

# RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINE ET APPROVISIONNEMENT DONNES HYDROGEOLOGIQUES DE LA REGION DE BRAZZAVILLE

Noel MOUKOLO

DGRS/ORSTOM

La ville de Brazzaville est exclusivement alimentée par les eaux de surface. Le captage sur la rivière du Djoué assure une production d'environ 1500 m<sup>3</sup>/h. Une deuxième usine, récemment installée sur la rivière Djiri, produit en moyenne 2250 m<sup>3</sup>/h. Ces deux captages peuvent satisfaire la presque totalité des besoins actuels. Cependant, on ne doit pas perdre de vue l'importance de la croissance démographique qui est de 6 à 7 %. Cela permet de supposer qu'à plus ou moins brève échéance, la capacité de production actuelle risque d'être débordée par la demande. La collecte d'eau souterraine pourrait alors être envisagée pour venir en complément d'autres modes d'approvisionnement.

## 1. DONNEES NATURELLES

Brazzaville comporte deux aquifères situés de part et d'autre de la rivière du Djoué (fig.1) :

- au nord, l'aquifère des colluvions, alluvions du fleuve Congo, sable du Bai et grès tendres du Stanley Pool. Cet aquifère renferme une nappe libre, la nappe située au nord du Djoué.
- Au sud, l'aquifère des colluvions et sables du Bai. Sa configuration trop limitée ne permet pas une exploitation industrielle. Les cours d'eau alimentés par sa nappe, ont un régime irrégulier ( $K_3 = 3$ ) qui prouve la faiblesse de ses réserves.

### 1.1. Ressources et possibilités d'utilisation de la nappe située au nord du Djoué

Cette nappe fait partie du vaste ensemble hydrogéologique des plateaux batéké. C'est un véritable château d'eau d'où sont issus des grands cours d'eau tels la Léfini, le Niari, le Djoué, l'Ogoué, etc).

