

109620

UNIVERSITE C. ANTA DIOP
FACULTE DES SCIENCES
INSTITUT DES SCIENCES DE LA TERRE

IST₂

UV₁₅

ETUDE DE L'EVOLUTION DES PARAMETRES HYDROCHIMIQUES DES
EAUX SOUTERRAINES CAPTEES PAR DES PUIITS SITUES
DANS LES LIMITES DES DEGRES CARRES DE ST LOUIS ET
DE DAGANA.

SECTEUR : ROSSO(RIM).

Par :

Prenon : Amadou.

Nom : BONKEL.

Encadreur : J.J. COLLIN.

I INTRODUCTION

Ce rapport s'insère dans le cadre d'une étude hydrogéochimique faite sur le delta du Sénégal en rive droite du fleuve (Nauritane) à l'opposé de la mer par rapport au barrage, de Diama.

Ce barrage est situé à quelques Km de l'embouchure du fleuve. C'est une composante fondamentale d'un important projet de développement du bassin alimenté par le fleuve.

L'Organisation pour la mise en Valeur du fleuve Sénégal (OMVS) a construit ce barrage ^{le rôle de cet ouvrage est surtout d'arrêter l'avancée de la} dans le but de développer la navigation fluviale, la production d'énergie hydroélectrique et augmenter considérablement le secteur irrigué. Ce barrage a pour but ^{la régulation} la régulation du débit du fleuve et le blocage de la remontée d'eau salée qui, en période des basses eaux, atteignait 200 Km avant qu'il ne soit opérationnel. C'est dans ce dernier cadre que ce rapport va intervenir.

L'objectif de ce rapport est d'établir le comportement de la composition chimique de l'eau sur l'ensemble des degrés carrés de St Louis et de Dagana (fig I).

Le stage a pour autre objectif de parfaire la formation de l'étudiant dans un domaine appliqué prévue dans le programme de la 4^{ème} année de l'Institut des Sciences de la Terre (I.S.T) et représente une unité de Valeur complète intitulée UT₂₅.

Le stage a duré du 10-8 au 10-09-1987 à Rosso (Nauritane).

II CADRE GEOGRAPHIQUE.

Situé à la limite entre la Mauritanie et le Sénégal, le delta du fleuve Sénégal est une zone soudano-sahélienne. Il se localise dans la zone tampon entre les domaines continental et marin. C'est ainsi que s'explique l'existence de certaines espèces végétales eurithales comme les *Phragmites* associés aux végétaux caractéristiques des climats chauds comme les *Acacias*.

Le relief de la région est très peu marqué. Actuellement l'environnement de ce milieu naturel est modifié par des périmètres irrigués.

III CADRE GEOLOGIQUE ET GEOMORPHOLOGIQUE

Le delta du Sénégal est composé de formations sédimentaires peu consolidées. L'implantation des piézomètres se limite aux formations du Quaternaire et ceci en comparaison avec les études faites antérieurement (fig III.1) notamment celle d'AUDIBERT 1970.

Le maximum de profondeur atteint est de l'ordre de 50 m. Le haut en bas on distingue les formations suivantes.

- Sable (20 m)
- Argile (11 m)
- Sable (14 m)
- Argile...

III. 1. Age des formations.

Par référence aux études faites antérieurement on a :

- Sable : Il correspond au Nouakchottien (6000-4000 BP) et correspond à la dernière transgression marine : NN.
- L'argile : c'est une formation de la fin de la transgression de l'Inchirien (I₂).
- Le sable correspond au premier dépôt de I₂.
- L'argile correspond au Tafarien ou Inchirien 1 (I₁) qui est la première transgression après le tertiaire (fig III.1).

III. 2. Hydrogéologie*

L'implantation des piézomètres au niveau de cette zone montre l'existence de deux nappes :

* Des études faites par J. TRIKAT sur le delta du Sénégal montrent un bon tri de la granulométrie de ses sédiments, donc une bonne perméabilité.

