LES CONTROLES SYSTEMATIQUES DE LA QUALITE DES EAUX NATURELLES AU CONGO : QUELQUES RESULTATS DU LABORATOIRE D'HYDROLOGIE DE L'ORSTOM/DGRST DE BRAZZAVILLE

Dr Noël MOUKOLO (1)

RESUME

Cet article expose les résultats de sept années de travaux (1985 à 1991) entrepris dans le cadre du contrôle systématique de la qualité des eaux naturelles au Congo. Une large place est faite aux contrôles effectués sur le réseau d'observation de la ville de Brazzaville qui compte actuellement 30 points d'eau (puits, sources et plan d'eau libre). Au total près de 5300 dosages chimiques et 476 analyses bactériologiques ont été réalisés depuis l'ouverture du réseau en novembre 1985. Les résultats obtenus ont révélé dans 34 % des cas une contamination bactériologique de la nappe. En revanche, tous les échantillons analysés sont, du point de vue chimique, conformes aux normes de l'OMS.

Mots clés : Qualité de l'eau - Hydrochimie - Bactériologie - Environnement - Brazzaville - Congo.

SYSTEMATIC CONTROL OF NATURAL WATER QUALITY IN CONGO : LABORATORY RESULTS OF ORSTOM/DGRST BRAZZAVILLE.

ABSTRACT

This paper presents the results of a 7 year (1985 to 1991) systematic supervision of natural water quality in the Republic of Congo. It gives considerable attention to the network of 30 experimental water analysis points of the town of Brazzaville. About 5300 chemical measurements and 476 bacteriological analysis have been carried out since the establishment of the network in November 1985. 34 % of the samples studied have shown bacteriological traces of contamination, while their chemical analysis revealed that they meet WHO's standards.

Key words : Water quality - Hydrochemistry - Bacteriology - Environment - Brazzaville - Congo.

I. INTRODUCTION

Les risques de modification de la qualité des eaux ne cessent de croître en fonction de l'évolution des activités humaines telles que les aménagements, l'urbanisation, l'industrialisation et l'agriculture intensive. Il est donc nécessaire de suivre l'évolution de la qualité des eaux par la mise en place de réseaux de mesures permanents et d'assurer la protection des captages actuels et futurs.

Au Congo, quelques institutions se sont préoccupées de la qualité des eaux. L'on peut citer par exemple les services techniques tels que la Société Nationale de Distribution d'Eau (SNDE) et le Service d'Hygiène Générale qui entreprennent des contrôles ponctuels dans le cadre de leurs activités courantes. Mais cette surveillance ne concerne que le réseau important de distribution d'eau potable et non les captages d'eaux souterraines destinés à des petites collectivités. Ainsi, les analyses effectuées dans le cadre de ces contrôles périodiques ne permettent d'appréhender ni l'évolution de la qualité des eaux souterraines ni les évènements susceptibles de la modifier.

En fait, il n'a jamais existé de programme d'évaluation systématique et de suivi permanent de la qualité des eaux au Congo. C'est en 1985 que le laboratoire d'hydrologie a entrepris, dans le cadre du programme de recherche sur les eaux souterraines et la qualité des eaux, la mise en place d'un réseau permanent pour suivre la qualité des eaux au Congo. Parallèlement à ce programme l'ORSTOM, en collaboration avec l'Institut National des Sciences de l'Université (INSU) et plusieurs laboratoires associés, a démarré en 1986, dans le cadre de l'opération PIRAT-GBF (Grands Bassins Fluviaux), l'étude des variations spatio-temporelles des compositions chimiques et minéralogiques des exportations du fleuve Congo et de ses principaux affluents de la rive droite. Cette opération est actuellement bien lancée et fournit chaque année, à partir des suivis hebdomadaires, mensuels ou trimestriels, des bilans chiffrés du transport des matières solides et dissoutes.

(1) DGRST/ORSTOM BP. 181 BRAZZAVILLE (Congo)

Tableau n° 1 : Réseau d'observation de la qualité des eaux au mois de janvier 1992.

Localité	date d'ouverture	finance-ment	puits	sources	plan d'eau libre	total des points d'eau
Brazzaville	novembre 85	Congo	22	7	1	30
Plateau de Mbé	septembre 85	ACCT	7	0	9	16
Mayombe	décembre 87	UNESCO	12	7	5	24
Makoua	juin 89	Congo	6	1	1	8
Owando	décembre 89	Congo	3	0	1	4
Pirat	décembre 88	ORSTOM	0	0	9	9
Total			50	15	26	91

Le réseau d'observation actuel comprend 91 points d'eau qui se répartissent comme indiqué dans le tableau n° 1.

La fréquence des observations est fonction des moyens financiers et des conditions hydro-climatiques. Généralement, les prélèvements et les mesures directes sont effectués deux fois par an (pendant la saison sèche et pendant la saison des pluies). Plusieurs résultats sont déjà acquis et dans la plupart des cas, les échantillons sont d'un point de vue chimique conformes aux normes de l'OMS. En revanche, la qualité bactériologique peut dans certains cas être suspecte comme l'indique le tableau n° 2.

