

REPUBLIQUE DU NIGER

MINISTERE
DES TRAVAUX PUBLICS, DES TRANSPORTS
ET DE L'URBANISME

SOFRELEC

LE NIGER A KANDADJI

Complément à l'Etude Hydrologique
et
Chimie des Eaux
1980



R. GALLAIRE

Ph. HARANG

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

MISSION DE L'ORSTOM AU NIGER



Mars 1982

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE OUTRE MER
MISSION AU NIGER

SOFRELEC

LE NIGER A KANDADJI

Complément à l'étude hydrologique
et
Chimie des eaux 1980

R. GALLAIRE
PH. HARAIG

Avec l'aide sur le terrain de
P. RIBSTEIN, R. GATHELIER, JM. DELFIEU, Y. PEPIN

RAPPORT COMPLEMENTAIRE A L'ETUDE HYDROLOGIQUE DE L'ANNEE 1980

PRESENTATION

Dans le but de compléter l'étude de factibilité du barrage de KANDADJI, une lettre commande AV/FG 7428 du 3 décembre 79 de la société SOFRELEC demandait à l'ORSTOM un certain nombre de prestations pour l'année 1980 venant s'ajouter à celles reconduites par lettre AV/FG 403 457.38 du 22 - 1 - 80.

Ces prestations concernaient :

- l'installation de 4 nouvelles batteries d'échelles et leurs lectures journalières à 6 H et 18 H en vue d'une modélisation du site.
- Le prélèvement de six échantillons d'eau (à raison de un tous les deux mois) à fin d'analyses chimiques, destinées en partie à contrôler le comportement de ces eaux vis à vis des matériaux de l'ouvrage en projet.

En fait sept prélèvements ont été effectués au cours de l'année 1980. Mais 5 seulement ont pu produire des résultats complets. Les deux derniers de septembre et décembre ayant été agavés au cours du transport avion entre Niamey et Abidjan. Pour tenter de remplacer autant que possible ces échantillons et leurs résultats il a été décidé d'un commun accord avec SOFRELEC d'effectuer deux nouveaux prélèvements dans des phases d'écoulement similaires en 1981.

Ce document présente donc ;

- Les 2 lectures journalières de hauteur d'eau aux 4 nouvelles échelles calées durant l'année 1980.
- Les résultats d'analyse des 7 prélèvements réalisés sur la site, et les commentaires qui s'y rattachent.

Il a été rédigé par R. GALLAIRE,

- . à partir des relevés et dépouillements réalisés partiellement en 1980 par Ph. MARANG avec l'aide de l'équipe hydrologique de Niamey.

(J.M DELFIEU, R. GATTELIER, Y. PEPIN);

- . à partir des relevés réalisés en 1981 par R. GALLAIRE et P. RIBSTEIN.

Les Analyses chimiques ont été effectuées par le laboratoire ORSTOM d'Adiopodoumé.

- SOMMAIRE -

PRESENTATION :	P. 1
Cadre, Objectifs, Réalisation	
PLAN DE L'ETUDE :	P. 2
I LES MESURES : Condition, Protocole, définition	
1) Les lectures limnimétriques	P. 3
2) Les mesures physico Chimiques	P. 13
a) Les mesures de terrain	
b) Les déterminations en laboratoire.	
II ANALYSE ET INTERPRETATION DES RESULTATS :	
1) Les mesures de hauteurs d'eau	P. 20
2) Les mesures physico chimiques de terrain	P. 21
a) Les températures	
b) Le PH	
c) La conductivité	
d) Laturbidité	
3) Les mesures en laboratoire	P. 24
a) La détermination des extraits secs	
b) Le T.A.C	
c) Le T.H.	
d) Le CO ₂ libre	
e) L'agressivité	
f) Le fer total	
g) L'O ₂ Consommée	
h) Les déterminations ioniques	
CONCLUSION	P. 36
BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE	P. 37
LISTES DES TABLEAUX	P. 38
LISTES DES FIGURES.	P. 39

I) Les mesures; conditions, protocole, définition :

- 1) Les lectures limnimétriques ont été réalisées en principe régulièrement deux fois par jour (6 h et 18 h) aux quatre nouvelles stations, en même temps que celles des deux stations Amont et Aval suivies jusqu'ici. Fig. 1.

Cependant le nombre des échelles leur dispersion et la présence d'un seul lecteur ont entraîné quelques défauts d'observations parmi lesquels on peut distinguer deux types :

- Celui inhérent à une absence de travail du lecteur ;
il est peu fréquent et de courte durée à OIROUBAKEINA à proximité de l'échelle, Amont (de référence), bien observée (tableau n° 0 page suivante). Les lectures des 3 autres échelles, bien que sans lacunes importantes sont moins sûres en particulier pendant la remontée des eaux en Février - Mars et Juillet - Août.

Ces anomalies ont été mises en évidence par les corrélations de hauteurs d'eau effectuées avec la station de référence Amont : fig. 2 - 3 - 4 - 5.

- Celui inhérent à une absence ou à un décalage accidentel d'échelle.
Chacune des batteries ayant été installées en 1979 au cours de la montée de la crue, la décrue de 1980 a rapidement exondé les éléments installés, et n'a donc pu être contrôlée, durant deux semaines environ, en Janvier - Février, jusqu'à ce que les éléments inférieurs soient posés, (voir l'historique de l'installation des 4 batteries d'échelles page 3 bis).

A FARANTONDI l'élément 600 à 700 ayant été arraché et celui de 700 à 800 ayant subi une modification sensible de son calage (26 cm) c'est sur près de quatre mois et dans deux phases différentes d'écoulement que la lacune a dû être comblée. Cette opération s'est effectuée pour les trois échelles concernées à partir de corrélations avec la station de référence Amont considérée comme fiable.

- A LOUFAME les valeurs ont été reconstituées du 1/2 au 11/2 suivant la formule :

$$H_L = 1,07 H_A + 734$$

du 12/2 au 11/3 et du 3/7 au 27/7 suivant la formule :

$$H_L = 1,04 H_A + 750$$

- A KANDADJIM les valeurs du 2/7 au 20/7 suivant la formule :

$$H_K = 0,72 H_A + 294$$

- A FARANTONDI d'Avril à Septembre suivant les cotes =.

- En dessous de H_F (FARANTONDI) 690 ; $H_F = 0,526 H_A + 584$
- H_F compris entre 690 et 720 ; $H_F = 0,375 H_A + 614$
- H_F compris entre 720 et 800 ; $H_F = 0,587 H_A + 554$

.../...

Historique de l'installation des 4 batteries d'échelles

- OUROUBAKEINA = pose d'un élément 10 - 11 en Décembre 1979
le 11 Février 1980 - pose d'un élément 9 - 10
le 5 Mars pose de l'élément 8 - 9.
le 29 Mars pose d'un élément 6 - 7 (pour un élément 7 - 8) par le lecteur, recalé le 24 Avril.
le 24 Avril 80 - pose d'un élément 2 - 3
(pour un élément 6 - 7)
- FARANTONDI = Pose d'un élément 9 - 10 le 6 Décembre 79
Pose d'un élément 8 - 9 le 11 Février 80
Pose d'un élément 7 - 8 le 1er Mars 80 par le lecteur, recalé le 5 Mars.
20 Juin 80 - pose d'un élément 13 - 14 (pour un élément 6 - 7)
Elément 7 - 8 renivellé.
- LOUFAME = Pose d'un élément 13 - 14 le 6 Décembre 79
Pose d'un élément 12 - 13 le 11/2/80
Le 23 Février, pose d'un élément 11 - 12 par le lecteur, recalé le 5 Mars
Le 21 Mars - pose d'un élément 10 - 11 par le lecteur, recalé le 24 Avril.
Le 15 Avril - pose d'un élément 12 - 13 (pour un élément 9 - 10), par le lecteur ; recalé également le 24/4
Le 20 Juin - pose d'un élément 10 à 11. (pour élément 8 - 9)
- KANDADJIME = 6 Décembre 79 - pose d'un élément 7 à 8
- 11 Février 80 - pose élément 4 à 5 (pour 5 à 6) par le lecteur, recalé le 5 Mars.
- Le 31 Mars 80 pose d'un élément 3 - 4 (pour un 4 à 5) par le lecteur, recalé le 24/4.
- Le 17 Mai 80 - pose d'un élément 12 - 13 (pour un 3 à 4) par le lecteur, recalé le 20 Juin .