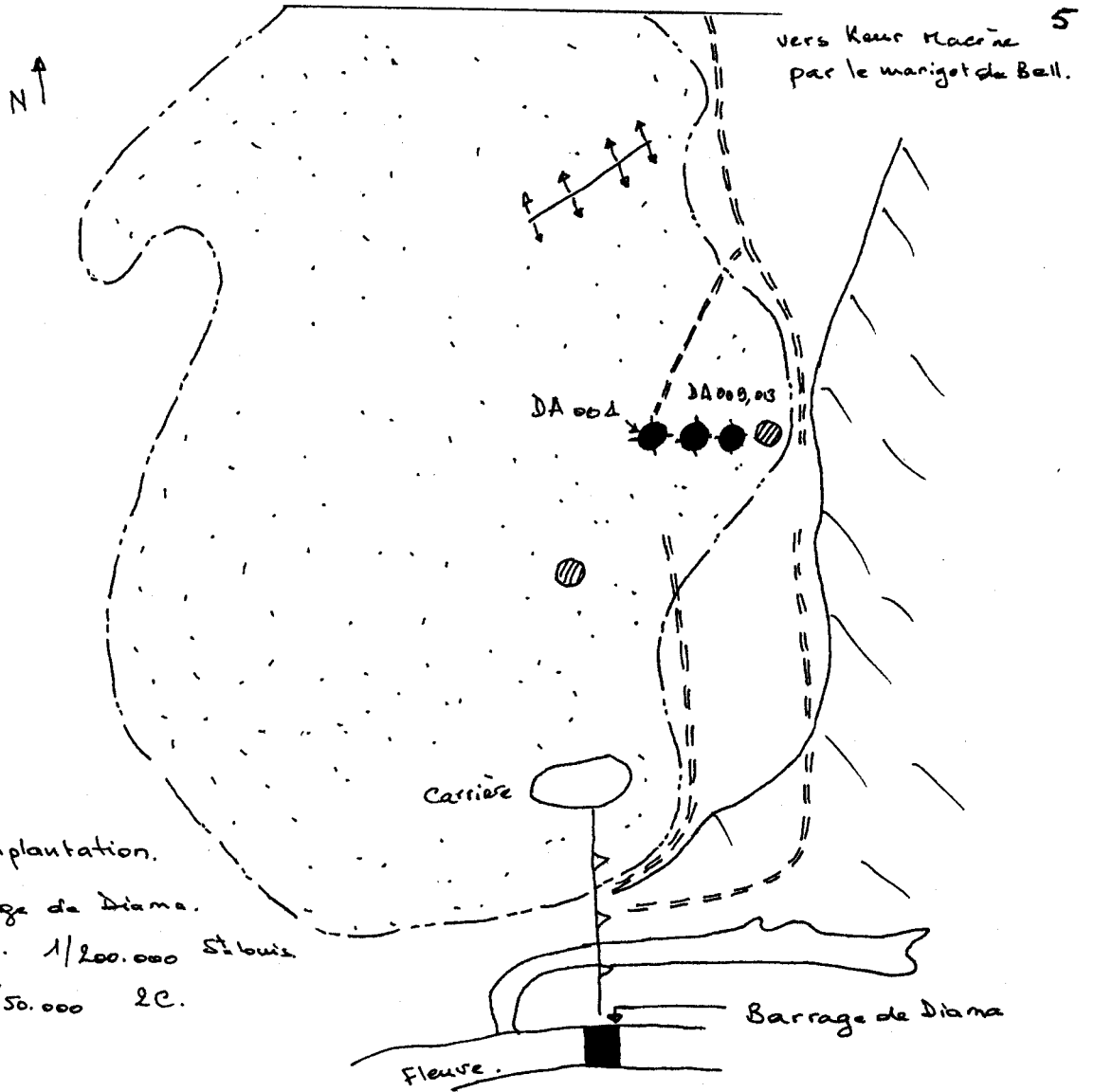
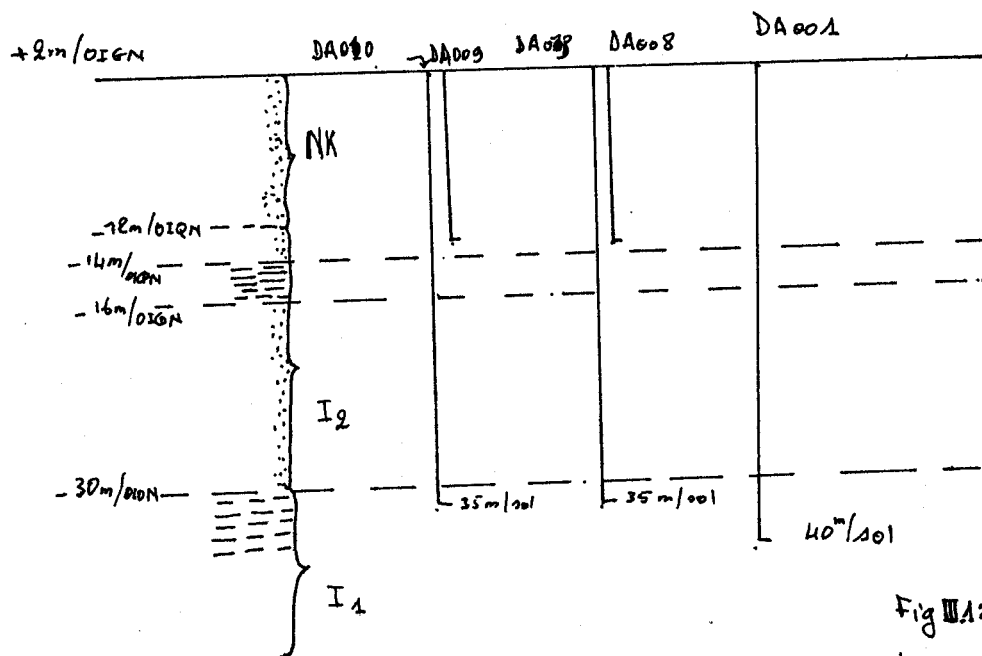


Fig III : Croquis d'implantation.

Secteur du Barrage de Damia.

Carte topo. 1/200.000 St Louis

1/50.000 2C.



DA X : numero d'un
piezomètre.

Fig IIIA: Coupe montrant les formations
traversées et leur âges géologiques,
ainsi que les nappes qui existent

- Une nappe supérieure libre dont le substratum est I_2 .
 - Une nappe inférieure captive limitée par I_2 et I (fig III-4)
- Il existe des piezomètres courts et profonds suivant qu'ils s'arrêtent au niveau de la nappe supérieure ou inférieure.

On n'a pas une idée du comportement hydrodynamique des aquifères ni de la relation entre les deux. Des essais de pompages ont été effectués mais les résultats n'étaient pas concluants du fait du faible débit de pompage.

IV HYDROGEOCHIMIE

IV.1. Conditions d'échantillonnage.

A défaut d'échantillonner au niveau de piezomètres déjà implantés (défaut de matériel adéquat) par l'organisation, l'échantillonnage a eu lieu au niveau des puits villageois forés depuis 1982 et surveillés depuis peu par l'OMVS. Ceci fait que les analyses ne refléteront que la nature de la composition chimique de la nappe supérieure.

Deux missions ont été effectuées pour le prélèvement des échantillons:

- la première a commencé le 22-08-87. Les bouteilles ECH CHAAFI type EVIAN ont servi pour le flacage à défaut des flacons destinés pour l'échantillonnage. Huit (8) échantillons ont été prélevés et analysés du 22 au 29-08-87.

- la deuxième mission a eu lieu le 02-08-87. Le prélèvement s'est effectué entre 16^h et 18^h. Trois (3) puits ont été échantillonnés; DB 234, DB 241 et DB 246. L'analyse au laboratoire a débuté le même jour et terminée le lendemain vers 16^h. Les flacons destinés à l'échantillonnage nous étaient déjà parvenus. Le stage qui était prévu pour un mois ne s'est déroulé que sur 12 jours environ.

L'eau distillée faisait défaut. Il fallait chercher une eau quelque peu faiblement concentrée en certaines substances pour servir de diluant dans un domaine précis en cas de nécessité.