Tableau n° 2 : Résultats du contrôle bactériologique

Localité	Nombre de prélèvements effectués	Echantillons ayant présenté des traces de contamination	Pourcentage de contamination
Brazzaville	476	162	34 %
Plateau de Mbé	27	22	81,4 %
Mayombe	40	14	35 %
Makoua	15	10	66 %
Owando	3	0	0 %
Total	234	97	41,4 %

II. CAS DE LA NAPPE SOUTERRAINE DE BRAZZAVILLE

1. Justification et objectifs de l'étude

Les conditions socio-sanitaires très préoccupantes dans les banlieues de Brazzaville sont intimement liées à la mauvaise qualité de l'eau consommée. En effet, dans ces quartiers de la périphérie dépourvus d'un système d'adduction d'eau potable, les maladies d'origine hydrique telles que l'amibiase, la dysenterie bacillaire, les diarrhées graves, etc, constituent l'élément majeur de morbidité. Le laboratoire d'hydrologie est très sensible à cet aspect du problème. C'est ainsi qu'il a initié en 1985 l'opération de recherche sur la vulnérabilité de la nappe souterraine de Brazzaville. Il s'agit dans cette étude, d'apprécier la plus ou moins grande exposition de cette nappe aux pollutions dues à l'activité de l'homme. Il faut dire que Brazzaville ne dispose à ce jour que d'un réseau pluvial pour toute infrastructure d'assainissement. La presque totalité des habitants recourent à différentes solutions de remplacement pour l'évacuation et l'élimination des ordures ou autres déchets (latrines, fosses septiques, puisards, etc). La pollution d'origine domestique constitue ainsi un grand danger pour la dégradation de l'eau de la nappe.

En revanche il n'existe pas d'industries polluantes à proprement parler. Les problèmes de pollution liée aux rejets industriels sont par conséquent encore peu connus à Brazzaville. L'activité agricole se limite au maraîchage et l'utilisation d'engrais chimiques et de pesticides n'est pas d'une pratique courante.

En définitive, la contamination d'origine domestique est la plus importante.

Les principaux objectifs visés par cette étude sont les suivants :

- suivi à long terme (10 ans) des variations spatio-temporelles de la composition physico-chimique et bactériologique de l'eau de la nappe ;
- chloration in situ des points d'eau contaminés et suivi des effets de cette chloration ;
- conception des périmètres de protection des points d'eau ;
- élaboration de la carte de vulnérabilité de la nappe.

2. Schéma expérimental et méthodologie

Pour la première phase d'exécution de l'étude, 34 points d'eau (puits et sources) constituant le réseau d'observation rationalisé ont été sélectionnés en vue de contrôler la qualité de l'eau de la nappe. Chacun de ces points d'eau a fait l'objet d'une enquête portant sur :

- sa nature (puits creusé dans la nappe, source, émergence)
- sa position par rapport aux sources de contamination (immondices, fosses septiques)
- ses caractéristiques : profondeur, diamètre...
- son utilisation actuelle et passée
- la possibilité de faire des mesures.

L'étude s'intéresse essentiellement à l'exposition de la ressource aux pollutions liées à l'activité humaine et les causes naturelles de dégradation de la qualité des eaux ne sont donc pas prises en compte. Cette considération suppose que l'on discerne les mesures à faire en fonction de la vocation des diverses zones (zone maraîchère, zone industrielle, zone à forte densité de population. Les critères de pollution retenus sont les suivants :

a) Critères bactériologiques

Les témoins essentiels de la pollution recherchés sont :

- escherichia coli
- streptocoques fécaux
- germes coliformes.

b) Autres critères se rapportant à la pollution organique

La recherche porte sur les composés ou éléments suivants :

- ammoniaque
- ammoniaque albuminoïde
- nitrites
- nitrates
- oxygène absorbé
- hydrogène sulfuré.

c) Critères se rapportant à des pollutions par des substances particulières

On recherche essentiellement les hydrocarbures.

3. Caractéristiques physiques de la nappe

Dès le lancement de l'opération, on a d'abord cherché à définir les caractéristiques physiques de la nappe souterraine de Brazzaville. Celle-ci fait partie du vaste ensemble hydrogéologique des plateaux batéké. C'est un véritable château d'eau d'où sont issus bon nombre des grands cours d'eau du Congo et du Gabon (Niari, Léfini, Ogooué, etc.). La partie concernée par cette étude est limitée au Nord par la rivière Djiri, au Sud par le Djoué, à l'Ouest par la rivière Djouari et à l'Est par le fleuve Congo (cf. Fig. 1 et 2).

Le substratum est formé par les argilites de la série du Stanley-pool inférieure et les grès arkosiques de l'Inkisi.

Les niveaux aquifères sont constitués par les sables fins, graviers et grès tendres. Leur épaisseur, très variable, peut atteindre 100 m en certains endroits. L'aquifère est par endroits interrompu par des lentilles d'argiles ou des bancs de grès silicifiés donnant naissance à quelques sources de contact très localisées. Sa limite supérieure est constituée par la surface piézométrique de la nappe. Les débits sont généralement très faibles (de l'ordre de 0,01 l/s).

Cette nappe alimente plusieurs cours d'eau pérennes, et de nombreux puits traditionnels la captent dans les banlieues de Brazzaville.

L'alimentation directe de la nappe par la pluie se fait sur toute sa superficie. L'infiltration efficace moyenne annuelle pour la période de 1943 à 1981 est estimée à 460 mm d'eau, soit un volume de 120 millions de mètres cubes par an.

Il faut également souligner l'existence d'une intercommunication avec le reste de la formation hydrogéologique des plateaux batéké qui doit très probablement alimenter la nappe. Cependant, compte tenu de l'orientation générale des rivières dans la région, ces apports seraient dérisoires comparés à l'alimentation directe.

4. Résultats expérimentaux

476 analyses bactériologiques ont été effectuées depuis le lancement de l'opération en novembre 1985. 34% se sont révélées positives. Les prélèvements ont été faits à des périodes très contrastées sur les 34 points d'eau. A partir des premiers résultats, on a pu faire les constats suivants (fig. 3) :

a).Points d'eau n'ayant jamais présenté de trace de contamination.