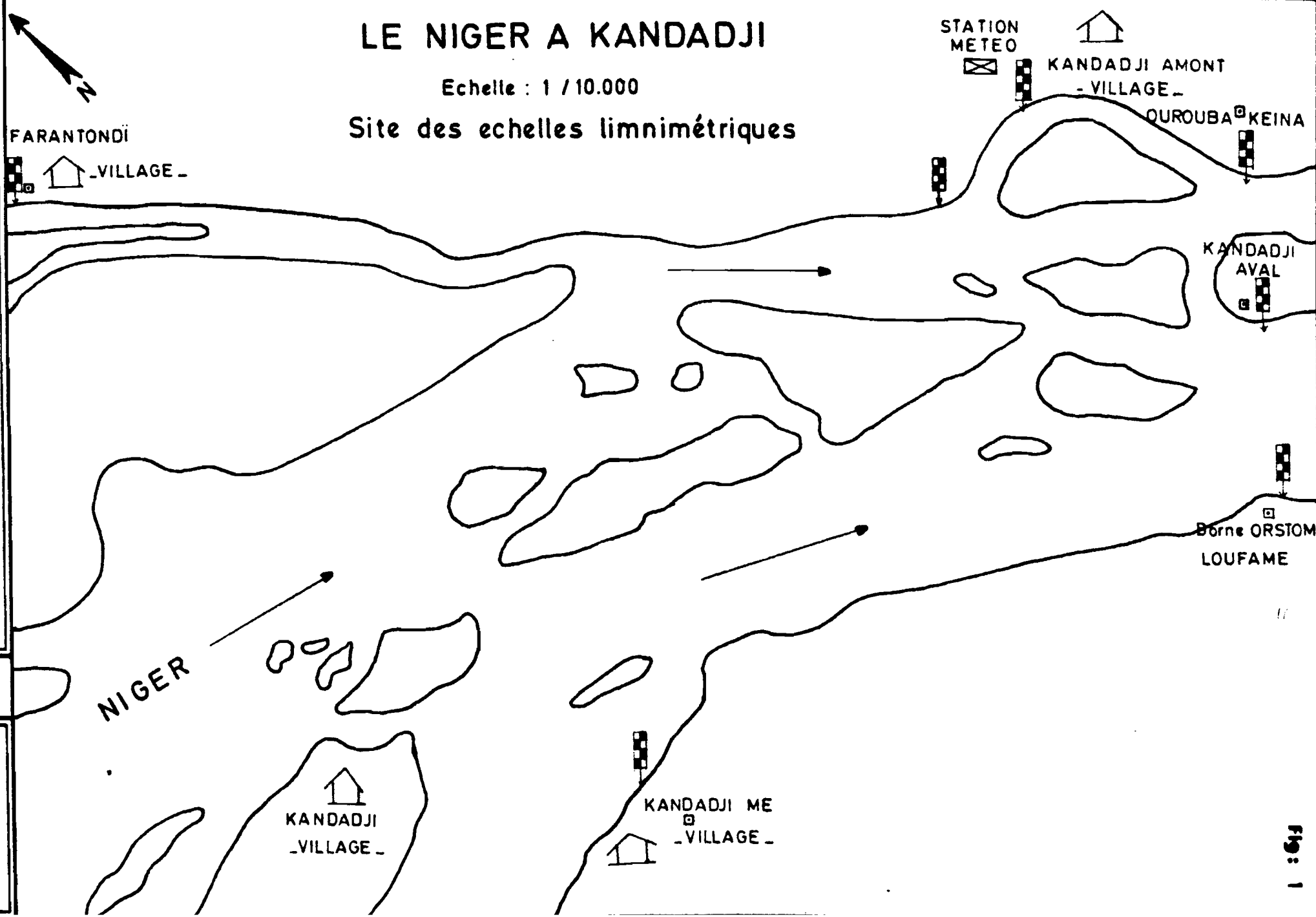
LE NIGER A KANDADJI

Echelle : 1 / 10.000

Site des echelles limnimétriques

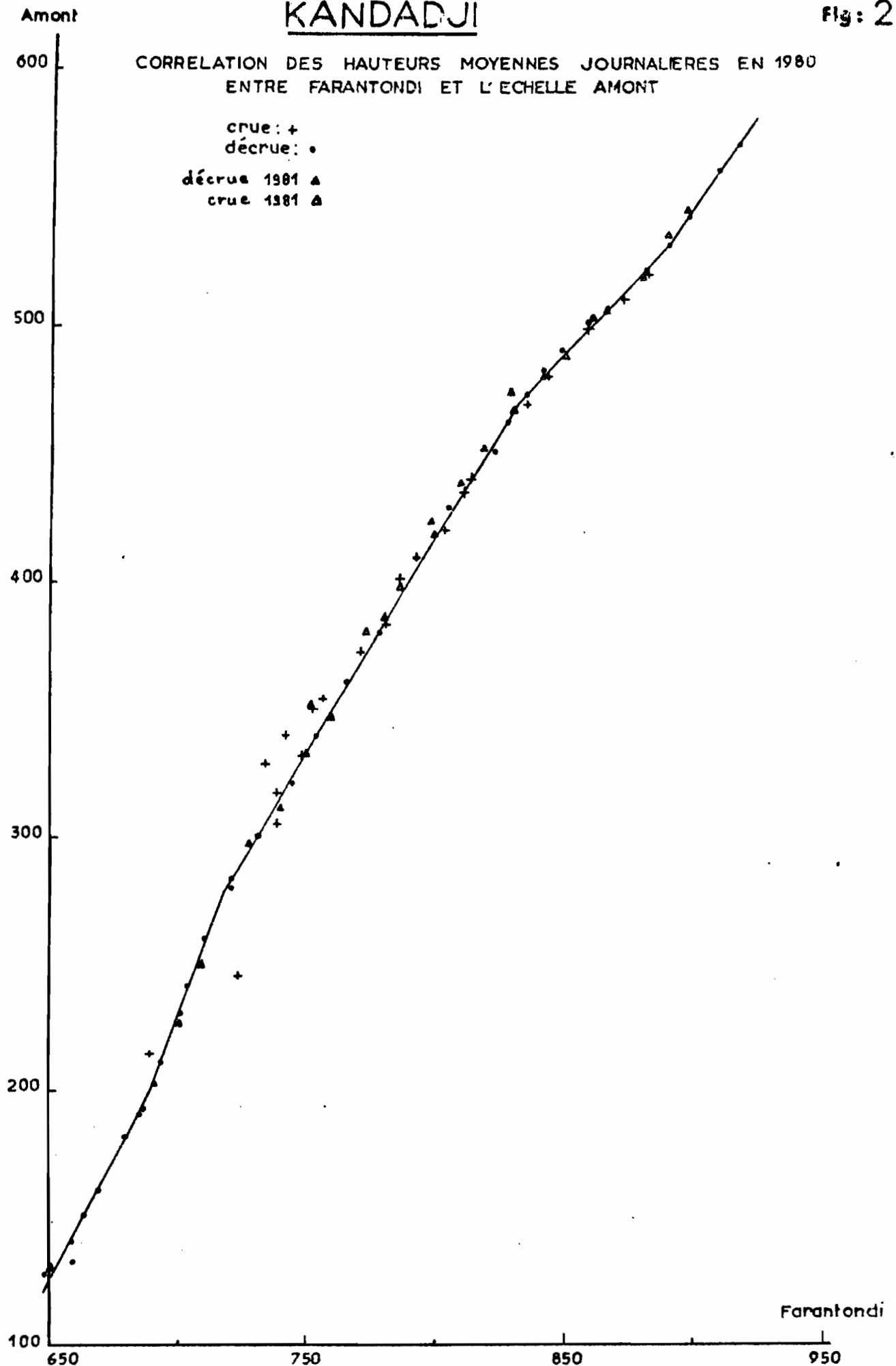
Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer

Mission au Niger



KANDADJI

Fig: 2

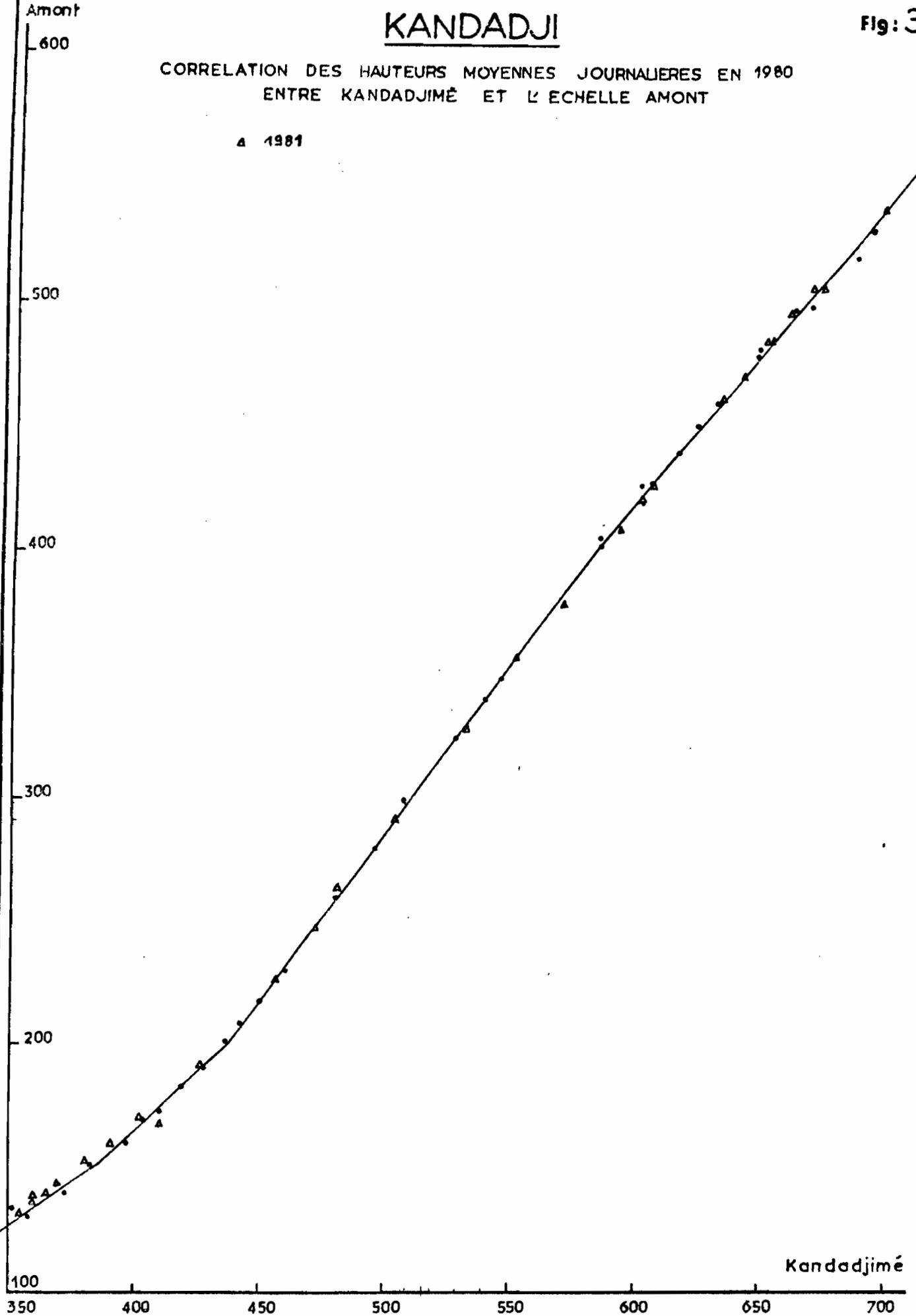


KANDADJI

Fig: 3

CORRELATION DES HAUTEURS MOYENNES JOURNALIERES EN 1980
ENTRE KANDADJIMÉ ET L'ECHELLE AMONT

Δ 1981



KANDADJI

Fig: 4

Amont

600

CORRELATION DES HAUTEURS MOYENNES JOURNALIERES
EN 1980 ENTRE LOUFAMÉ ET L'ECHELLE AMONT

En crue + — +
En décrue • — •
Δ 1981

500

400

300

200

100

Loufamé

950

1050

1150

1250

Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer

Mission à NIAMEY

KANDADJI

CORRELATION DES HAUTEURS MOYENNES JOURNALIERES EN 1980
ENTRE OUROUBAKEINA ET L'ECHELLE AMONT

crue: +
décrue: •
Δ 1981

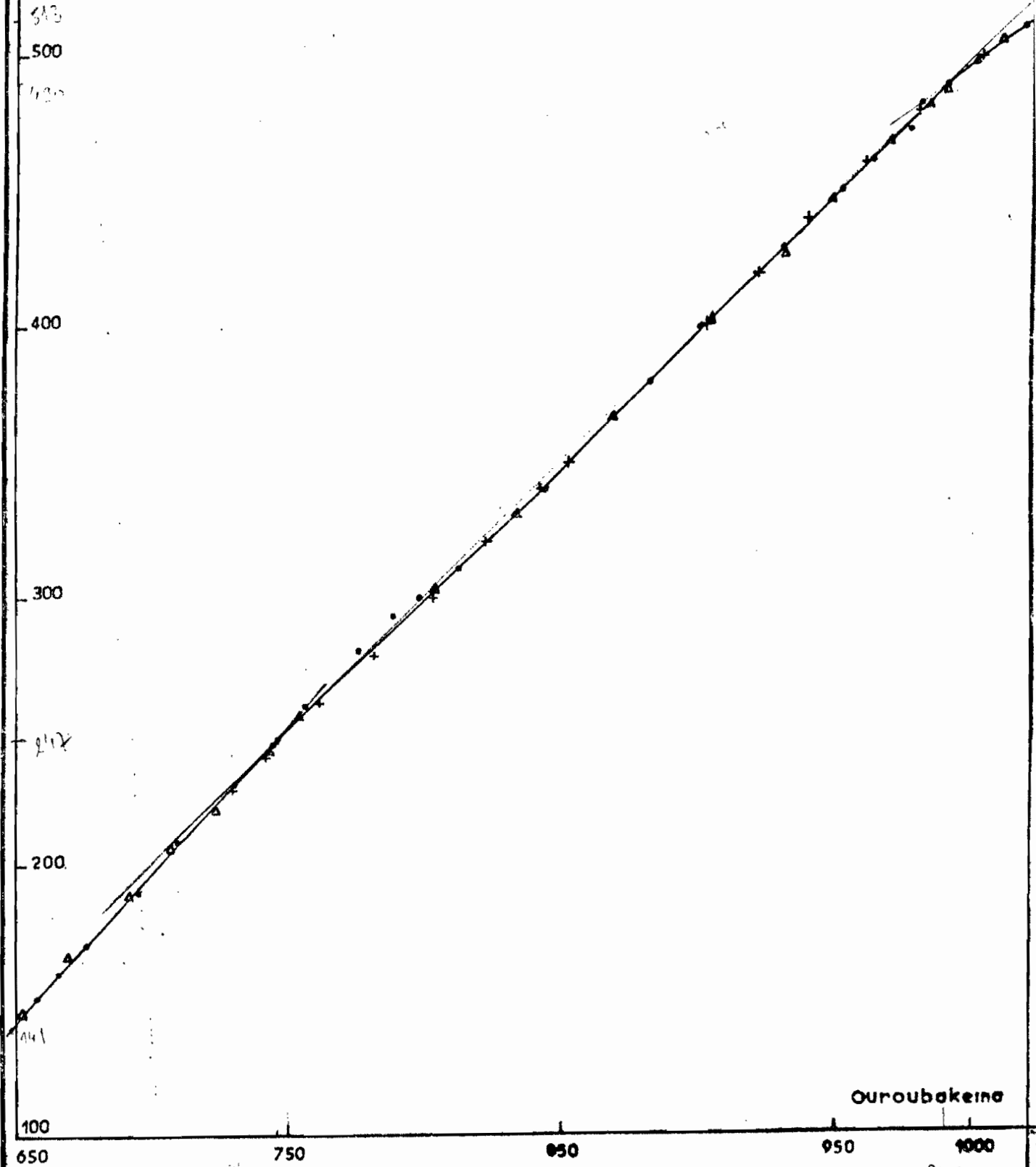


TABLEAU N° 0

LE NIGER A KANDADJI

Station KANDADJI AMONT (échelle de référence)

Hauteurs moyennes journalières en 1980 (en cm)

JOURS	JANV.	FEV.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.
1	571	528	427	289	192	146	133	240	354	459	-	518
2	571	525	422	286	191	144	214	261	365	461	-	519
3	571	522	417	280	190	144	345	276	372	463	500	519
4	570	519	406	276	188	142	332	278	378	464	501	519
5	570	517	401	271	187	141	285	300	383	466	501	519
6	569	514	397	269	183	140	291	293	386	468	502	519
7	569	512	391	266	182	138	319	291	392	469	504	519
8	569	511	385	263	181	136	318	294	398	471	504	519
9	568	509	380	260	178	137	316	293	401	473	505	519
10	567	506	377	256	176	137	315	290	404	474	505	520
11	567	502	374	253	175	136	309	282	409	475	506	520
12	567	500	369	249	173	135	303	274	413	477	507	520
13	567	499	365	246	172	139	298	267	416	479	508	519
14	567	498	361	241	171	135	289	256	420	480	509	519
15	567	495	357	237	169	132	276	249	423	482	510	518
16	566	490	353	235	167	131	262	245	427	483	510	518
17	565	486	349	234	166	130	251	243	429	485	512	518
18	564	482	345	230	165	129	271	247	432	486	513	518
19	563	477	340	228	163	128	286	246	435	487	513	518
20	562	473	336	226	160	129	260	312	434	489	514	518
21	560	466	333	224	158	129	245	305	440	489	515	518
22	558	462	328	222	157	128	242	318	440	492	516	518
23	555	457	325	218	157	127	238	317	444	493	516	517
24	553	451	321	216	157	127	235	321	(447)	494	516	517
25	549	447	316	213	155	125	234	326	449	495	516	517
26	546	442	311	211	153	124	227	329	451	496	516	516
27	542	436	307	209	152	122	229	333	453	497	516	515
28	539	432	304	206	152	121	241	335	454	498	517	513
29	536	429	300	202	151	121	241	340	456	499	518	512
30	533		297	196	148	121	243	345	458	-	518	512
31	531		293		146		240	350		-		512

