

AMELIORATION DE LA PRODUCTIVITE DES FORAGES HYDRAULIQUES DES AQUIFERES DE SOCLE DANS LES 4E ET 8E ARRONDISSEMENTS DE BANGUI

Raoul Ludovic ZAGUY-GUEREMBO, Marcel KEMBE, Jean-Claude BOMBA, David Christian VONTO, DJEBEBE DJIGUIM Chantal Laure – Enseignants chercheurs à l'Université de Bangui.

rgzaguy@gmail.com. / marcelkembe@yahoo.fr. / jcbomba@hotmail.com. / vonto@yahoo.fr. / djiguimlaure@yahoo.fr

Auteur correspondant : rgzaguy@gmail.com

Submitted: 2021-07-24

valued: 2021-10-25

validated: 2021-11-15

Résumé :

Les arrondissements situés au nord de la ville de Bangui sont sujets à de grandes difficultés en termes d'alimentation en eau potable. Un moyen de diversifier les ressources est l'exploitation rationnelle des eaux souterraines situées à proximité de la zone urbaine où deux types d'aquifères existent, un aquifère superficiel dans les niveaux latéritiques et un aquifère en profondeur dans les niveaux carbonatés du Précambrien. L'amélioration de la productivité des forages hydrauliques des aquifères révèle une très forte dépendance aux conditions hydrologiques de recharge en eau. L'aquifère profond est, quant à lui, dans des conditions semi-confinées et assez bien isolées des influences anthropiques. Les caractéristiques géologiques sont connues au sein d'un réservoir de taille importante et sur une superficie notable autour de la zone urbaine de Bangui. En combinant les deux approches, géologique et hydrogéologique, il apparaît que le sous-sol de ces arrondissements est favorable au développement d'un approvisionnement en eau durable par les eaux souterraines.

Mots-clés : Arrondissement – Aquifère - Bangui - Approvisionnement en eau - hydrogéologique.

Abstract

The north Bangui boroughs are subject to large difficulties in drinking water supply. A means of diversifying resources is to operate more closely undergrounds areas near the urban area. Two types of aquifer exist, a surface aquifer in the lateral levels and a defective aquifer in the carbonate levels of the Precambrian. Hydrogeological characteristics reveal a very high dependence on hydrological recharge condition. The deep aquifer is, in the case of him, under semi confined and quite well- isolated condition of anthropogenic influences. Geological characteristics are in favor of a more homogeneous recharge, within a significant tank and on a notable area. By combining the two geological and hydrogeological approaches, it appears that the ground base of its borough is supportive of the development of sustainable water supply by groundwater.

Keywords: Borough – Aquifer - Bangui, Water supply, Hydrogeology.

Si cet article vous intéresse, vous pouvez le [télécharger gratuitement](#) ici.

Pour citer cet article : ZAGUY GUEREMBO, Raoul Ludovic et al., 2021, « Amélioration de la productivité des forages hydrauliques des aquifères de socle dans les 4^e et 8^e arrondissements de Bangui », *Annales de l'Université de Bangui*, série A, n° 16, décembre [en ligne : www.surandara-ub.org/annales/]

Introduction

Dans un pays en voie de développement comme la République Centrafricaine, les questions de l'accès à l'eau potable pour l'alimentation des populations figurent parmi les défis les plus importants à relever. Les principales ressources en eaux disponibles sont les eaux de surface et les eaux souterraines. La qualité bactériologique et physico-chimique des eaux de surface n'est pas souvent garantie. Ces eaux nécessitent souvent des traitements onéreux que ne peuvent se permettre les communautés à faible revenu (Djebebe, 2014). C'est dans ce contexte que les eaux souterraines représentent un sérieux potentiel à explorer.

En effet, les recherches dans le domaine de l'eau dans le socle avaient été longtemps orientées vers une meilleure connaissance des aquifères fissurés dont la particularité est d'être presque insensible aux fluctuations climatiques saisonnières d'une part, et d'autre part, d'être moins exposés aux phénomènes de pollution.

En contexte d'approvisionnement en eau, les questions qui se déclinent sont essentiellement la quantité d'eau stockée dans les différents horizons et leurs potentiels de production. Il est donc nécessaire d'améliorer les connaissances relatives à cette ressource afin de mieux organiser sa mobilisation pour la population.

Ce travail s'inscrit dans la problématique de l'approvisionnement de la ville de Bangui en eau à partir des aquifères de socle. Les taux de réussite dans la recherche de forte productivité sont limités. La connaissance de l'aquifère reste en général réduite et la pérennité d'eau potable demeure souvent un mystère.

C'est dans ce sens que cet article porte sur l'amélioration de la productivité des forages hydrauliques des aquifères de socle dans le 4^e et le 8^e de Bangui. L'objectif en est d'apporter une contribution à l'amélioration de l'accès à l'eau potable dans le 4^e et le 8^e arrondissements de Bangui. Les analyses statistiques des débits permettront d'établir les liens éventuels entre les différents paramètres et la productivité des forages.

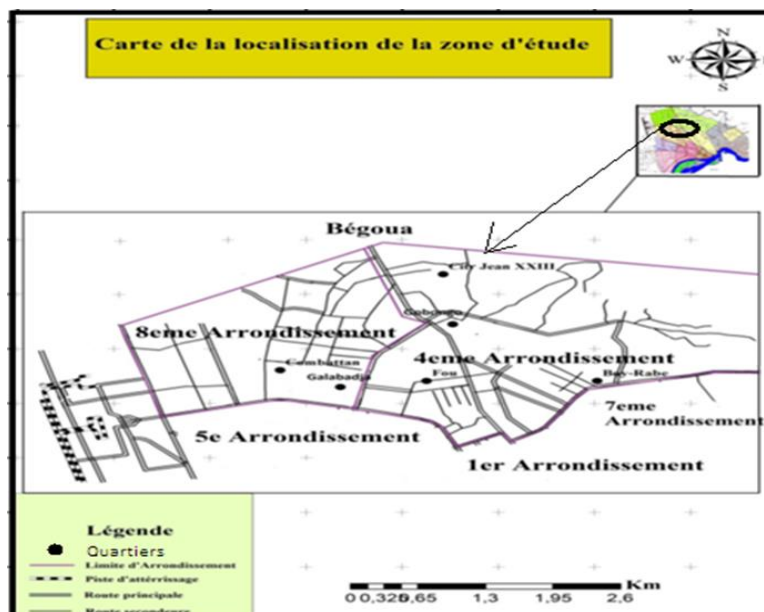
Les résultats de cette étude pourront permettre à l'Agence Nationale de l'Eau et de l'Assainissement (ANEA) d'améliorer les conditions d'accès à l'eau potable dans la zone.