Il s'agit de 12 points d'eau dont les caractéristiques sont les suivantes (tableau 3).

Résultats de mesures physiques et analyses hydrochimiques
(Concentrations maximales)

Point d'eau	Mesures physiques			Analyses chimiques							
	pH	t ° ° C	Rhx 10^3 Ohm . Cm	O_2 mg/l	CO_2 mg/l	H_2S mg/l	Fer mg/l	TH mé/l	TAC mé/l	Cl^- mé/l	$SO4^{--}$ mé/l
Puits n°1	4.0	28	6.87	7	40			0.36	0.071	0.025	trace
Puits n°2	3.5	28	6.19	8	45			0.48	0.071	0.025	trace
Puits n°3	4.5	29	2.71	2	50			1.36	0.089	0.028	trace
Source Zangadia bangombé n°4	4.0	29	27.00	7	30		0.03	0.63	0.089	0.025	trace
Puits n°5	4.1	28	3.40	5	75			0.84	0.089	0.025	trace
Source DIATA	5.4	28	21.00	7	40		0.03	0.42	0.071	0.017	trace
Source Nzélil	3.4	28	4.96	7	35			0.4	0.071	0.025	trace
Puits n° 8	6.1	29	0.90	3	190			6.96	6.61	0.027	trace
Puits n°9	5.5	29	0.56	2				6.96	6.61		trace
Puits n°10	5.0	27	1.88	2.5				0.92	0.11		trace
Puits n°11	4.2	29	2.02	4	55			0.33	0.12	0.025	trace
Forage tour	6.7	28	2.10	0				1.6	2.5		trace
Puits n°13	3.6	28	1.42	3	80			0.96	0.11	0.027	trace
Source Mouanga	3.3	28	14.40	5				0.18	0.089	0.015	trace
Puits n°15	6.0	30	18.90	5	15			0.32	1.96	0.006	trace
Puits n°16	4.0	28	0.091	4	75			2.4	0.071	0.031	trace
Puits n°17	3.8	28	1.21	2	110			1.6	0.071	0.028	trace
Puits n° 18	7.0	27	1.56	3				2.04	5.54		trace
Puits n°19	6.0	29	1.44	3	90			3.32	1.25	0.028	trace
Puits n°20	6.0	27	1.47	2				1.12	0.89		trace
Puits n°21	4.2	27	18.85	5	70			0.32	0.071	0.014	trace
Source Nkélowatadi	3.6	30	4.20	9	30			0.8	0.89	0.027	trace
Puits n°23	5.4	29	1.70	4	190			12.4	4.64	0.027	trace
Puits n°24	3.7	29	13.33	6	50			1	0.11	0.017	trace
Puits n° 25	6.5	29	6.93	1				6.4	1.61		trace
Puits n°26	6.7	27	0.78	0.5				23	6.97		trace
Puits n°27	6.0	29	4.09	9	40			8.6	2.14	0.025	trace
Puits n° 28	4.0	28	0.86	3	70			16	0.071	0.031	trace
Rivière Ngabankoussou	4.9	26	76.70	8	10			0.4	0.11	0.009	trace
Puits n°30	5.7	29	5.05	3	120	0.05		8.8	1.97	0.023	trace
Source de la Montagne	4.3	29	44.17	7	25				0.18	0.013	trace
Puits n°32	3.7	29	56.69	7	30			0.12	0.071	0.006	trace
Source DH1	3.6	29	12.84	6	30			0.88	0.054	0.014	trace
Puits n° 34	4.2	28	3.04	4	20			0.24	0.089	0.028	trace
Puits n°35	4.2	30		6	45			0.16	0.071	0.010	trace
Puits n°36	6.9	28	0.81	5	60			5.68	5.36	0.028	trace
Puits n° 37	4.6	29	4.96	6	20			0.44	0.11	0.027	trace

