

## Contraintes d'approvisionnement en eau potable dans le département des Collines au Bénin

Yetongnon Judith Eric Georges<sup>1</sup>

Laboratoire Pierre Pagny, Climat, Eau, Ecosystèmes et Développement (LACEEDE)

Université d'Abomey Calavi (UAC), République du Bénin

### Résumé

L'eau est l'une des ressources naturelles les plus indispensables à la vie et au développement économique des populations humaines. Elle est l'un des biens communs qui se retrouvent au cœur de la fondation de la vie communautaire. Malgré le fait que l'accès à l'eau potable et à l'assainissement soit reconnu comme un droit de l'Homme depuis 2010, nombre de population de par le monde éprouvent des difficultés à accéder à une eau de bonne qualité. L'objectif de la présente recherche est d'analyser les contraintes liées à l'accès à l'eau potable dans le département des Collines au Bénin.

Pour y arriver, une approche méthodologique axée sur la collecte, le traitement et l'analyse des résultats a été adoptée. Les protocoles statistiques ont été mis à contribution pour estimer les paramètres d'accès à l'eau potable.

De l'analyse, il ressort que les puits modernes, les AEV et les FPM sont les principaux ouvrages d'accès aux ressources en eau souterraine. Plusieurs contraintes limitent les populations à un accès durable à l'eau. Le comportement du faciès géologique constitué du socle cristallin, les épaisseurs d'altération des couches, les débits de fin de forage, la lithologie des couches géologiques sont autant de contraintes géographiques qui entravent l'accès à l'eau potable dans le département. A ces contraintes s'ajoutent celles géographiques et financières. Une approche plus intégrée et transdisciplinaire s'avère indispensable pour un accès durable aux ressources en eau.

**Mots clés :** Contraintes, accès à l'eau, Département, collines, Bénin

## Drinking water supply constraints in Benin Hills Department

### Abstract

Water is one of the most essential natural resources for the life and economic development of human populations. It is one of the common goods which are found at the heart of the foundation of community life. Despite the fact that access to drinking water and sanitation has been recognized as a human right since 2010, many people around the world find it difficult to access good quality water. The objective of this research is to analyze the constraints related to access to drinking water in the Collines department in Benin.

To achieve this, a methodological approach focused on the collection, processing and analysis of the results was adopted. Statistical protocols were used to estimate the parameters of access to drinking water

From us analysis it appears that modern wells, AEVs; FPMs are the main access structures to groundwater resources. Several constraints limit populations to sustainable access to water. The behavior of the geological facies made up of the crystalline bedrock, the thicknesses of alteration of the layers, the end-of-drilling flow rates, the lithology of the geological layers are all geographic constraints which hinder access to drinking water in the department. In addition to these constraints, there are geographic and financial ones.

A more integrated and transdisciplinary approach is essential for sustainable access to water resources

**Keywords:** constraints, access to water, Department, hills, Bénin

<sup>1</sup> Corresponding author: [eyetongnon@yahoo.fr](mailto:eyetongnon@yahoo.fr)

## INTRODUCTION

L'eau est d'une importance biologique et économique capitale. L'hydrosphère est le fondement de la vie et des équilibres écologiques. L'eau est à la fois un aliment, éventuellement un médicament, une matière première industrielle, énergétique et agricole et un moyen de transport [1]. La maîtrise humaine des ressources en eau, comprise ici comme la capacité des sociétés à mobiliser et contrôler l'eau (douce) à travers l'espace et le temps, représente un formidable outil de développement socioéconomique durable [2].

La problématique de la gestion de l'eau se pose aujourd'hui en termes d'adaptation des techniques et approches d'exploitation et de la promotion du développement durable. En même temps que l'accès à l'eau potable et à l'assainissement est indispensable à la santé de l'homme, l'eau constitue un élément de l'amélioration de la santé et du développement économique.

L'accès à l'eau potable et à l'assainissement représente un combat quotidien pour des centaines de milliers de citoyens qui vivent principalement dans les pays en développement [3]. Selon le rapport de l'Organisation Mondiale de la Santé [4], 1,1 milliards de personnes soit 17% de la population mondiale n'ont pas accès à de l'eau potable et 2,6 milliards soit 42% de la population mondiale n'ont pas accès à un assainissement adéquat.