1. Généralités sur les caractéristiques de la zone d'étude

1.1. Présentation de la zone d'étude

Bangui est la Capitale et la plus grande ville du pays, elle compte 8 arrondissements. Les plus touchés par la pénurie d'eau sont le 4^e, le 6^e et le 8^e arrondissements. L'étude concerne les 4^e et 8^e arrondissements qui sont limités au Nord par la Commune de Bégoua, au Sud par les collines de Bas Oubangui, au sud-ouest par l'avenue des Martyrs et à l'Est par l'aéroport de Bangui M'Poko (Fig. 1)

Fig. n°1 : Zone d'étude



Sources : Auteurs, 2021

1.2. Besoins en eau potable

Il faut boire l'eau en pensant à sa source, dit-on, mais en République Centrafricaine, la réalité est tout autre. L'eau potable reste jusque-là une denrée rare. Aucun quartier Nord de Bangui n'en est épargné, même si les spécificités diffèrent d'un arrondissement à l'autre. La Société de Distribution d'Eau en Centrafrique (SODECA), seule structure nationale qualifiée dans la distribution de l'eau potable sur l'ensemble du territoire, n'arrive pas à satisfaire le besoin de la population.

L'accès à l'eau de la SODECA est difficile. Pour avoir de l'eau saine pour la consommation, certaines femmes et des enfants se lèvent à 3 heures du matin pour affronter une longue file d'attente devant les divers points d'eau de leurs localités respectives. En saison sèche, l'unique station de pompage d'eau de la SODECA éprouve des difficultés techniques pour fournir de l'eau. La baisse du niveau de l'Oubangui associée à la vétusté ne facilite pas la tâche. Pour tenter de résoudre ce problème, un projet de 100 forages dans la ville de Bangui a été lancé. Les quartiers Nord sont également bénéficiaires, mais le nombre de forages reste encore insuffisant.

Le réseau de distribution d'eau de la SODECA qui date des années 1970-1980 (Nguimalet, 2004) n'est plus en mesure de répondre de façon optimale et efficace aux besoins d'alimentation en eau de la population de la ville de Bangui.

1.3. Géologie de la région

Le site de Bangui se compose des formations de couverture et des formations du socle, comme dans toute la République Centrafricaine. La couverture comprend des grès et conglomérats, des

schistes argileux et du sable, alors que le socle est formé de grès quartzitiques, de schiste quartzueux et de calcaire (Mestraud, 1982), (Cornachia et Giorgi, 1985). Les formations de couverture comportent des séries sédimentaires tertiaires et quaternaires.

Un aquifère est une nappe d'eau souterraine contenue dans un sol ou une roche réservoir originellement poreuse ou fissurée, et suffisamment perméable pour que l'eau puisse y circuler librement. Autrement dit, c'est une formation géologique contenant de façon temporaire ou permanente de l'eau et capable de la restituer naturellement et/ou par exploitation. On distingue :

- Les aquifères poreux : l'eau est contenue dans les pores ouverts de la roche et peut y circuler librement (sables, graviers, grès, etc.) ;
- Les aquifères fissurés : l'eau est contenue et circule dans les failles, fissures ou diaclases de la roche (calcaires, granites, quartzites, etc.) ;
- Les aquifères karstiques : ce sont des systèmes complexes particuliers associant une zone superficielle plus ou moins fissurée et insaturée (en eau) servant de zone d'infiltration et une zone inférieure fissurée présentant également des conduits, grottes, etc.

Cette zone est saturée en dessous d'un certain niveau et l'eau y circule à une grande vitesse par rapport aux systèmes poreux (Dictionnaire géologique, (Castany, 1979) et (Margat, 1990).

2. Matériels et méthodes

Il existe différentes méthodes de prospection des nappes d'eaux, allant de la plus rudimentaire, mais néanmoins intéressante pour les communautés disposant de faibles moyens comme celle de Sourcier, à la plus sophistiquée comme l'analyse préalable de photos satellitaires.

2.1. Méthode traditionnelle (méthode du Sourcier)

C'est une méthode traditionnelle de recherche d'eau souterraine, le principe consiste à :

- Choisir une baguette, par exemple en forme de « Y » formée par les bâtons d'un arbre, souvent un manguier.
- Positionner la baguette entre ses doigts de façon à amplifier les sensations ressenties et voir si elle bouge et se retourne (ou se croisent) à l'endroit présumé.
- Réaliser des profils qui se recroisent afin de déterminer les zones les plus intéressantes.

La méthode du Sourcier est celle choisie par l'ANEA car elle ne nécessite pas de moyens financiers substantiels. Mais pour cet article, nous avons utilisé les informations enregistrées par l'équipe de foration sous forme de base de données à l'ANEA et ce qu'on a recueilli lors de sorties de terrain pour caractériser l'aquifère de socle de la zone.

2.2. Techniques de forages

Plusieurs techniques de forages d'eau ont été développées en fonction du type d'ouvrage recherché et du contexte géologique. Nous retiendrons ici la technique courante de forage d'eau, le forage Rotary à boue et *Rotary air lift* qui est l'une des techniques utilisées à l'ANEA. Le

forage Rotary à boue encore appelé forage à *Polycol* sert à remonter des *cuttings* pour le colmatage et la stabilisation des parois pour une bonne lubrification et refroidissement du train de tiges et de l'outil. Le Forage *Rotary aire lift* ou Air comprimé lubrifié sert à remonter des *cuttings* à soufflage.

