

REPUBLIQUE DU NIGER

MINISTÈRE
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. MARANG

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 agarés 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 SQFRELEC 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. GATHELIER, 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) La turbidité | |
| 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 OUROUBAKEINA 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 KANDAJIMI 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

OUROU BAKEINA = 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.

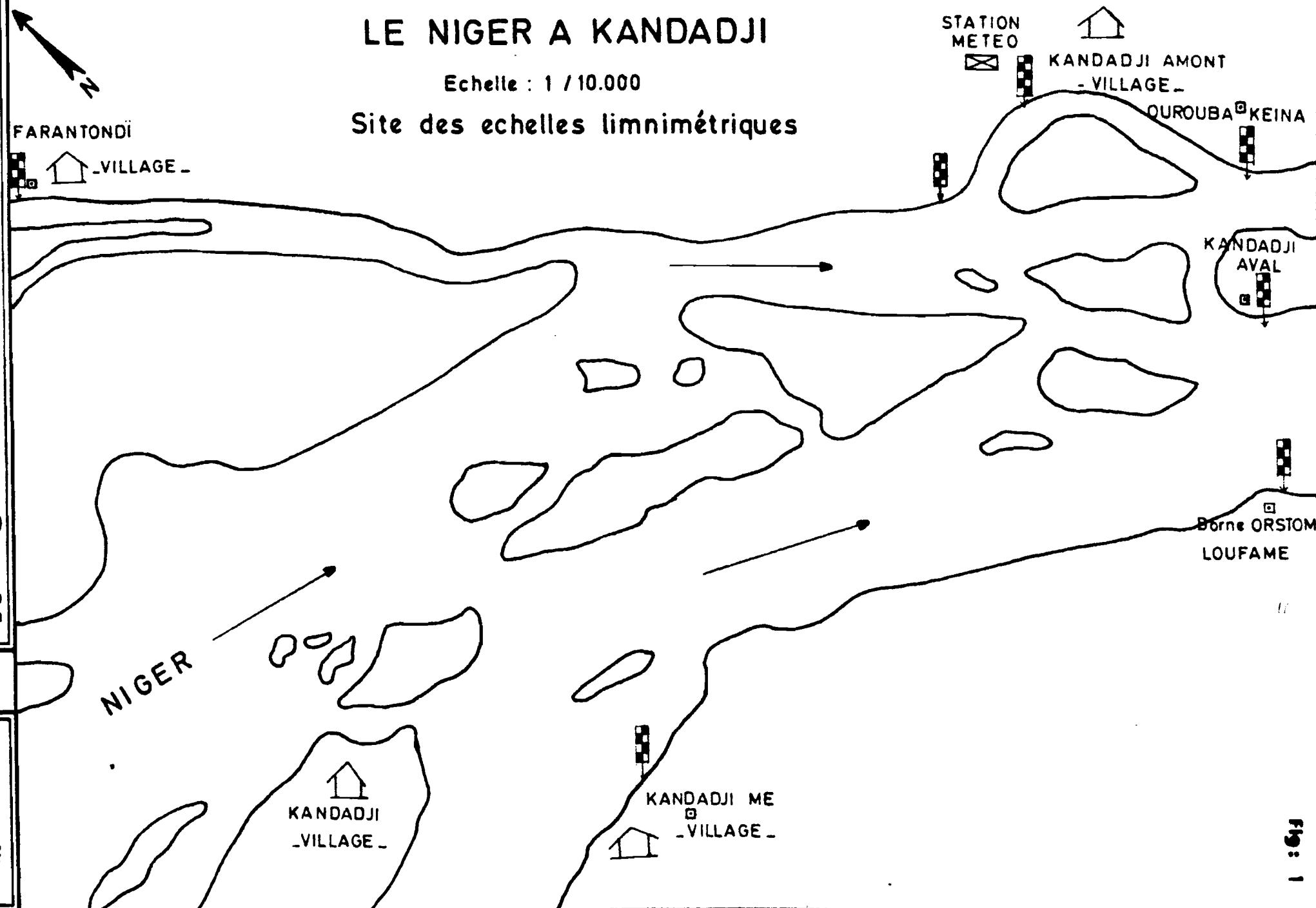
LOUFAME = Pose d'un élément 13 - 14 le 6 Décembre 79
Pose d'un élément 12 - 13 le 11/2/80
Le 23 Février, pose d'un élément 11 - 12 par le lecteur, recalé le 5 Mars
Le 21 Mars = pose d'un élément 10 - 11 par le lecteur, recalé le 24 Avril.
Le 15 Avril = pose d'un élément 12 - 13 (pour un élément 9 - 10), 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 échelles limnimétriques