LE NIGER A KANDADJI
Station de LOUFAME

Hauteurs moyennes journalières en 1980 (en cm)

La graduation 1400 de l'élément 1300 - 1400 est à - 16,9 cm de la borne ORSTOM

JOURS	JANV.	FEV.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.
1	1335	(1298)	1170	1048	962	919	906	1008	1119	1226	1271	1295
2	1335	1293	1164	1045	961	918	970	1023	1128	1228	1272	1296
3	1334	(1288)	1160	1040	960	917	(1007)	1039	1136	1231	1272	1296
4	1334	(1283)	1154	1036	959	917	(1086)	1045	1143	1233	1273	1296
5	1333	(1278)	1152	1031	956	916	(1043)	1061	1148	1235	1274	1296
6	1333	(1273)	1149	1028	954	915	(1049)	1056	1151	1236	1275	1296
7	1332	(1268)	1147	1026	953	913	(1075)	1056	1157	1238	1276	1296
8	1332	(1263)	1145	1023	951	911	(1074)	1058	1163	1239	1278	1296
9	1331	(1256)	1143	1020	949	911	(1072)	1056	1165	1240	1279	1296
10	1331	(1253)	1139	1016	947	911	(1071)	1054	1169	1242	1279	1296
11	1331	1249	1137	1014	946	910	(1064)	1048	1173	1244	1280	1296
12	1331	1247	1134	1011	945	910	(1060)	1040	1177	1246	1281	1295
13	1331	1244	1131	1008	944	910	(1055)	1034	1181	1247	1282	1295
14	1331	1239	1128	1006	943	909	(1047)	1024	1184	1248	1283	1295
15	1330	1235	1125	1004	942	907	(1035)	1018	1189	1249	1285	1294
16	1330	1231	1119	1001	939	906	(1022)	1012	1194	1152	1286	1294
17	1329	1227	1115	996	938	905	(1012)	1011	1196	1253	1288	1294
18	1328	1224	1110	995	936	904	(1031)	1012	1197	1254	1289	1294
19	1327	1220	1106	994	935	903	(1044)	1016	1199	1255	1290	1294
20	1326	1214	1102	992	934	901	(1021)	1068	1202	1257	1291	1294
21	1325	1209	1097	989	933	(901)	(1007)	1064	1204	1258	1291	1293
22	1324	1205	1093	987	932	(900)	(1004)	1076	1206	1259	1291	1293
23	1322	1199	1088	985	931	(900)	(1004)	1076	1208	1261	1291	1293
24	1320	1193	1084	982	930	899	(998)	1084	(1211)	1262	1291	1292
25	1318	1189	1080	980	928	897	(997)	1092	1213	1263	1291	1291
26	1316	1185	1076	978	927	896	(990)	1096	1215	1265	1291	1289
27	1313	1178	1071	976	925	894	(992)	1101	1216	1265	1292	1289
28	1310	1174	1067	973	925	893	1006	1104	1218	1266	1293	1287
29	1306	1172	1061	970	925	892	1008	1105	1222	1267	1294	1286
30	1305		1057	966	924	891	1011	1110	1226	1268	1294	1286
31	1303		1052		920		1007	1116		1269		1285

TABLEAU N° 2

LE NIGER A KANDADJI

Station d'OUROUBAKEINA

Hauteurs moyennes journalières en 1980 (en cm)

La graduation 1000 de l'élément 1000 - 1100 est à - 173,6 cm de la borne ORSTOM

JOURS	FAN.	FEV.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.
1	1073	1040	929	784	698	653	637	745	857	960	1005	1026
2	1073	1037	924	780	697	652	707	762	865	962	1005	1028
3	1073	1034	915	776	695	651	746	775	874	964	1005	1028
4	1072	1031	908	772	673	650	829	781	882	966	1006	1028
5	1071	1029	903	767	689	648	790	803	886	968	1007	1029
6	1071	1027	898	764	688	648	792	791	889	969	1008	1029
7	1071	1024	893	762	687	648	821	788	895	971	1009	1029
8	1070	1021	890	759	685	646	823	796	901	973	1011	1029
9	1070	1017	883	757	683	645	821	793	904	974	1012	1029
10	1069	1014	849	752	681	645	820	790	908	975	1012	1029
11	1069	1010	875	750	679	645	814	782	913	976	1013	1029
12	1069	1005	871	747	678	644	807	774	915	978	1014	1029
13	1069	1003	867	743	677	643	800	769	919	980	1015	1028
14	1069	1000	865	740	676	644	789	758	922	981	1016	1028
15	1068	997	860	737	675	642	776	753	927	983	1017	1027
16	1068	992	855	734	673	640	762	749	931	984	1019	1027
17	1068	987	853	732	671	638	753	747	933	985	1021	1027
18	1067	982	849	730	670	636	734	746	934	987	1022	1027
19	1066	978	844	728	667	636	786	746	936	987	1022	1027
20	1065	977	843	726	665	637	768	812	938	989	1023	1026
21	1064	968	835	724	664	637	747	804	940	990	1024	1026
22	1063	964	831	722	664	636	745	820	942	992	1024	1026
23	1061	959	826	719	663	635	742	820	946	992	1024	1026
24	1059	953	823	717	661	634	736	824	(949)	994	1024	1025
25	1056	948	818	715	659	632	734	829	951	996	1024	1024
26	1054	943	815	713	658	630	730	834	953	997	1024	1022
27	1051	938	809	710	658	628	730	838	955	998	1025	1021
28	1049	934	804	709	658	628	742	839	957	999	1026	1020
29	1047	931	798	706	658	627	742	843	958	1001	1026	1018
30	1043		794	701	657	626	742	849	959	1002	1026	1017
31	1041		788		653		742	853		1003		1017

TABLEAU N° 4

LE NIGER A KANDADJI

Station de FARANTONDI

Hauteurs moyennes journalières en 1980 (en cm)

Graduation 1000 de l'échelle 900 à 1000 à - 12,1 cm/borne ORSTOM

JOURS	JANV.	FÉV.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DE
1	916	(886)	803	724	686	(661)	(654)	(704)	(762)	827	859	878
2	916	(884)	798	722	685	(660)	(694)	(712)	(768)	828	860	879
3	915	(882)	794	720	685	(660)	(706)	(718)	(772)	830	860	879
4	915	(880)	791	718	684	(659)	(749)	(718)	(776)	831	860	879
5	915	(878)	785	716	683	(658)	(721)	(730)	(779)	833	861	879
6	914	(876)	783	714	683	(658)	(725)	(726)	(781)	834	861	879
7	914	(873)	781	713	681	(657)	(741)	(725)	(784)	834	862	879
8	913	(870)	779	712	679	(656)	(741)	(727)	(788)	836	864	879
9	913	(867)	777	710	678	(656)	(739)	(726)	(789)	837	865	879
10	913	(863)	773	709	678	(656)	(739)	(724)	(791)	839	866	880
11	913	860	771	708	678	(656)	(735)	(720)	(794)	840	866	880
12	913	857	768	707	677	(655)	(732)	(717)	(796)	841	868	880
13	913	856	766	706	676	(657)	(729)	(714)	(798)	841	869	878
14	912	852	765	704	675	(655)	(724)	(710)	(801)	842	869	878
15	912	849	763	702	674	(653)	(718)	(707)	802	843	870	878
16	912	847	761	702	673	(653)	(712)	(706)	805	844	871	878
17	911	844	758	702	672	(652)	(708)	(705)	806	845	872	878
18	910	840	756	(701)	(671)	(652)	(716)	(707)	808	846	873	878
19	910	836	754	(700)	(670)	(651)	(722)	(706)	810	847	874	878
20	908	833	752	(699)	(668)	(652)	(712)	(737)	812	848	875	878
21	907	829	750	(698)	(667)	(652)	(706)	(733)	813	849	876	877
22	906	826	748	(697)	(667)	(651)	(705)	(741)	814	849	876	877
23	904	825	746	(696)	(667)	(651)	(703)	(740)	816	851	876	877
24	902	821	744	(695)	(667)	(651)	(702)	(742)	(818)	853	876	877
25	900	818	741	694	(666)	(650)	(702)	(745)	820	854	876	876
26	(898)	814	738	693	(664)	(649)	(699)	(747)	822	855	876	875
27	(896)	809	736	692	(664)	(648)	(700)	(749)	823	856	877	874
28	(894)	806	734	691	(664)	(648)	(704)	(751)	825	856	877	872
29	(892)	(804)	731	691	(663)	(648)	(704)	(754)	825	857	878	871
30	(890)		729	688	(662)	(648)	(705)	(757)	826	858	878	870
31	(880)		727		661		(704)	(759)		858		870

Les tableaux 1, 2, 3, 4, présentent respectivement les hauteurs moyennes journalières en cm des stations dont le calage des échelles par rapport aux bornes ORSTOM a été vérifié plusieurs fois durant la saison par des opérateurs différents.

E C H E L L E S	Cote de la borne O R S T O M	Cote du zéro des Echelles
FARANTONDI (B 1 sur plan 80)	215,76	205,64
KANDADJI ME (B 2 sur plan 80)	216,33	207,68
LOUFAME (B 3 sur plan 80)	214,92	200,75
OUROUBA KEINA (B 4 sur plan 80)	215,16	203,42
Echelle de référence Amont	214,21	208,43

2) Les mesures physico chimiques :

Elles peuvent être regroupées sous deux chapitres ;

Les mesures réalisées sur le terrain, et celles résultant d'un traitement en laboratoire, d'échantillons prélevés simultanément.

a) Parmi les premières on peut distinguer : Tab 5.

- Les mesures journalières de température des eaux dont l'évolution influence celle de la plupart des paramètres physico chimiques retenus. Ces mesures ont été effectuées au moment et sur le lieu de lecture de l'échelle aval retenue pour sa position centrale dans la section. Les tableaux 6 et 7 présentent ces valeurs du matin et du soir, en degrés et dixièmes, ainsi que les moyennes mensuelles qui en résultent.
- Les mesures de température attachées tous les deux mois, aux prélèvements destinés à analyse sont effectuées avec un soin particulier :
Ces mesures afin d'être représentatives de la température du milieu sont en fait la moyenne arithmétique d'une série réalisée en plusieurs points de la section transversale du bras de l'Echelle aval.
Le thermomètre au dixième est immergé, à une profondeur de vingt centimètres environ, en chaque point, et agité lentement durant quelques minutes, avant chaque lecture effectuée en conservant une immersion maximale de l'appareil. La valeur recueillie est immédiatement exploitée dans la détermination in situ de deux paramètres, le PH et la conductivité.
- Le PH : il est déterminé sur le terrain grâce à un PH mètre de marque Seibold étalonné, juste avant utilisation, à l'aide de solutions PH_4 et PH_7 ; cette méthode est actuellement préférée à celle, assez médiocre, de la colorimétrie en laboratoire. Un échantillon de 2 litres d'eau minimum prélevé en surface au milieu de la section reçoit immédiatement l'électrode à solution KCL - Ag CL et un thermomètre qui vérifie la valeur de la mesure précédente. La lecture du PH est directe sur le cadran comportant un abaque de température. Au laboratoire l'ordre de grandeur du PH est contrôlé grâce à un PH - mètre de marque TACUSSEL.