Le matériel d'analyse est composé par un ensemble de solutions fabriquées par le laboratoire LAMOTTE CHIMICAL où on détermine les différents paramètres chimiques par dosage. Il faut noter cependant que certains paramètres comme la salinité, le pH, la Conductivité et la Température ont été

Analyses Puits & localités	Coordonnées NTU		+ H de la mer galle		T°C	PH		Indice de saturation.	Salinité		Conductivité ($\mu\text{mohm-cm}^{-1}$)	couleur (CU)	Turbidité (JTU)	Gaz dissous (ppm)	
	X	Y	N. dyn. (m)	Profond. (m)		sur place	labo.		mesuré sur place	calculée				O ₂	CO ₂
DB 222, Camp Kour Mactine	360,50	1834,20	4,51	5,21	28,5	5,60	8	-2,40	1,50	1,30	3000	10	15	5,4	14
DB 221, Bensinadi	367,50	1830,80	4,83	5,56	29	6,05	7	-1,40	2	1,63	3450	15	15	1,4	16
DB 224, Hal Louli	372,00	1833,00	4,81	4,86	30	5,90	6,25	-0,35	0,50	0,63	1750	5	15	2,6	36
DB 225, Bou Teydouma	375,50	1835,00	3,48	3,48	30	6,10	7	-0,90	0,50	0,44	1200	5	10	5,4	6
DB 226, Dara	379,00	1836,00	3,21	3,71	31,50	6,95	7,25	-0,30	1	0,76	1900	15	10	4	17
DB 227, Dara es salam	383,40	1836,20	5,43	5,83	31	7,20	7,25	-0,05	0,80	0,76	1600	0	5	5,2	9
DB 228, Dara es salam	383,40	1835,40	4,41	5,04	30	6,96	8	-1,04	1,20	0,92	2600	5	10	5	9
DB 230, Awlig	390,00	1833,60	3,54	3,85	32	7,10	6,50	+0,60	0,20	0,22	1000	10	5	5,4	36
DB 234, PK ₁₃	407,80	1831,50	9,82	4,88	30	6,80	7,50	-0,60	0,05	0,19	580	0	15	4,6	9
DB 241, Sathara	413,20	1826,40	4,02	4,61	29,90	7,50	8	-0,50	2,20	2,06	4300	0	0	5,6	14
DB 246, M'Borah Diaw	426,40	1834,80	6,85	6,90	30,50	8,50	6,50	+2.	0	0,07	1100	0	0	5	18

Tableau I : Résultats des analyses chimiques.

Analyses Puits		anions (ppm)									cations (ppm)				Mn (ppm)	SiO ₂ (ppm)
		Alcalinité		Cl	SO ₄	NH ₄	NO ₃	PO ₄	Sulfure	F	Duretés					
		P	T								Totale	Ca	Mg	Na+K		
DB 222	X	0	230	704	175	trace	31,90	10,05	0	0,30	675,2	130,34	72,84	469,33	0	34
DB 221	•	0	116	825	100	trace	487,52	4,05	0	0,10	494,4	98,68	60,30	590	0	24
DB 224	+	0	168	345	120	0	13,97	4,50	0	trace	236,6	67,68	16,42	230	0	14
DB 225	o	0	86	225	100	0	31,90	4,50	0	0,20	288,2	78,04	22,69	150	0	34
DB 226	⊖	0	196	405	140	0	2,64	0,45	0	0,50	210,8	47,02	22,69	270	0	34
DB 227	□	0	98	405	75	0	13,97	trace	0	trace	391,4	140	10,15	270	0	14
DB 228	Δ	0	164	495	175	0	4,40	trace	0	0,80	262,4	57,35	28,96	330	0	24
DB 230	▽	0	124	105	120	trace	2,64	0,45	0	0,40	146,3	47,02	7,02	70	0	44
DB 234	q	0	80	88	0	0	49,15	trace	0	0	133,4	47,02	3,89	58,66	0	34
DB 241	□	0	224	1124	350	0	0,88	trace	0	0	676,2	160,67	69,57	749,33	0	40
DB 246	✱	0	60	20	0	0	1,98	trace	0	trace	40	10,40	3,40	13,33	0	31

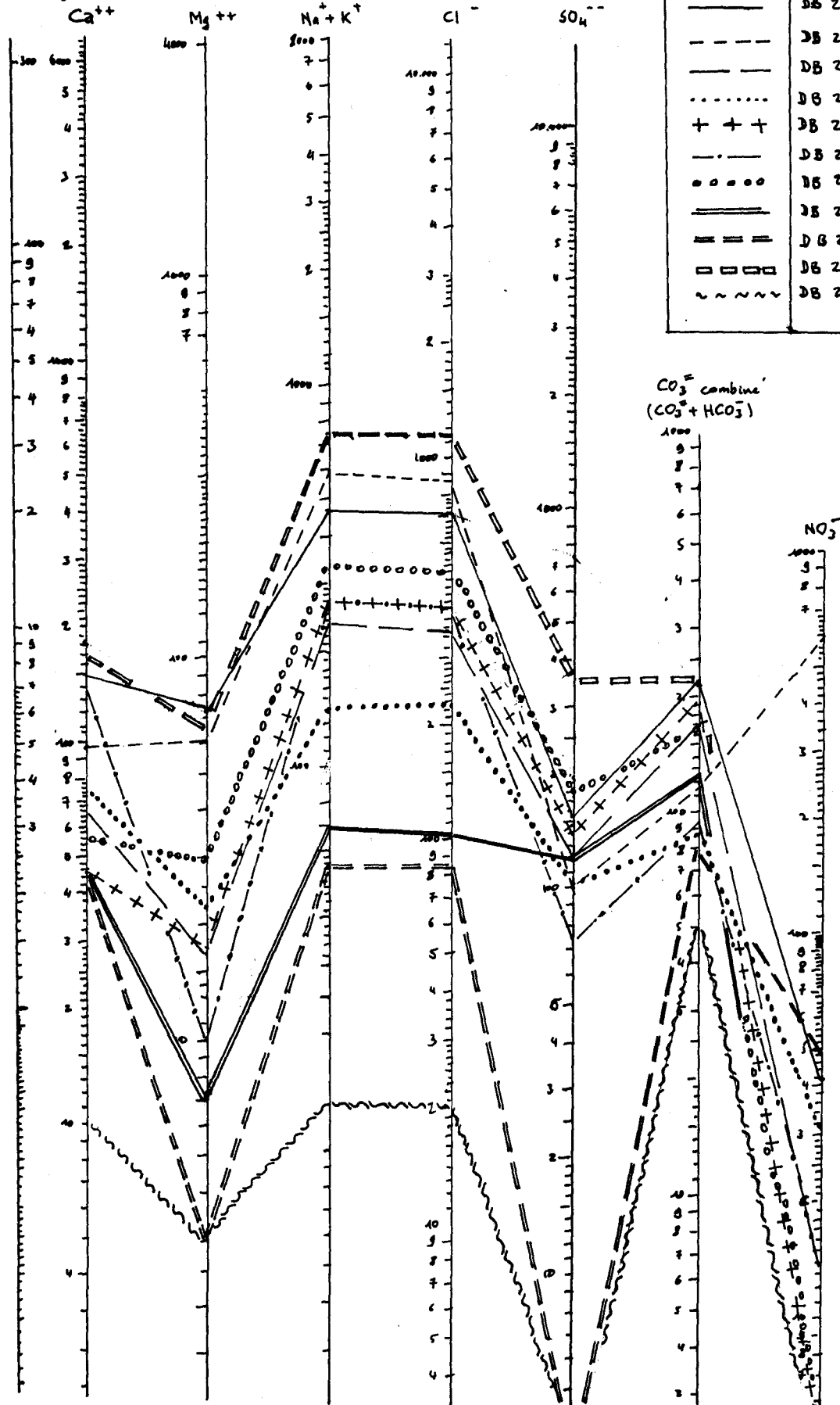
Tableau II : Résultats des analyses chimiques.