Amont

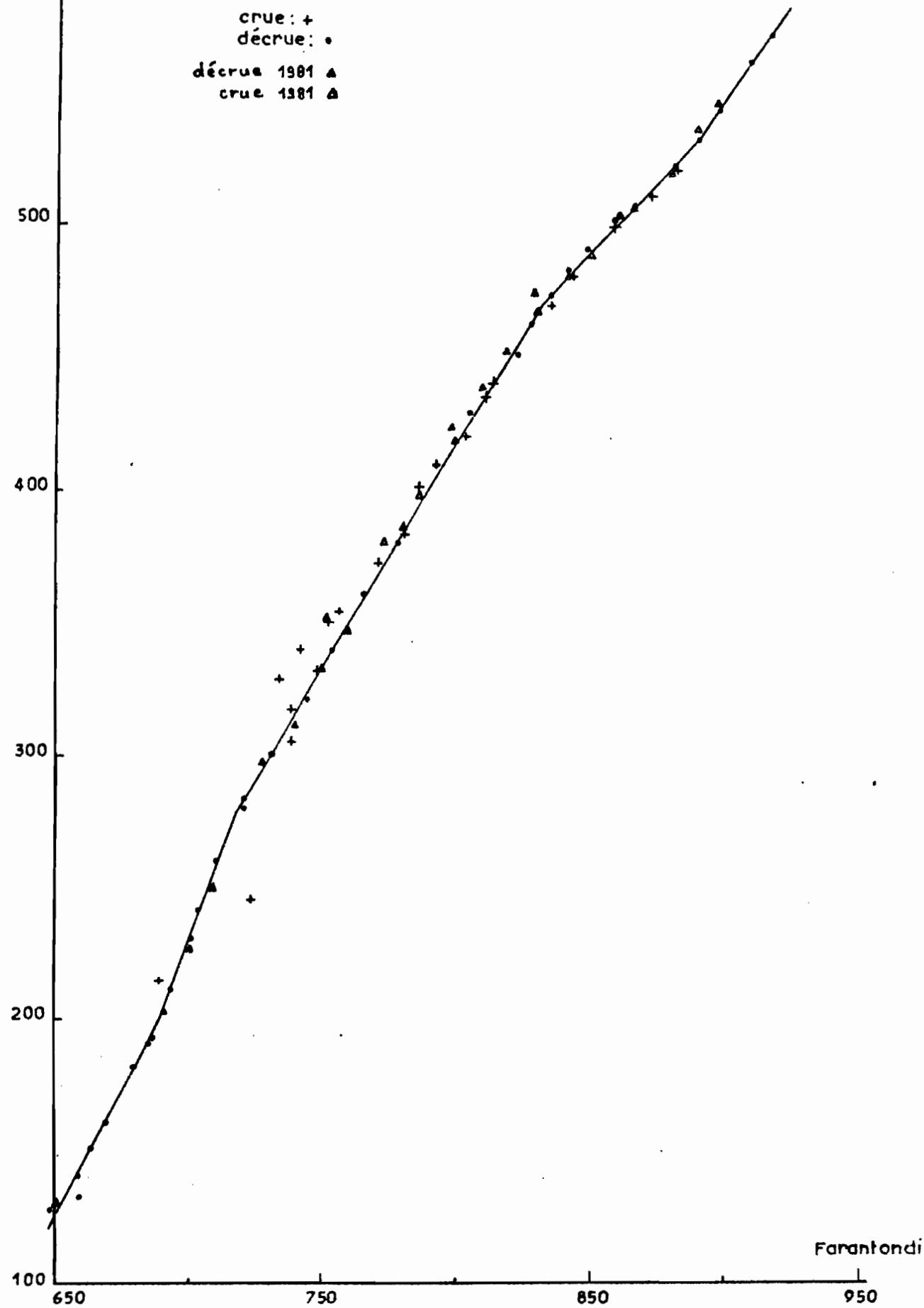
KANDADJI

Fig: 2

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