2.3. Equipement

Le but du forage d'eau est le prélèvement de la ressource en eau et ce de façon optimale. Pour cela, l'équipement installé dans le forage doit être adapté au diamètre du forage, au débit souhaité, à la nature du sous-sol et aussi permettre l'exploitation de l'ouvrage de façon pérenne et productive.

L'ouvrage doit être équipé en tubage plein qui a pour but : de maintenir les parois du forage, d'isoler les arrivées d'eau non captées, d'accueillir la pompe et en tubage à crépine dont le but principal est de drainer la formation aquifère en limitant la migration de particules solides. Pour augmenter la durée de vie du forage, il est recommandé d'attacher en bas de la crépine un décanteur d'un ou deux mètres de long, dans lequel les particules de l'aquifère rentrant dans le forage pourront décanter, sans bloquer la crépine, ni la pompe.

2.4. Matériaux utilisés

2.4.1. Le massif filtrant (gravier)

Le massif filtrant remplit l'espace entre l'aquifère (les particules de sable) et la crépine (empêchant ainsi les parois du forage de s'écraquer contre la crépine) et sert à filtrer les fines particules du sable pour les empêcher de pénétrer dans le forage.

2.4.2. Le joint d'étanchéité sanitaire

En forant à travers la couche imperméable, il se crée une connexion (un passage) entre le premier et le second aquifère. Le joint d'étanchéité sanitaire a pour fonction d'isoler la première nappe de la seconde, il est fait en ciment et va sceller à nouveau (refermer) la couche imperméable. Au cours de ces différents travaux, des informations nécessaires ont été enregistrées.

2.5. Données de forages

La base de données de forages, essentiellement constituée de 15 forages réalisés par l'ANEA dans le cadre des campagnes d'hydraulique villageoise entre 2017 et 2019 dans les quartiers nord de Bangui, comporte des dossiers techniques des ouvrages. Chaque forage ayant son dossier technique est identifié par :

- sa fiche d'implantation donnant des informations sur sa situation (arrondissement, quartier) et son repérage (coordonnées géographiques);
- sa coupe géologique ;
- sa fiche technique faisant l'inventaire des paramètres et caractéristiques de l'ouvrage (profondeur, débit, arrivées d'eau, niveau statique, géologie, géomorphologie, etc.) ;
- sa fiche d'essai de pompage.

La piézométrie a pour objectif de suivre l'évolution de la variation du niveau de la surface libre de la nappe (sa fluctuation) et d'élaborer la carte piézométrique. Elle a été réalisée à l'aide de sondes piézométriques manuelles. L'examen des fluctuations piézométriques permettra de montrer la variation temporelle de la piézométrie et d'apprécier l'impact des retenues d'eau des bas-fonds, de la variabilité climatique et de l'anthropisation sur le niveau de la nappe

2.6. Logiciels de traitement

Les logiciels utilisés dans cette étude sont l'ArcGIS pour confectionner des cartes. Le convertisseur ink est utilisé pour la conversion des coordonnées pris par GPS et Excel. Il a aussi servi pour la statistique des données de forage. En ce qui concerne le matériel technique de terrain, nous avons utilisé le GPS pour prendre les coordonnées géographiques des différents points d'eau ainsi que les cotes au niveau du sol. Les hauteurs d'eau dans les forages sont mesurées à l'aide d'un piézomètre à sonde électrique sonore.

3. Résultats

3.1. Analyse statistique des données de forages

3.1.1. Caractéristiques des ouvrages

Tableau n°1 : Données des caractéristiques hydrogéologiques des forages du 4^e arrondissement

Localité	X coord (Degré)	Y coord (Degré)	Débit m ³ /h	Profondeur (m)	Niveau statique	Niveau dynamique (m)	Réservoir
Combattant (F6)	8.534000	4.539527	0,4	36	17		Gravier
Base Militaire M'Poko 1 (F8))	18,5249	4,3919	3	73,22	3,78	39,34	Calcaire
Base Militaire M'Poko 2 (F15)	18,5277	4,3893	2,5	37,28	2,94	17,86	Calcaire
Base Militaire M'Poko 3	18,5212	4,3893	8	53,16	5,63	24,09	Calcaire
Base Militaire M'Poko 4 (F9)	18,5234	4,4055	5	31,16	3,15	7,85	Calcaire

Source : ANEA et Travaux de terrain (2021)

Tous les résultats des travaux de foration sont résumés dans les tableaux n° 1 et 2. Les ouvrages ont des profondeurs comprises entre 27,33 à 75,44 m pour une moyenne de 46,42 m. Il faut noter que le phénomène d'éboulement est fréquent pour les travaux réalisés dans les zones sédimentaires. On peut se référer aux coupes des forages où la profondeur forée n'est pas forcément égale à la profondeur équipée. Du point de vue débit, il reste entre 0,3 et 25 m³/h pour une moyenne de 4,9 m³/h. L'intervalle pour les niveaux statiques est de 1 à 20 m et la moyenne donne 13,08 m.

Pour citer cet article : ZAGUY GUEREMBO, Raoul Ludovic et al., 2021, « Amélioration de la productivité des forages hydrauliques des aquifères de socle dans les 4^e et 8^e arrondissements de Bangui », *Annales de l'Université de Bangui*, série A, n° 16, décembre [en ligne : www.surandara-ub.org/annales/]

Tableau n°2 : Données des caractéristiques hydrogéologiques des forages du 8^e arrondissement

Localité	X coord (Degré)	Y coord (Degré)	Débit m³/h	Profondeur (m)	Niveau statique	Niveau dynamique (m)	Réservoir
Gobongo II (F5)	18,53826	4,42283	0,6	38,25	20		Altérite
Cité jean 23	18,55565	4,40428	25	27,33	1		Quartzite
Dedengue	18,55696	4,40909	8,5	39,42	12,55		Quartzite
Boy-Rabe (F01)	18,5625	4,440301	0,5	75,44	24,40		Quartzite
Gbafio F7	18,5715	4,4022	2	53	20,45	23,95	Schiste
Gobongo (F11)	18,54978	4,41744	8,5	54,58	12,41		Schiste
Ndress II (04)	18,57555	4,41055	0,5	61,3	12		Quartzite
Monaster	18,57638	4,41055	7	35,4	4,4		Quartzite
Gobongo (F 02)	18,57722	4,42166	2	43,3	12		Quartzite schiste
Gobongo (13)	18,86666	4,77222	0,3	37,55	16		Schiste

Source : ANEA et travaux de terrain, 2021

3.1.2. Classification des débits dans la zone d'étude

L'étude des paramètres des forages permet de distinguer différentes classes de débits sur différents secteurs de la zone d'étude selon les critères de la classification du Comité Interafricain des Etudes Hydraulique (CIEH).