Fig. V.2: DIAGRAMME
D'ANALYSE D'EAU

d'après N. SCHÖLLER
et M. BERKHOFF.

concentrations en mg/l

L E G E N D E				
Figures	n°	dh	P chimica	pH.
—	DB 222	13,53	3000	8
- - -	DB 221	9,95	3450	7
—	DB 224	4,75	1750	6,25
.....	DB 225	5,79	1200	7
+ + +	DB 226	4,24	1800	7,25
- . - .	DB 227	7,85	1600	8
o o o o	DB 228	5,28	2600	6,50
=====	DB 220	2,93	1000	7,50
=====	DB 234	2,67	580	8
□ □ □ □	DB 244	13,53	4300	6,50
~ ~ ~ ~	DB 246	0,80	1100	



déterminés sur place. Les solutions et les matériaux susceptibles de déterminer les teneurs en Na et K n'existent pas parmi les matériaux mis à ma disposition. J'ai considéré le rapport $Cl (ppm) = 1,5 Na (ppm)$ pour en déduire la teneur en alkalis. Ce rapport n'est pas valable pour toutes les eaux. L'ensemble de ces analyses se sont effectuées dans une température de l'ordre de $20^{\circ}C$.

IV - 2. Résultats des analyses.

Tous les résultats de l'analyse sont réunis sous forme de tableaux (voir tableaux I et II)

IV - 3. Interprétation.

Les résultats des différentes analyses sont reportés sur le diagramme d'analyse d'eau de H. SCHÖLLER et de BERKALOFF (fig IV.3).

Ce diagramme montre que toutes les analyses s'emboîtent à quelques exceptions près et pourrait donc indiquer leur appartenance à une seule nappe.

IV - 3 - 1 Variation de quelques paramètres dans l'espace.

- Le chlore et la salinité totale évoluent dans le même sens et ceci semble lié à l'interaction entre les nappes d'eau salée et d'eau douce.

Ce parallélisme s'interprète par la relation : $\% \text{ Salinité} = (1,805 \times \% Cl) + 0,03$.
(documents LAMOTTE CHIMICAL).

- La silice présente presque partout des teneurs relativement élevées. Ceci est dû à la température élevée des eaux.

- Sulfures et sulfates : L'absence de sulfure dans mes analyses n'implique pas leur absence dans les eaux des puits, aucune technique chimique de dosage des sulfures et des sulfates n'a été effectuée. Les espèces réduites du soufre sont instables et peuvent évoluer par oxydation en formant des sulfates.

- Les gaz dissous : Le CO_2 et O_2 sont constamment présents, ceci peut être lié au fait qu'il s'agit d'une nappe superficielle. La présence du CO_2 indique l'absence de terrains calcaires, auquel cas, cette agressivité serait rapidement neutralisée à la traversée des premières couches du sol sous-sol.