(A) COUPE GEOLOGIQUE DE SYNTHESE DE B-VILLE

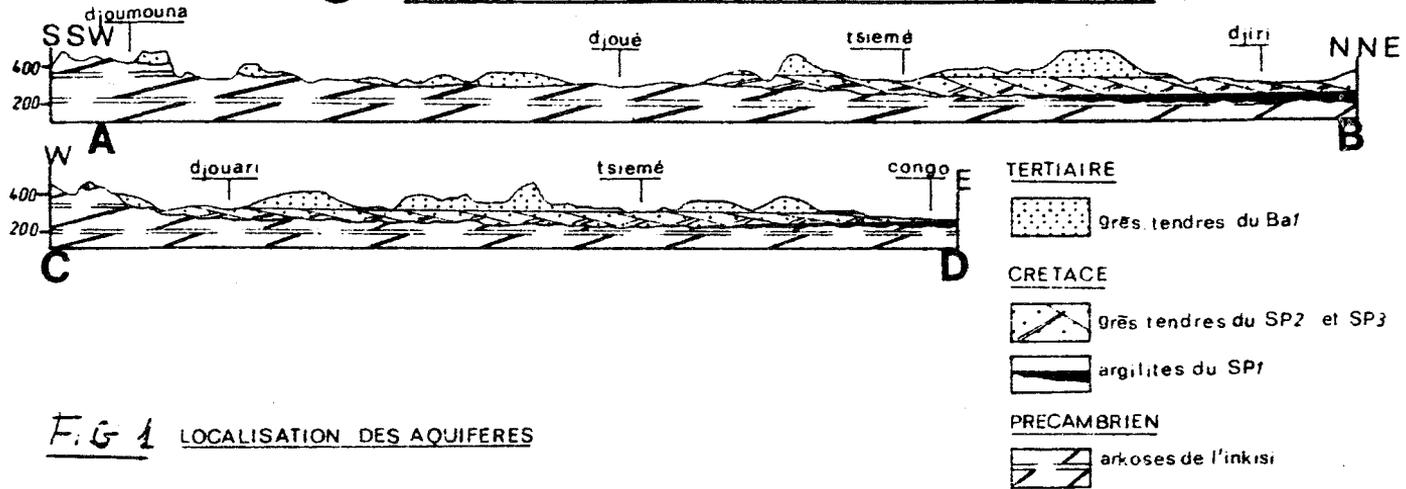


FIG 1 LOCALISATION DES AQUIFERES

(B) INTERPRETATION HYDROGEOLOGIQUE

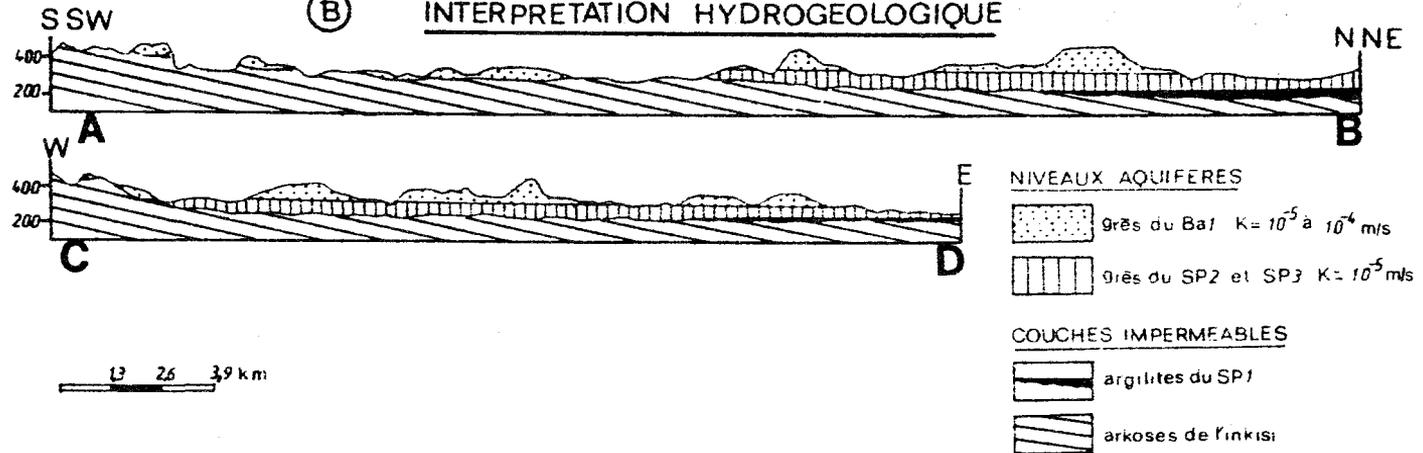
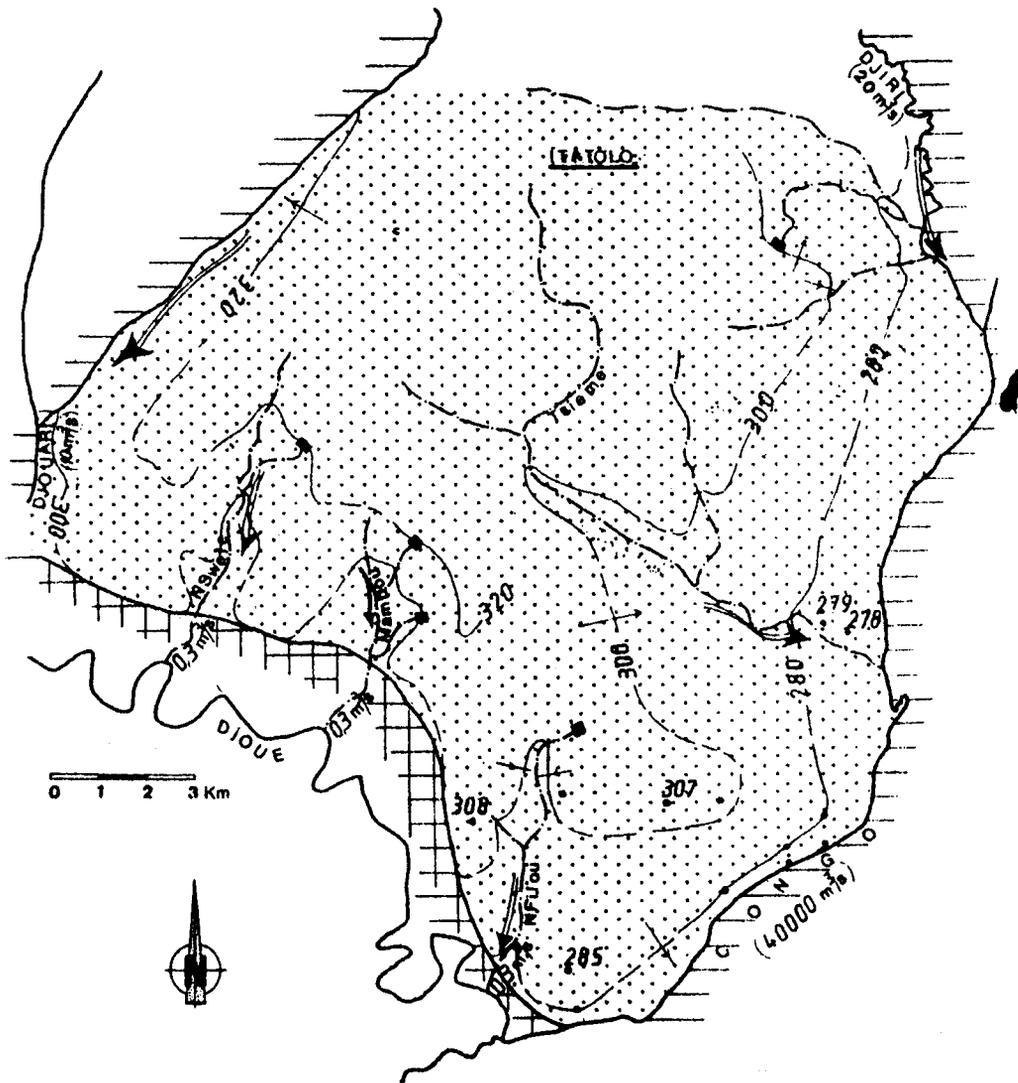