Tableau n°3 : Les critères de la classification du C.I.E.H

Classe de débit (Q)	
Q ≤ (1)	Très faible
1 < Q ≤ (2,5)	Faible
2.5 < Q ≤ (5)	Moyen
Q > 5 ()	Elevé

Source : ANEA et travaux de terrain, 2021

Une analyse statistique a été menée à partir de données de 15 forages réalisés dans les quartiers nord de Bangui. Les paramètres statistiques qui caractérisent ces forages sont consignés dans les tableaux n°1 et 2. Sur l'effectif de 15 forages, 5 forages, soit 33,33%, ont un débit inférieur à 1. Ce débit est considéré comme un débit très faible par le CIEH. 33,33% des débits sont supérieurs à 5. Ils sont donc considérés comme de débits forts par le CIEH. Le débit faible ($1 \leq Q \leq 2$) représente 20% et le débit moyen 13,33%.

Dans les quartiers nord de Bangui, les profondeurs des forages réalisés varient entre 27,33m et 75,44m avec une profondeur moyenne de 46,42 m. Pour ce qui est de l'épaisseur d'altération, avec un minimum de 0,5 m, le maximum d'altération culmine autour de 47 m. Enfin les profondeurs de fractures hydrauliquement actives caractérisées ici par les profondeurs de venues d'eau varient entre 13 m et 68 m.

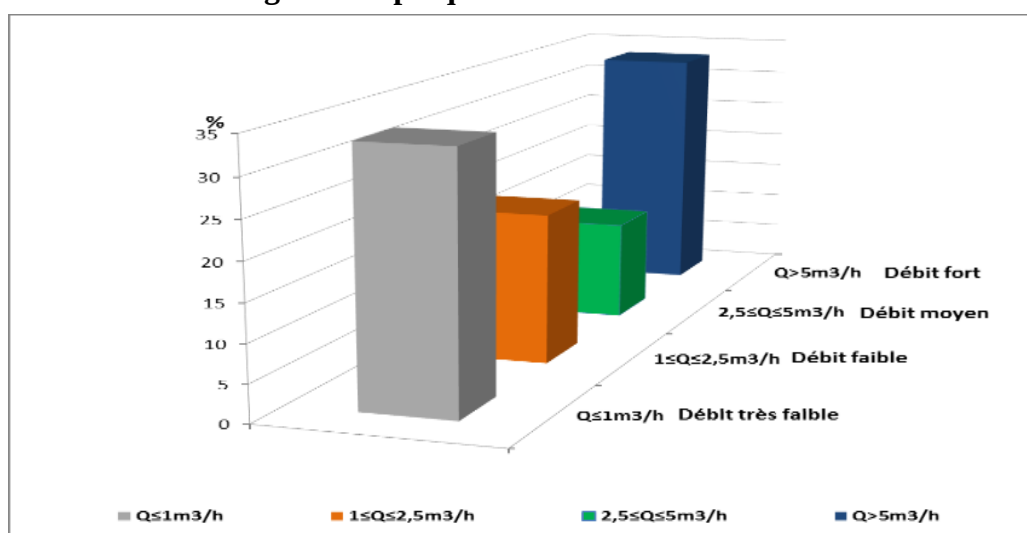
3.1.3. Débits des forages

Le débit des forages varie entre 0,3 à 25m³/h, avec une moyenne de 4,9m³/h. La classification selon les critères du Comité Interafricain des Etudes Hydraulique (CIEH) montre que : les débits faibles, moyens et forts représentent 66,66% des forages dans la zone. C'est seulement 33,33% des forages qui sont négatif ($Q < 1$ m³/h). Le socle de la zone d'étude présente donc une productivité relativement modeste pour toutes les lithologies présentes dans la zone.

Tableau n°4 : Classes des débits dans la zone d'étude

$Q \leq 1 \text{ m}^3/\text{h}$	$1 \leq Q \leq 2.5 \text{ m}^3/\text{h}$	$2.5 \leq Q \leq 5 \text{ m}^3/\text{h}$	$Q > 5 \text{ m}^3/\text{h}$
33.33%%	20%	13.33%	33.33%

Fig. 3 : Graphique de la classification des débits



Sources : Auteurs, 2021

3.1.4. Productivité des formations géologiques

Les roches du socle forées appartiennent principalement à trois grandes catégories : les schistes, les quartzites et les calcaires.

Trois forages ont été réalisés dans les schistes, quatre dans les quartzites, quatre forages dans les calcaires et deux dans les altérites.

Pour un total de cinq forages captant l'horizon fissuré des schistes, 20% fournissent des débits forts, 40% fournissent des débits faibles et 40% des débits très faibles.

Dans l'horizon fissuré des quartzites pour un total de six forages, 50% fournissent des débits forts ($Q > 5m^3/h$), 16% des débits très faibles ($Q < 1m^3/h$) et 33,33% de débit très faibles.

Dans les calcaires, pour un total de quatre forages, 25% fournissent des débits forts, 50% des débits moyens et 25% des débits faibles. Les ouvrages captant l'eau dans les altérites ne sont pas productifs (100% débit très faible). Enfin dans les schistes on observe 66,66% de taux de succès (pourcentages de forage à débit supérieur ou égal à $1m^3/h$), dans les quartzites 75% de taux de succès et dans les calcaires 100% de taux de succès.