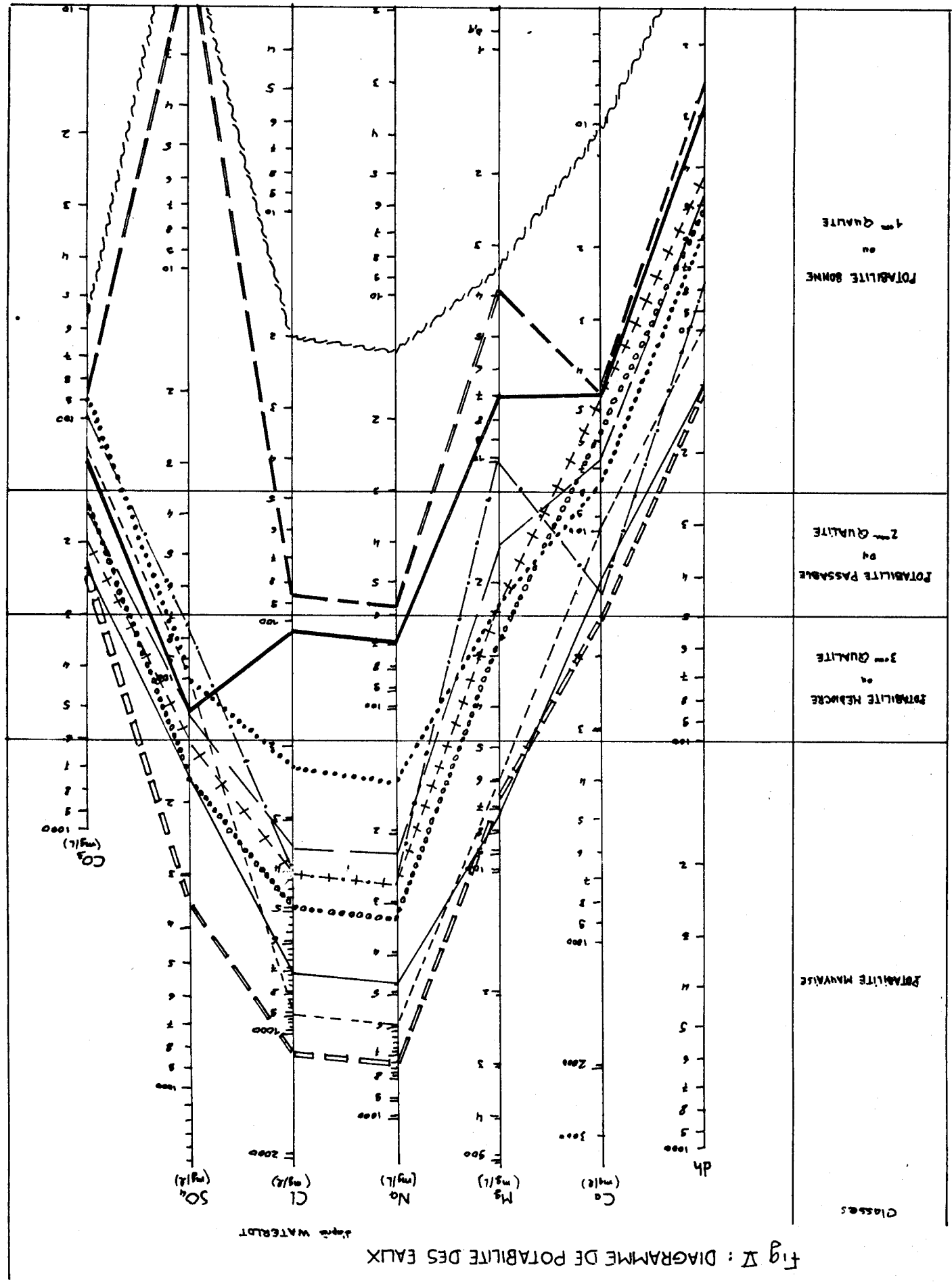
Analyses Puits	Anions (meqm)										Total	Cations (meqm)			Total	équilibre ionique (%)
	P	T	Cl	SO ₄	NH ₄	NO ₃	PO ₄	sulfures	F	MnO ₄		Ca	Mg	Na + K		
DB 222	0	7,66	19,63	3,64	—	0,51	0,32	0	0,016	0	31,78	7,52	6,07	20,40	33,92	3,2
DB 221	0	3,86	24,90	2,08	—	7,86	0,14	0	0,005	0	38,84	4,93	5,02	25,65	35,60	4,35
DB 224	0	5,60	9,72	2,50	0	0,22	0,14	0	—	0	18,18	3,38	1,37	10	14,75	10,3
DB 225	0	2,86	6,34	2,08	0	0,51	0,14	0	0,01	0	11,94	3,90	1,89	6,52	12,31	1,5
DB 226	0	6,53	11,41	2,92	0	0,04	0,01	0	0,03	0	20,94	2,35	1,29	11,74	15,98	13
DB 227	0	3,26	11,41	1,56	0	0,22	—	0	—	0	16,45	7,00	0,85	11,74	19,59	13
DB 228	0	5,46	13,94	3,64	0	0,07	—	0	0,04	0	23,15	2,87	2,41	14,35	19,63	7
DB 220	0	4,13	2,96	2,50	—	0,04	0,01	0	0,02	0	9,66	2,35	0,68	3,04	5,94	20
DB 234	0	2,66	2,48	0	0	0,79	—	0	0	0	5,93	2,35	0,32	2,55	5,22	6
DB 241	0	7,46	31,66	7,29	0	0,014	—	0	0	0	49,35	8,03	5,55	32,58	46,16	3,3
DB 246	0	2	0,56	0	0	0,03	—	—	—	0	2,59	0,52	0,28	0,58	1,38	30

Tableau III : Résultats des analyses exprimés en milliequivalent gramme par million.

Analyses Puits	Anions (%/Total eqm)			Total	Cations %/Total (meqm)			Total
	Cl + NO ₃	HCO ₃	SO ₄		Ca	Mg	Na + K	
DB 222	64	25	11	100	22	18	60	100
DB 221	84	11	5	100	14	14	72	100
DB 224	55	31	14	100	23	9	68	100
DB 225	58	25	17	100	32	15	53	100
DB 226	55	31	14	100	15	12	73	100
DB 227	70	21	9	100	36	4	60	100
DB 228	60	24	16	100	15	12	73	100
DB 220	31	43	26	100	39	10	51	100
DB 234	73	27	0	100	45	6	49	100
DB 241	62	16	16	100	17	12	71	100
DB 246	23	77	0	100	38	20	42	100

Tableau IV : Tenueurs relatives entre anions d'une part et cations d'autre part exprimées en %.

Fig. V : DIAGRAMME DE POTABILITE DES EAUX



- Le pH : La différence ^{entre} le pH mesuré sur place et celui mesuré au laboratoire montre un indice de saturation de -0,41 (valeur moyenne). Ceci indique une augmentation des ions H^+ .
- Les carbonates et les bicarbonates : Entre ces deux paramètres on a la relation : $HCO_3^- \xrightleftharpoons{\frac{1}{2}} CO_3^{2-} + H$. En fonction de la variation des conditions physico-chimiques (T° , pH), cette relation peut évoluer dans un sens ou dans l'autre.
- Les nitrates sont présentes avec des teneurs relativement élevées surtout au niveau de Beneynacji. Il faut noter qu'il s'agit d'une ^{région} agro-pastorale. Les mines des animaux domestiques peuvent accentuer ce phénomène du fait que la nappe n'est pas suffisamment renouvelée par les eaux de pluie. Les urines pourrissent se concentrer à une certaine profondeur surtout aux environs des abreuvoirs.
- Le fluor et l'ammoniaque sont présent avec des quantités négligeables et le manganèse pratiquement absent.

IV-3-2- Equilibre ionique

Les teneurs des anions et cations, qui étaient exprimées en PPM, ramenées en milliequivalent gramme par million (epm) devraient avoir des valeurs voisines. Mais on remarque qu'ici, la différence, exprimée sous forme d'équilibre ionique, est relativement importante. Ceci peut être dû en parti à l'inadéquation de l'extrapolation de la teneur des alcalins sous la forme $Cl = 1,5Na$ (Tableau III).