FIG 2



NAPPE LIBRE DE B-VILLE - SCHEMA INTERPRETATIF

LIMITE A FLUX VARIABLE

Flux variable le long des affleurements des grès de l'inkisi (nombreuses sources  $Q < 1$  l/min)

LIMITES A POTENTIEL IMPOSE

Potentiel variable le long des cours d'eau à pente négligeable (variations saisonnières  $< 0,5$  m)

Potentiel pratiquement constant dans le temps le long des cours d'eau permanents à pente non négligeable.

- Puits
- Source

La partie étudiée couvre 270 km<sup>2</sup> (cf. fig.2) :

- la limite supérieure de l'aquifère est constituée par la surface piézométrique de la nappe ;
- le substratum est formé par les argilités du SP1 et les grès arkosiques de l'inkisi ;
- les niveaux aquifères sont constitués par les sables fins, graviers et grès tendres sans stratification. L'épaisseur très variable peut atteindre 100m dans le secteur d'Itatolo. L'aquifère est, par endroits, interrompu par des lentilles d'argiles ou des bancs de grès silicifiés qui donnent naissance à quelques sources de contact très localisées. Leur débits sont très faibles (environ 0,03 l/s à Nkelowatadi et 0,01 l/s à Zanga dia bangombé).

Cette nappe alimente plusieurs rivières pérennes et de nombreux puits traditionnels la captent dans les banlieues de Brazzaville.

#### 1.1.1. Alimentation de la nappe.

L'alimentation directe par la pluie se fait sur toute la superficie de la nappe. L'infiltration efficace moyenne annuelle pour la période de 1943 à 1981 a été estimée à 460 mm d'eau, ce qui représente 120 millions de m<sup>3</sup> par an. Il faut également souligner l'évidence d'une intercommunication avec le reste de la formation hydrogéologique des plateaux batéké, qui doit probablement alimenter la nappe. Cependant, du fait de l'orientation générale des rivières de la région qui déterminent les conditions aux limites, ces apports seraient dérisoires par rapport à l'alimentation directe.

#### 1.1.2. Réserve de la nappe

Les réserves (W) ont été évaluées par le traitement d'un couple de données, le volume (V) de la tranche des aquifères considérés (réservoir saturé) et la porosité efficace (Ne) des aquifères :

$$W = V \times Ne$$

En prenant une épaisseur moyenne de la tranche aquifère de 40 m, avec une hauteur moyenne de fluctuation annuelle de 4m et une porosité efficace de 10 %, on aboutit aux valeurs suivantes :

réserve totale WT	=	1.100	10	puissance 6	m <sup>3</sup>
réserve régulatrice WR	=	110	10	puissance 6	m <sup>3</sup>
réserve permanente WP	=	990	10	puissance 6	m <sup>3</sup>
Taux de renouvellement $\frac{I_e}{WT}$	=	10	à 12	%	

Le taux de renouvellement voisin de 0,1 indique que la nappe a une réserve importante avec une fonction régulatrice optimale. Cela est confirmé par le régime très régulier des cours d'eau ( $K_3 = 1,1$ ).