L'eau douce est une denrée qui devient de plus en plus rare dans beaucoup de régions du monde, notamment en Afrique subsaharienne [5] [6],[7]. Cette denrée qui ne représente que 2.5% du volume total de l'eau de la planète (97.5% pour l'eau salée) subit une forte pression pour la satisfaction des besoins de la population [8], [7]. La pression sur les ressources en eau douce va encore augmenter avec la forte croissance démographique, la nécessaire croissance de la production agro-alimentaire, le développement industriel et l'amélioration des conditions de vie. Malheureusement, tout ceci se passe dans un contexte climatique où la pluviométrie, principale pourvoyeuse de l'eau douce, présente de forte variabilité spatio-temporelle et une tendance à la baisse sur une grande partie de l'Afrique [9]

Malgré les efforts fournis par des acteurs impliqués dans le secteur de l'eau depuis la décennie 1990, le département des Collines est l'un des départements du pays où la question de l'eau potable se pose avec beaucoup d'acuité en raison de la configuration hydrogéologique qualifiée de zone hydrogéologique. Le département des Collines est sur le socle cristallin. L'existence de ce socle cristallin fait que la construction des forages n'est possible qu'au niveau des discontinuités (fractures, fissures) de la roche. C'est pourquoi la probabilité d'échec lors de construction des points d'eau modernes est très élevée, elle est supérieure à 40% .

## MILIEU D'ETUDE

Le département des Collines fait partie des douze (12) Départements de la République du Bénin. Il est situé entre 2° 10' et 2° 24' de longitude est et 7° 27' et 8° 46' de latitude nord. Il couvre une superficie de 13 931 km<sup>2</sup> 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'Ouémè, à l'Est par la République Fédérale du Nigeria et à l'ouest par la République du Togo (fig 1).

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 [10].

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, le département des Collines 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 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 Installé sur une pénéplaine modelée sur un socle précambrien, dahoméen composé du gneiss et de granite et dominée par des collines de 300 m en moyenne d'altitude. Les sols ferrugineux tropicaux, les sols hydromorphes à pseudo- gley sur sable, les sols minéraux bruts sur cuirasse et sur roche. Ces sols sont drainés par de nombreux cours d'eau permanents et temporaires dont les plus importants sont : le fleuve ouémè et la rivière Zou et l'okpara (Fig 3)

Le couvert végétal est dominé par une savane boisée ou arborée dominée par *Parkia biglobosa* (nééré), *Vitellaria paradoxa* (le karité), *Khaya senegalensis* (le caïllédrat : 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 huqeri* (palmier raphia), *Berlinia grandiflora*, *Anogeisus leiocarpa*.