crue: +
décrue: •

décrue 1981 ▲
crue 1981 △

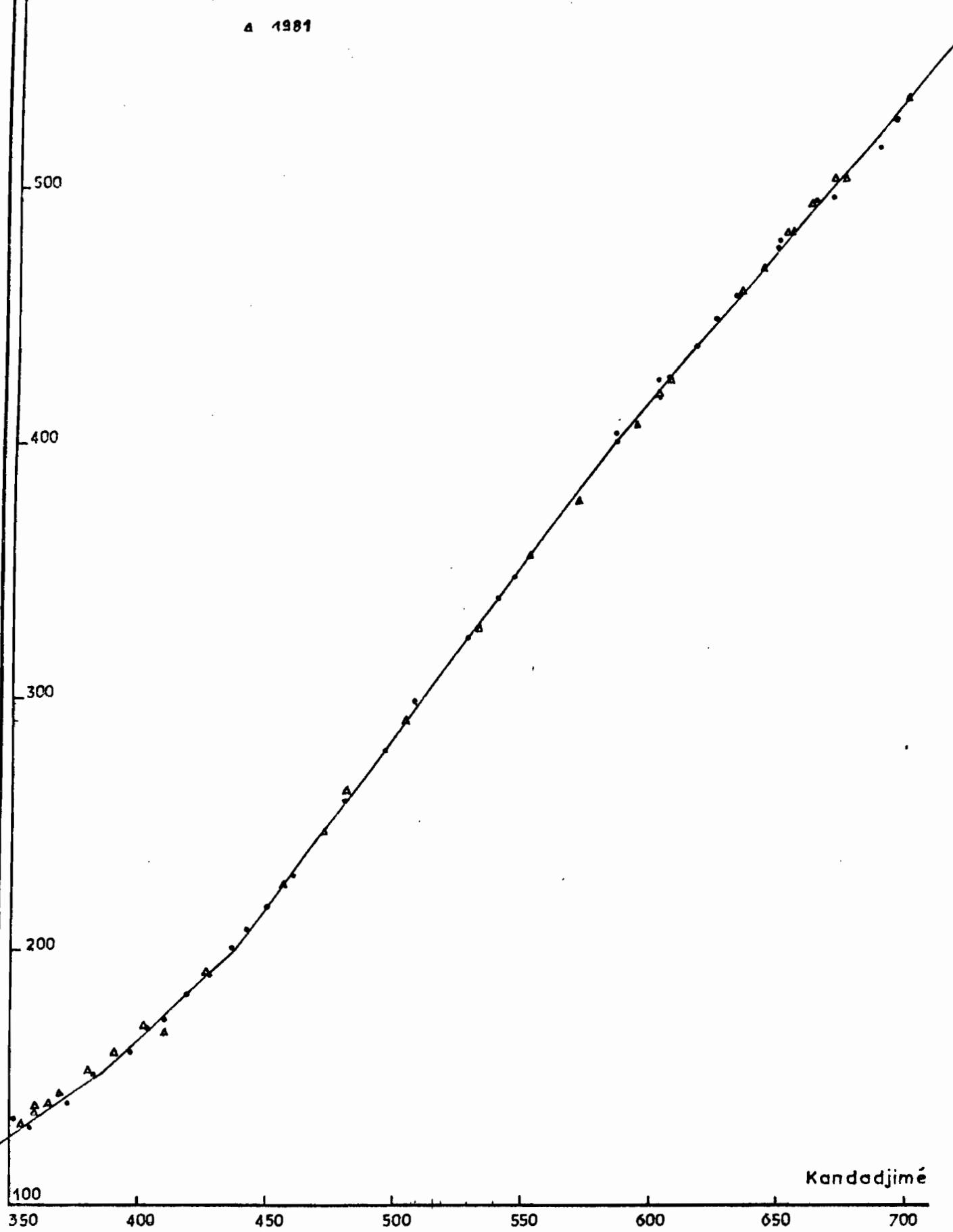


Farantondi

KANDADJI