V QUALITE DE L'EAU.

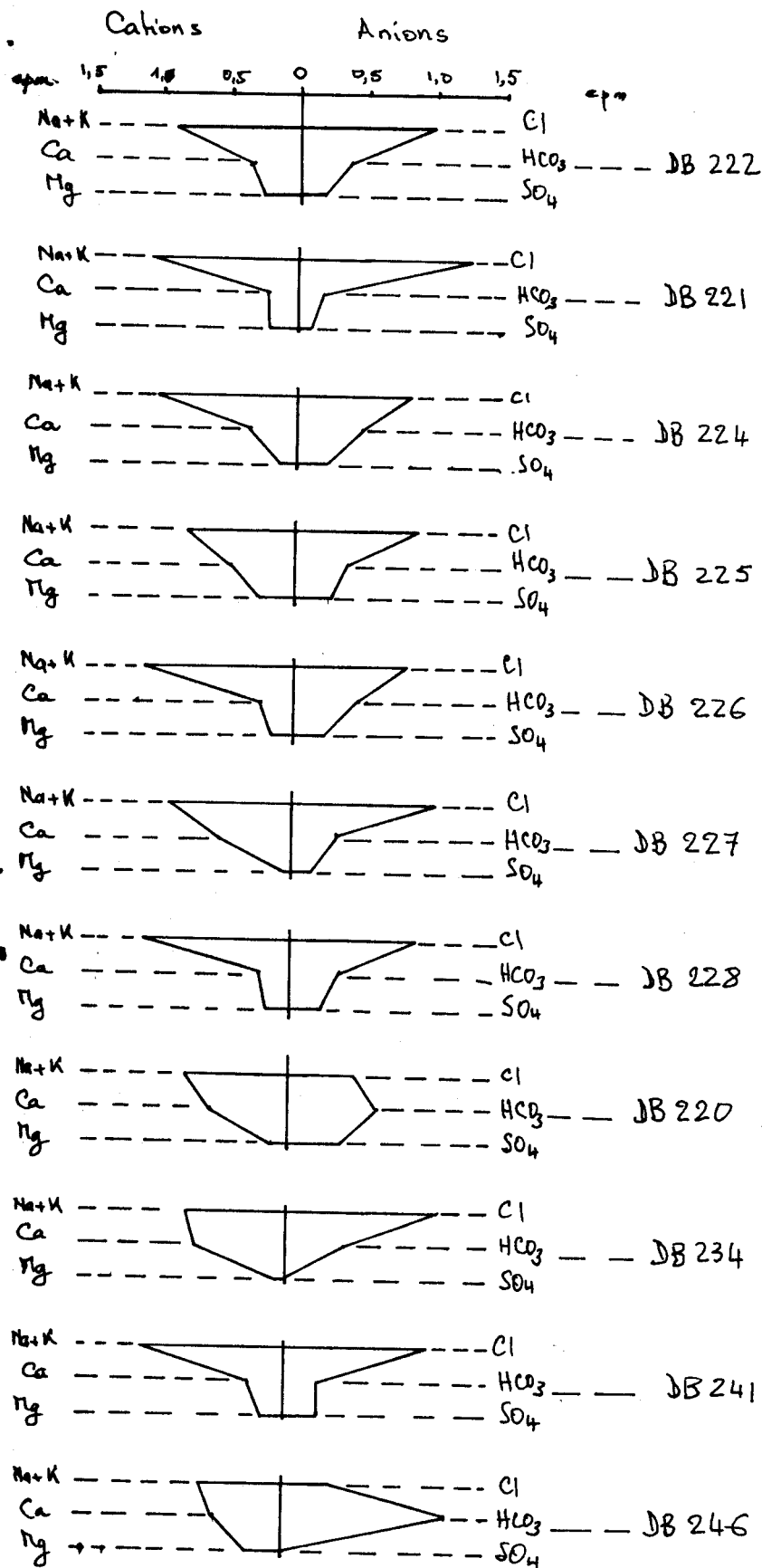
En fonction de la teneur en certains éléments, plusieurs diagrammes existent pour classer une eau. Nous utiliserons l'échelle de potabilité de H. SCHOELLER pour classer ces eaux (fig 2). C'est un diagramme spécialement conçu pour les pays arides ou subarides.

Ce diagramme montre que seul le puit de H'Barak Diaw (DB 246) est de première qualité. On remarque que la majorité des puits sont d'une potabilité mauvaise.

VI COMPARAISON DES ANALYSES.

La figure VI montre que les alcalins et le chlore dominent nette-

a)



% epm.

b)