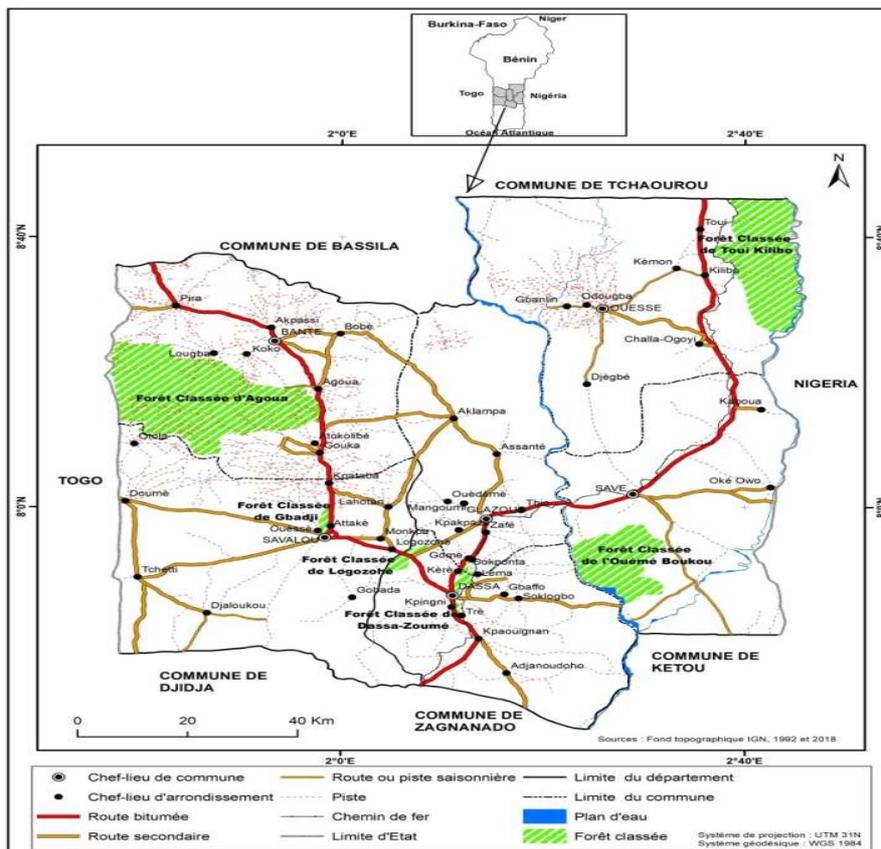


Fig1: Situation géographique du département des Collines

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

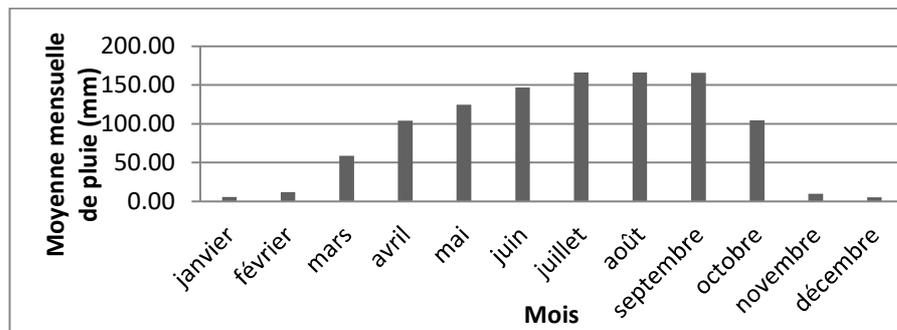


Fig2: Regime pluviométrique mensuel à Savalou de 1965 – 2008  
 Source: ASCENA 2008

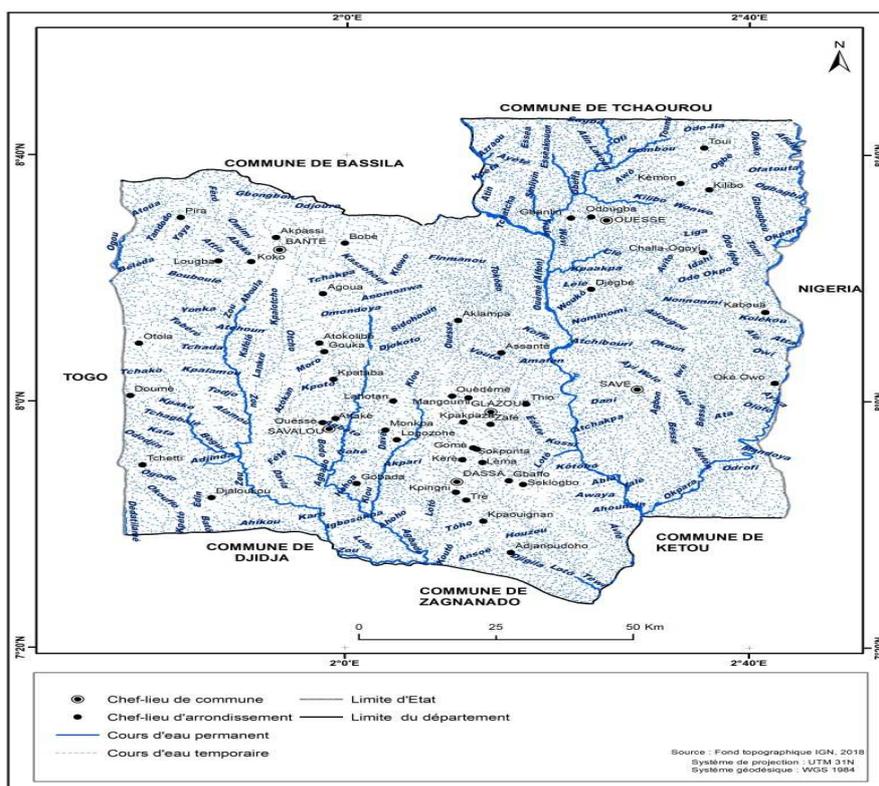


Fig 3: Réseau hydrographique du département des collines

**Approche méthodologique**

**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-Zoumè, Savalou, Bantè, Glazoué, Ouessé de la période de 1965 à 2008
- les températures maximales, minimales de l'air de la station de Savè de 1965-2008;
- 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.

Les différents problèmes d'accès à l'eau ont été abordés auprès des populations à l'aide des questionnaires élaborés à cet effet. Ainsi les enquêtes ont été menées auprès des populations et des personnes ressources. L'échantillon est déterminé à partir de la technique de choix raisonnée. La taille de l'échantillon est obtenue à partir de la formule de [11];

Au total 284 ménages ont été enquêtés sur l'ensemble des six communes du département des Collines. Cinq (5) personnes ressources par Commune ont été questionnées pour recueillir leurs avis sur les facteurs qui contribuent aux problèmes d'accès à l'eau.