### 1.1.3. Ecoulement de la nappe

L'étude entreprise pendant l'étiage 1982 a permis d'élaborer l'esquisse piézométriques de cette nappe. L'interprétation de la carte en courbes isopièzes, avec l'application de la relation de

Darcy  $Q = KA \frac{\Delta H}{\Delta X}$  permet d'estimer le débit de la nappe à :

Q total = 110 millions de m<sup>3</sup> par an en moyenne dont :  
 Q souterraine = 12,6 millions de m<sup>3</sup> ;  
 Q surface = 97,4 millions de m<sup>3</sup>.

Dans les calculs on a considéré :

K moyen = 10 puissance -5 m/s  
 A (section de l'écoulement) = 3,2. 10 puissance 6 m<sup>2</sup>  
 $\frac{\Delta H}{\Delta X}$  (gradient hydraulique) = 1,3 10 puissance -2

### 1.1.4. Exploitation optimale de la nappe

Dans le cas des puits non artésiens, rabattre à plus de 70 % l'épaisseur de la nappe ne présente aucun avantage sinon un coût de plus en plus élevé.

En supposant :

- Coefficient de Darcy K = 10 puissance -5 m/s  
 - épaisseur de la nappe H = 70 m  
 - rabattement maximal  $\Delta$  max = 50 m

Le débit d'exploitation maximal théorique d'un puits isolé est d'environ :  $Q = 72$  m<sup>3</sup>/heure.

Ce débit, qui pourrait être atteint avec un forage très bien équipé, serait limité par divers autres facteurs tels que :

- la vitesse de l'eau à l'entrée du massif filtrant. Afin d'éviter l'entraînement non désiré de sable, la vitesse à l'entrée de la crépine doit être limitée :

$V_{max} = 10$  ou  $20 \sqrt{K}$  soit  $V_{max} = 10$  puissance -4  
 ou 210 puissance -4 m/s

- l'influence des puits voisins : la superficie du champ des forages tiendra compte des paramètres suivants :
- débit d'exploitation ;
- alimentation spécifique de la nappe (46,5 m<sup>3</sup>/h/km<sup>2</sup>) ;
- rabattement maximal au puits le plus influencé au moment de l'équilibre entre les apports et les prélèvements.

## 1.2. Qualité des ressources

Les analyses hydrochimiques et bactériologiques effectuées sur plusieurs prélèvements, permettent de tirer les conclusions ci-après (cf. tableaux 1 et 2).

### 1.2.1. Potabilité de l'eau

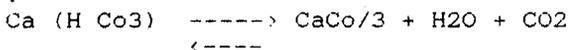
Tous les échantillons analysés sont, d'un point de vue chimique, tout à fait conformes aux normes internationales. Par contre, la qualité bactériologique peut dans certains cas être suspecte. Aussi, serait-il recommandable, pour les eaux de boisson, de pratiquer une stérilisation ne fusse qu'à titre préventif.

### 1.2.2. Corrosion

La majeure partie des échantillons d'eau sont acides (PH < 7). Par ailleurs, les teneurs en bicarbonates étant faibles, une augmentation de la teneur en gaz carbonique les rendrait certainement agressives. Ces deux considérations suffisent à mettre en garde pour le choix du métal de la crépine et de la conduite, qui devrait être inattaquable ou très résistant à la corrosion.

### 1.2.3. Traitement

Les analyses indiquent une très bonne qualité de l'eau pour laquelle le seul traitement éventuel à prévoir serait la correction du PH. En général, cette correction est faite par injection de chaux :



## 1.3. Choix du site d'implantation des forages

A la lumière des résultats des différentes évaluations, deux sites ont été retenus.

### 1.3.1. Le voisinage immédiat des sources de la Tsiémé

Ce domaine présente de nombreux avantages : du point de vue hydraulique, on a la certitude d'atteindre la surface de la nappe vers la côte 320, l'épaisseur de la nappe doit être considérable.

Du point de vue économique, la zone est facile d'accès par la nationale n°2. Elle est relativement proche de l'agglomération (transport de matériel et ligne électrique). L'altitude moyenne (440 m) permettrait une distribution gravitaire. Du point de vue de la protection du site, on se trouve dans la zone périurbaine susceptible d'échapper au développement urbain du fait de sa topographie collinaire.