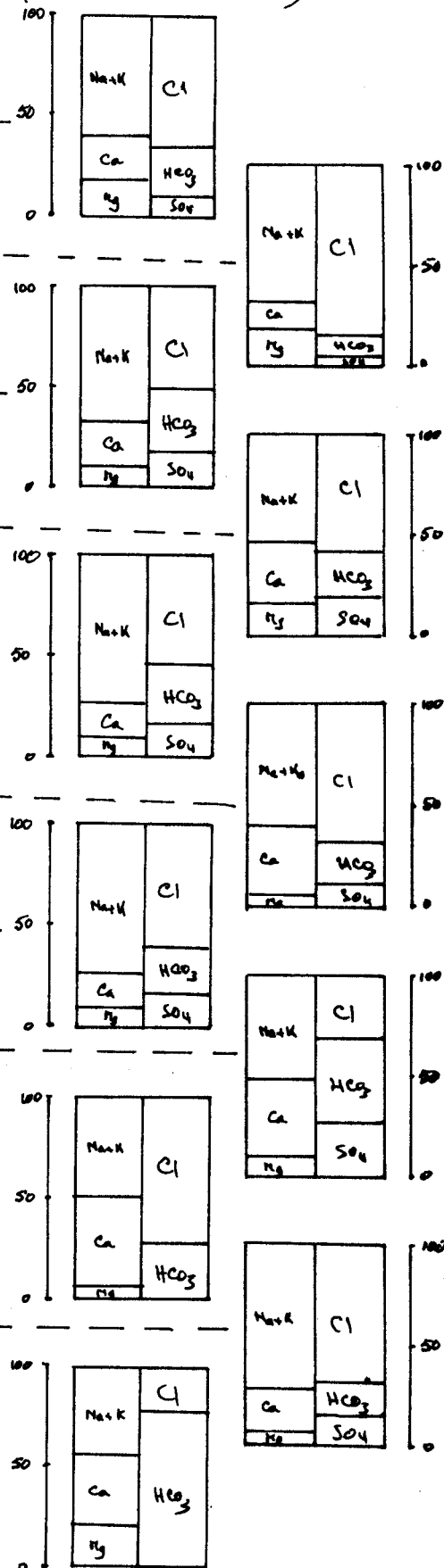
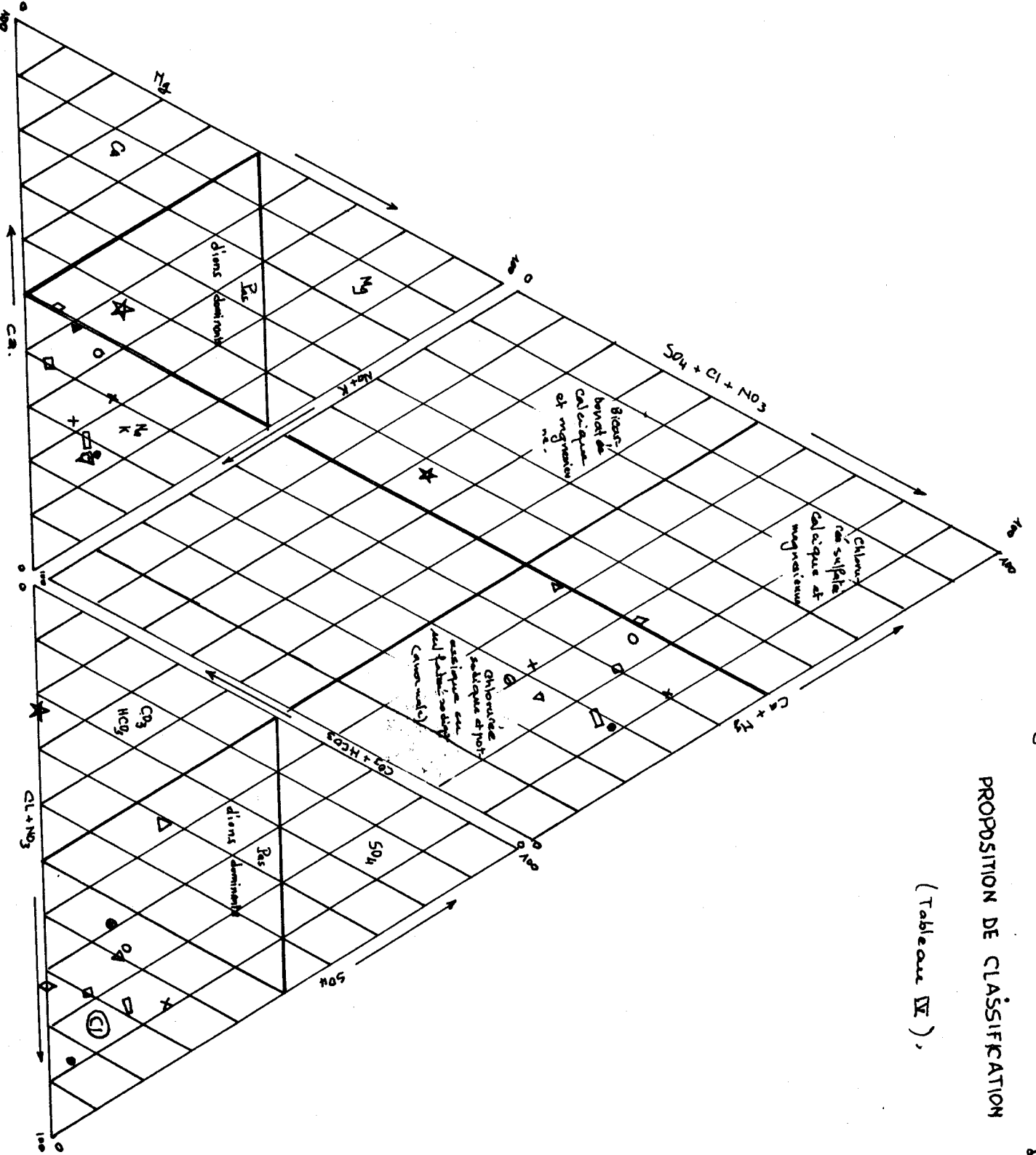