**Méthodes de traitement des données**

Les données collectées ont été traitées à l'aide des protocoles statistiques. Ainsi, 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  $\bar{X}$  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 carrée de la variance :

$$\sigma(x) = \sqrt{V}$$

où V 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 :

$$x'_i = \frac{x_i - \bar{X}}{\sigma(x)}$$

où :  $x'_i$  = anomalie centrée réduite pour l'année i  
 $x_i$  = la valeur de la variable,

$\bar{X}$  = la moyenne de la série.

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

## Résultats

### Situation de l'approvisionnement en eau potable dans le département des Collines

L'essentiel de la ressource en eau potable des populations rurales du Département des Collines est issu des eaux souterraines contenues dans les aquifères du socle fracturé. Ces eaux sont captées à l'aide des forages et des puits à grands diamètres. Le recensement de tous les points d'eau potable du Département des Collines révèle qu'il y a 2143 points d'eau dont 1295 forages équipés de pompes à motricité humaine, 55 adductions d'eau villageoises avec 226 bornes fontaines, 356 puits modernes et 10 postes d'eau autonome soit un taux de desserte de 61 %. Ce taux de desserte en dessous du taux de desserte en eau potable en milieu rural qui est de 67 %. Ce faible taux d'accès à l'eau potable est dû à plusieurs facteurs dans le département.

### Facteurs hydrogéologiques

Le département des collines est recouvert par le socle cristallin et cristallophyllien. Ce substratum géologique est composé de roches métamorphiques et magmatiques. Ce sont des formations dures massives et donc imperméables à l'eau à l'état sain. Ces des roches volcano-sédimentaires et plutoniques anciennes du Cambrien et du Précambrien qui ont été soumises à un intense métamorphisme. Des granitoïdes, concordants ou discordants sont intercalés localement dans ces formations. Les roches les plus représentées du département sont les gneiss (migmatitiques, à biotite, ocellés.). Les autres roches sont des granites, des quartzites, les mylonites liées à l'accident de Kandi et enfin les séries volcano-sédimentaires de Daho-Mahou composées essentiellement de rhyolites, microsénites, microgranites et basaltes. La disponibilité des eaux souterraines dépend des caractéristiques hydrogéologiques du substratum géologiques. La figure 4 présente la facette géologique du département des Collines.

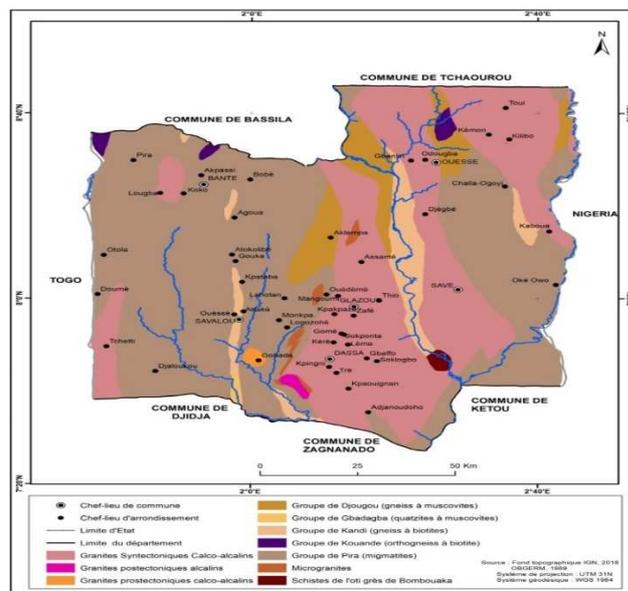


Fig 4 : Géologie des Collines

### Typologie des aquifères

Les aquifères de socle sont représentés par trois types de réservoirs : le réservoir d'altérites qui correspond aux arènes sablo-argileuses, le réservoir de fissures situé au-dessus de la roche saine qui traduit une zone partiellement altérée comportant de nombreuses fissures et diaclases généralement remplies de produits d'altération, et le réseau de fractures majeures qui affectent la roche mère [12]. Deux types de réservoirs d'aquifères sont identifiés dans les zones de socle.

Les aquifères dits « discontinus » peu perméables et très peu poreux sont nés des contraintes tectoniques qui ont développé au sein des roches résistantes des réseaux de fractures pour stocker et conduire les eaux d'infiltration. C'est la ressource en eau contenue dans ces aquifères discontinus qui est exploitée pour les forages hydrauliques.

