

## Etude hydrogéologique sur le forage d'eau de Kanjiya à Mbujimayi: Une contribution à l'analyse stratigraphique du système de la Bushimay

### [ Hydrogeological study on water drilling from Kanjiya to Mbujimayi: A contribution to the stratigraphic analysis of the Bushimay system ]

*Télesphore Mayiba<sup>1</sup>, Maclin Kabemba Kabongo<sup>2</sup>, Crispin Musambayi<sup>2</sup>, Mersa Kabangu<sup>3</sup>, Albert Kalau<sup>4</sup>, Divin Tshimanga<sup>5</sup>, and Elie Tshinguli<sup>6</sup>*

<sup>1</sup>Chef de travaux à l'université officielle de Mbujimayi, Faculté des sciences département de géologie, RD Congo

<sup>2</sup>Assistant à l'université officielle de Mbujimayi, Faculté des sciences département de géologie, RD Congo

<sup>3</sup>Assistant à l'IBTP Mbujimayi, RD Congo

<sup>4</sup>Chef des Travaux à l'ISTA Kolwezi, RD Congo

<sup>5</sup>Assistant à l'Université de Lubumbashi, RD Congo

<sup>6</sup>Assistant à l'Université de Kolwezi, RD Congo

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** The hydrogeological problems posed by the KANJIYA borehole are multiple. Kanjiya is a district located in the commune of Bipemba in the town of Mbujimayi. Although a network of 24 boreholes has been established in the town of Mbujimayi, the KANJIYA borehole has never been studied as a whole from a hydrogeological point of view. It was therefore necessary to categorise the water table, determine its hydrodynamic parameters and study its behaviour during pumping tests. The data was collected by lithological description of the cuttings taken every metre from the sediments traversed by the borehole (the rotary) with a planned depth of 117.60 meters. The data from the flow tests and the existing geological and hydrogeological knowledge allowed us to categorise the water table and its hydrodynamic parameters and to reconstruct the lithological successions of the hydrogeological units. It has been shown in this work that KANJIYA belongs to a zone of the Bushimay system and the vertical lithological section shows the succession: clayey sand, more or less soft sandstone, weathered limestone, hard limestone, hard limestone, fissured limestone, cavity and hard limestone. The water table is encountered in a fissured limestone at a depth of 84.50 meters; its behaviour during pumping tests shows that it is semi-captive. The hydrodynamic parameters are favourable for exploitation at a flow rate of over 80 m<sup>3</sup> per hour. A low drawdown, a slow descent of the hydrostatic level and a rapid rise in the water table when pumping stops would explain the influence of a more altered and fissured aquifer.

**KEYWORDS:** Hydrogeology, geology, drilling, sounding, water table, aquifer, hydrostatic level, drawdown.

**RESUME:** Les problèmes hydrogéologiques posés par le forage de KANJIYA sont multiples. Kanjiya est un quartier situé dans la commune de Bipemba dans la ville de Mbujimayi. Si un réseau de 24 forages a été implanté dans la ville de Mbujimayi, le forage de KANJIYA n'a jamais été étudié dans son ensemble sur le plan hydrogéologique. Il était donc nécessaire de catégoriser la nappe, déterminer ses paramètres hydrodynamiques et étudier le comportement de cette dernière lors des essais de pompage. Les données ont été récoltées par description lithologiques des « cutings » prélevés tous les mètres des sédiments

traversés par le forage (le rotary) ayant une profondeur prévisionnelle de 117,60 mètres. Les données des essais de débit et des connaissances géologiques et hydrogéologiques existantes nous permis de catégoriser la nappe et ses paramètres hydrodynamiques ainsi que la reconstitution des successions lithologiques des unités hydrogéologiques. Il a été démontré dans ce travail que KANJIYA appartient à une zone du système de Bushimay et la coupe lithologique verticale montre la succession: sable argileux, grès plus ou moins tendre, calcaire altéré, calcaire dur, calcaire dur, calcaire fissuré, cavité et calcaire dur. La nappe est rencontrée dans un calcaire fissuré à une profondeur de 84,50 mètres; son comportement lors des essais de pompage montre qu'il s'agit d'une semi-captive. Les paramètres hydrodynamiques sont favorables à l'exploitation de celle-ci à un débit supérieur à 80m<sup>3</sup> par heure. Un faible rabattement, une descente lente du niveau hydrostatique et une remontée rapide de la nappe à l'arrêt du pompage expliquerait l'influence d'un aquifère plus altéré et plus fissuré.