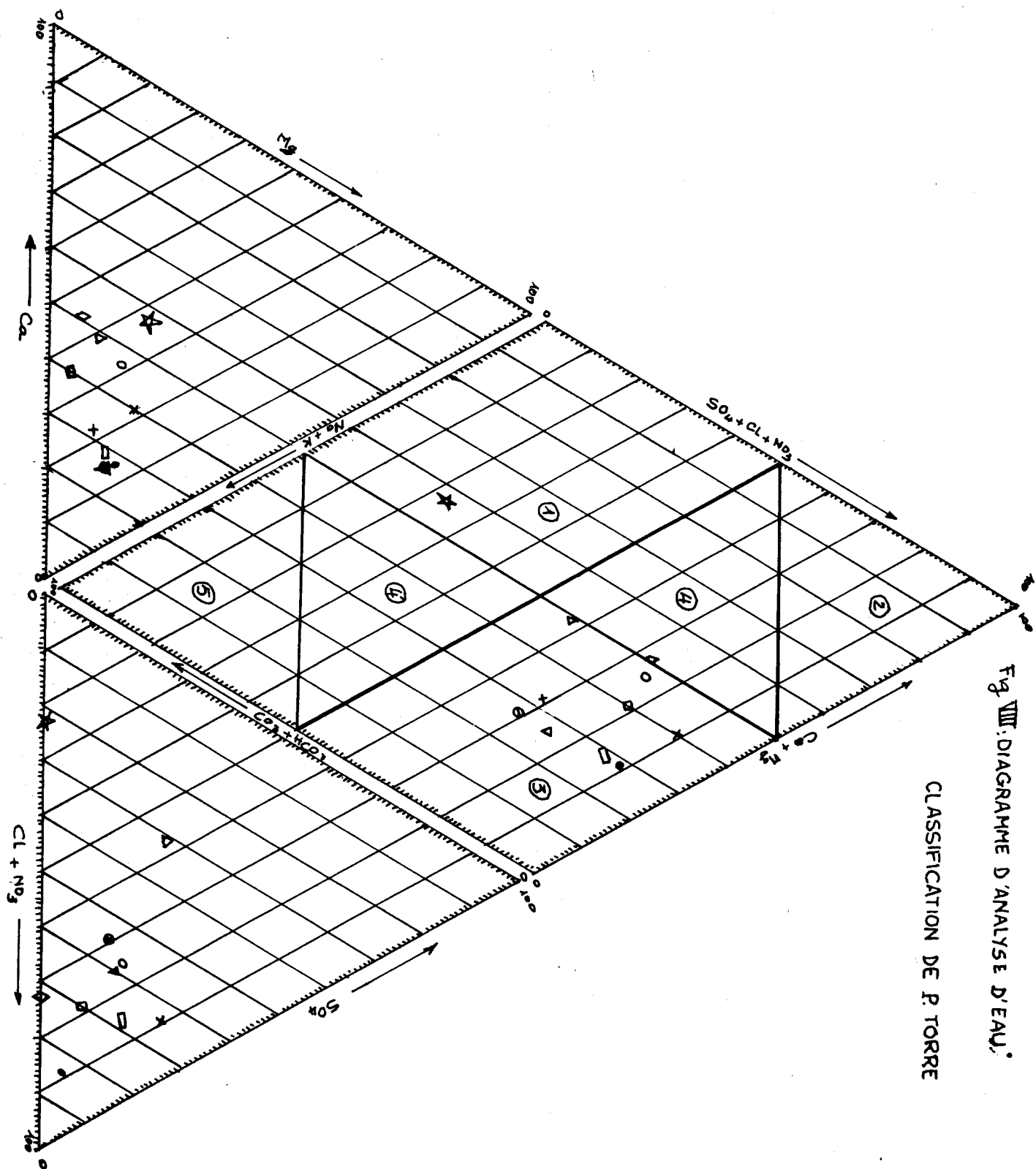
Fig VI : Comparaison des analyses:

a) Diagramme proposé par Schiff.

b) Analyses chimiques représentées par des graphes en barres.

Fig IV : DIAGRAMME D'ANALYSE D'EAU
PROPOSITION DE CLASSIFICATION
(Tableau IV),
d'après PIPER.





ment les autres constituants chimiques de l'eau sauf pour le 246 où le chlore a perdu son importance (Tableau IV).

VII CLASSIFICATION DE L'EAU

Toutes les eaux des puits sont des chlorurées sodiques et potassiques ou sulfatées sodiques sauf pour les DB 234 au niveau du PK₁₃ et DB 246 au niveau de M'Barak Diaw. Ces derniers sont respectivement des chlorurées et sulfatées calciques et magnésiennes et des bicarbonatées calciques et magnésiennes. Toutes les autres eaux sont anormales. (fig VII).

VIII CLASSIFICATION DE LA NAPPE.

L'ensemble des analyses montrent que la nappe est de type "chloruré sodique" sauf celle de M'Barak Diaw qui indique une nappe carbonatée alcaline terreuse ou nappe à sulfate réduit, c'est ce dernier cas qui semble le plus probable (fig VIII).

IX. CONCLUSION.

L'évolution de la composition chimique des eaux des puits de cette zone montre que la conductivité, la salinité et la teneur en chlore évoluent dans le même sens.

Cette variation semble être due à l'influence de l'eau de mer mais surtout par la remontée de cette eau à travers le fleuve Sénégal pendant la période des basses eaux.

La variation dans l'espace de la composition chimique montre l'existence de deux nappes, l'une, la plus étudiée, est située dans le degré carré de St Louis et l'autre dans le degré carré de Dagana (carte I).

Le problème qui se pose c'est le rapport entre les deux nappes. L'hypothèse la plus probable est le prolongement de la nappe inférieure au niveau de M'Barak Diaw, ce qui implique l'absence de la nappe superficielle à ce niveau.

Seules une analyse de la nappe profonde et une étude systématique de toute l'étendue de cette zone pourraient confirmer ou infirmer cette hypothèse.

TABLE DES MATIERES.

CHAPITRES	Pages	FIGURES ET TABLEAUX	Pages.
I INTRODUCTION - - - - -	3	Fig I : carte de localisation des puits et localités - - - -	
II CADRE GEOGRAPHIQUE - - - - -	4	Fig III Croquis d'implantation; 5	
III CADRE GEOLOGIQUE ET GEOMORPHOLOGIQUE - - - - -	4	secteur de Diamma - - - -	
III-1. Age des formations - - - - -	4	Fig III-1: Coupe montrant les formations traversées - - - - -	5
III-2. Hydrogéologie - - - - -	4		
IV HYDROGEOCHIMIE - - - - -	6		
IV-1. Conditions d'échantillonnage - -	6		
IV-2. Résultats des analyses - - - -	9	Tableaux I et II. Résultats des analyses - - - - -	7
IV-3. Interprétation - - - - -	9	Fig IV-3 Diagramme d'analyse de données - - - - -	8
IV-3-1. Variation de quelques paramètres dans l'espace - - - - -	9		
IV-3-2. Equilibre ionique - - - - -	13	Tableaux III, IV: Résultats en meqm. et % des cations et anions - - -	10
V QUALITE DE L'EAU. - - - - -	13	Fig V : Diagramme de Potabilité des eaux - - - - -	11
VI COMPARAISON DES ANALYSES. - - -	13	Fig VI: Comparaison des analyses. - - -	12
VII CLASSIFICATION DE L'EAU - - - -	16	Fig VII: Proposition de classification de l'eau - - - - -	14
VIII CLASSIFICATION DE LA NAPPE - -	16	Fig VIII Classification de la nappe - - - - -	15
IX CONCLUSION - - - - -	16		
TABLE DES MATIERES - - - - -	17		

BIBLIOGRAPHIE :

Documents de L'OH.V.S.