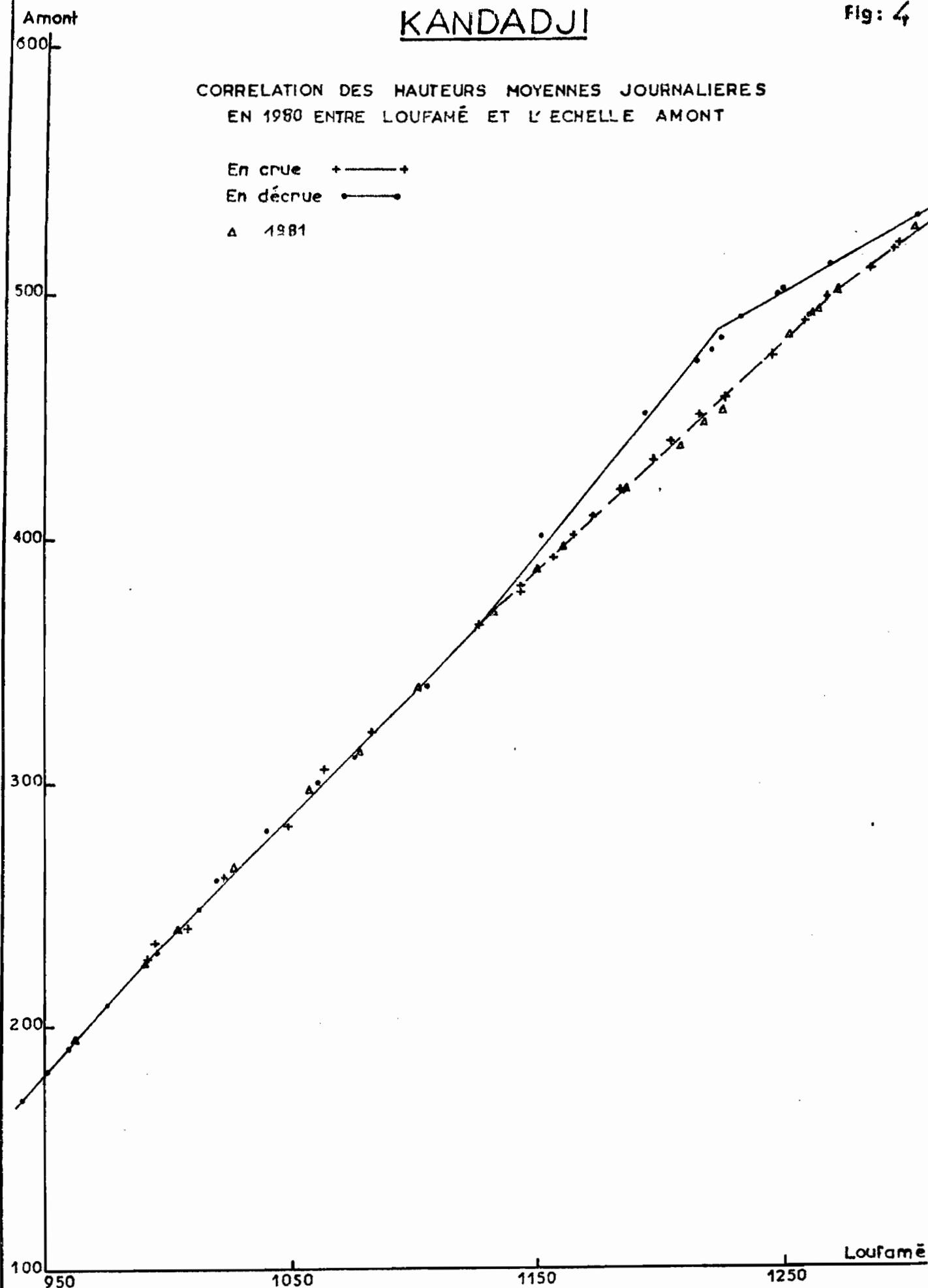
CORRELATION DES HAUTEURS MOYENNES JOURNAIRES EN 1980
ENTRE KANDADJIMÉ ET L'ECHELLE AMONT