**MOTS-CLEFS:** hydrogéologie, géologie, forage, sondage, nappe, aquifère, niveau hydrostatique, rabattement.

## 1 INTRODUCTION

Dans la dernière décennie, les techniques de recherche d'exploitation et de prospection ont permis une meilleure compréhension des eaux souterraines et de leurs intégrations dans le cycle de l'eau car une grande partie de l'eau potable de la planète se trouve dans les eaux souterraines. Ces réserves invisibles sont même environ 150 fois plus abondantes que les eaux de surface. Pour évaluer les propriétés physiques des formations aquifères qui contiennent ces réserves, on a recours aux essais de pompage, fondamentaux en hydrogéologie.

Ces ressources ont de multiples fonctions et usages. Si les eaux de surface sont essentielles pour la préservation de la biodiversité, pour l'agriculture, la pêche et l'élevage, les eaux souterraines constituent une ressource qui, du fait de sa plus forte résilience à la variabilité climatique, est d'une grande importance durant les périodes de sécheresse. Pour la ville de Mbujimayi, outre ces qualités, l'eau constitue une ressource naturelle renouvelable et conservable de première qualité pour plusieurs raisons. Le service public de desserte en eau potable, la Regideso, ne parvient plus à desservir toute la population de la ville. Elle est vétuste et depuis longtemps, elle n'a pas songé à suivre l'étalement de la ville et étendre son réseau de distribution. En outre, les surfaces bâties de la ville de Mbujimayi ont été multipliées par 15 par rapport à l'année de l'installation de la Regideso. Donc, dans la ville de Mbujimayi, la pénurie d'eau est très sévère. C'est ainsi que depuis un certain temps, certaines ONGD dont la FOMI (Fondation Miba) et partenaires (la CTB) ont essayé d'implanter des bornes fontaines à travers la ville pour palier au problème de carence ou de rareté d'eau potable.

Nous avons souhaité, par ce travail ajouter un plus à la connaissance hydrogéologique sur la nappe de Mbujimayi, comme c'est un cas pratique, cette contribution serait évidente.

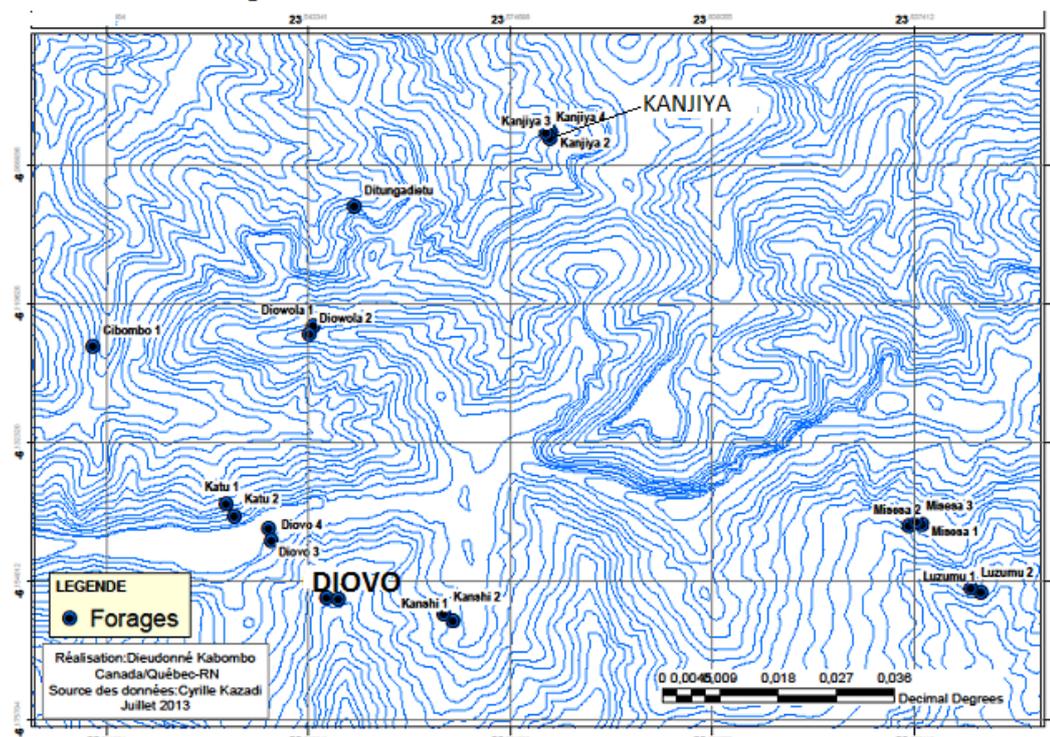
Cette étude analyse les paramètres hydrogéologiques d'un des forages implanté dans la ville de Mbujimayi, le forage du quartier Kanjiya, et contribue à l'étude hydrogéologique de la ville de Mbujimayi.