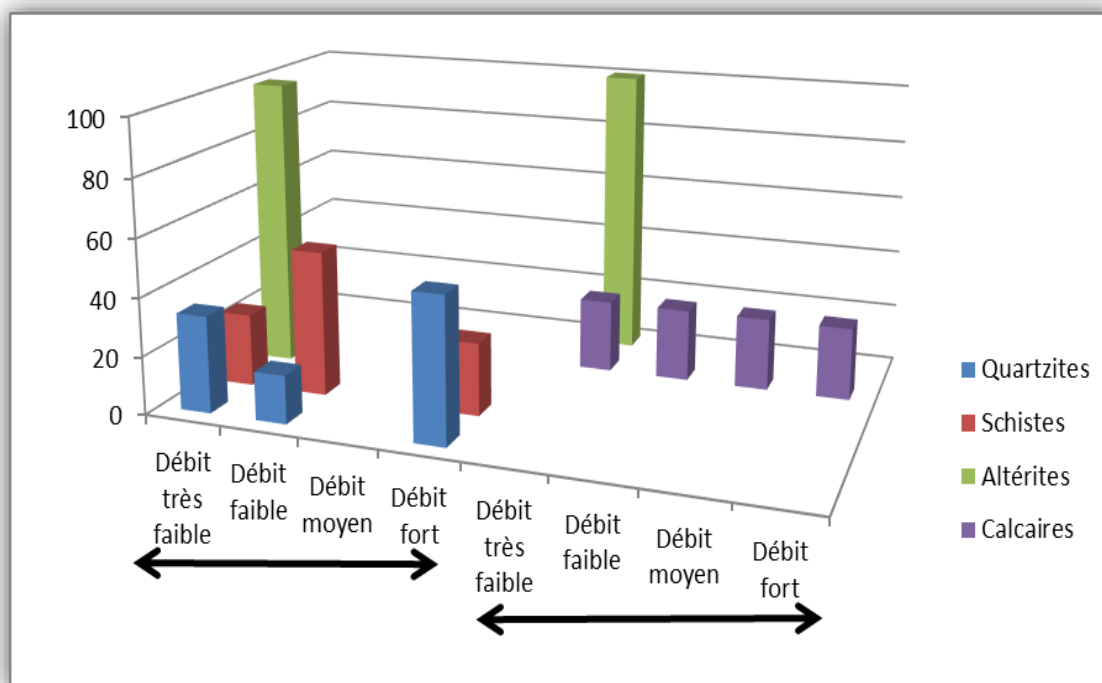
Au vu de ces résultats, il apparait clairement que les formations carbonatées sont plus productives que les quartzites et les quartzites sont plus productifs que les schistes.

Tableau n°5 : Productivité des formations géologiques en pourcentage

Schiste				Quartzite				Calcaire				Altérite			
Q_{tf} %	Q_f %	Q_m %	Q_F %	Q_{tf} %	Q_f %	Q %	Q_F %	Q_{tf} %	Q_f %	Q_m %	Q_F %	Q_{tf} %	Q_f %	Q_m %	Q_F %
40	40		20	33.3	16.6	0	50	0	25	50	25	100	0	0	0

- Q_{tf} : débit très faible
- Q_f : débit faible
- Q_m : débit moyen
- Q_F : débit fort

Fig. n°4 : Graphique de la productivité des formations géologiques des 4^e et 8^e arrondissements



Source : Auteurs, 2021

3.1.5. Corrélation entre débit, profondeur et niveau statique (NS)

L'analyse de la figure 4 et des coupes de forages montrent l'absence de corrélation significative entre la profondeur totale et le niveau statique dans les deux arrondissements. Cependant, on peut remarquer que la moyenne des débits des ouvrages ayant une profondeur inférieure ou égale à 50 m est supérieure à la moyenne des débits dont la profondeur est supérieure à 50 m dans le 4^e arrondissement et dans le 8^e, c'est le contraire. Pour 66,66% des ouvrages positifs réalisés, le niveau piézométrique est situé dans le réservoir des altérites, en général à une profondeur de 5 à 20 m, les débits les plus importants sont observés pour une profondeur totale comprise entre 27,33 et 54,58 m.

Dans l'horizon fissuré des quartzites pour un total de six forages, 50% fournissent des débits forts ($Q > 5$), 16% des débits très faibles ($Q < 1$) et 33,3% de débit très faible ; Dans les calcaires pour un total de quatre forages, 25% fournissent des débits forts, 50% des débits moyens et 25% des débits faibles. Les ouvrages captant l'eau dans les altérites ne sont pas productifs (100% débit très faible). Enfin dans les schistes on observe 66,6% de taux de succès (pourcentages de forage à débits supérieurs ou égaux à 1), dans les quartzites 75% de taux de succès et dans les calcaires 100% de taux de succès. Ces résultats font apparaître

clairement que les formations carbonatées sont plus productives que les quartzites qui à leur tour sont plus productifs que les schistes.