Figure 1 : Brazzaville - Carte de situation

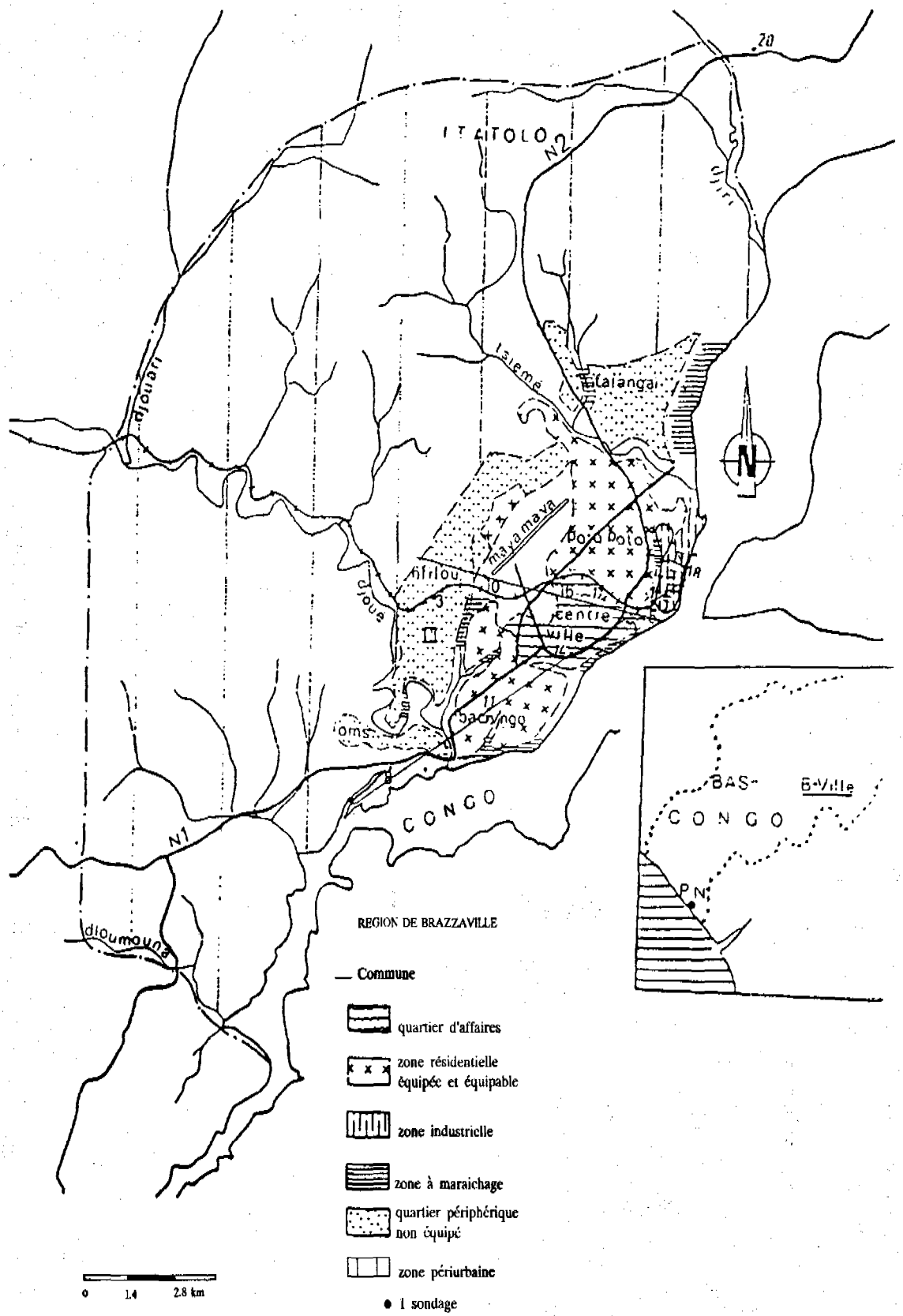


Figure 2 : Localisation des aquifères

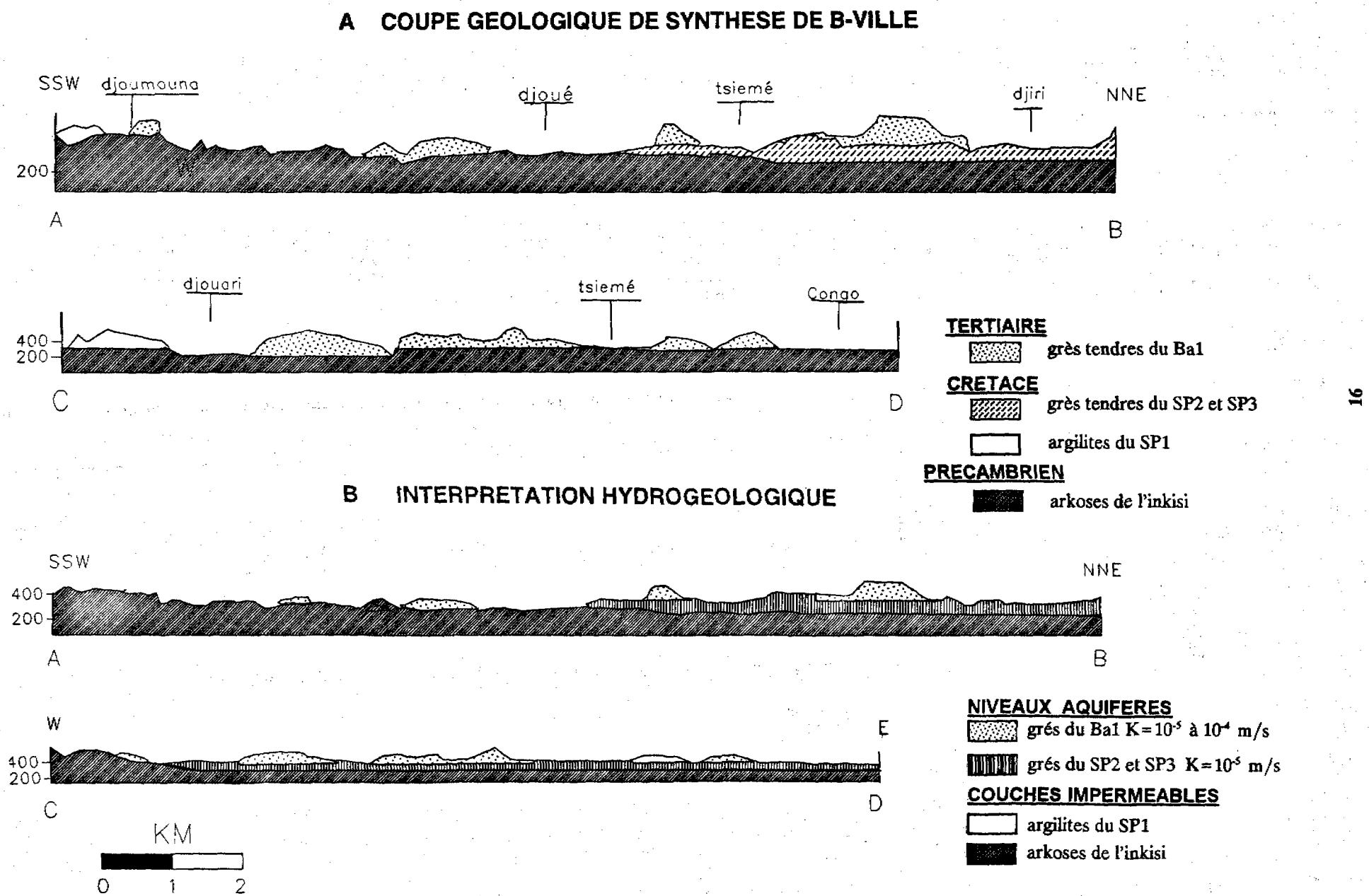


Tableau n° 3 : Situation des points d'eau non contaminés à Brazzaville

Nom du point d'eau	Quartier	Lithologie	Source de contamination	Profondeur du plan d'eau	Protection du point d'eau
Puits n° 1	Makélékélé	argile sableuse	WC à 20 m.	2,40 m	aucune
Source Zanga	Makélékélé	grès tendres	immondices à 2,5 m	-	aucune
Puits n° 5	Makélékélé	sable limoneux	WC à 22 m.	0,60 m.	aucune
Source Diata	Makélékélé	sable limoneux	immondices à 25 m	-	aucune