Le deuxième réservoir aquifère, en continuité hydraulique avec le socle est issu des altérations des roches et formations meubles à prédominance argilo-sableuse. Ce réservoir supérieur est continu, très peu perméable, mais fortement capacitif ; il renferme plus de 95 % des ressources en eau stockées dans le système. Elles sont peu exploitées pour les forages hydrauliques mais assez sollicitées pour les puits à grand diamètre. La figure 5 présente la structure type d'un aquifère de socle cristallin.

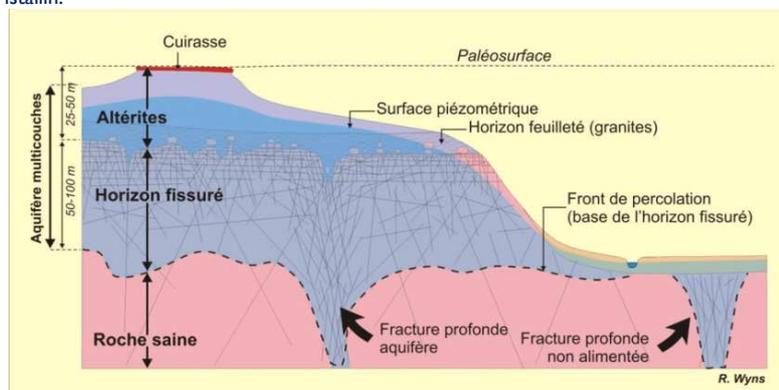


Fig 5: Structure type d'un aquifère du socle Source: Documentaire BRGM; 2005

### Épaisseur d'altération

Les épaisseurs d'altération des roches déterminent la disponibilité de l'eau dans les forages. En effet, dans les régions de socle, les fissures sont d'autant plus prononcées et productifs que l'épaisseur des altérites qui surmontent le substratum sain est plus importante. La figure 6 présente la proportion des puits qui tarissent en fonction de leurs épaisseurs d'altération.

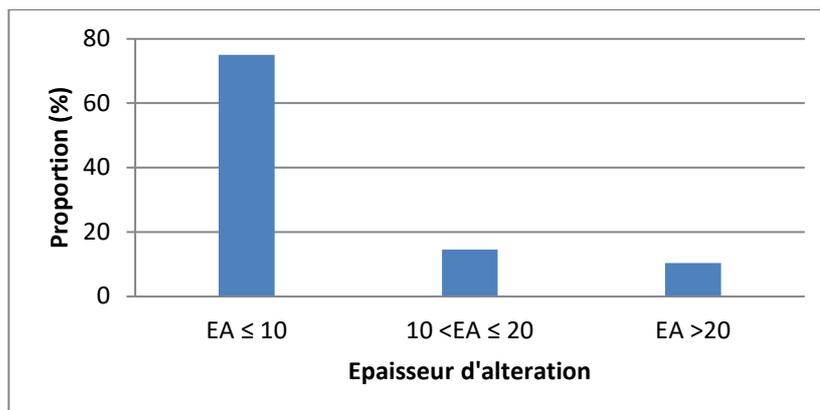


Fig 6: Influence de l'épaisseur d'altération sur le tarissement des forages

De l'analyse de la figure 6, il ressort que le taux de succès augmente en fonction de l'épaisseur de recouvrement pour toutes les formations géologiques dans le Département des Collines. Les forages qui tarissent vite soit (75 %) ont une épaisseur d'altération inférieure ou égale à 10 m. ce taux est 16 % pour les épaisseurs d'altération inférieures ou égale 20 m et de 10 % pour les recouvrements supérieurs à 20 m. Le problème de tarissement des forages est plus observé sur les forages dont l'épaisseur d'altération est faible.

### Débit des forages

Le document de stratégie d'approvisionnement en eau potable en milieu rural élaboré par la Direction Générale de l'Eau, stipule qu'un forage est déclaré positif si son débit à la fin du forage est supérieur ou égal à 0.7m<sup>3</sup>/h. Partant de cette norme, le problème de tarissement en fonction du débit de fin de forage. La figure 7 présente les résultats du tarissement en fonction des débits de fin de forage.