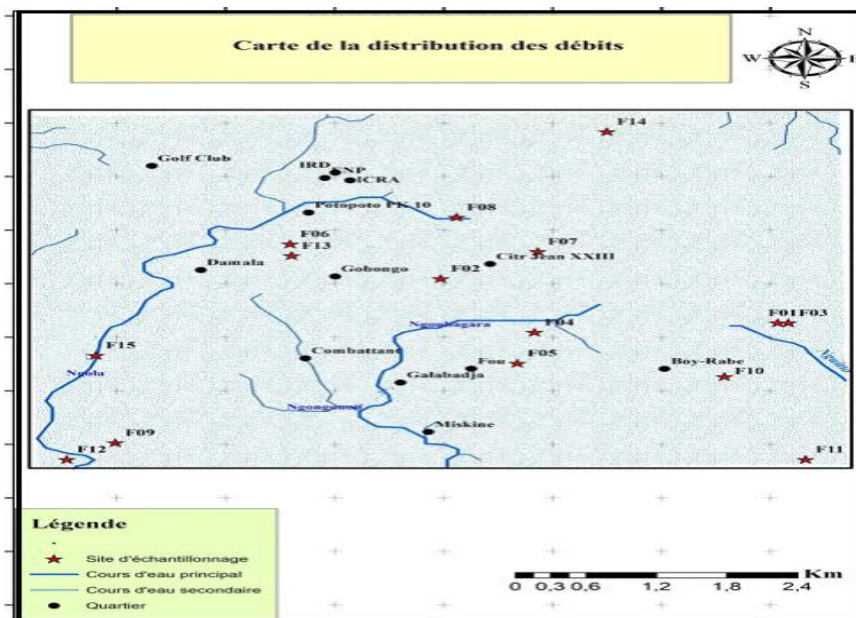
3.2. Taux de succès de la zone d'étude

Nous avons recensé au total 15 forages mécaniques pour obtenir 10 forages positifs. Soit un taux de 20% d'échec. Cependant, ce taux d'échec concerne juste la zone de socle alors que les zones sédimentaires sont épargnées.

3.2.1. Cartographie de la distribution du débit

L'analyse des coupes de forages et de la figure 5 indiquent que les débits élevés sont obtenus dans les ouvrages de la Base Militaire M'Poko 3, Gobongo 4, Dédengué 3, Cité Jean 23, Monastère la profondeur étant de 41,30 m et le débit moyen 11,4. L'ouvrage à débit moyen est observé à la Base Militaire M'Poko 4, la Base Militaire M'Poko 2, la profondeur étant de 31,161m et le débit. On note aussi que les ouvrages à débit faible sont observés à Gbafio, la Base Militaire M'Poko1, Gobongo. La profondeur moyenne étant de 56,2m et le débit moyen de 2,16. En revanche, les forages à débit très faible sont observés à Ndress, Gobongo 2, Boy-Rabe et NGongonon. La profondeur moyenne étant de 58,33 m et le débit moyen 0,46. Ces résultats témoignent de la forte dispersion de débit des forages sur la zone d'étude. Cette dispersion reflète la complexité et l'hétérogénéité structurale du milieu géologique. Plus de la moitié des ouvrages ont des débits supérieurs à 5. Le niveau statique se trouve entre 1 et 25 m. Le résultat témoigne également qu'il n'y a aucune corrélation entre débit et la profondeur totale.

Fig.5 : carte de la distribution des débits

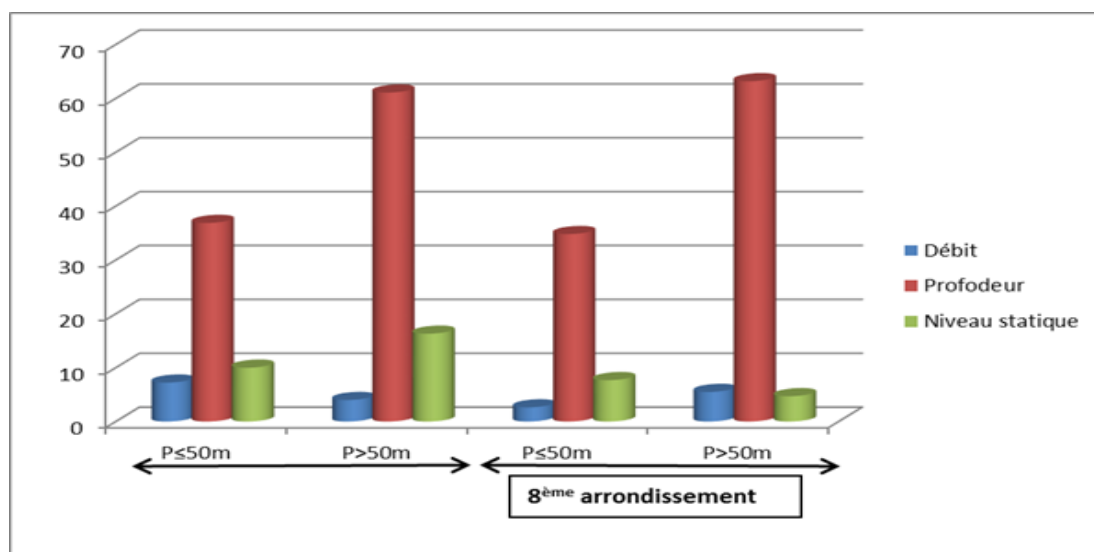


Source : Auteurs, 2021

3.2.2. Corrélation entre débit, profondeur et niveau statique (NS)

L'analyse de la figure 6 et des coupes de forages montrent l'absence de corrélation significative entre la profondeur totale et le niveau statique dans les deux arrondissements. Cependant, on peut remarquer que la moyenne des débits des ouvrages dont les profondeurs sont inférieures ou égales à 50 m, se révèle supérieure à celle des débits des ouvrages dont la profondeur est supérieure à 50 m dans le 4^e arrondissement ; dans le 8^e, c'est le contraire. Pour 66,6% des ouvrages positifs réalisés, le niveau piézométrique se situe dans le réservoir des altérites, en général à une profondeur de 5 à 20 m, les débits les plus importants sont observés pour une profondeur totale comprise entre 27,33 et 54,58 m.

