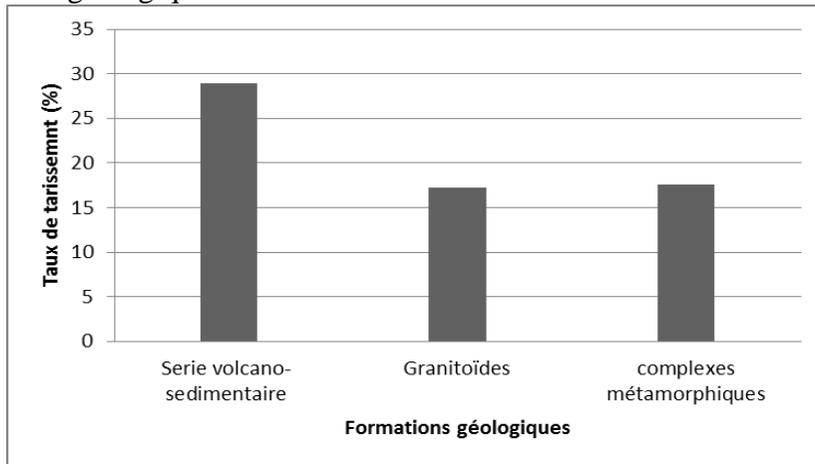


Figure.7 : Taux de tarissement en fonction des formations géologiques

De l’analyse de la figure 7, il ressort que 28,99% des forages réalisés dans les formations des séries volcano sédimentaires du département des collines tarissent contre respectivement 17,20% et 17,62% des formations granitoïdes et des complexes métamorphiques. Les forages réalisés dans les formations des séries volcano-sédimentaires sont beaucoup plus sensibles aux phénomènes de tarissement.

Une analyse approfondie a l’intérieure des formations géologique permet de constater que le phénomène de tarissement varie selon la lithologie des roches. Les figures 8, 9 et 10 montrent le taux de tarissement des forages en fonction de la lithologie des roches dans les différentes formations.

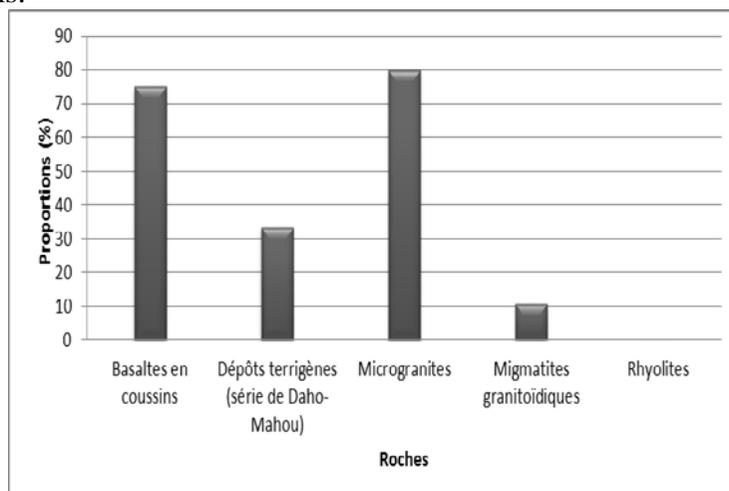


Figure 8 : Influence de la lithologie sur le tarissement des forages dans les formations des séries volcano sédimentaires

De l'analyse de la figure 8, il ressort que dans les formations des séries volcano sédimentaires, respectivement 80 et 75% des forages réalisés dans les microgranites et les basaltes en coussins tarissent. Il est nul dans les Rhyolites. Les forages réalisés dans ce type de roche sont plus productifs.

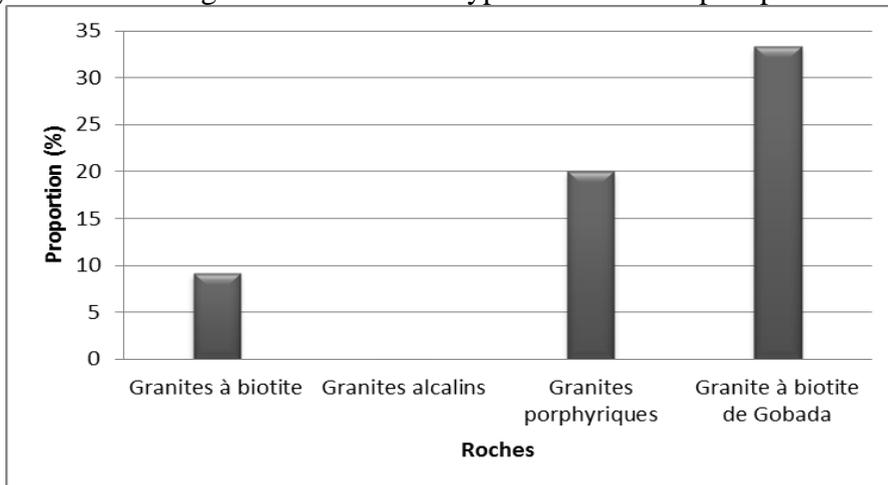


Figure .9 : Influence de la lithologie sur le tarissement des forages dans les formations granitoïdes

L'analyse de la figure 9, montre que, la plupart des forages qui tarissent sont dans les granites à biotite de Gobada dans la Commune de Savalou, pour les granitoïdes soit 33,33% et les granites porphyriques soit 20 %. Le taux de tarissement est faible dans le granite à biotite et nul dans le granite alcalins.