Puits n° 11	Makélékélé	sable limoneux	WC à 19,5 m	0,80 m	aucune
Forage Elf	Centre ville	sable limoneux	néant	6,79 m	
Puits n° 13	Makélékélé	sable limoneux	WC à 12,70 m	1,60 m	protégé
Puits n° 23	Mpila	sable argileux	WC à 7,10 m	1,20 m	aucune
Source Nkélo	Bacongo	grès siliceux	néant	-	aucune
Puits n° 28	Poto-Poto	sable argileux	WC à 15 m	0,20 m	aucune
Puits n° 35	Pont Djiri	sable fin	néant	3,44 m	protégé
Puits n° 37	Talangaï	sable fin	WC à 17 m	5,12 m	protégé

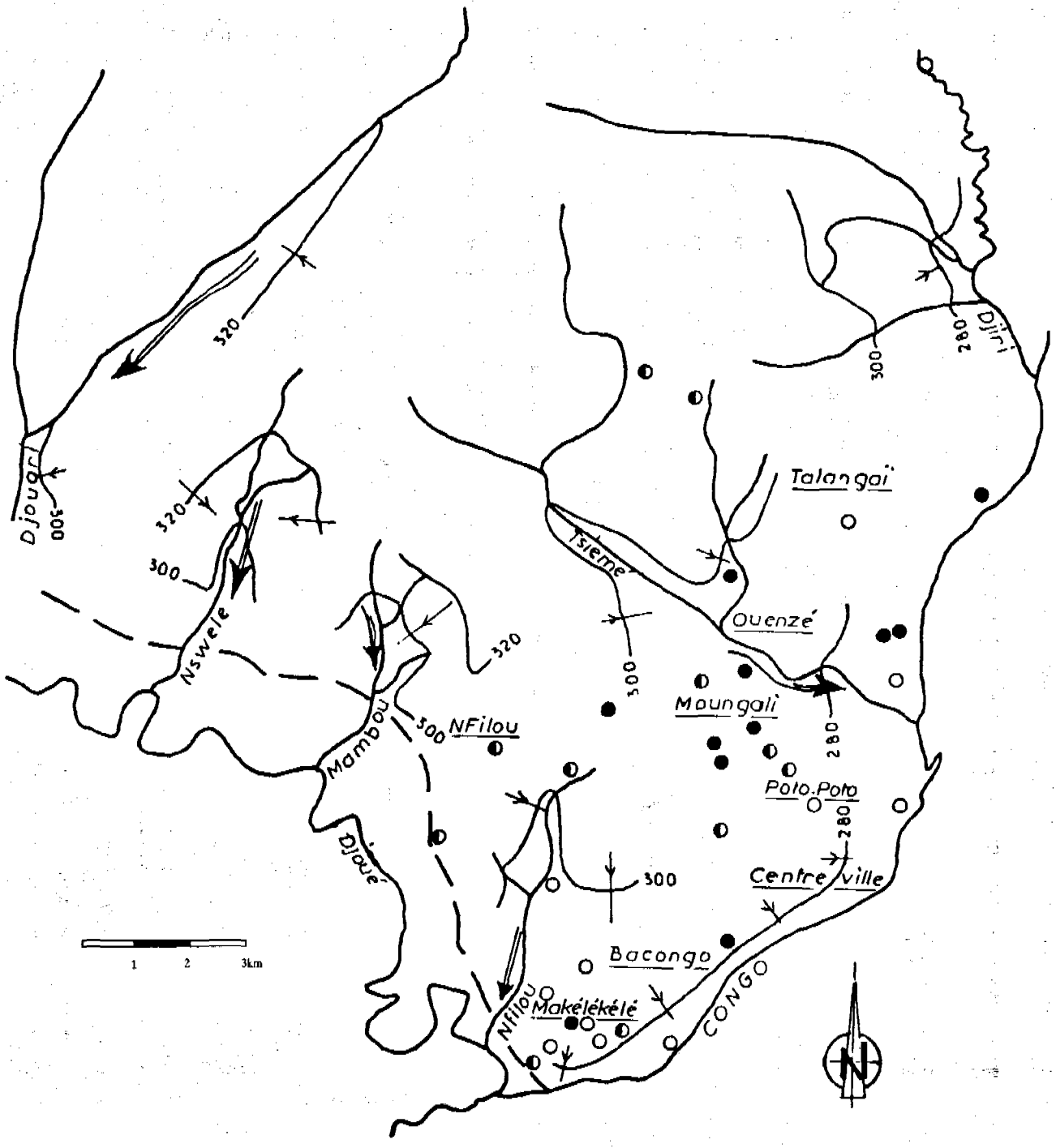
Tableau n°4 : Situation des points d'eau contaminés en permanence à Brazzaville