La carte n°1 localise les différents forages implantés dans la ville de Mbujimayi. Leurs positionnements ont été relevés au moyen d'un GPS

## 2 LOCALISATION DU FORAGE SOUS ETUDE

Le forage sous étude est l'un de vingt-quatre forages implantés dans la commune de Bipemba dans la ville de Mbujimayi au quartier Kanjiya. Ces coordonnées géographiques sont (23°34'50 " de longitude Est, 06°04'56" de latitude Sud, et à 600 m d'altitude. Le choix de ce forage se justifie par le fait que c'est dans la commune de Bipemba où un grand nombre de forages ont été installés et aussi parce que ce forage représente la stratigraphie succincte du système de la Bushimay sur lequel est bâti la ville de Mbujimayi.

Fig 1: LOCALISATION DES FORAGES D'EAUX A MBUJIMAYI



### 3 METHODE ET TECHNIQUES

Pour réaliser cette étude, nous avons recouru à la méthode descriptive-explicative. Cette méthode s'est appuyée sur 2 techniques à savoir l'observation et l'analyse documentaire. De plus, nous nous sommes servis de la description lithologique des « cuttings » prélevés tous les mètres des sédiments traversés par les forages réalisés au mois de février 2010 dans le cadre de l'ancienne campagne de forage réalisé par Gauff du Programme eau de l'Engence Belge de Développement, de leurs données des essais de débit et des connaissances géologiques et hydrogéologiques existantes. Ces observations ont permis une reconstitution des successions lithologiques des unités hydrogéologiques (mise en évidence du socle cristallin et ses dépôts continentaux) et de déterminer quelques caractéristiques hydrodynamiques.

En ce qui concerne le forage, le mode utilisé est le rotary et la profondeur provisionnelle est de 117,60 m. Les boues de forage sont essentiellement bentonitique et polymère. Les tubes de protection sont constitués pour l'avant trous de 3 m, le tube en acier 19" et pour la phase 17" 1/2 le tube en acier 14".

Les tubes de protection concernaient seulement les couches tendres, les tubes d'exploitation sont des PVC de 8 "de diamètre, permettant ainsi la descente d'une pompe émergée de 6". Cette colonne était constituée d'un tube crépine sur  $\pm 20$ m et d'un tube plein avec un bouchon de fond d'un tube à sédiment.

### 4 PRESENTATION DES RESULTATS

Cette étude porte sur la nappe contenue dans les formations carbonatées qui généralement dans la stratigraphie de Bushimay présentent des horizons fissurés susceptibles de constituer de grands réservoirs d'eau. Les données hydrogéologiques de ce forage se présentent de la manière suivante:

Les travaux préparatoires de ces essais ont consisté en un essai de préparation qui nous amène à définir des débits qui ont servi de paliers, les eaux pompées ont été dirigées vers la rivière Muya, située à  $\pm 1$ km au Nord du forage sous étude.

Essais par palier:

Calcul des pertes de charge

- Le calcul des pertes dues à l'aquifère est respectivement: B -0,0012; C -0,0000225

Courbe caractéristique

- La courbe caractéristique obtenue a presque l'allure d'une droite et ne permet pas de déduire le débit critique (fig.2)

Essais à débit constant:

Le débit de 80m<sup>3</sup>/h a été utilisé pour réaliser ces essais.