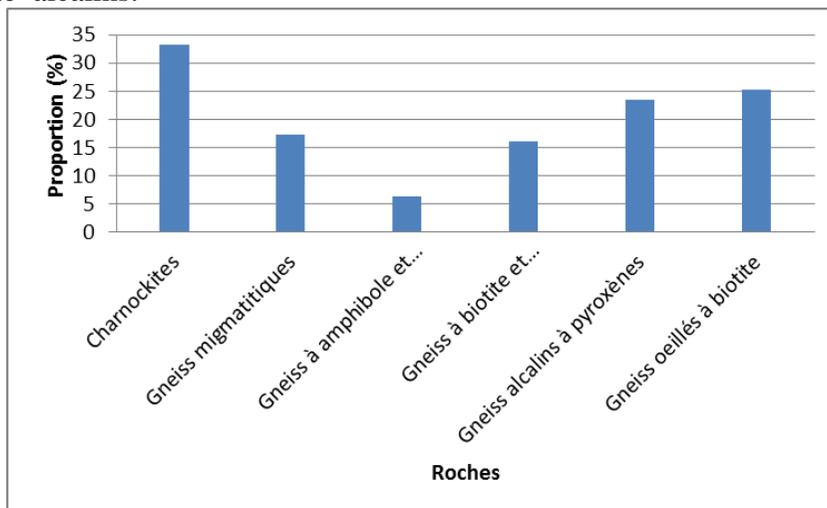


Figure.10.: Influence de la lithologie sur le tarissement des forages dans les complexes métamorphiques

L'analyse de la figure10, montre que les forages réalisés dans les Charnockites, les Gneiss ocellés à biotite et le granite alcalins à pyroxène ont un taux de tarissement soient respectivement 33,33%, 25,22% et 23.53 % pour les complexes métamorphiques.

En conclusion sur l'influence de la lithologie sur le tarissement des roches, il faut retenir que les forages réalisés dans les formations des séries volcano sédimentaires connaissent plus le problème de tarissement. Pour ce qui est de la lithologie, les forages réalisés dans les microgranites, les basaltes en coussins, les granites à biotite de Gobada, les charnockites et les gneiss ocellés à biotite sont les plus touchés par le phénomène.

Conclusion

Au terme de cette étude il faut retenir le problème de l'approvisionnement en eau potable se pose dans le département des collines par le tarissement des forages hydrauliques. Le tarissement est lié surtout à l'impact de la récession pluviométrique se traduisant par la baisse du niveau des nappes et une augmentation du coefficient de ruissellement. De même, les paramètres tels que l'épaisseur d'altération, le débit d'exploitation, la formation géologique et la lithologie sont des facteurs qui influencent sur le tarissement des forages en milieu de socle dans le département des Collines.

References:

1. N'G o, D. Goné, I. Savané. M. Goblé. (2004). Potentialités en eaux souterraines des aquifères fissurés de la région d'Agboville (Sud Ouest de la Côte d'Ivoire) : Caractérisation hydroclimatique et physique
2. ANTEA (2006). Rapport de mission sur l'hydrogéologie dans le Département des Collines, 35p
3. BOKO M., (2004). Gestion des risques hydro-climatiques et développement économique durable dans le bassin du Zou. Université d'Abomey-calavi/Laboratoire de Climatologie. 51p
4. Le BARBE, L., G. Alé, B. Millet. H. Texier, Y. Borel and R. Gualde (1993). Les ressources en eaux superficielles de la République du Bénin.
5. MEHU-PNUD (1999). Etude de la vulnérabilité de la région du Zou – Nord (Département des Collines) aux changements climatiques dans le secteur des ressources en eau : stratégies d'adaptation. MEHU-PNUD, Cotonou. 48p.
6. SORO, N.; Soro, G.; Ahoussi, K.E.; Saley, M.B.; Lasm, T. & Biemi J. (2007). Caractérisation spatio-temporelle des précipitations dans le «V» Baoulé (Centre de la Côte d'Ivoire) au cours de la période 1966-

2000. *Journal Africain de Communication Scientifique et Technologique*, 2: 89-108.
7. YAO. Th (2004). Hydrodynamisme dans les aquifères de socle cristallin et cristallophyllien du sud-ouest de la côte d'ivoire : cas du département de soubré. Apports de la télédétection, de la géomorphologie et de l'hydrogéochimie. These de Doctorat, université de Cocody (Côte d'Ivoire).