Nom du point d'eau	Quartier	Lithologie	Source de contamination	Profondeur du plan d'eau	Protection du point d'eau
Puits n° 8	Talangaï	sable argileux	WC à 10 m	2,95 m	aucune
Puits n° 9	Talangaï	sable argileux	WC à 12 m	3 m	aucune
Puits n° 10	Makélékélé	sable limoneux	WC à 4,5 m	1,30 m	aucune
Puits n° 18	Moungali	sable fin	WC à 25 m	0,45 m	aucune
Puits n° 15	Mfilou	sable fin	WC à 48 m	11,80 m	aucune
Puits n° 19	Moungali	sable fin	WC à 11 m	1,55 m	aucune
Puits n° 25	Centre ville	vase noire	immondices tout autour	0,20 m	aucune
Puits n° 30	Talangaï	sable fin	ruisseau à 9 m	2,05 m	aucune
Sources n° DH	Talangaï	sable limoneux	WC à 22 m	-	aucune
Puits n° 36	Mougali	sable fin	WC à 7 m	0,90 m	aucune
Puits n° 37	Talangaï	sable fin	WC à 7 m	-	aucune

Tableau n° 5 : Situation des points d'eau contaminés occasionnellement à Brazzaville

Nom du point d'eau	Quartier	Lithologie	Source de contamination	Profondeur du plan d'eau	Protection du point d'eau
Puits n° 2	Makélékélé	sable argileux	WC à 25 m	2,30 m	aucune
Puits n° 3	Bacongo	grès tendre	WC à 18 m	2,05 m	aucune
Source Mouanga	Mfilou	sable limoneux	verdure	-	médiocre
Puits n° 16	Poto-Poto	argile sableuse	WC à 21 m	5,05 m	aucune
Puits n° 17	Poto-Poto	argile sableuse	WC à 10 m	2,40 m	médiocre
Puits n° 21	Talangaï	sable argileux	WC à 24 m	0,55 m	aucune
Puits n° 24	Mfilou	sable fin	ruisseau à 21,50 m	0,17 m	médiocre
Puits n° 27	Ouenzé	sable fin	WC à 21 m	0,90 m	aucune
S. la Montagne	Mfilou	sable limoneux	verdure	-	aucune
Puits n° 32	Talangaï	sable fin	WC à 36 m	4,67 m	protégé
Puits n° 34	Moungali	sable fin	WC à 13 m	0,40 m	aucune

Figure 3 : Vulnérabilité de la nappe de Brazzaville



Légende

300 isopièze à = 1 m

axe de drainage

direction de l'écoulement

limite à flux variable

limites à potentiel imposé avec :

-potentiel variable le long des cours d'eau à pente négligeable (Congo,Djili,Djouari).

-potentiel pratiquement constant dans le temps le long des cours d'eau perennes à pente non négligeable.

○ point d'eau n'ayant jamais présenté de traces de contamination

● point d'eau ayant en permanence présenté de traces d'une contamination

◐ point d'eau ayant présenté une contamination probablement d'origine accidentelle

b) Points d'eau ayant en permanence présenté des traces de contamination

Ce sont au total 11 points d'eau qui ont les caractéristiques suivantes (tableau 4)

c) Points d'eau ayant présenté une contamination probablement d'origine accidentelle.

Certains points d'eau ci-après, ont alterné la bonne qualité et la mauvaise qualité lors des différents prélèvements. On peut penser qu'il s'agit là de contaminations tout à fait accidentelles que l'on ne peut attribuer à la nappe. Ces points d'eau présentent les caractéristiques suivantes (tableau 5)

5. Discussion

Cinq critères ont été sélectionnés pour essayer d'apprécier les conditions environnementales qui favorisent la contamination se la nappe.

a) Critère : quartier

Brazzaville compte trois grandes zones :

- Le Centre-ville qui, dans l'ensemble, est assez bien équipé et dispose d'une infrastructure importante quoique parfois vétuste. Les sources de contamination (tas d'immondices, fosses septiques ou puisards) ont ici une densité très faible. L'unique point d'eau inventorié dans cette zone (forage ELF) n'a jamais présenté de trace de contamination.
- La zone résidentielle équipée ou équipable comprend deux ensembles de quartiers anciens séparés par le centre-ville ; (Bacongo, Poto-poto, Moungali, Ouenzé et Makélékélé). 19 points d'eau sont situés dans cette zone. On a relevé :
  . 9 points d'eau n'ayant jamais présenté de trace de contamination ;
  . 4 points d'eau contaminés de façon permanente ;
  . 6 points d'eau ayant présenté une contamination accidentelle.

Malgré une forte densité de points de contamination (environ 2.300 fosses septiques au kilomètre carré), le taux de contamination de la nappe est d'environ 30 à 35 %.

- La zone périphérique non équipée : elle est constituée par les extensions urbaines récentes, principalement autour du district de Ngamaba (quartier Mfilou) et le long de la route nationale n° 2 (quartier Mikalou). Ces extensions se caractérisent par leur étendue, leur faible densité d'occupation et le manque total d'équipements et d'infrastructures.

Les analyses ont révélé dans 50 % des cas une contamination permanente. Un seul des 12 points d'eau retenus dans cette zone a présenté une bonne qualité. Il est à noter que la densité des sources de contamination est relativement faible dans cette zone (1 800 fosses septiques au kilomètre carré).

Tableau n° 6 : Contamination des points d'eau à Brazzaville selon la zone

Zones	Non contaminé	Contaminé en permanence	Total
Centre-ville	100 %	0 %	100 %
Zone résidentielle	66 %	34 %	100 %
Zone non équipée	25 %	75 %	100 %

b) Critère : distance par rapport à la source de contamination

Les points de contamination sont constitués par les fosses septiques, les latrines, les puisards, les cours d'eau de l'agglomération et les tas d'immondices.