TABLEAU N° 5
LE NIGER A KANDADJI
DONNEES PHYSICO-CHIMIQUES DE TERRAIN

PRELEVEMENT n° et Date	I	II	III	IV	V	VI	VII	VI bis	VII bis
FACTEUR	7-1-80	11-2-80	5-3-80	25-4-80	20-6-80	12-9-80	3-12-80	1-10-81	3-12-81
TEMPERATURE ° C	19,5	21,5	23,5	26,7	29,5	30,2	21,4	29,7	20
P H	6,6	6,8	7,2	6,4	6,9	6,2	7,4	7,2	7,0
CONDUCTIVITE micro S/cm	34	36	34	48	52	52	32	26	33
TURBIDITE cm	-	36	23	20	26	25	30	22	43

TABLEAU N° 6
LE NIGER à KANDADJI
Température de l'eau en °C
Mesure du matin en 1960

JOURS	JAN.	FEV.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.
1	18,0	21,6	21,8	23,7	27,0	28,5	25,3	27,8	28,9	28,9	26,7	23,5
2	18,0	21,5	22,0	24,5	27,7	28,5	26,2	27,0	27,9	28,3	19,0	24,0
3	18,3	21,0	22,0	24,2	28,8	27,7	25,6	28,0	29,2	28,0	25,5	21,4
4	18,2	20,8	22,1	24,0	28,0	26,2	27,0	28,0	29,2	27,9	25,3	20,8
5	18,5	20,5	23,0	25,3	28,5	27,2	27,5	27,8	29,6	28,3	26,0	20,0
6	18,3	20,5	23,0	25,8	28,3	28,5	28,5	27,5	29,1	28,4	25,8	21,4
7	18,5	20,4	22,2	24,8	28,5	28,7	27,2	28,5	28,3	27,5	25,4	19,8
8	18,6	20,0	22,1	24,5	29,5	28,7	28,2	28,6	27,9	28,0	26,7	18,0
9	19,0	20,2	21,5	29,2	27,5	29,0	28,3	29,6	29,5	27,0	24,8	21,8
10	19,5	20,8	22,4	26,2	26,5	27,7	28,0	29,8	29,4	28,2	24,5	19,3
11	19,5	21,3	22,8	26,8	28,2	28,3	28,7	29,3	29,6	28,5	24,0	21,3
12	19,5	22,3	22,4	26,5	28,7	27,7	28,5	28,7	29,7	28,5	23,8	19,0
13	20,5	20,5	23,5	27,5	29,1	28,0	28,5	29,6	30,0	27,5	24,7	17,3
14	20,8	21,3	23,0	27,0	28,5	28,0	27,1	27,6	29,7	28,6	25,0	19,7
15	21,5	20,5	22,8	26,8	29,4	28,7	27,2	28,0	30,5	29,0	25,5	17,4
16	21,2	21,5	22,7	26,0	30,2	27,5	27,3	28,0	29,7	29,0	24,5	18,4
17	21,9	21,0	23,5	27,5	29,6	27,7	28,5	27,0	29,3	28,5	25,5	18,7
18	21,7	22,2	23,2	25,7	28,5	28,5	27,6	25,0	30,0	28,4	26,0	18,9
19	22,0	22,5	24,2	25,8	29,2	26,2	27,3	27,0	30,0	29,3	25,4	16,3
20	22,0	23,2	25,5	27,5	26,5	28,2	28,0	25,8	29,2	28,7	25,5	15,0
21	22,5	23,0	26,4	27,5	28,1	27,8	28,3	26,8	30,8	27,9	25,2	16,8
22	20,6	24,0	26,2	28,4	27,5	27,8	28,7	26,4	30,0	27,9	22,2	16,3
23	22,5	23,4	26,5	27,7	29,5	28,9	29,0	27,9	30,1	28,5	27,0	17,8
24	22,5	22,1	26,2	26,8	29,7	28,7	28,4	27,2	-	29,2	23,4	19,0
25	21,9	21,9	25,9	27,5	29,2	28,8	28,4	28,2	29,9	28,5	23,0	17,5
26	21,5	22,5	23,0	28,0	29,5	27,4	28,8	29,7	30,0	27,8	24,2	16,5
27	21,0	22,0	24,4	27,8	29,5	27,8	27,0	28,9	29,8	28,0	20,2	17,3
28	20,5	21,8	24,0	28,3	28,5	26,9	29,6	28,7	30,0	27,5	21,8	16,0
29	20,5	21,8	23,0	29,2	28,5	26,7	28,9	29,3	29,8	27,5	21,7	15,8
30	20,5		24,8	27,5	29,0	27,4	27,8	29,4	29,5	27,2	21,6	16,3
31	20,8		23,5		29,6		28,5	28,0		27,5		18,5
MOY.	20,3	21,6	23,5	26,6	28,5	27,9	27,9	28,0	29,5	28,1	24,4	18,7

TABLEAU N° 7
LE NIGER A KANDADJI
TEMPERATURE DE L'EAU EN °C
Mesure du Soir en 1980

JOURS	JAN.	FEV.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.
1	20,3	27,0	24,2	25,9	29,7	31,5	25,0	29,8	30,7	30,1	28,7	26,0
2	21,0	27,1	24,2	26,8	32,2	29,4	28,2	29,0	31,0	31,4	29,0	25,0
3	21,5	23,5	23,2	25,5	32,4	30,4	27,7	29,0	31,4	30,3	26,7	24,0
4	21,9	22,8	24,8	26,2	32,0	28,4	27,5	28,9	31,2	29,8	28,2	25,0
5	22,0	23,7	25,2	26,0	29,9	29,4	29,8	28,5	34,4	31,4	27,9	24,3
6	22,1	24,8	24,8	27,2	28,2	30,8	29,2	29,5	31,6	28,6	28,7	25,3
7	23,2	23,6	25,2	25,7	30,5	30,9	29,8	30,1	29,8	29,5	29,8	21,4
8	20,8	23,0	23,0	28,4	29,8	31,5	30,0	30,5	31,8	30,0	27,4	23,0
9	21,9	24,2	23,4	28,5	31,4	28,5	29,8	32,4	31,0	30,7	26,5	23,0
10	23,5	25,0	24,2	28,1	29,9	32,4	30,0	32,4	31,5	29,3	26,0	24,5
11	24,2	25,5	25,6	28,3	31,4	31,4	29,7	31,6	31,4	30,3	27,5	22,0
12	24,2	27,2	25,0	28,0	30,8	30,4	30,1	32,0	31,6	29,5	25,3	18,4
13	25,3	28,2	24,9	30,0	31,4	29,3	28,6	30,0	31,0	29,7	28,7	22,0
14	26,0	26,3	25,0	27,5	30,5	30,5	29,8	29,6	31,6	29,8	28,9	21,8
15	26,0	25,7	24,2	27,7	31,8	31,8	28,3	30,6	-	30,1	27,4	19,9
16	26,4	27,2	24,5	30,5	32,8	31,7	29,8	30,8	31,7	30,1	26,2	22,0
17	24,8	25,9	24,8	30,5	28,0	30,9	28,5	32,4	32,4	31,4	28,4	21,8
18	22,0	24,7	25,6	28,9	30,5	29,7	29,7	28,3	32,0	29,8	27,0	20,4
19	23,8	24,2	27,2	32,2	31,3	31,8	29,6	28,2	32,8	30,2	28,3	21,0
20	24,3	23,8	27,4	31,0	30,1	30,7	29,9	28,7	33,2	29,0	29,3	18,8
21	26,5	26,4	27,5	29,8	29,5	29,8	29,6	29,2	32,4	31,0	27,2	19,8
22	28,5	27,2	28,2	33,8	31,0	30,4	30,1	29,4	31,0	29,5	29,2	22,8
23	28,5	29,2	27,6	34,2	31,5	31,4	31,0	30,5	-	30,8	24,0	24,0
24	27,0	25,3	27,6	-	32,8	31,0	29,7	31,4	-	29,5	25,3	20,8
25	24,2	23,2	26,0	30,8	30,5	29,8	33,4	30,0	31,4	28,5	26,3	18,5
26	23,5	23,2	24,8	29,3	33,2	30,0	31,4	30,6	32,3	28,5	25,8	20,4
27	26,2	24,2	25,0	32,0	32,7	32,4	30,7	30,7	31,4	28,9	25,7	20,8
28	23,8	22,8	25,6	34,3	31,8	27,6	31,4	32,4	32,0	29,0	25,0	21,4
29	26,5	23,0	25,0	30,5	31,5	28,2	31,5	31,9	31,6	29,8	26,0	25,0
30	24,5		26,4	29,7	33,0	26,2	29,9	30,7	30,5	29,0	24,3	20,4
31	-		24,8		31,4		30,2	29,0		28,9		22,8
MOY.	24,1	25,1	25,3	29,2	31,0	30,3	29,7	30,3	31,6	29,8	27,1	22,1

- La conductivité : elle est déterminée sur le terrain, comme le PH, avec l'aide d'un appareil portatif (marque BISHOP) mesurant la conductivité en micro simons. Cm^{-1} en fonction de la température. Sur un échantillon semblable à celui de la mesure du PH on vérifie la température et après l'avoir affichée on procède à l'immersion de l'électrode. Le milieu liquide est agité doucement, afin de lui conserver son homogénéité. La valeur de conductivité stabilisée est relevée. On recommence l'opération sur le même échantillon jusqu'à ce que cette valeur reste constante. En laboratoire l'appareil utilisé pour contrôle et de marque METRONI.
- La Turbidité :
Elle est due à la présence des particules fines dans l'eau; elle est évaluée par la profondeur en cm à partir de laquelle un disque blanc de 20 cm de diamètre (disque de Secchi) cesse d'être visible.
b) Les déterminations en laboratoire, Tab 8.
- Les Extraits secs -
- Leur étude est réalisée à partir d'une prise d'échantillon d'eau de 10 litres en milieu de section. Cet échantillon flocculé par adjonction de HCl à 25 % est décanté, filtré, et passé à l'étuve à 105 °.
Le produit obtenu est l'extrait sec à 105 ° qui comporte les matières en suspension et les sels solubles. On peut affiner l'analyse et séparer la matière minérale de la matière organique, pour cela l'extrait sec est remplacé dans un four à 525 ° ventilé et à atmosphère sur-oxygénée pendant 2 heures. L'extrait sec à 525 ° encore appelé résidu minéral comprend l'extrait sec à 105 ° diminué de la matière organique, d'une partie des carbonates et des composés ammoniacaux. C'est à partir de la quantité à 105 ° que, connaissant le débit liquide correspondant, on déduit le débit solide qui traverse la section.
- Oxydabilité au permanganate de potassium. En fait il s'agit de mesurer la quantité d'oxygène utilisée pour la réduction du permanganate de potassium par les matières organiques de toutes natures contenues dans l'eau.
- Détermination de l'alcalinité :
l'alcalinité est la capacité de neutralisation d'un acide par une eau naturelle pour un PH limite. Cette alcalinité correspond à la présence de bicarbonates HCO_3^- , carbonates CO_3^{2-} et hydroxydes OH^- (ces derniers étant négligeables dans les eaux naturelles).
Ainsi : le T.A. ou Titre Alcalimétrique est une grandeur caractérisée par la quantité d'acide fort chlorhydrique ou sulfurique N/50 nécessaire pour amener une eau de PH naturel au PH de virage de la phénolphthaleïne (8,3). Il représente la teneur en hydroxydes et carbonates.

LE NIGER A KANDADJI Tab. 8
DONNEES PHYSICO - CHIMIQUES DE LABORATOIRE

Prélèvement N° et Date DETERMINATION	I	II	III	IV	V	VI bis	VII bis
	7 - 1 - 80	11 - 2 - 80	5 - 3 - 80	25 - 4 - 80	20 - 6 - 80	1 - 10 - 81	3 - 12 - 81
T.A.C. ° Français	1,65	2,25	2,24	2,67	3,77	1,70	1,95
CO ₂ libre mg/l	8,93	10,83	19,37	22,39	20,86	14,65	0,33
Agressivité	-	- 4,10	- 4,15	- 1,3	- 1,8	Inf. 0 *	Inf. 0 *
Fer total mg/l	0,16	0,10	0,34	0,30	0,45	0,55	0,20
O ₂ Consommé par Mat.Org. mg/l	3,00	2,30	2,80	2,00	3,40	4,00	3,60
Extrait sec à 105 ° g/l	0,015	0,053	0,092	0,116	0,249	0,012	0,010
Extrait sec à 525 ° g/l	0,012	-	-	0,100	0,210	0,010	0,006
Debit solide corres- pondant à l'extrait sec à 105 ° en kg/s =	28	75	60	8,5	1,7	78	90

* Valeurs non précisées car le Laboratoire n'était pas en possession du PH de prélèvement

Le T.A.C. ou Titre Alcalimétrique Complet est une grandeur caractérisée par la quantité d'acide fort nécessaire pour amener le PH initial de cette eau à celui de virage du méthylorange (4,6). Il représente la teneur totale en hydroxydes, carbonates, bicarbonates alcalins et alcalino - terreux. Ces deux titres sont exprimés en degrés Français comme suit :

Si V est le nombre de millilitres d'acide utilisés pour obtenir le virage de la phénolphthaléine, il exprime le Titre Alcalimétrique (T.A.) en degrés Français et le $\frac{V}{5}$ le titre en me/l, puisque 1° Français correspond à 10 mg ou à 0,2 me/l de Ca^{5}CO_3 .

Si V' est le nombre de millilitres d'acide utilisés pour obtenir le virage du méthylorange; V' - 0,5 exprime le titre alcalimétrique complet en degrés Français (0,5 ml représentent la quantité d'acide nécessaire pour le virage de l'indicateur) et $\frac{V' - 0,5}{5}$ le T.A.C. en m.e/l.

5

- La recherche du CO_2 libre ou anhydride carbonique libre;

elle s'effectue par méthode volumétrique suivant le principe d'une neutralisation du CO_2 libre de l'eau par une solution N/25 d'hydroxyde de sodium (NaOH).

La teneur en CO_2 libre est exprimée en mg/l.

- L'Agressivité

C'est la propriété d'une eau de déposer (eau incrustante) ou de fixer (eau agressive) des sels. Cette agressivité se manifeste par une corrosion plus ou moins grande des calcaires, ciments et produits qui en dérivent.

Le réactif utilisé pour la détermination est la marbre blanc chimiquement pur et finement pulvérisé.

Pratiquement on ajoute sur le terrain 30 g de marbre à un flacon de 0,5 l plein.