Les observations suivantes ont été faites:

- Une diminution brusque du niveau hydrostatique lors du pompage, et par conséquent l'atteinte du niveau stabilisé dès la sixième minute (Fig.3)
- Lors de la remontée, une augmentation très rapide à l'arrêt du pompage, et une récupération du niveau hydrostatique (6 à 12 minutes)

Ceci expliquerait l'influence de l'aquifère plus altéré, plus fissuré.

#### 4.1 ESSAIS PAR PALIER

Un essai de pompage par paliers procède de la manière suivante: le puits est pompé à un débit constant Q<sub>1</sub> jusqu'à obtenir un rabattement stabilisé au puits S<sub>1</sub>; on augmente alors le débit pour passer à un nouveau débit constant Q<sub>2</sub> pour lequel on obtient un rabattement stabilisé S<sub>2</sub>, on poursuit avec de débit Q<sub>3</sub>, etc. il faut au moins trois paliers de pompage pour faire une interprétation de l'efficacité du puits tableaux I.

Heure du démarrage: 8h00

Tableau 1. Essais des débits par palier

Palier 1					Palier 2					Palier 3				
Tps pomp= 2h			Ns 84,50		Tps pomp=2h					Tps=24h				
7200s			Q1=27		7200s			Q2=60		7200s			Q3=80	
H	M	Sec	Desc. Nd	Rem Nd	H	M	Sec	Descente Nd	Remoté Nd	H	M	Sec	84,9	84
	0	30	84,6	84,5		0		84,7	84,6		0	30	84,9	84,6
	1	0	84,6	84,5		1		84,8	84,5		1	0	84,9	84,6
	1	30	84,6	84,		1		84,8	84,5		1	30	84,9	84,5
	2	0	84,6	84,5		2		84,8	84,5		2	0	84,9	84,5
	2	30	84,6	84,5		2		84,8	84,5		2	30	84,9	84,5
	3	0	84,6	84,5		3		84,8	84,5		3	0	84,9	84,5
	3	30	84,6	84,5		3		84,8	84,5		3	30	84,9	84,5
	4	0	84,6	84,5		4		84,8	84,5		4	0	84,9	84,5
	5	0	84,6	84,5		5		84,8	84,5		5	0	84,9	84,5
	6		84,6	84,5		6		84,8	84,5		6		84,9	84,5
	7		84,6	84,5		7		84,8	84,5		7		84,9	84,5
	8		84,6	84,5		8		84,8	84,5		8		84,9	84,5
	9		84,6	84,5		9		84,8	84,5		9		84,9	84,5
	10		84,6	84,5		10		84,8	84,5		10		84,9	84,5
	12		84,6	84,5		12		84,8	84,5		12		84,9	84,5
	14		84,6	84,5		14		84,8	84,5		14		84,9	84,5
	16		84,6	84,5		16		84,8	84,5		16		84,9	84,5
	18		84,6	84,5		18		84,8	84,5		18		84,9	84,5
	20		84,6	84,5		20		84,8	84,5		20		84,9	84,5
	25		84,6	84,5		25		84,8	84,5		25		84,9	84,5
	30		84,6	84,5		30		84,86	84,5		30		84,9	84,5

	35		84,6	84,5		35		84,86	84,5		35		84,9	84,5
	40		84,6	84,5		40		84,86	84,5		40		84,9	84,5
	50		84,6	84,5		50		84,86	84,5		50		84,9	84,5
1	0		84,6	84,5	1	0		84,86	84,5		0		84,9	84,5
	15		84,6	84,5		15		84,86	84,5		15		84,9	84,5
	30		84,6	84,5		30		84,86	84,5		30		84,9	84,5
	45		84,6	84,5		45		84,86	84,5		45		84,9	84,5
2	0		84,6	84,5	2	0		84,86	84,5		0		84,9	84,5