### 1.3.2. Berges de la Djiri

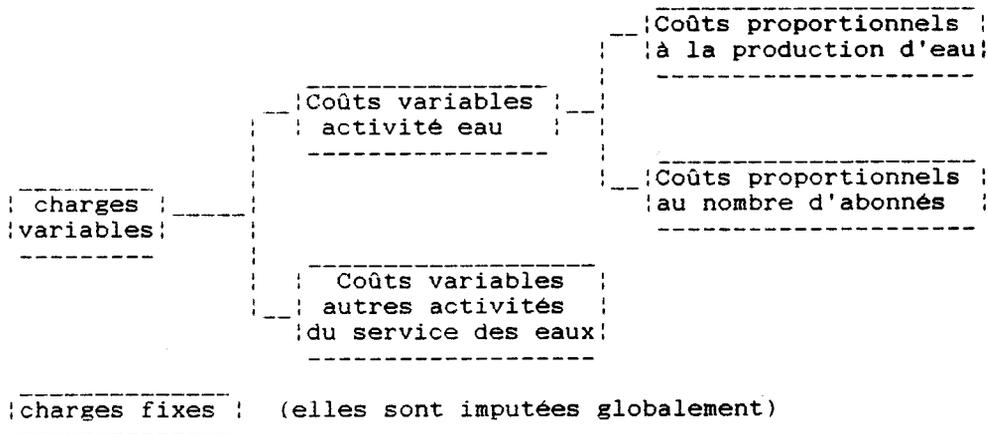
On pourrait envisager de placer le champ de captage le long de la limite perméable que constitue la Djiri. Cette hypothèse permettrait de réduire la superficie du champ. Malheureusement, elle n'a pas été développée, faute d'informations sur les caractéristiques hydrauliques des berges.

## 2. ECONOMIE DE L'EXPLOITATION DES RESSOURCES

### 2.1. Décomposition du coût de revient de l'eau

Les éléments constitutifs du coût de l'eau peuvent être groupés de la façon suivante :

- coûts liés à "l'activité eau" (coûts variables) ;
- charges liées à la structure de l'entreprise (charges fixes).



### 2.1.1. Coûts liés à l'"activité eau"

Ils se décomposent en :

- coûts proportionnels à la production d'eau, achat d'énergie, achat de réactif, assurance de type dégât des eaux ;
- coûts proportionnels au nombre d'abonnés : entretien du branchement, service des abonnés, entretien et amortissement du compteur.

### 2.1.2. Charges liées à la structure de l'entreprise

Le plan comptable 1957 permet la classification des charges par nature, de la façon suivante : frais de personnel, impôts et taxes, travaux, fournitures et services extérieurs, transport et déplacements, frais divers de gestion, frais financiers, dotations de l'exercice aux comptes amortissements et provisions.

### 2.2. Références de base

Les coûts des différents produits ou services ont été tirés des études et documents comptables suivants :

- bilan au 31 décembre 1981 (SNDE Brazzaville) ;
- projet de l'usine de la Djiri : devis programme mars 1982 (SNDE-Brazzaville) ;
- marché après consultation pour la réalisation et l'équipement de quatre forages d'eau - 12 octobre 1981 (SNDE, Pointe-Noire).

#### 2.2.1. Investissement - réalisation et équipement de quatre forages d'eau

a) Définition des travaux

- rénovation de la foreuse
- forages tubés à une profondeur maximale de 200 m
- fourniture et pose de toutes les pièces de recharge
- fourniture et pose de 4 électropompes d'exploitation et une électropompe d'essai avec tous les équipements électriques.
- fourniture :
  - . d'une caisse à outils
  - . d' un groupe électropompe pour les essais par pompage (caractéristiques  $Q = 200\text{m}^3/\text{h}$  ;  $\text{HMT} = 45\text{m}$ )
  - . du matériel nécessaire aux mesures de débits
  - . trois outils trigones supplémentaires.

b) Clauses financières :

Auto-financement SNDE + subvention de l'Etat.

- fournitures.....	95 304 974F CFA
- Main-d'oeuvre.....	30 745 000F CFA
	-----
Total.....	126 049 974F CFA

c) Frais d'études de la nappe

- Coût total.....	33 539 773F CFA
-------------------	-----------------

2.2.2. Amortissement des installations

La SNDE établit les taux d'amortissement de la façon suivante :

- Génie Civil et canalisation..... 5 % constant
- équipement dynamique.....20 % constant
- durée de vie d'un forage..... 10 ans.