Au laboratoire on mesure sur le filtrat le PH et l'alcalinité totale exprimée en mg/l. Et on calcule

$K = g - h$ où g = teneur en $\text{CO}_3 \text{ Ca}$ de l'eau d'origine

h = teneur en $\text{CO}_3 \text{ Ca}$ de l'eau saturée

puis i (l'index de saturation) = $\text{PH}_0 - \text{PH}_s$

où PH_0 = PH initial de l'eau

PH_s = PH de l'échantillon saturé au marbre.

L'interprétation s'effectue comme suit :

si i et K inférieurs à 0 : l'eau est agressive.

si i et K = 0 : l'eau est, inerte

si i et K supérieurs à 0 : l'eau est incrustante.

- Le fer total : essentiellement du fer ferreux au dessus de PH = 5

Sa détermination est réalisée par colorimétrie de l'O - phénantroline (pour un PH compris entre 6 et 8; ce qui est toujours le cas à Kandadji).

.../...

- Le titre hydrotimétrique (T.H.) :

Il exprime la dureté calcique et magnésienne des eaux en mg/l de Ca CO_3 équivalent ou en degré Français (1° F = 10 mg/l de Ca CO_3).

- Détermination des éléments majeurs = (en mg/l).

Les cations :

- Le calcium, Ca^{++} , et le magnésium, Mg^{++} , sont obtenus par photométrie d'absorption atomique.
- Le Sodium, Na^+ , et le potassium K^+ , par photométrie de flamme.

Les anions :

- Carbonates, HCO_3^- ; et bicarbonates CO_3^{--} sont dosés par potentiométrie.
- Les Chlorures, Cl^- , sont déterminés par colorimétrie du thiocyanate ferrique sur le technicon.
- Les sulfates, SO_4^{--} , sont déterminés par colorimétrie du bleu de molybdène au technicon.

II Analyse et interprétation des résultats :

1) Les mesures de hauteurs d'eau ;

L'homogénéité des hauteurs moyennes journalières observées et reportées dans les tableaux correspondant à chacune des 4 échelles a été vérifiée par corrélations graphiques avec l'échelle de référence amont (fig 2, 3, 4, 5). À titre de contrôle les points correspondant aux valeurs de 81 ont été reportés sur les mêmes graphiques; les tableaux correspondant à ces valeurs paraîtront dans le rapport 1981.

Les corrélations restent inchangées; ce qui confirme la relative stabilité des fonds du site.

On remarque néanmoins, en 1981, une très légère surélévation (quelques cm) du plan d'eau à KANDADJIME en dessous de la cote 400. A LOUFAME la particularité de la décrue entre les cotes 1320 et 1130 ne se retrouve pas en 1981. Ce qui conduit à considérer cette anomalie avec circonspection (défaillance du lecteur ?).

L'observation d'ensemble de ces figures conduit à une première constatation; aucune des relations n'est linéaire. Cependant on peut distinguer deux types de stations :

- Les stations aval, OUROUBAKEINA et LOUFAME, pour lesquelles la relation avec l'échelle amont reste proche d'une parallèle avec la première bissectrice.
- Les stations amont, (en amont des rapides de KANDADJI) FARANTONDI et KANDADJI ME, pour lesquelles on s'écarte de la linéarité et de la première bissectrice.

.../...

Echelle par échelle l'interprétation peut s'effectuer ainsi :

a) Echelle d'OUROUBAKEINA :

Située en aval et en rive gauche (fig. 1), elle est voisine de l'échelle de référence amont.

La corrélation entre les deux échelles produit des segments de droite dont la direction reste proche de la première bissectrice sauf à l'approche de la cote 1000.

Les équations en sont successivement :

H_o inférieur ou égal à 746 =	$H_o = 0,92$	$H_A + 519$
H_o compris entre 746 et 838 =	$H_o = 0,98$	$H_A + 505$
H_o compris entre 838 et 986 =	$H_o = 1,04$	$H_A + 484$
H_o supérieur ou égal à 986 =	$H_o = 1,48$	$H_A + 261$

La dénivellée du plan d'eau entre les deux échelles reste faible dans les différentes phases d'écoulement, entre 0 et 0,10 mètre.

b) Echelle de LOUFAME :

Située en aval rive droite dans la même section en travers du fleuve que l'échelle d'OUROUBAKEINA. La corrélation entre l'échelle de LOUFAME et l'échelle Amont reste très proche de la première bissectrice au dessus de la cote 990.

La qualité des lectures à LOUFAME apparaît très médiocre et les équations des segments de droite de corrélation sont successivement :

H_1 supérieur ou égal à 1270 =	$H_1 = 1,07$	$H_A + 734$
H_1 compris entre 1270 et 1127 =	$H_1 = 1,04$	$H_A + 750$
H_1 compris entre 1127 et 990 =	$H_1 = 1,00$	$H_A + 768$
H_1 inférieur ou égal à 990 =	$H_1 = 0,87$	$H_A + 790$

La différence de cote entre les zéros des échelles est égale à 768 cm. La différence de niveau d'eau entre l'échelle de référence amont et celle de LOUFAME varie aussi très peu entre 0 et 0,10 mètre.

c) Echelle de FARANTONDI :

C'est l'échelle située en amont rive gauche, sur le bras rive gauche, à près de deux km à l'amont de l'échelle de référence. La corrélation, entre les deux échelles n'est pas linéaire et la courbe a presque toujours une pente supérieure à 45° (fig. 2).

.../...

Ce qui signifie que les variations de niveau au droit de l'échelle de FARANTONDI sont presque toujours inférieures aux variations de niveau au droit de l'échelle de référence amont:

H_F on dessous de 690	=	$H_F = 0,53$	$H_A + 584$
H_F compris entre 690 et 720	=	$H_F = 0,38$	$H_A + 614$
H_F compris entre 720 et 830	=	$H_F = 0,59$	$H_A + 554$
H_F compris entre 830 et 900	=	$H_F = 1,12$	$H_A + 301$
H_F au dessus de 900	=	$H_F = 0,42$	$H_A + 672$

Ceci s'interprète de la manière suivante :

Entre les deux échelles se situent les rapides de KANDADJI. Aux basses eaux ces rapides deviennent des cascades et la différence de niveau de l'eau entre les deux échelles atteint 2,50 m pour le débit d'étiage en 1980. Au fur et à mesure que le débit augmente, les rapides sont noyés et la dénivellée du plan d'eau diminue progressivement jusqu'à se limiter à 0,66 m à la pointe de crue 1980.

d) Echelle de KANDADJI ME

Située en amont et en rive droite à environ 1 km du profil transversal passant par l'échelle amont, la corrélation entre les deux échelles n'est pas linéaire et les droites de corrélation ont une pente supérieure à 45° à partir de la cote 437 (fig. 3).

H_K inférieur ou égal à 387	=	$H_K = 1,54$	$H_A + 154$
H_K compris entre 387 et 437	=	$H_K = 1,02$	$H_A + 233$
H_K compris entre 437 et 580	=	$H_K = 0,72$	$H_A + 294$
H_K supérieur à 580	=	$H_K = 0,85$	$H_A + 240$

Ce qui signifie que les variations de niveau au droit de l'échelle de KANDADJI ME sont inférieures aux variations de niveau au droit de l'échelle de référence amont.

Cela s'interprète de la même façon, à savoir :

- Il y a des rapides entre les deux échelles ;
- La dénivellée de la ligne d'eau entre les deux échelles varie de 1,42 m pour les basses eaux à 0,80 m pour les hautes eaux 1980.

2) Les mesures physico chimiques de terrain =

a) Les températures de l'eau : tab. 6 et 7, fig. 6

L'amplitude absolue annuelle est importante, $9,2^{\circ}$ en 1980 entre le maximum de saison chaude ; $34,2^{\circ}$ le 23 Avril, et le minimum de saison fraîche ; 15° le 20 Décembre. Mais les amplitudes journalières sont plus modérées 3 à 5° en saison fraîche, 1 à 3° en saison chaude, exceptionnellement plus $7,9^{\circ}$ le 20/1.

$6,5^{\circ}$ le 23/4.

La figure 7 qui présente la variation des températures moyennes mensuelles de l'année illustre, bien que tempéré par l'effet de moyenne, les observations réalisées au niveau journalier sur les tableaux 6 et 7. Les températures minimales se situent logiquement en début de saison sèche (qui connaît les plus basses températures atmosphériques). De même les températures maximales correspondent aux maximums atmosphériques de fins de saison sèche et de saison humide. Un minimum secondaire s'intercalant, suivant le schéma des températures de l'air, en milieu de saison des pluies.

b) Le PH : tab. 5, fig. 7.

Il évolue peu au cours de l'année, cantonné entre 6,5 et 7 durant environ 8 mois. Il présente deux minimums hors de ce cadre ; un principal en début de crue (6,2 en Septembre) un secondaire en milieu de décrue (6,4 en Avril).

De même on peut distinguer deux maximums au delà de 7 : un au maximum de la crue en Décembre 7,4, un autre en milieu de décrue en Mars 7,2. Mais compte tenu de la précision de l'appareil de mesure employé sur le terrain et du décalage dans le temps des contrôles effectués au laboratoire, il convient de ne pas attacher une trop grande importance aux variations décrites précédemment et de ne retenir que la constance globale des observations entre 6,5 et 7.

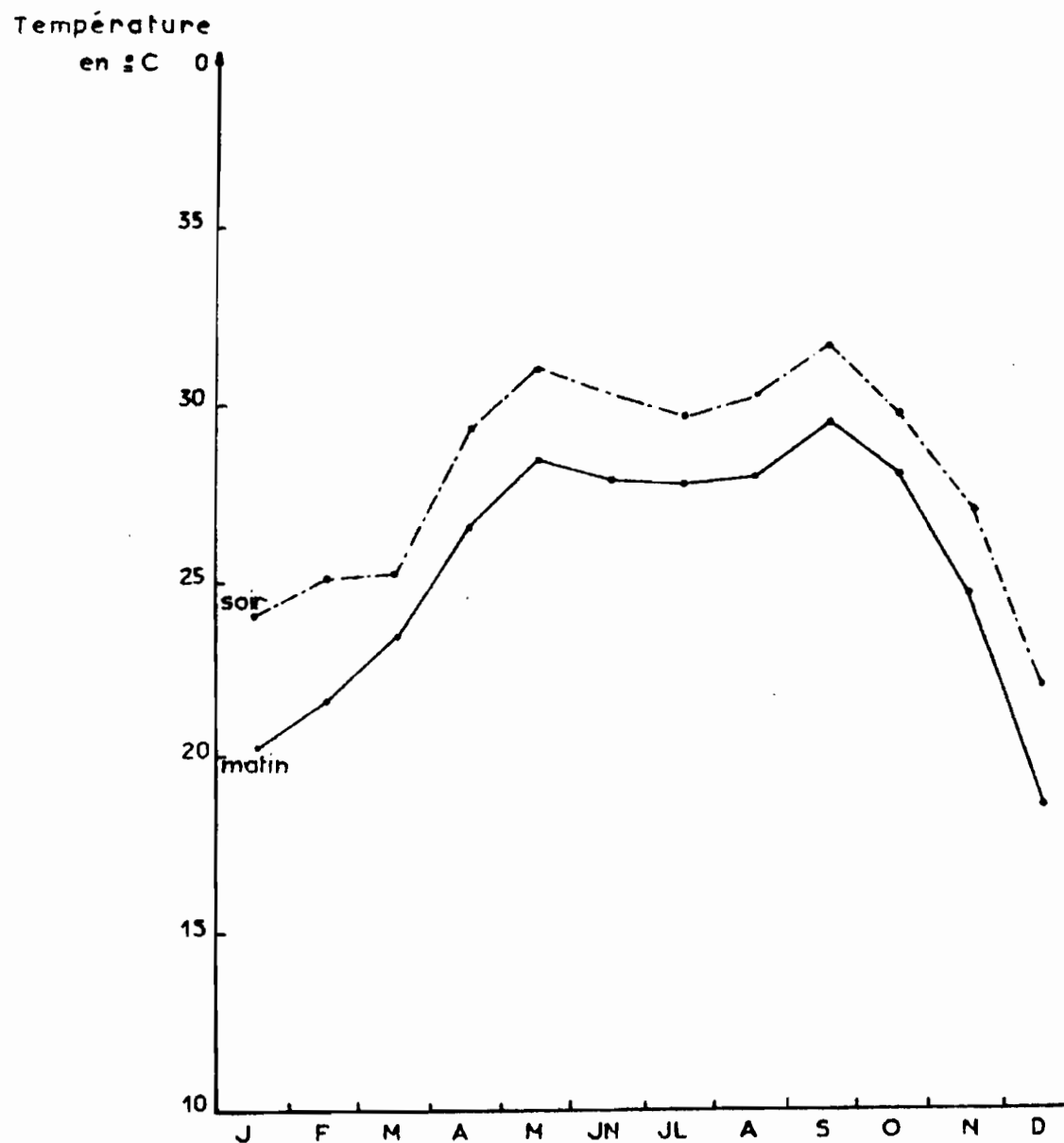
c) La conductivité ; tab. 5, fig. 7.

Mesurée sur une eau fluviale douce, elle est faible toute l'année. Directement liée à la concentration en sels dissouts, elle apparaît logiquement minimale en période de crue, où la dilution de ces derniers est importante, maximale en basses eaux où la concentration en sels est la plus forte.

.../...