Nous avons regroupé les points d'eau en trois classes en fonction de leur éloignement par rapport aux différentes sources de contamination :

1) les points d'eau situés à moins de 10 m d'une source de contamination ;

2) les points d'eau situés entre 10 et 20 m d'une source de contamination ;

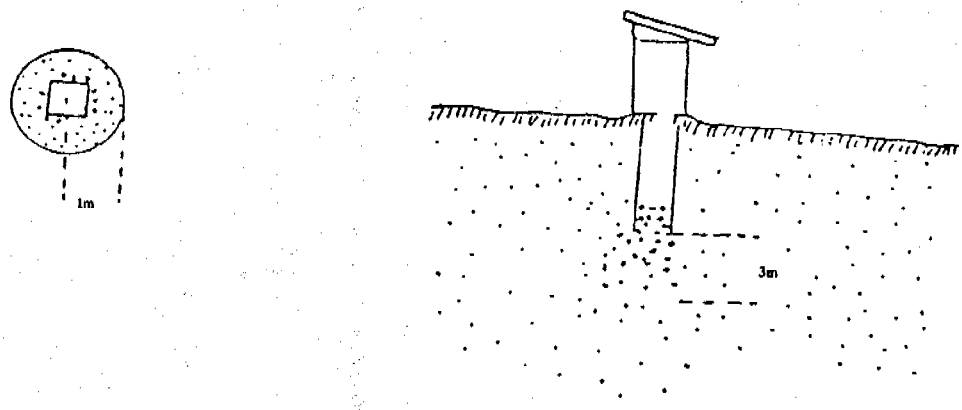
3) les points d'eau situés au delà de 20 m d'une source de contamination.

Tableau n° 7 : Contamination des points d'eau à Brazzaville en fonction de la distance à une source de contamination

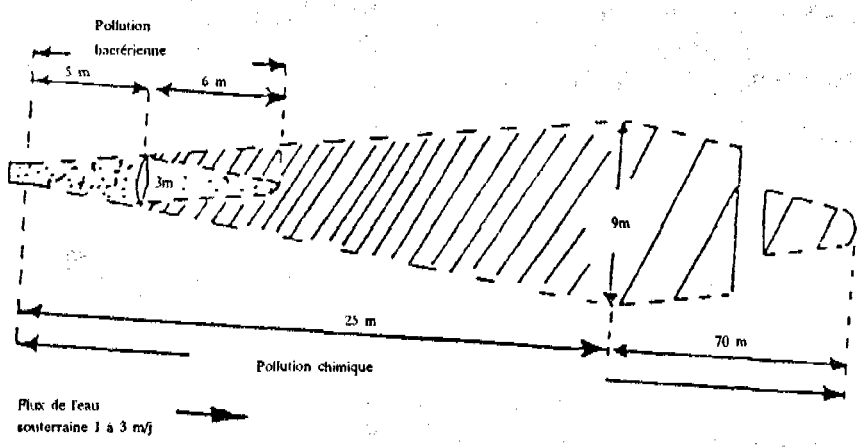
Distance /source de contamination	Non contaminé	Contaminé en permanence	Total
à moins 10 m	28,5 %	71,5 %	100 %
entre 10 et 20 m	67 %	33 %	100 %
au delà de 20 m	62,5 %	37,5 %	100 %

Figure 4 : Vulnérabilité à la pollution

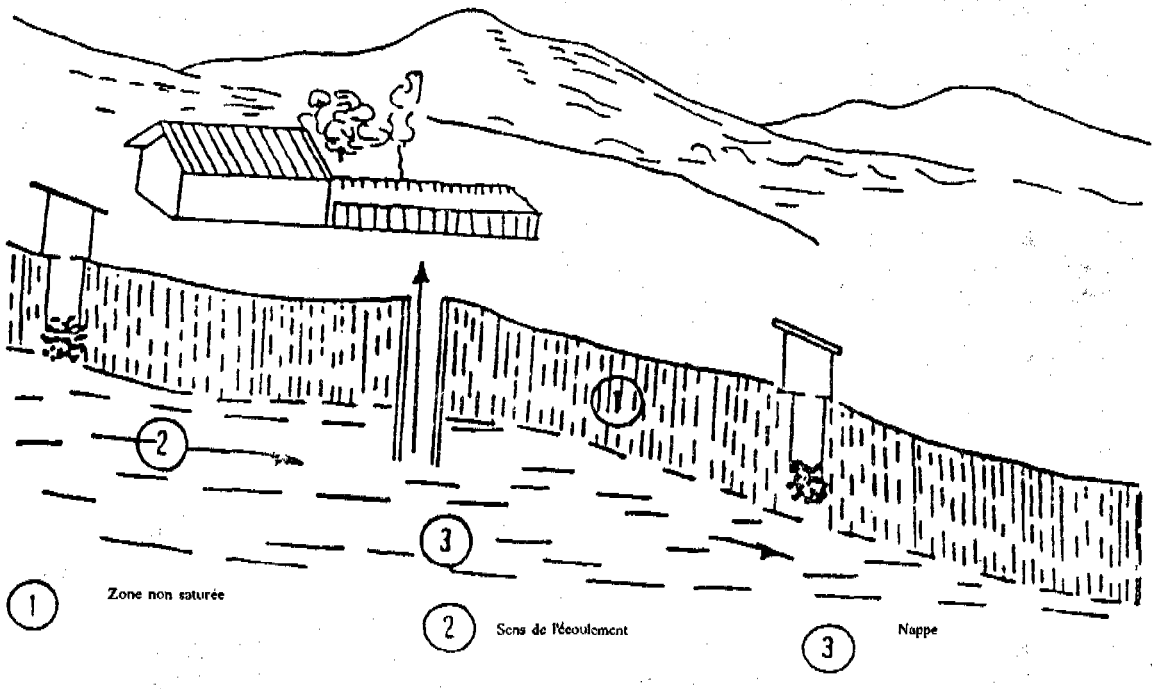
A. MOUVEMENT DE LA POLLUTION DANS UN SOL SEC