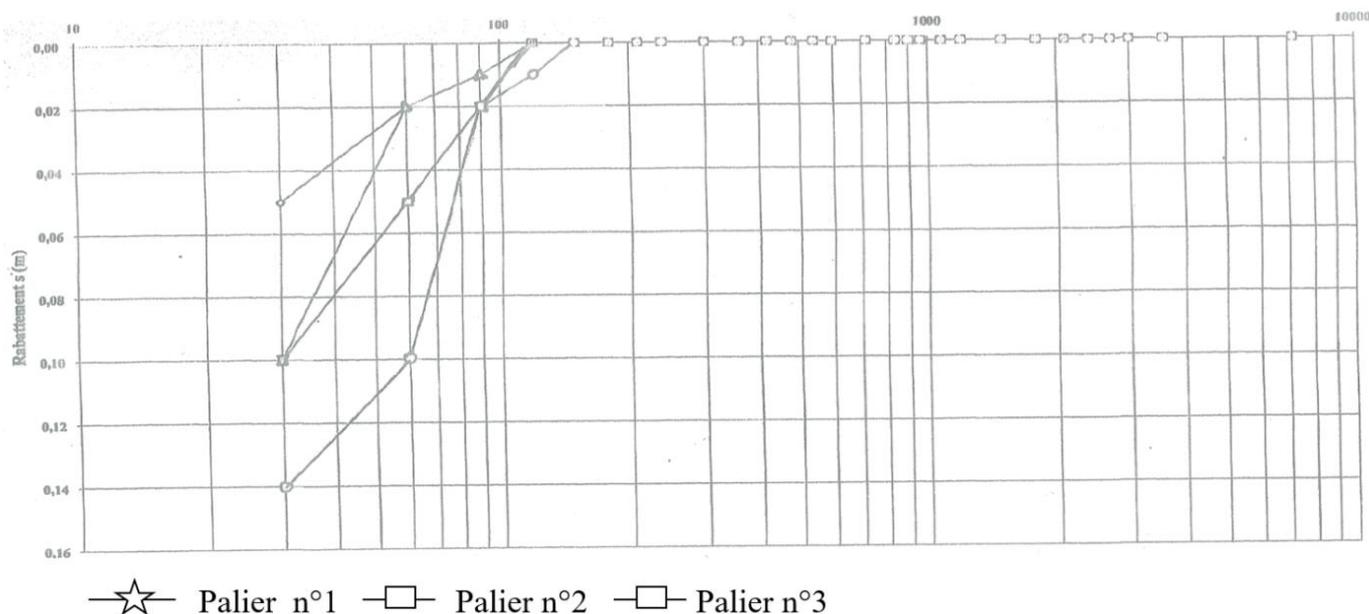


Fig. 2. Pompage par paliers remontés  
Temps en secondes (échelle logarithmique)

Tableau 2. Synthèse des essais de pompage par palier

Pompage par paliers du 12 avril 2010						
	N.H	Débit Q	Nd (stabilisé) 2h	Rabat. S	Q/s	s/Q
	M	M <sup>3</sup> /h	M	M		
1d	84,5	27	84,62	0,12	222,00	0,004
2d	84,5	60	84,86	0,36	166,67	0,006
3d	84,5	80	84,98	0,84	166,67	0,006

#### 4.2 ESSAI DE POMPAGE À DÉBIT CONSTANT

Est l'essai de pompage le plus couramment pratiqué, et son concept est très simple: on effectue des pompages à débit sur une longue durée (de plusieurs heures à plusieurs jours, voire plusieurs semaines) en observant les niveaux d'eau et les débits de pompage. Pour que ces essais à débits constant aient une utilité maximale, il faudrait mesurer les niveaux d'eau à la fois dans un forage d'observation et dans le forage de pompage (ou mieux encore, dans plusieurs forages d'observations situés à des distances différentes du forage de pompage). L'analyse des données des essais à débit constant permet de déduire la transmissivité et le coefficient d'emmagasinement de l'aquifère Tableau II.