2.2.3. Estimation du nombre d'abonnés particuliers

Le nombre d'abonnés privés a été estimé en fonction du type d'habitat. On a considéré le rapport de la population à approvisionner par la taille moyenne du ménage. En ce qui concerne les professionnels, leur nombre est faible et ne varie que très peu. Nous avons retenu les chiffres de 1982.

2.3. Projet d'alimentation à parir des eaux souterraines

2.3.1 Hypothèses et données de base

- abonnés particuliers..... 3000
- production annuelle.. 2,5 10 puissance 6m3 (70m3/h X 4 forages)
- hauteur de refoulement. 130 m
- longueur du réseau primaire 12254 m (diam. 600 mm)  
+ 746 m (diam. 400 mm).

### 2.3.2. Dépenses

- Coûts proportionnels à la production d'eau :	
	Coût unitaire du m3 en CFA
. Electricité :	
0,006Kwh/m3/m x 130m x 21,20 F/kwh .....	16,43
. Réactifs :	
chaux.....	0,19
hypochlorite ou chlore.....	1,79
. Sous Total 1.....	18,41
- Coûts proportionnels au nombre d'abonnés	
. Entretien du branchement	(à la charge l'abonné)
. Amortissement du compteur	(à la charge de l'abonné)
. Services des abonnés	
(facturation + informatique) 145 F/abonné....	0,17
. Sous Total 2.....	18,58
- Charges liées à la sturcture de l'entreprise.	
. Frais de personnel.....	0,14
. Impôts et taxes.....	0,23
. travaux, fournitures et services extérieurs	
(entretien des installations 3 % des investissements)	
. Transport et déplacement.....	0,17
. Frais divers de gestion .....	0,14
. Frais financiers.....	-
- Dotations aux comptes amortissement et provisions :	
. Fournitures.....	3,81
. Réseau primaire.....	2,31
. Véhicules.....	0,22
. Main-d'oeuvre directe.....	1,22
. Imprévu (5 % des investissements).....	0,54
. Provisions de renouvellement.....	8,70
	-----
Total	36,92

Une production complémentaire de 2,5 millions de m3 par an fournie par 4 forages, coûterait en moyenne 37 F/m3 (références des prix 1981). Cette approche montre que l'utilisation de l'eau souterraine s'avérerait largement économique.

Deux conclusions essentielles peuvent être dégagées à partir de cette étude.

L'inventaire des ressources en eau souterraine montre que Brazzaville a d'importantes réserves. La nappe située au nord du Djoué, dont la réserve totale est estimée à un milliard de m<sup>3</sup>, représente plus de 20 fois les besoins de la ville pour l'an 2000. Son taux de renouvellement voisin de 10 % indique une fonction régulatrice optimale. Malgré les faibles coefficients de Darcy (10 puissance -5 m/s), les possibilités d'utilisation de cette nappe sont relativement satisfaisantes. L'excellente qualité des ressources offre par ailleurs l'avantage de disposer d'une eau naturellement potable ne nécessitant pas de traitement onéreux.

D'un point de vue économique, il faut souligner que contrairement à ce que l'on pourrait croire, même dans nos régions humides, l'eau est d'un coût relativement élevé. A titre d'exemple, le m<sup>3</sup> d'eau provenant de la Djiri coûte environ 70 F. Le projet d'alimentation à partir des eaux souterraines montre que ce mode d'approvisionnement pourrait s'avérer plus avantageux. Il faut malheureusement reconnaître que les ressources souterraines sont en général peu considérées en raison des difficultés de la prospection et de l'évaluation.

Tableau 1

## ANALYSES HYDROCHIMIQUES BRAZZAVILLE - EAUX SOUTERRAINES

	Source Zanga	Source Diata	Dia Bangombe	Source Loko	Puits N°1	Puits N°2	OMS admissible	Standard
Ph	6,0	5,5	5,4	6,0	-	6,5 - 9,2		
Rh x 10 puis.3	21,0	6,3	77,4	5,4	4,8			
Température	27,0	27,0		27,5	27,0			
Débit solide								
Matière organique	1,6	trace		0,16				
Oxygène dissous	3,5	4,0		2,5	2,5			
Fer total	0,03	0,03		0,15		0,3		
Ca ++	0,11	0,14	non decelable	0,29		8,0		
Mg ++	0,02	0,07	"	0,10		2,0		
Na +	0,14	0,34	"	0,34		2,6		
Ka +	0,08	0,03	"	0,12				
Sommes cations	0,35	0,58	"	0,85				
Cl -	0,20	0,30	"	0,46		2,7		
SO4 - -	trace	trace	"	trace		1,4		
HCO3 -	0,10	0,10	0,06	0,10				
Sommes anions	0,30	0,40		0,56				