Fig.n°6 : Corrélation entre débit, profondeur et niveau statique



Source : Auteurs, 2021

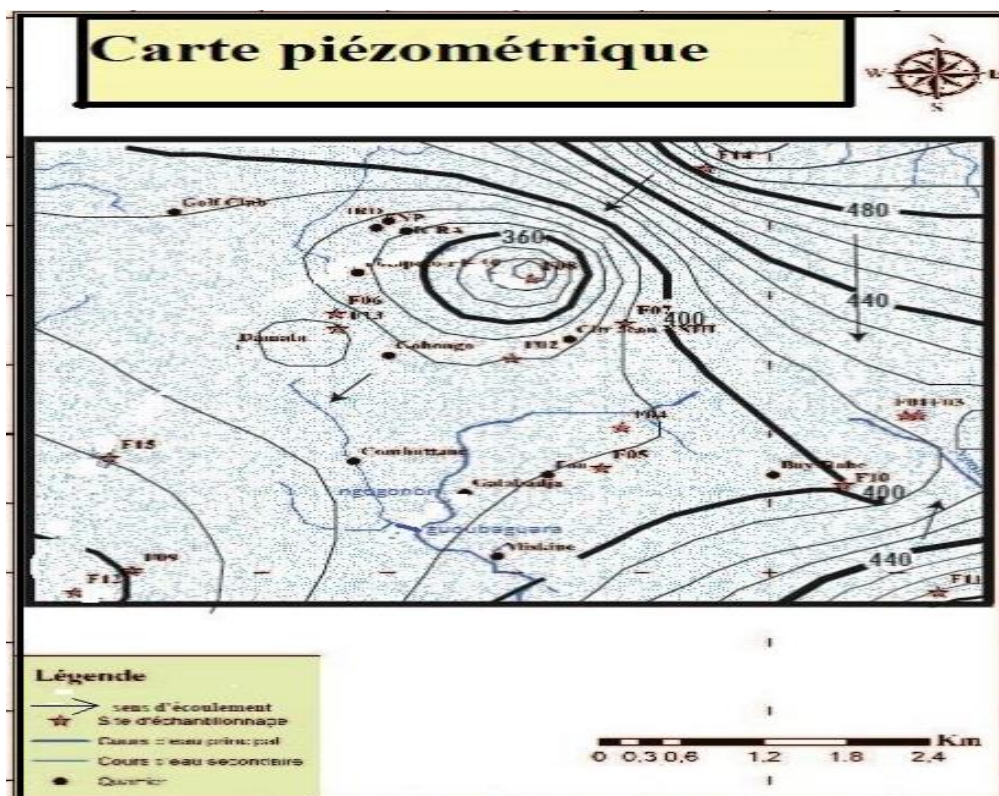
3.3. Traitements des données piézométriques

La géométrie des réservoirs correspond à la géologie et la structuration lithologique en place sur la zone d'étude. Ce modèle présente les discontinuités géologiques rencontrées et détectées (zone de contact géologique), les bas-fonds rencontrés. Les niveaux piézométriques de ces forages témoignent du caractère captif de la nappe sur notre zone d'étude.

La carte piézométrique est réalisée en saison pluvieuse, au mois de juillet à partir des coordonnées des quinze (15) forages ainsi que leurs niveaux statiques. Des altitudes des points de prélèvement sont soustraits des niveaux statiques des forages pour obtenir les niveaux piézométriques selon l'équation : $Z = \text{Alt} - \text{NS}$.

Quant à l'analyse de la carte piézométrique, l'approche consiste à connaître l'écoulement de la nappe des quartiers Nord de Bangui. Les mesures réalisées se trouvent reportées dans le tableau n°1 et les esquisses piézométriques proposées sont reportées sur la figure 7.

Fig.n°7 : carte piézométrique de la zone d'étude



Source : Auteurs, 2021

La répartition des isopièzes exprime l'existence, dans l'aquifère profond d'un flux souterrain à trois directions l'un du nord-est vers Ngongonon et Ngoubagara, l'autre sensiblement du nord vers Nguitto et du sud également vers Nguitto. Ces trois axes d'écoulement reçoivent les eaux des secteurs nord et est (colline) de Bangui (cf. figure 9). Ces directions d'écoulement souterrain observées dans le secteur d'étude épousent les directions des structures cassantes (subméridiennes, N60-N80 et N130-150 donnée par Doyemet (2006) définies dans le secteur : le flux souterrain se fait donc à travers les structures qui sont associées à l'aquifère rencontrées et détectées (zone de contact géologique), les bas-fonds rencontrés. Les niveaux piézométriques de ces forages témoignent du caractère captif de la nappe sur notre zone.

4. Discussion

De nombreuses études antérieures ont traité de la question de l'exploitation de l'eau. Une première recherche documentaire a permis de capitaliser l'ensemble de la documentation existante relative à la thématique. L'exploitation des ressources en eaux souterraines dans la région de Bangui a débuté à partir des années 1930, elle était exclusivement axée sur le captage des aquifères d'altérites. Cette orientation était due essentiellement à la méconnaissance ou à la sous-estimation du rôle de l'hydraulique dans la fracturation du socle d'une part, et d'autre part, le pays ne disposait pas de moyens adaptés pour la réalisation de forages profonds. Il s'en est

suivi une période marquée par la reconnaissance des aquifères fissurés sous les altérites (Maestraud, 1982). Après la déclaration de la Décennie Internationale de l'Eau Potable et l'Assainissement (DIEPA), l'Etat centrafricain a instauré un vaste programme d'approvisionnement en eau potable. Malheureusement, malgré les moyens mis en œuvre, les résultats sont mitigés car ces campagnes connaissent un taux d'échec important et bon nombre de ces ouvrages tarissent. Ces mauvais résultats s'expliquent principalement par le faible nombre d'études devant permettre de mieux caractériser le comportement hydrodynamique de ces aquifères de socle fracturé, étape primordiale à toute gestion durable de ces hydrosystèmes (Cornacchia et al., 1985). Pour combler ces lacunes, Cornacchia et Detay (1985) ont eu recours aux formations lithologiques semblables étudiées dans les formations de la Bouenza et du schisto-gréseux du Gabon en vue de comparer les fréquences des débits obtenus aux formations centrafricaines. Cornacchia et al., (1990) ont effectué une prospection électrique, mais déclarent que celle-ci est souvent aveugle pour détecter directement les fractures du socle et qu'elle laisse quelques indéterminations sur la nature et les épaisseurs des couches de différentes résistivités mesurées par les sondages électriques.

En hydrogéologie, plusieurs études ont permis, selon la nature des roches, de mettre en évidence deux types d'aquifères dans la région de Bangui (Cornacchia et Giorgi (1985), AJCI, (1999), Doyemet, 2006).