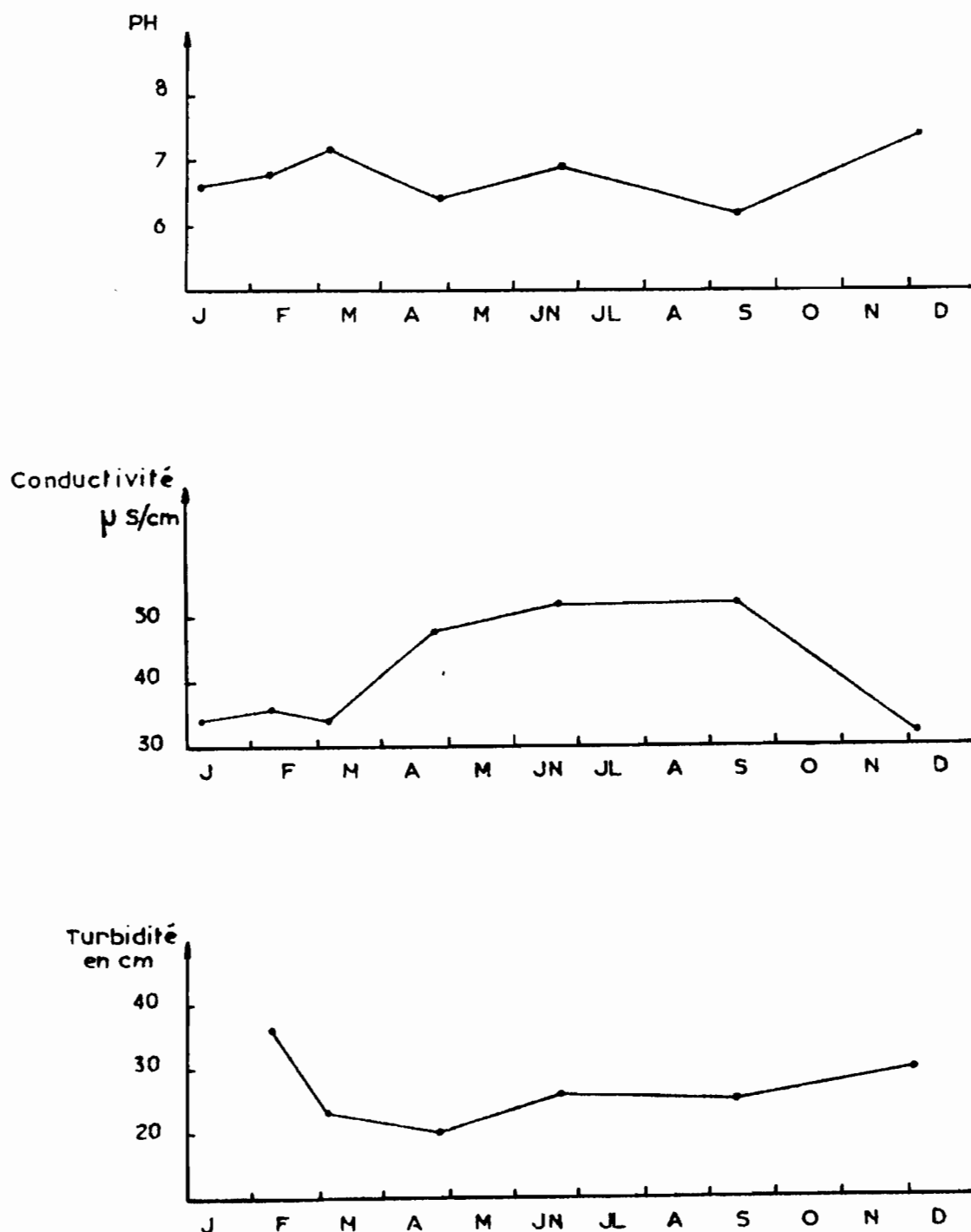
LE NIGER A KANDADJI

TEMPERATURES MOYENNES MENSUELLES DE L'EAU EN 1980



LE NIGER A KANDADJI

EVOLUTION DE 3 PARAMETRES PHYSICO CHIMIQUES DES EAUX,
MESURÉS PONCTUELLEMENT SUR LE SITE AU COURS DE L'ANNÉE 1980:



d) La turbidité; Tab 5, fig 7.

Elle est élevée toute l'année, ~~minimale~~ en fin de tarissement (avril - mai) elle croit dès les premières crues des affluents rive droite en juin pour atteindre son maximum autour de la pointe de crue entre fin décembre et fin janvier.

3) Les mesures en laboratoire tab 8

- a) La détermination des extraits secs à 105 ° et 525 ° effectuée par le laboratoire d'Adiopodoumé a été menée dans le double but d'estimer l'importance de la minéralisation globale, et de vérifier la valeur des débits solides établis sur place à partir des prélèvements réalisés tous les trois jours à Kandadji. Le tableau 8 illustré par la figure 8a, montre que la minéralisation globale, faible toute l'année, croit avec la décrue pour atteindre son maximum à la veille des premières crues. La détermination des extraits secs à 525° qui évoluent parallèlement aux précédents, permet de préciser la valeur précédente tout en définissant la proportion de matière organique dans les suspensions. Cette dernière apparaît constante, entre 15 et 20 %, toute l'année, sauf au moment de la pointe de crue où ce pourcentage est doublé.

Compte tenu des débits liquides, les débits solides obtenus à partir des valeurs d'extraits secs à 105 ° apparaissent concordants avec ceux de la figure 11 de l'étude hydrologique 1980.

b) Le Titre Alcalimétrique Complet (T.A.C); tab 8; fig 8a

A Kandadji il est essentiellement lié à la teneur en bicarbonates. Il reste peu élevé et assez homogène toute l'année entre 1,65 et 3,77. On peut cependant noter qu'il croit avec le tarissement, chute dès les premières crues du Gorouol, semble stable ~~et minimum~~ au cours de la montée de la crue annuelle de septembre à décembre.

c) Le Titre hydrotimétrique : tab 13, fig 9

La dureté calcique et magnésienne est obtenue par le calcul en additionnant les valeurs en mg/l du Ca et du Mg multipliés respectivement par les coefficients 2,497 et 4,116. Ainsi les eaux de Kandadji sont peu dures et équilibrées toute l'année. En hautes eaux elles apparaissent plutôt calciques, au cours du tarissement plutôt magnésiennes.

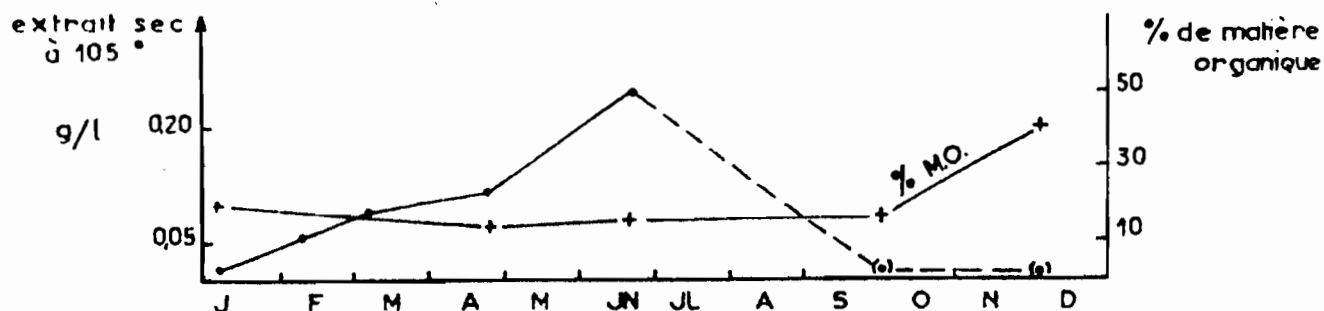
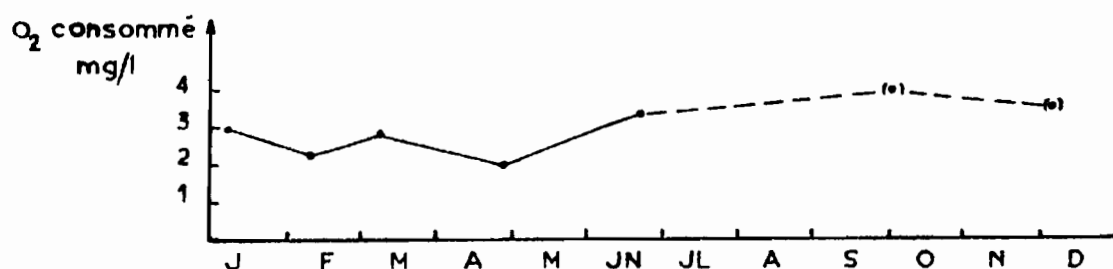
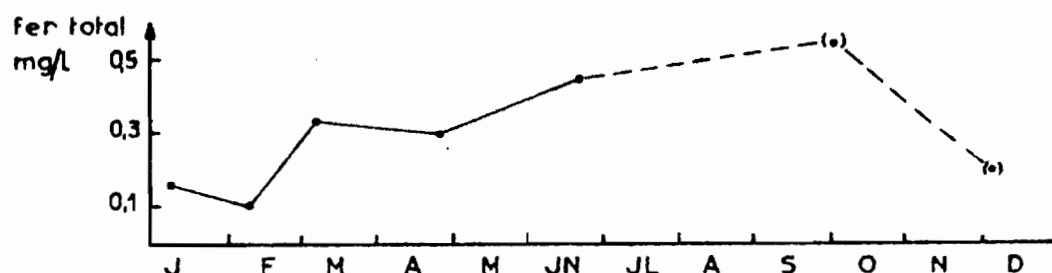
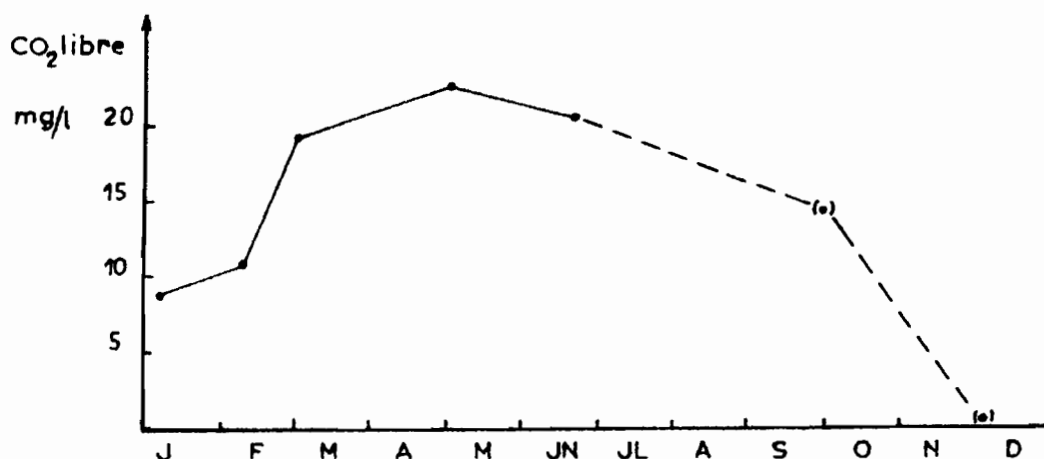
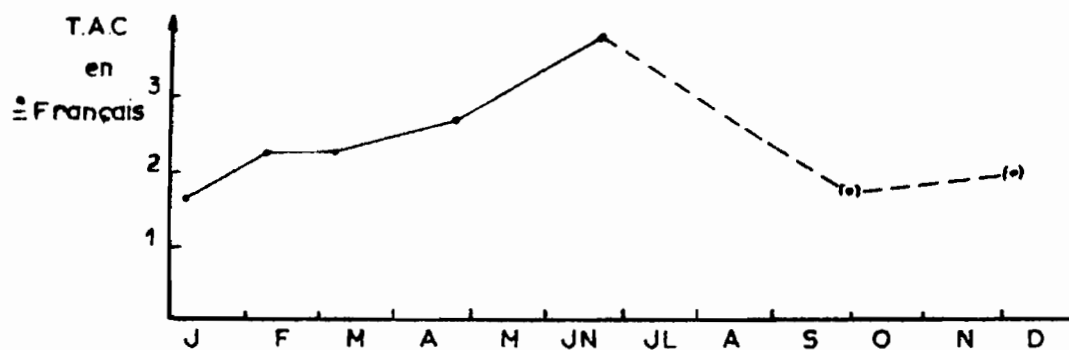
d) Le CO₂ libre; tab 8, fig 8b

Ces valeurs sont données sous toute réserve compte tenu du décalage, de huit jours environ, entre le prélèvement et l'analyse en laboratoire. Ainsi la valeur n° 7 paraît très sérieusement sous estimée; les valeurs 3 et 4 ont été corrigées par calcul. On peut néanmoins relever que les plus fortes teneurs se situent en basses eaux, les plus faibles en hautes eaux.