Tableau 2 : ANALYSES D'ECHANTILLONS D'EAU A BRAZZAVILLE  
(banlieue ouest-quartier Mfilou)

Pt d'eau	Bacilles en indice	MPN	Eau				
N°	Type	Coliformes	Escherichia coli	Streptocoques fécaux	Potable	Non potable	
1	c	40	+	0		x	
2	p	145	+	0		x	
3	p	24000	+	0		x	
4	p	7000	0	+		x	
5	SA	24000	0	+		x	
6	p	24000	+	+		x	
7	p	7000	0	+		x	
8	p	320	0	0	x		
9	SA	150	0	+		x	
10	p	0	0	0	x		
11	p	1300	+	0		x	
12	p	48	+	+		x	
13	p	0	0	0	x		
14	p	48	+	0		x	
15	p	7000	0	+		x	
16	SA	1000	+	+		x	
17	p	1300	0	0	x		
18	p	24000	0	+		x	
19	p	310	+	+		x	
20	p	24000	0	+	x	x	
21	p	19	0	0	x		
22	p	128	0	0			
23	p	330	+	+		x	
24	p	7000	0	+		x	
25	SA	0	0	0	x		
26	p	960	0	0	x		
27	p	640	+			x	
28	SA	530	+	+		x	
29	SA	310		+		x	
30	SA	21		+		x	
31	p	640				x	
32	SA	250	+			x	
33	p	43	0	+		x	
34	SA	0	0	0	x		
35	p	20	0	0	x		
36	SA	0	0	0	x		
37	SA			+		x	
38	SA	640	0	+		x	
39	SA	690	0	+		x	
40	M	7000	+	+		x	
41	M	7000	+	+		x	
42	C	48	0	+		x	
		15	23 / 42		11	31	42
					26%	74%	100%

C : citerne      SA : sources aménagées  
P : puits        M : mare

# Journées d'Etude sur Brazzaville.

**Actes du colloque**

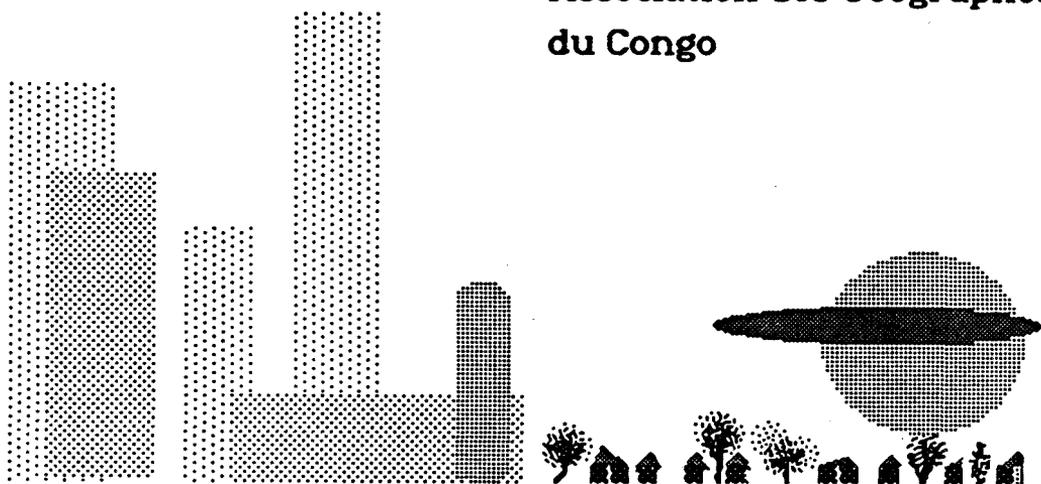
**Brazzaville, 25-28 avril 1986.**

**ORSTOM**

**Santé Urbanisation**

**AGECO**

**Association des Géographes  
du Congo**



**Publié avec le concours de la Mission Française  
de Coopération et d'Action Culturelle.**

**Brazzaville. R. P. Congo.**