B. DISTRIBUTION DE LA POLLUTION BACTERIENNE ET CHIMIQUE DANS LE SOL ET MIGRATION MAXIMALE



C. MOUVEMENT DE LA POLLUTION DANS L'EAU SOUTERRAINE



c) Critère : profondeur de la surface piézométrique

Brazzaville s'étend pour un tiers sur une plaine jadis marécageuse où la nappe d'eau souterraine affleure fréquemment (quartiers Poto-poto, Moungali, Ouenzé, Mpila, Centre-ville et Talangaï) et pour deux tiers sur un plateau situé environ 20 m plus haut, profondément entaillé par des ravins. La nappe y est plus profonde (Mfilou, Makélékélé, Bacongo, Mikalou et Kinsoundi)

Tableau n° 8 : Contamination des points d'eau à Brazzaville en fonction de la profondeur de la surface piézométrique

Zones	Non contaminé en permanence	Contaminé	Total
Plateau	77 %	23 %	100 %
Plaine	30 %	70 %	100 %

d) Critère : type de point d'eau et protection

On a deux types de points d'eau : les puits et les sources. Dans la plupart des cas, les sources n'ont jamais présenté de trace de contamination. Le cas de la source DH serait attribuable à la mauvaise étanchéité de la citerne. Dans tous les cas, les points d'eau où un dispositif de protection a été installé (couvercle, margelle etc...) ne présentent pas de traces de contamination.

e) Critère : lithologie

Il n'existe pas de différence lithologique sensible entre les points d'eau. Ainsi la lithologie n'est pas un critère d'appréciation valable.

III. CONCLUSIONS GENERALES

On ne peut pas tirer de conclusions définitives des tableaux précédents à partir de cette analyse. Cependant l'interprétation nous édifie sur un certain nombre d'aspects, notamment la définition des conditions favorisant la contamination de la nappe. Il en ressort que l'éloignement par rapport à la source de contamination et la profondeur de la surface piézométrique constituent les seuls critères significatifs. Cette conclusion confirme les résultats d'une étude antérieure sur la distribution et la migration des pollutions bactériennes et chimiques dans les sédiments meubles (cf. Fig. 4). D'après les conclusions de cette étude, la propagation serait relativement faible dans un sol sec (3 mètres environ dans le sens vertical). Aussi les sources de contamination situées en surface et suffisamment loin de la surface piézométrique (tas d'immondices par exemple) seraient moins dangereuses que d'autres sources de pollution telles que les latrines et les puisards. Ainsi, plus la nappe est profonde moins l'on aura de risques de contamination comme c'est le cas dans la zone du plateau (quartiers Bacongo, Makélékélé et Mfilou). Par ailleurs lorsque la pollution atteint la nappe, sa migration suit le sens de l'écoulement. Ainsi pour les captages situés en amont des sources de pollution, les risques de contamination seront faibles. Il serait donc très recommandable de placer les points d'approvisionnement, chaque fois qu'il sera possible, en amont d'éventuelles sources de contamination par rapport au sens de l'écoulement.

Ces conclusions quoique sommaires et incomplètes, seront très utiles et nous permettront d'ajuster nos méthodes d'investigation pour la suite de l'opération.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Anonyme (1973) Qualité de la vie et milieu urbain (in articles et documents devenus problèmes politiques et sociaux n° 172 du 13 avril 1973).

Anonyme (1975) Urbanisme et cadre de vie (in sondages n° 1 et 2 1975)

Anonyme(1975) Urbanisation dans les pays en voie de développement (janvier 1995)

Anonyme (1975) Les grandes villes d'Afrique tropicale (in Afrique contemporaine)

BUYA J. (1980) La politique urbaine de l'eau : cas de Brazzaville. Doc. CRETH.

Anonyme (1982) Plan directeur de Brazzaville distribution d'eau. Doc. CRETH. 20 p.

Anonyme (1982) Schéma directeur de Brazzaville état actuel. Doc. CRETH. 25 p.

Anonyme (1982) Schéma directeur de Brazzaville horizon 2000. Doc. CRETH. 25 p.

NKOUMOU W. (1983) Perpectives de développement et planification «secteur approvisionnement en eau et assainissement». Doc. SNDE 150 p.

MOUKOLO N. (1984) Eaux souterraines et approvisionnement : essai d'analyse socio-économique en Afrique équatoriale humide (cas de Brazzaville et Pointe Noire). Thèse de 3ème cycle univ. de Montpellier 90 p.

MOUKOLO N. (1986) Données hydrogéologiques de la région de Brazzaville. Doc. DGRST/ORSTOM. 25 p.

MOUKOLO N. (1989) Pollution Vulnerability of the Brazzaville aquifer. Proceedings of the Sahel forum, Ouagadougou, Burkina Faso (18-23 February 1989) pp 605 - 626.

MOUKOLO N., AKOUALA J.J. (1989) Problèmes de vulnérabilité des ressources en eau et risques de contamination par les rejets domestiques, industriels ou agricoles (cas de Brazzaville). Séminaire sur l'environnement et le développement durable, juin 1989 Brazzaville pp 183-192.