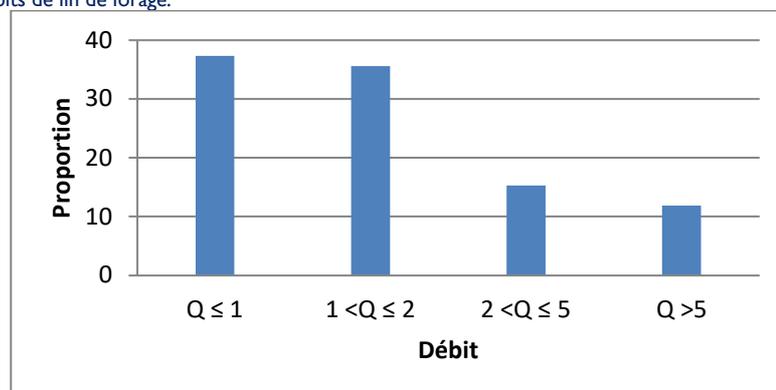


Fig 7: Influence du débit des forages sur le tarissement des forages

Les forages dont les débits sont inférieurs ou égal à 2m<sup>3</sup>/h sont plus affectés par les problèmes de tarissement soit 72,88 des forages contre 27 m<sup>3</sup>/h ne sont pas concernés par les problèmes de tarissement. Le risque de tarissement est plus grand quand le débit de fin de forage est faible. Cela pose ici le problème des débits énoncé à la fin des forages car le débit d'exploitation des forages est déterminé après les essais de pompage qui est à 90% inférieur au débit à la foration.

### Lithologie des sites des forages

Les facteurs lithologiques des formations du socle déterminent aussi la disponibilité de l'eau dans les forages. Ainsi une analyse de l'influence de la composition lithologique des formations sur le problème de tarissement a été faite tant au niveau des forages qui tarissent que sur ceux qui ne connaissent pas ce phénomène. Des résultats, il ressort que :

- Pour les formations des séries volcano sédimentaires, respectivement 80 et 75 % des forages réalisés dans les microgranites et les basaltes en coussins tarissent,

- Dans les autres formations, la plupart des forages qui tarissent sont dans les granites à biotite de Gobada pour les granitoïdes soit 33,33 % ; les Charnockites et les Gneiss oeilés à biotite soient respectivement 33,33 % et 25,22 % pour les complexes métamorphiques.

Les forages réalisés dans les microgranites, les basaltes en coussins, les granites à biotite de Gobada, les charnockites et les gneiss oeilés à biotite sont les plus touchés par le phénomène.

### Accessibilité géographique des points d'eau

L'accessibilité est une notion qui rend compte de la plus ou moins grande facilité avec laquelle on peut accéder à un service. Dans le contexte de la présente recherche, elle se décline en terme de disponibilité de la ressource, de permanence, de distance qui sépare le ménage de son point d'eau et de qualité.

### Contraintes liées à la distance

L'accessibilité ici se traduit en termes de la distance moyenne entre les ménages et leur point d'approvisionnement en eau potable. La figure 8 permet d'évaluer le temps moyen journalier consacré au transport de l'eau potable à domicile.

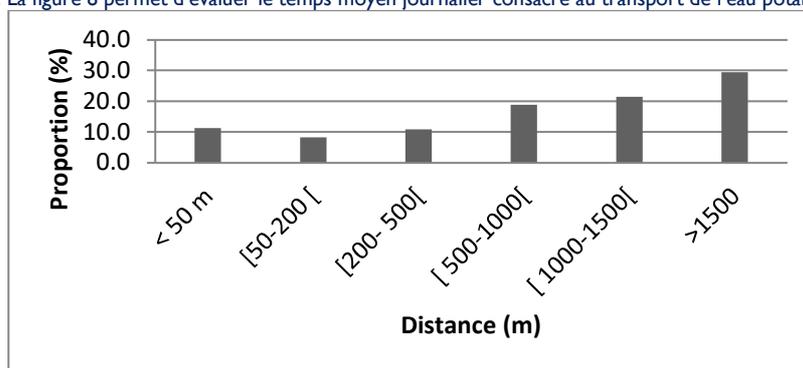


Fig 8: Distance séparant le point d'eau de la maison Source : Résultats d'enquête

Environ 30 % des ménages s'approvisionnent au niveau des point d'eau potables situés à une distance inférieure à 500 m. La distance moyenne entre les ménages et leur point d'approvisionnement en eau potable est de 420 m. Près de 40 % des ménages font entre 500 et 1500 m pour s'approvisionner en eau. De même que 30 % des ménages s'approvisionnement a un point d'eau situé à plus de 1,5Km de leurs maisons. En comparant cette distance moyenne avec la norme OMS (200 mètres), on peut dire que l'accessibilité des ménages du département des Collines aux points d'approvisionnement en eau potable est peu aisée. Ainsi, l'une des difficultés rencontrées par les populations est la distance non négligeable qu'elles parcourent pour s'approvisionner en eau potable. Elles perdent assez de temps surtout les femmes car elles font la corvée d'eau. Cette situation les rend vulnérables car elles disposeront de peu de temps pour s'occuper de leurs activités génératrices de revenu.