Dans le souci de mieux comprendre la dynamique (mécanisme de transfert) des aquifères profondes dans la région de Bangui, un suivi piézométrique des forages a été effectué par Doyemet en 2006. Plusieurs autres études ont permis d'obtenir des débits importants dans les zones de fracture (AJCI, 1999), (Doyemet, 2006) et (Djebebe, 2014). On ne peut faire une étude du fonctionnement du système hydrogéologique sans passer par une structure géologique dans la mesure où ce sont les paramètres de ce dernier qui conditionnent son existence. Les formations du socle peuvent être subdivisées en trois catégories, les schistes, les quartzites et les roches carbonatées. Les schistes qui sont des roches plastiques se déforment mais ne se morcellent pas sous l'action des contraintes. Ce n'est que lorsqu'elles contiennent des filons qu'elles deviennent alors très productives avec des taux d'échec relativement faibles (Giorgi, 1985). Si on considère les roches du socle, plusieurs auteurs, entre autres Cornacchia, Giorgi, (1985), admettent la hiérarchie suivante dans la productivité des formations : Carbonaté, Quartzites et Schistes.

Conclusion :

En définitive, l'approvisionnement en eau potable dans la plupart des quartiers Nord de Bangui provient des puits et de la SODECA. Plusieurs difficultés sont rencontrées dans l'alimentation en eau potable, comme : l'insuffisance et la non-permanence de la ressource, la mauvaise desserte et répartition, les problèmes d'entretien des ouvrages et des systèmes d'exhaure pour une production permanente. Les problèmes d'eau potable demeurent et persistent que ce soit en termes de quantité de la ressource face aux besoins ou que ce soit en termes de réseau de distribution. L'objectif de cette étude consiste à améliorer le taux de succès des forages afin

d'améliorer l'accès à l'eau potable dans le quatrième et huitième arrondissements de Bangui. Il existe plusieurs types d'eau souterraine en fonction des différentes formations géologiques et de la géomorphologie des terrains. Dans la zone d'étude, deux types de nappes d'eau souterraine sont reconnus dans les séries sédimentaires et dans les formations du socle. Les puits traditionnels utilisent l'une des nappes libres dont le niveau hydrostatique est au contact de l'air atmosphérique, et les forages captent la nappe profonde du substratum. Dans les quartiers Nord de Bangui, les débits oscillent entre 0,3 et 25 m³/h avec une moyenne de 4,92m³/h. La productivité des ouvrages dans cette zone est généralement bonne avec la moitié des ouvrages ayant des débits supérieurs à 3m³/h pour 33,33% ayant des débits de plus de 5m³/h. Le débit est marqué par une forte variabilité qui traduit l'hétérogénéité de l'aquifère étudié. Dans les schistes et les quartzites les venues d'eau se situent à une profondeur supérieure ou égale à 50m cependant, dans les formations carbonatées les venues d'eau se trouvent à une profondeur supérieure à 50 m. En somme, les calcaires sont plus productifs que les quartzites et les schistes.

Références bibliographiques

- Alvarez, Philippe, 1994, *Les facteurs de contrôle de la sédimentation du Super-groupe ouest Congolien (Sud du Congo), rampe carbonatée et activité biologique au Protérozoïque supérieur*, Thèse, Université de Poitiers, BRGM, n° 239, 270 p.
- Alvarez, Philippe, Maurin Jean Claude et Vicat Jean Pierre, 1995 « Les formations de l'Inkisi (super groupe Ouest-congolien) en Afrique Centrale (Congo et Bas-Zaïre) : un delta d'âge Paléozoïque comblant un bassin en extension » J. Af. EarthSci., Vol, 20, N°2, 119-131.
- Alvarez, Philippe, 1997 « Morphologie karstique et implications minières en République Centrafricaine » J.A. EarthSci., vol 25, No. 2, 293-305.
- Audibert, M, 1966 « Etude hydrogéologique de la nappe profonde du Sénégal Nappe Maestrichtienne ». Mém. BRGM, 41p.
- Boulvert, Yves, 1987 – « Carte oro-hydrographique de la République Centrafricaine (Feuille Ouest-feuille Est) à 1/ 1000000. Éditions de l'ORSTOM 70, Route d'Aulnay F-931 40
- Cornacchia, Michael et Giorgi Louis, 1983, « Recherche d'eau souterraine à l'Ucatex. Rapport Hydrogéologique inédit ».
- Cornacchia, Michael et Giorgi Louis, 1985, « Forage d'eau Castel Beer ». Rapport Hydrogéologique inédit », 24p
- Cornacchia Michael, Giorgi Louis et Lachaud Jean Claude, 1985 « Note préliminaire sur l'hydrogéologie de la région de Bangui (République Centrafricaine) ». 710^e Congrès national des Sociétés savantes, Montpellier, fascicule VI. VI p.331-342.
- Djebebe Laure, 2014, *Définition du potentiel aquifère du sous-sol de la région de Bangui (République Centrafricaine) à l'aide d'outils géochimiques et isotopiques. Aide*

à la mise en place d'un plan de diversification des ressources en eau potable à partir des eaux souterraines », Thèse de Doctorat. Université de Corse Pascal Paoli, 232p

- Doyemet, Alfred, 2006, *Le système aquifère de la région de Bangui (République Centrafricaine), conséquences des caractéristiques géologiques du socle sur la dynamique, les modalités de recharge et la qualité des eaux souterraines*, Thesis (PhD), USTL University of Lille, France
- Nguimalet Cyriaque Rufin, 2004, *Le cycle et la gestion de l'eau à Bangui (Rép. Centrafricaine) : Approche hydrogéomorphologique du site d'une capitale Afrique*, Thèse de Doctorat, Université de Lumière Lyon 2. 449 p
- Maestro, Jean Louis, 1982, « Esquisse géologique de la Centrafrique », d'après JLM, CEA - Éditions de l'ORSTOM 70, Route d'Aulnay F-931 40, Paris