LE NIGER A KANDADJI EN 1980

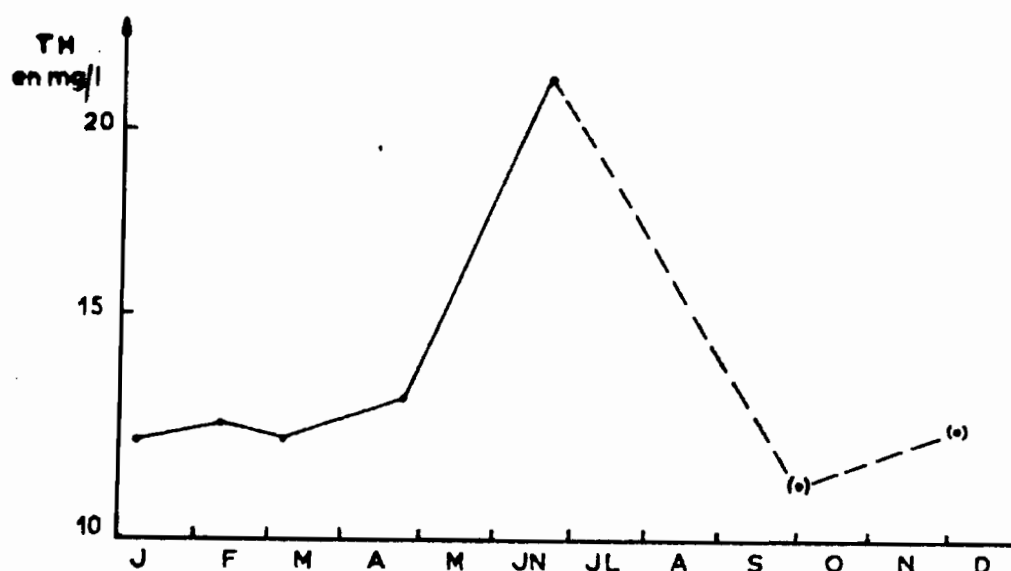
Fig:8

EVOLUTION DES PRINCIPALES CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES
PONCTUELLES DES EAUX DETERMINEES EN LABORATOIRE



LE NIGER A KANDADJI EN 1980

EVOLUTION DE LA DURETE DES EAUX AU COURS DE L'ANNEE



e) L'agressivité ; tab 8

En fonction des deux facteurs étudiés précédemment et du PH, les eaux de Kandadji apparaissent agressives toute l'année. Pour les prélèvements II à V un indice d'agressivité a été déterminé grâce à la formule de Langolier. En présence de 4 valeurs sur 7, seulement 1, de cet indice, il est difficile d'analyser l'évolution au cours de l'année. On peut seulement noter que cette agressivité, inférieure à - 1 dans les 4 cas analysés, est assez marquée, et qu'elle l'est beaucoup plus en début (- 4,10 en février; - 4,15 en mars) qu'en fin (- 1,3 en avril; - 1,8 en juin) de décroissance.

f) Le fer total; tab 8 fig 8a

La teneur en fer ferreux (Fe_2O_3) est sensible toute l'année; toujours supérieure à 0,1 mg/l. C'est en basses eaux et lors des premières crues du Gorouol qu'elle apparaît la plus élevée; jusqu'à 0,6 mg/l.

g) L'oxygène consommé par la matière organique: tab 8, fig 8d • Compte tenu de la tranche d'eau superficielle (potentiellement plus favorisée en matière organique et en oxygène) des prélèvements destinés à analyse, il apparaît que la quantité d'oxygène consommé par la matière organique est faible (entre 2 et 4 mg/l). D'où une teneur faible de cette matière dans les eaux de Kandadji. Cette analyse confirme la déduction effectuée à ce sujet à partir de la différence entre les extraits secs à 105 et 525 °C. (cf 3-a).

h) Les déterminations ioniques =

- Neuf ions principaux ont fait l'objet d'une détermination suivant les méthodes précitées (§ 1,2,b). Le tableau 9 présente les résultats obtenus en mg/l, et la figure 11 les illustre. La répartition pondérale des anions est beaucoup plus irrégulière que celle des cations. Les bicarbonates sont très largement dominants devant les sulfates. Les chlorures et les phosphates sont faiblement représentés, les carbonates inexistantes. La répartition des cations apparaît plus équilibrée; sodium et potassium dominant une grande partie de l'année.
- Le contrôle de la balance ionique (tab 10) (la somme des anions devant être égale à celle des cations) s'effectue à partir des valeurs pondérales traduites en milli équivalents par litre (mé/l). Cette opération donne des résultats médiocres voir mauvais. Mais compte tenu de la précision des mesures et de la grande faiblesse des teneurs enregistrées, la tolérance de 5 % d'écart (sur la base de 0,3 mé/l pour une concentration de 6 mé/l) n'est pas très significative.

TABLEAU N° 9

LE NIGER A KANDADJI
ANALYSES CHIMIQUES

-28-

Concentrations en poids (mg/l) des principaux anions et cations

ION	ANIONS					CATIONS			
DATE									
Prélèvement	CO_3H^-	$\text{CO}_3 =$	Cl^-	$\text{SO}_4 =$	$\text{PO}_4 =$	Ca^{++}	Mg^{++}	K^+	Na^+
I									
7-1-80	20,13	-	1,40	9,38	0,10	12,63	1,47	1,80	2,95
II									
11-2-80	27,43	-	0,40	5,88	-	12,63	1,58	1,70	3,80
III									
5-3-80	27,27	-	0,80	1,13	-	2,31	1,08	3,00	4,10
IV									
25-4-80	32,57	-	1,00	6,00	0,10	12,42	1,89	3,10	5,00
V									
20-6-80	45,99	-	2,50	5,00	0,01	3,89	2,84	5,10	8,00
VI									
1-10-81	21,35	-	-	1,13	-	2,90	1,05	1,90	2,50
VII									
3-12-81	21,16	-	-	1,38	-	12,93	1,37	1,50	3,00

- Valeur nulle ou inférieure à 0,01 mg/l

TABLEAU 10
LE NIGER A KANDADJI
Concentration en mé/l , Balance Ionique

DATE PRELEVEMENT	ANIONS (mé/l)					CATIONS (mé/)				BALANCE	
	CO ₃ H - CO ₃ =	Cl -	SO ₄ =	PO ₄ =		Ca ++	Mg ++	K +	Na +	Anions	Cations
I 17-1-80	0,33	-	0,27	0,20	0,01	0,13	0,12	0,05	0,13	0,58	0,43
II 11-2-80	0,44	-	0,01	0,12	-	0,13	0,13	0,04	0,17	0,57	0,47
III 5-3-80	0,44	-	0,02	0,02	-	0,12	0,13	0,08	0,18	0,48	0,51
IV 25-4-80	0,52	-	0,03	0,13	0,01	0,12	0,15	0,03	0,22	0,69	0,57
V 20-6-80	0,74	-	0,07	0,11	0,01	0,20	0,23	0,13	0,35	0,93	0,91
VI 1-10-81	0,34	-	-	0,02	-	0,15	0,08	0,05	0,11	0,36	0,39
VII 3-12-81	0,39	-	-	0,03	-	0,15	0,11	0,04	0,13	0,42	0,43

- Valeur nulle ou inférieure à 0,01 mé/l

Pour les mêmes raisons le croisement de quelques lignes sur le diagramme de schoeller modifié (fig 11) illustrant la composition chimique des eaux au cours de l'année, ne doit-il pas être considéré comme très significatif. Dans l'ensemble le faisceau reste bien groupé et fait ressortir les principales tendances observées (force des ions Na^{++} , K^+ , HCO_3^- , et du CO_2 libre; faiblesse des chlorures).

- A partir des concentrations en mg/l ont été étudiés également les rapports ioniques caractéristiques; tab 12.

La figure 12 met en évidence l'évolution annuelle de ces rapports et la potentialité comparée de ces ions.

- Enfin la force ionique; tab 13 fig 10; établie suivant la formule :

$$\text{où } m_i = \text{molalité des ions} \quad \frac{\text{Somme } m_i Z_i^2}{2}$$

Z_i = charge des ions

permet d'estimer l'importance de l'activité du champ électrostatique causé par les ions dans l'eau.

Plus cette force est grande et plus l'activité des ions est faible. La force ionique des eaux de kandadji, comprise entre 0,508 et 1,184 apparaît importante (eau d'Evian = 0,009), ce qui signifie que le champ électrostatique est faible et que l'activité ionique est réduite. D'où une bonne stabilité chimique des composants.

La figure 10 fait ressortir que l'activité est plus forte en orue qu'en décrue.

LE NIGER A KANDADJI EN 1980

EVOLUTION DE LA FORCE IONIQUE AU COURS DE L'ANNEE

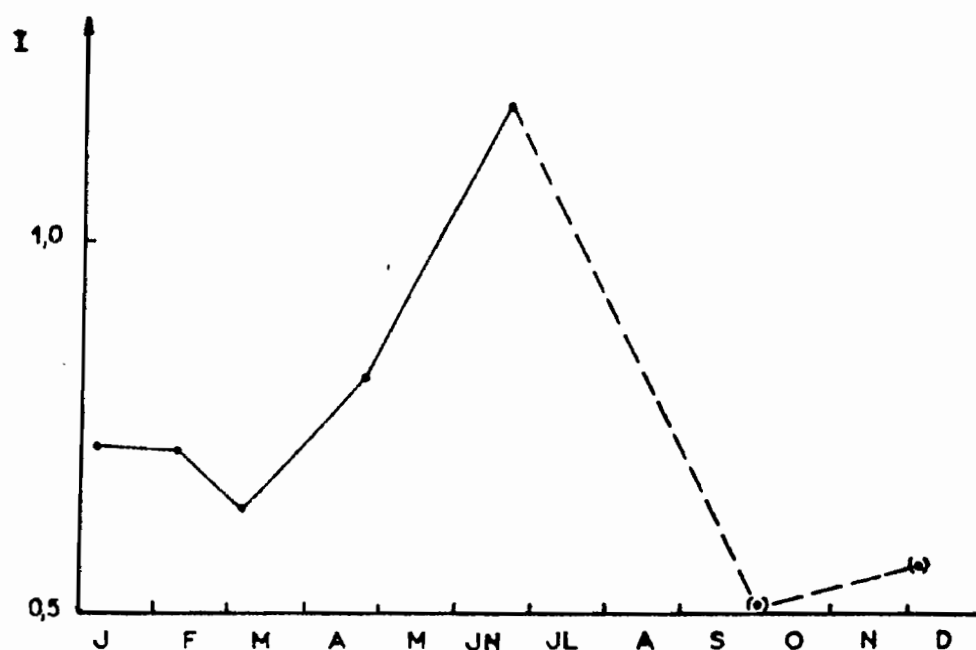
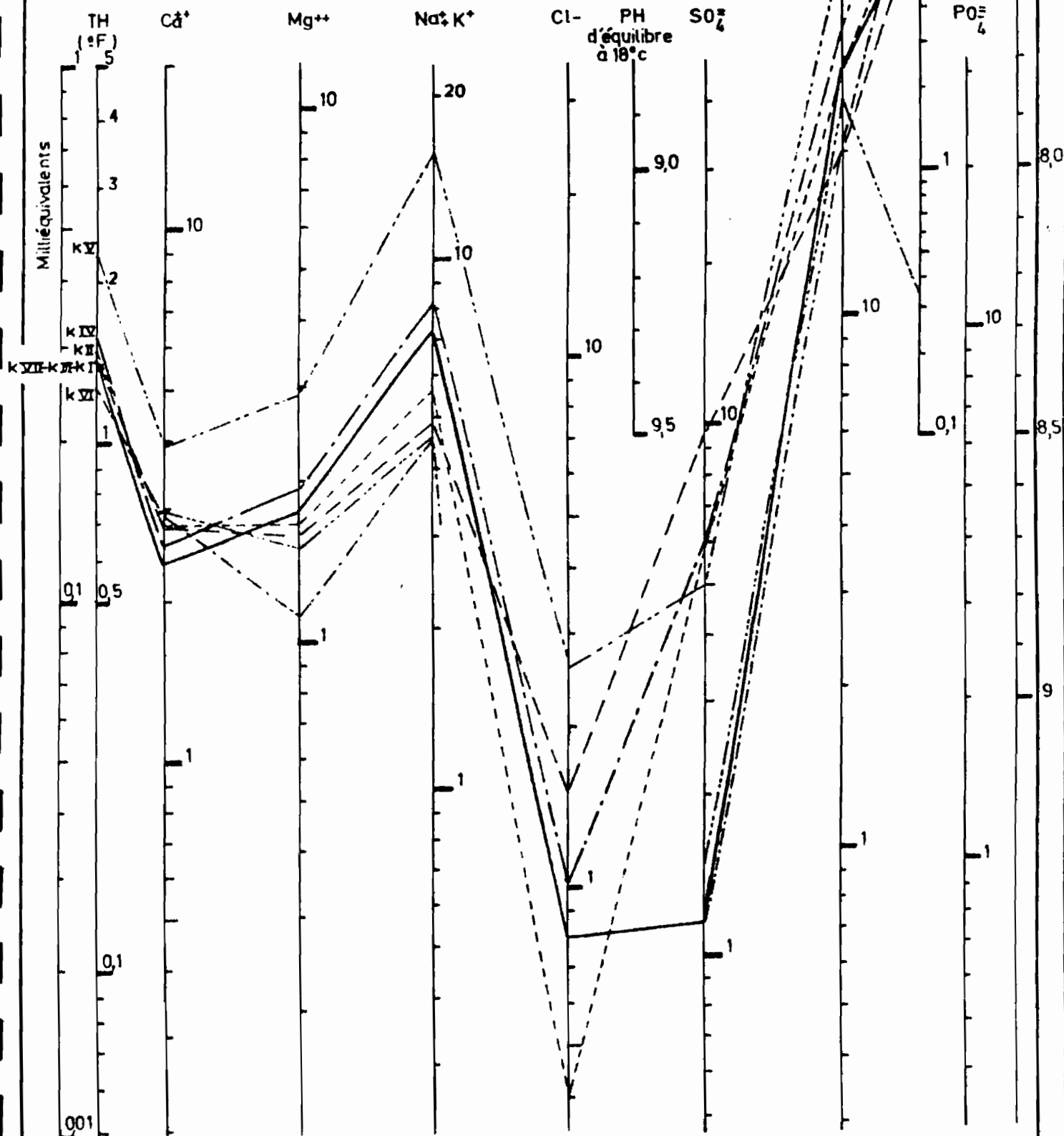