### Accessibilité financière

Le paiement de l'eau de consommation pèse lourdement sur le budget des ménages qui sont obligés souvent de consommer l'eau non potable ou s'approvisionner au niveau des ouvrages hydrauliques villageois quelle que soit la distance qui sépare le ménage du point d'eau pour les différents usages domestiques.

Le prix de vente varie selon l'unité de mesure, la source et le village. Mais le prix de la bassine de 25 litres varie entre 15 et 125 F au niveau des FPM, 25 F au niveau des BF contre 25 F voire 50 F pour l'eau des robinets SONEB.

D'un autre côté, un constat est que des ménages, malgré qu'ils soient abonnés et donc qu'ils aient l'eau potable à proximité, préfèrent utiliser l'eau de la SONEB juste pour la boisson. C'est l'eau de puits traditionnels qui sert aux autres usages domestiques.

Pour faire face à ce problème de manque d'eau et surtout de la distance, pendant la grande saison sèche, la plupart des hommes viennent en aide à leurs femmes en achetant des bidons (photo 1,2,3 ) et cherchent des pousse-pousse, charrettes, vélos, moto pour faciliter l'accès à une quantité considérable d'eau en un bref temps.



Photo 1: Approvisionnement en eau au niveau d'un forage à Bantè

Photo 2: Chariot de transport l'eau à Glazoué

Photo 3: Transport de l'eau à vélo à Savè

Prise de vue : Yetongnon,2008

## Discussions

Les aquifères d'altération jouent une fonction majeure dans le stockage de l'eau dans les régions de socle. En effet, comme l'affirme [13]. Les réserves d'eau souterraines sont emmagasinées dans la partie supérieure altérée, mais sont drainées par les fissures et les fractures sous-jacentes, ouvertes parfois sur de grandes profondeurs. De même, de nombreuses études montrent les réservoirs constituent un aquifère unique dont la fonction de stockage est assurée par les altérites et la fonction conductrice par les zones fissurées et fracturées [14] ;[15] ;[16]. Les aquifères les plus productifs correspondent ainsi généralement aux ensembles dans lesquels un horizon d'altération suffisamment épais formé de matériaux grossiers est drainé par une zone de fissuration et/ou de fracturation.

Le taux de tarissement précoce des forages est plus élevé que la couche de l'épaisseur d'altération des couches est faible. C'est dire que l'épaisseur des couches altération est fonction de la productivité des forages. Cette logique d'hydrogéologie des zones de socle a été vérifiée par d'autre auteurs tel que [13] et [17] qui affirme que la productivité des forages augmente avec l'épaisseur des altérites sur les roches cristallines et cristallophylliennes où les débits d'exploitation moyen et fort ( $Q > 2m^3/h$ ) se rencontrent généralement dans les zones dont les épaisseurs altérites sont comprises entre 10 et 40 m dans la région de Agboville en Côte d'Ivoire. Ces résultats sont conformes à ceux obtenus au Burkina Faso [18].

Les contraintes d'accès à l'eau sont multiformes et dépendent aussi bien des conditions anthropiques que naturelles. En effet, dans le département des Collines, les ressources en eau sont confrontées non seulement à la pression démographique mais aussi aux effets des changements climatiques et aux conditions géomorphologiques. Ces différents facteurs rendent difficiles et pénibles l'accès aux eaux souterraines. Ces facteurs ont été abordés par [17] en Côte d'Ivoire, avec la croissance rapide de la population, les effets du réchauffement climatique et la pollution des eaux de surface, l'on est confronté à de véritables problèmes d'approvisionnement en eau potable dans les zones de socle, qui occupent 97,5 % de la superficie du territoire.

La distance parcourue pour accéder à un point d'eau est un indicateur d'accès à l'eau potable car plus la distance est longue plus les populations consacrent le temps à la corvée de l'eau ce qui réduit le temps à consacrer à d'autres activités. 70 % des ménages dans le département parcourent plus de 500 m avant de s'approvisionner en eau potable. A titre de comparaison, l'étude réalisée à Ouagadougou par [19] a révélé que les ménages parcouraient en moyenne 350 mètres pour s'approvisionner directement au point d'eau collectif. Si l'on se réfère à la typologie de [20], selon laquelle une accessibilité raisonnable ou relativement bonne à l'eau se définit comme le fait de disposer d'un point d'eau potable à 100 mètres, on trouve alors qu'environ deux ménages sur 10 (15 %) seulement accèdent facilement à l'eau potable.