4.2.1 PRÉSENTATION DÉTAILLÉE DES DONNÉES

Tableau 3. Présentation détaillée des essais de pompage à débit constant

H	Mn	Sec	Nd	Rbt	N°	H	Mn	Sec	Nd	Rem
	1	60	84,9	0,46	1		1		84,8	0,3
	2	120	84,9	0,46	2		2		84,56	0,06
	3	180	84,9	0,47	3		3		84,55	0,05
	4	240	84,9	0,47	4		4		84,54	0,05
	6	240	84,9	0,48	5		6		84,53	0,04
	8	360	84,9	0,48	6		8		84,52	0,03
	10	480	84,9	0,48	7		10		84,51	0,02
	12	600	84,9	0,48	8		12		84,51	0,02
	15	720	84,9	0,48	9		15		84,51	0,02
	18	900	84,9	0,48	10		18		84,51	0,01
	24	1080	84,9	0,48	11		24		84,5	0,01
	30	1440	84,9	0,48	12		30		84,5	0,01
	40	1800	84,9	0,48	13		40		84,5	0
	50	2400	84,9	0,48	14		50		84,5	0
1		3000	84,9	0,48	15	1			84,5	0
1	20	3600	84,9	0,48	16	1	20		84,5	0
1	50	4800	84,9	0,48	17	1	50		84,5	0
2	20	6600	84,9	0,48	19	2	45		84,5	0
3		8400	84,9	0,48	20	3	45		84,5	0
4		10800	84,9	0,48	21	5	45		84,5	0
5		14400	84,9	0,48	22	7	45		84,5	0
6		18000	84,9	0,48	23	9	45		84,5	0
7		21600	84,9	0,48	24	11	45		84,5	0
9		25200	84,9	0,48	25	13	45		84,5	0
11		32400	84,9	0,48	26	17	45		84,5	0
15		39600	84,9	0,48	27	23	45		84,5	0
19		54000	84,9	0,48	28	27	45		84,5	0
25		68400	84,9	0,48	29	39	45		84,5	0
31		90000	84,9	0,48	30	47	45		84,5	0
37		111600	84,9	0,48	31	55	45		84,5	0
45		133200	84,9	0,48	32	63	45		84,5	0
53		162000	84,9	0,48	32	71	45		84,5	0
61		190800	84,9	0,48	32	72			84,5	0
69		219600	84,9	0,48	32					0
71		248400	84,9	0,48	32					0
71	25	255600	84,9	0,48	32					0
72		257100	84,9	0,48	320					0

4.2.2 SYNTHÈSE DES DONNÉES

Tableau 4. Synthèse des essais de pompage à débit constant

Pompage à débit constant					
Ns	Débit Q	Nd stabilité	Rabat S	Q/s	s/Q
M	m <sup>3</sup> /h	M	M		
84,5	80	84,98	0,84	166,67	0,006