DIAGRAMME D'ANALYSE D'EAU

Teneurs en mg/l

CO3 combine
(CO₃²⁻ + HCO₃⁻)

- KI
- KII
- KIII
- KIV
- KV
- KVI
- KVII



D'après Schoeller modifié

TABLEAU N° 11
LE NIGER A KANDADJI
Quantité en Réaction % - FORMULES IONIQUES

- 33 -

PRELEVEMENT	quant. en réac- tion mé/1	$\text{CO}_3\text{H} - \text{CO}_3 =$	Cl^-	$\text{SO}_4 =$	$\text{PO}_4 =$	Ca^{++}	Mg^{++}	K^+	Na^+
		%	%	%	%	%	%	%	%
I	101	32,7	-	4,0	19,8	0,1	12,9	11,9	0,05
II	104	42,3	-	1,0	11,5	-	12,5	12,5	3,8
III	0,99	44,4	-	2,0	2,0	-	0,1	0,1	8,1
IV	1,26	41,3	-	2,4	1,0	0,8	9,5	11,9	6,3
V	1,84	40,2	-	3,8	6,0	0,5	10,9	12,5	7,1
VI	0,75	45,3	-	-	2,7	-	20	10,7	6,7
VII	0,85	45,9	-	-	3,5	-	17,6	12,9	4,7

FORMULES IONIQUES

PRELEVEMENT	ANIONS	CATIONS
I	$\text{CO}_3\text{H} - \text{SO}_4 = \text{Cl}^- \text{PO}_4 =$	$\text{Na}^+ - \text{Ca}^{++} \text{Mg}^+ \text{K}^+$
II	$\text{CO}_3\text{H} - \text{SO}_4 = \text{Cl}^-$	$\text{Na}^+ \text{Ca}^{++} - \text{Mg}^{++} \text{K}^+$
III	$\text{CO}_3\text{H} - \text{SO}_4 = \text{Cl}^-$	$\text{Na}^+ \text{K}^+ \text{Mg}^{++} - \text{Ca}^{++}$
IV	$\text{CO}_3\text{H} - \text{SO}_4 = \text{Cl}^- \text{PO}_4 =$	$\text{Na}^+ \text{Mg}^{++} \text{Ca}^{++} \text{K}^+$
V	$\text{CO}_3\text{H} - \text{SO}_4 = \text{Cl}^- \text{PO}_4 =$	$\text{Na}^+ \text{Mg}^{++} \text{Ca}^{++} \text{K}^+$
VI	$\text{CO}_3\text{H} - \text{SO}_4 =$	$\text{Ca}^{++} \text{Na}^+ \text{Mg}^{++} \text{K}^+$
VII	$\text{CO}_3\text{H} - \text{SO}_4 =$	$\text{Ca}^{++} \text{Na}^+ \text{Mg}^{++} \text{K}^+$

TABLEAU N° 12
LE NIGER A. KANDADJI
FORCE IONIQUE (I), RAPPORTS IONIQUES CARACTERISTIQUES

	I	II	III	IV	V	VI	VII
$I = S \frac{mi. Zi^2}{2}$	0,724	0,719	0,641	0,820	1,104	0,508	0,568
$\frac{Mg^{++}}{Ca^{++}}$	0,92	1,00	1,08	1,25	1,15	0,53	0,73
$\frac{Cl^-}{Na^+}$	0,31	0,06	0,11	0,14	0,20	0	0
$\frac{Na^+}{K^+}$	2,60	4,25	2,25	2,75	2,69	2,2	3,25
$\frac{Na^+}{Mg^{++}}$	1,08	1,31	1,38	1,47	1,52	1,33	1,18
$\frac{SO_4^{=}}{Cl^-}$	5,00	12,0	1,00	4,30	1,60	2	3

TITRE HYDROTIMETRIQUE
en mg/l de Ca CO₃ équivalent
en ° Français

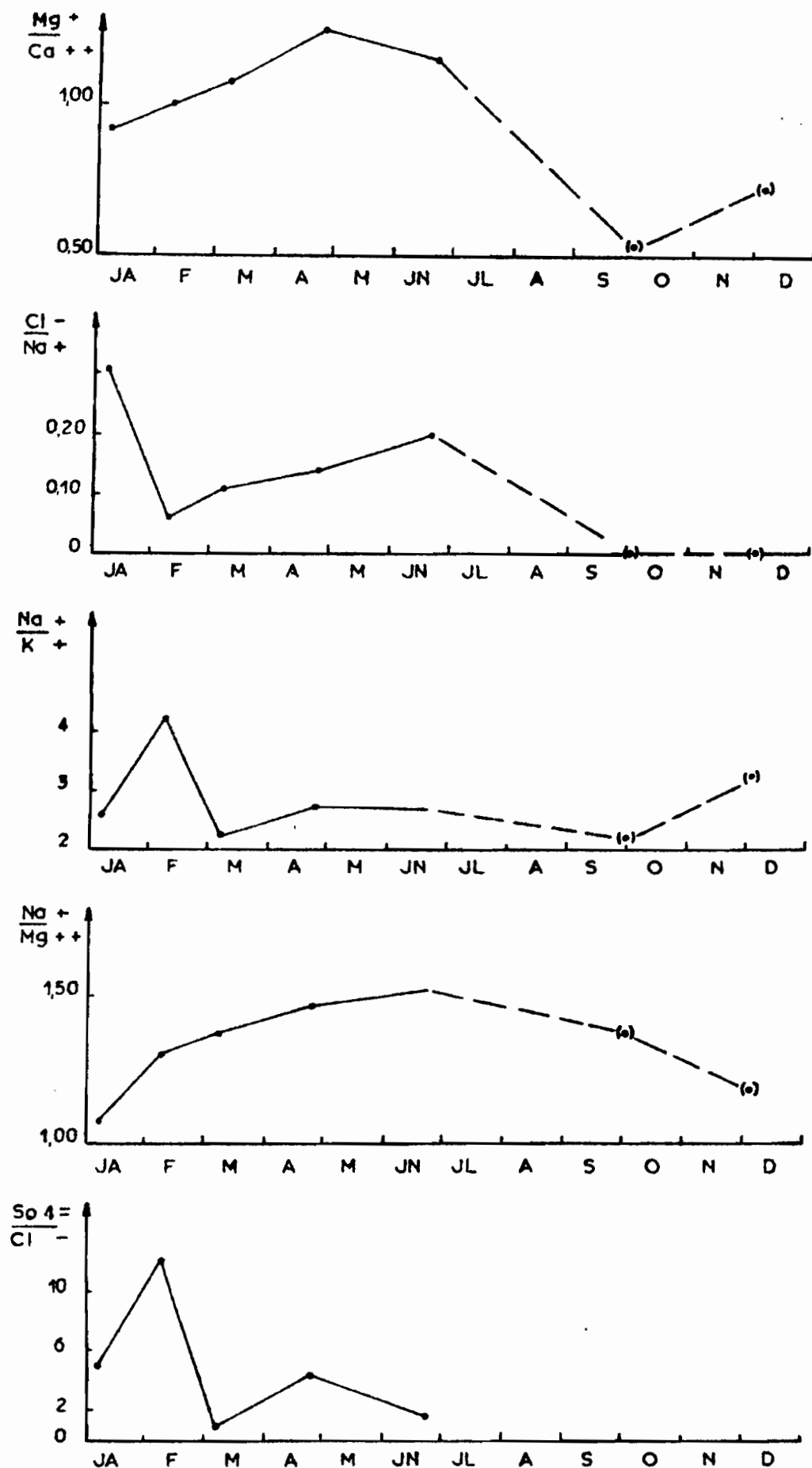
Tableau n° 13

	I	II	III	IV	V	VI	VII
T.H. en mg/l	12,62	13,07	12,68	13,82	21,40	11,56	12,96
T.H. en ° Français	1,26	1,31	1,27	1,38	2,14	1,16	1,30

LE NIGER A KANDADJI EN 1980

Fig: 12

EVOLUTION DES PRINCIPAUX RAPPORTS IONIQUES AU COURS DE L'ANNÉE



CONCLUSIONS :

Ce rapport complémentaire répond au double objectif fixé;

- Connaissance des hauteurs d'eau sur les différents bras en vue de la modélisation du site.
- Connaissance des principales caractéristiques physico chimiques des eaux.

Malgré quelques difficultés enregistrées dans les mesures ou l'analyse des échantillons. L'ensemble des résultats obtenus apparaît cohérent tant dans le domaine des hauteurs limnimétriques (corrélations entre les échelles) ^{dans} que celui de la chimie des eaux; où les données n° VI et VII doivent cependant être considérées avec prudence, dans le cadre de l'évolution annuelle, du fait qu'elles appartiennent à 1981.

Cette réserve étant posée, les caractéristiques physico chimiques principales annuelles des eaux et leurs conséquences peuvent être résumées ainsi :

- Le PH est proche de la neutralité bien que le plus souvent légèrement acide.
- La conductivité est faible
- La teneur en CO_2 libre et agressif est importante. Les eaux seront donc agressives vis à vis des ciments.
- Le titre hydrotimétrique (dureté) est faible
- La minéralisation globale est peu élevée.

Ces deux derniers points étant des facteurs de qualité pour la consommation.

- La force ionique est grande ce qui implique une activité ionique faible.
- A Partir des quantités en réaction, Tab 11, la détermination des formules ioniques permet de définir les eaux de Kandadji qui apparaissent essentiellement bicarbonatées, sodiques.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

M. GOUZI; L'ANALYSE MINERALE des produits naturels - Roches, sols, eaux, végétaux

Tome IV ORSTOM ABIDJAN Décembre 73

J. RODIER; ANALYSE CHIMIQUE ET PHYSICO - CHIMIQUE DE L'EAU

DUNOD PARIS 1971

DEGREMONT. Memento technique de l'eau, DEGREMONT

Reuil - Malmaison 1978.

CARRELLS ET CHRIST; Equilibre des minéraux et de leurs solutions aqueuses

- GAUTHIER - VILLARD - PARIS.

LISTE DES TABLEAUX

1	LOUFANE - Hauteurs moyennes journalières en 1980	P. 9
2	OUROUBAKEINA - Hauteurs moyennes journalières en 1980	P. 10
3	KANDADJINE - Hauteurs moyennes journalières en 1980	P. 11
4	FARANTONDI - Hauteurs moyennes journalières en 1980	P. 12
5	Données Physico - Chimiques de terrain	P. 14
6	Température de l'eau - mesures du matin	P. 15
7	Température de l'eau - mesures du soir	P. 16
8	Données physico - Chimiques de laboratoire	P. 18
9	Concentration en poids des principaux anions et cations	P. 28
10	Concentration en mé/l des anions et cations - balance Ionique	P. 29
11	Quantités en réaction - FORMULES IONIQUES	P. 33
12	FORCE IONIQUE - Rapports Ioniques caractéristiques	P. 31
13	TITRE HYDROTOMETRIQUE	P. 31

LISTE DES FIGURES

1	Le Niger à KANDADJI - Site des échelles limnimétriques	P. 4
2	Corrélation des H moy. J. entre FARANTONDI et l'Echelle Amont	P. 5
3	Corrélation des H moy. J. entre KANDADJIME et l'Echelle Amont	P. 6
4	Corrélation des H moy. J. entre LOUFAME et l'Echelle Amont	P. 7
5	Corrélation des H moy. J. entre OIROUBAKEINA et Echelle Amont	P. 8
6	Températures moyennes mensuelles de l'eau en 1980	P. 22
7	Evolution de 3 Paramètres physico - Chimiques de terrain :	P. 23
	- PH	
	- Conductivité	
	- Turbidité	
8	Evolutions des caractéristiques physico - chimiques de laboratoire :	25
	a) TAC	
	b) CO ₂ libre	
	c) Fer total	
	d) O ₂ consommé	
	e) Extrait sec à 105	
9	Evolution de la dureté des eaux au cours de l'année	P. 26
10	Evolution de la force Ionique au cours de l'année	P. 31
11	Diagrammes d'analyse de Schoeller	P. 32
12	Evolution des principaux rapports Ioniques au cours de l'année	P. 35