## Conclusion

La présente recherche a permis d'analyser les différentes contraintes qu'éprouvent les ménages du département des Collines dans l'accès à l'eau potable. Les conditions d'accès à l'eau restent marquées par plusieurs contraintes notamment les facteurs hydrogéologiques à travers les caractéristiques des aquifères du socle. Le taux de tarissement des ouvrages varie ainsi à travers l'épaisseur d'altération des couches, les débits de fin de forage, la lithologie des couches. L'accessibilité géographique a abordé les contraintes liées à la distance et les contraintes financières qui conditionnent les modalités d'accès aux ressources en eau. Les recherches multidisciplinaires doivent donc être effectuées afin de déterminer les zones de grande faille où les couches d'altération sont importantes.

### Références bibliographiques

- [1] Festy, B., Hartemann, P., Ledrans, M., Levallois, P., Payment, P., & Tricard, D. (2003). Qualité de l'eau. Environnement et santé publique-Fondements et pratiques, 333-368.
- [2] Grey, D. et C.W. Sadoff, (2006), Water for Growth and Development, document thématique présenté au IVe Forum mondial de l'eau (Mexico, Mexique, 16-22 mars 2006), Mexico, CONAGUA, 44 p.
- [3] Grelle, M. H., Kabeyne, K., Kenmogne, K., Tatietsé, T., & Ekodeck, G. E. (2006). L'accès à l'eau potable et à l'assainissement dans les villes des pays en développement: cas de Basoussam (Cameroun). Vertigo-La revue électronique en sciences de l'environnement, 7(2).
- [4] UN-WATER/WWAP., (2006). L'eau, une responsabilité partagée. Résumé du 2ème Rapport Mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau. Un water. 52 P.
- [5] PAQUEROT S (2005). Eau douce : la nécessaire refondation du droit international, Puq.
- [6] AMISIGO B (2006). Modellingriverflow in the Volta Basin of West Africa: a data-drivenframework, number 34, Cuvillier Verlag.
- [7] BARON C (2009). L'eau en Afrique : disponibilité et accès, Futuribles 359, 33-56.
- [8] OMM and UNESCO (1997). Y aura-t-il de l'eau sur la terre, OMM Nr 857.
- [9] PATUREL J, BOUBACAR I, L'AOUR A et MAHÉ G (2010a). Analyses de grilles pluviométriques et principales traits des changements survenus au 20 ème siècle en Afrique de l'Ouest et Centrale, Hydrological Sciences Journal-Journal des Sciences Hydrologiques 55(8), 1281-1288.
- [10] 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
- [11] Schwartz D. (1995) : Méthodes statistique à l'usage des médecins et des biologistes. 4è édition, Editions médicales, Flammarion, Paris, 314 p.
- [12] Ouedraogo M. (2019) Caractérisation des aquifères de socle pour l'amélioration de la productivité des forages d'hydraulique villageoise dans le bassin versant du Bandama blanc amont (Nord de la Côte d'Ivoire). Géophysique [physics.geo-ph]. Université Paris Saclay (COMUE), 2016. Français. ffNNT : 2016SACL5442ff. fftel-02100659v2f
- [13] Boukari, M., Akiti, T. T., & Assoma, D. (1984). L'hydrogéologie de l'Afrique de l'Ouest. Synthèse des connaissances Socle cristallin et cristallophylien et sédimentaire ancien, 2e édition, 147pp.
- [14] Savadogo, N. (1984). Géologie et hydrogéologie du socle cristallin de Haute-Volta: Etude régionale du bassin versant de la Sissili (Doctoral dissertation).
- [15] Nakolendousse, S. (1991). Méthode d'évaluation de la productivité des sites aquifères au Burkina Faso: géologie, géophysique, télédétection (Doctoral dissertation, Université Joseph-Fourier-Grenoble I).
- [16] Koussoubé, Y. (2010). Hydrogéologie des séries sédimentaires de la dépression piézométrique du Gondo (bassin du Sourou): Burkina Faso/Mali (Doctoral dissertation).
- [17] N'GO, D. Goné, I. Savané. M. Goblé. (2005). Potentialités en eaux souterraines des aquifères fissurés de la région d'Agboville (Sud Ouest de la Côte d'Ivoire) : Caractérisation hydroclimatique et physique
- [18] Sourisseau, B. (1981). Hydraulique villageoise dans le département du Sahel (Haute Volta). Rapport final, Rép. de Haute Volta, BRGM.