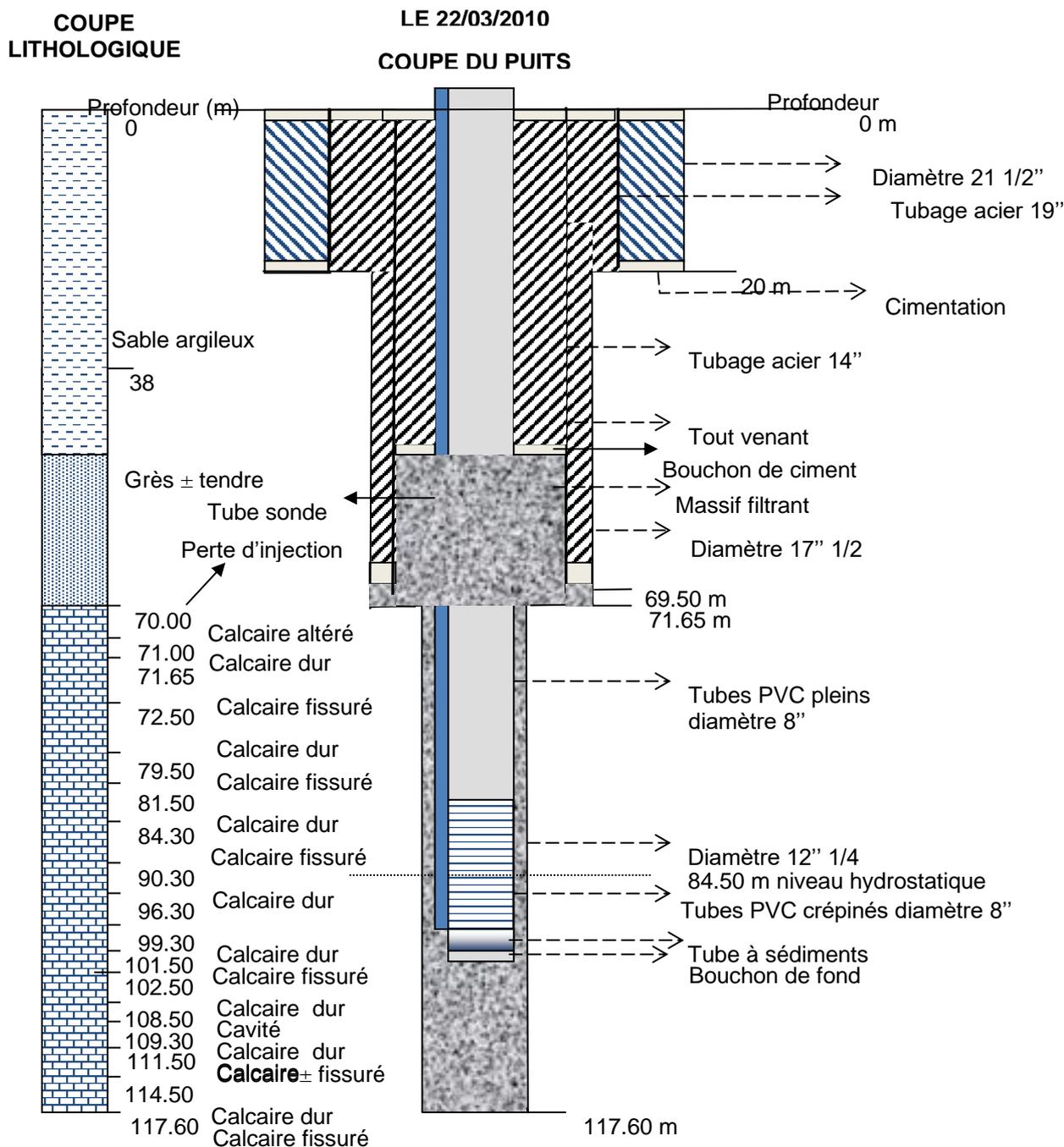


Fig. 1. FORAGE KANJIYA F1

## 5 CONCLUSION ET DISCUSSION

Au total, trois paliers de deux heures chacun ont été réalisés. Ils correspondent aux débits ci-dessous: 27m<sup>3</sup>/h, 60m<sup>3</sup>/h, 80m<sup>3</sup>/h.

Les observations suivantes ont été faites:

- Une descente lente du niveau hydrostatique aux paliers 1 et 3 avec une stabilisation respectivement à la deuxième et la troisième minute;
- Une descente brusque au palier 2 avec une stabilisation à la deuxième minute;
- Une remontée rapide a été également observée

Le débit de 80m<sup>3</sup>/h a été utilisé pour réaliser ces essais, les observations suivantes ont été faites:

- Une diminution brusque du niveau hydrostatique lors du pompage, et par conséquent l'atteinte du niveau stabilisé dès la deuxième minute (fig.2);
- Lors de la remontée, une augmentation très rapide à l'arrêt du pompage, et une récupération du niveau hydrostatique (6 à 12 minute)

Ceci expliquerait l'influence de l'aquifère plus altéré, plus fissuré et donc plus poreux.

L'analyse des paramètres hydrodynamique nous a permis d'observer:

- Une transmissivité dont la valeur est d'environ 732.10<sup>3</sup>m<sup>2</sup>/s, cette valeur est significative et caractéristique des aquifères semi-captifs
- Un coefficient d'emmagasinement (S), correspondant au rapport du volume d'eau libérée ou emmagasinée par unité de surface d'un aquifère à la variation de la charge hydraulique correspondante. Pour les nappes captives, le calcul de S tient compte de la compressibilité de la roche et de l'eau. En ce qui concerne l'aquifère capté à Kanjiya F1, le coefficient d'emmagasinement n'a pas été facile à calculer car aucun piézomètre n'existe dans les environs. En pareil cas on peut considérer le rayon du puits (jusqu'au tube sonde) comme distance jusqu'au piézomètre. Ceci exigerait l'utilisation d'un logiciel qui donnerait des valeurs très faibles, qui pourraient être assimilées au dénoyage de l'aquifère à l'emplacement du tube sonde

Quoi qu'il en soit, si l'on considère un taux de pompage utilisé lors des essais de débits 80m<sup>3</sup>/h, les pertes de charges quadratiques ne sont pas sensibles. En tenant compte de l'équation de la courbe caractéristique ( $S=BQ+CQ$ ). Le débit nécessaire pour rabattre notre nappe de 0,50 est de 119m<sup>3</sup>/h; et de 1m sera de 238m<sup>3</sup>/h. Ceci témoigne de l'importance de l'emmagasinement de cet aquifère.

Le débit spécifique (débit pompe rapporte au rabattement) est de 166,6m<sup>3</sup>/h. Ceci correspond au débit spécifique nécessaire pour rabattre la nappe de 0,48m au droit du forage.

Si l'on considère Q<sub>max</sub> 80m<sup>3</sup>/h et t<sub>total</sub>-0,48m; on peut considérer que 166,6m<sup>3</sup>/h égal au débit maximum correspondante au niveau dynamique stabilisé. De tout ce qui précède on retiendra que:

### 1° DU POINT DE VUE GÉOLOGIQUE

Les formations traversées par le forage appartiennent au système de Bushimay constituées essentiellement de haut en bas par:

- Une formation tendre (meuble) comprenant les sables rouge ou jaune et de grès rouges ou jaunes avec des alternances dures et tendres. Ces formations sont sujettes aux fréquents éboulements qui nécessitent des méthodes de protection appropriées
- Une formation dure comprenant les calcaires à couches subhorizontales fissurées avec des horizons durs, caractérisées par des cavités, phénomènes fréquents dans les calcaires en présence d'eau amenant à une dissolution. La figure 4 tirée de notre article sur les données préliminaires sur la lithologie du forage d'eau de Kanjiya à Mbujimayi confirme cette analyse

## **2° DU POINT DE VUE FORAGE**

Le mode utilisé est le rotary et la profondeur provisionnelle est de 150m. Les boues de forage sont essentiellement bentonitique et le polymère.

Les tubes de protection sont constitués pour l'avant trous de 20.00m, un tube acier 19"; tandis que pour la phase 17"<sup>1/2</sup>; un tube acier 14".

Les tubes de protection concernant seulement les couches tendres:

Les tubes d'exploitation sont des PVC, de diamètre 8", permettant la protection de la pompe émergée de 6". Cette colonne est constituée de tube crépine sur  $\pm 20$ m et de tube plein avec un bouchon de fond, un tube sonde de 32mm (PVC) est collé au tube diamètre 8" jusqu'à la surface pour permettre la descente à travers celui-ci d'une sonde électrique.

## **3° DU POINT DE VUE HYDROGÉOLOGIQUE**

Au vue du comportement de la nappe lors des essais de pompage, on retiendra que la nappe captée est semi-captive et localisée dans les formations calcaires du système de Bushimay. Les paramètres hydrodynamiques sont favorables à l'exploitation de la nappe a débit supérieur à 80m<sup>3</sup>/h.

Un faible rabattement, une descente lente du niveau hydrostatique et une remontée rapide de la nappe à l'arrêt du pompage expliquerait l'influence d'un aquifère plus altéré.

## **REFERENCES**

- [1] Cahen, L., Snelling N-J., Delhal Vail J, Bonhomme M., Ledent D., *the geochronology and evolution of Africa*, Clarinelon Press of, 1984, 496p.
- [2] FOMI: synthèse des forages réalisés par la fondation MIBA, édition 2010.
- [3] Kambi Dibaya O.L., (1986), L'urbanisation et consommation de l'espace à Mbujimayi, in annales de l'I.S.P./MBUJIMAYI, n°2, 40-67p.
- [4] Kazadi A, (2008), Notes sur l'implantation des forages d'eau à Mbujimayi/CTB Fondation Miba.
- [5] Lepersonne, J. (1974), Notice explicative et carte géologiques du Congo Ex Zaïre du 1/2000000 Dept. Min géol. Rép. Zaïre.
- [6] Mabilot, (1971), *le forage d'eau*, Paris, 2<sup>eme</sup> éd, Masson, 237p.
- [7] Mayiba M, et al. (2012), données préliminaires sur la lithologie du forage d'eau de Kanjiya à Mbujimayi, in peste africaine, inédit.
- [8] Michel Detay, (1993), le forage, Paris 3<sup>eme</sup>éd, Masson, 379p.
- [9] Ngoie A, (2007 – 2011), registre des forages d'eau, Fondation Miba.