à 1981



KANDADJI

Fig: 4



Amont
600

KANDADJI

Fig: 5

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

crue: +
décrue: •
4 1981

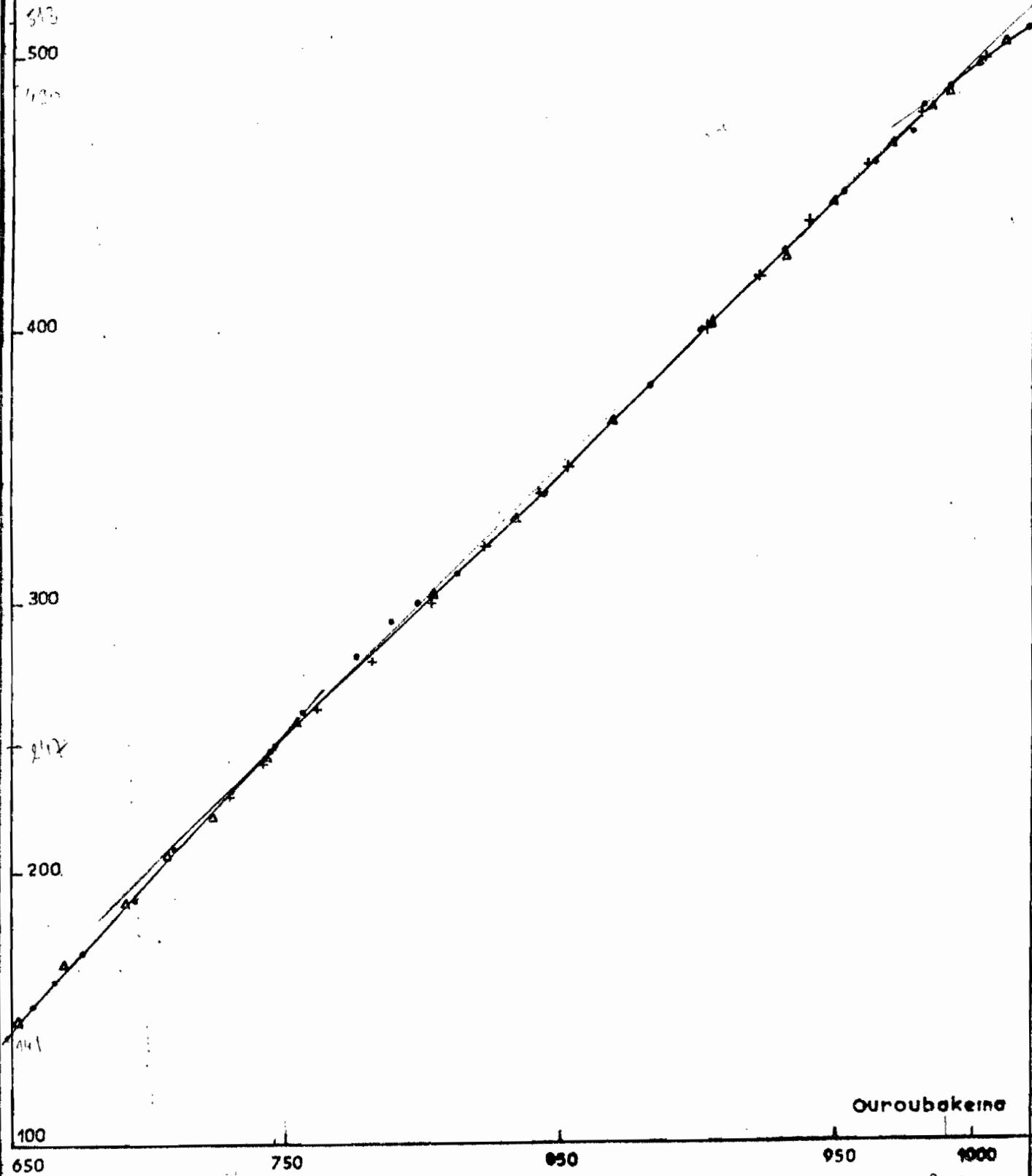


TABLEAU N° 0

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 LOUFAMÉ

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. | FÉV. | MARS | AVRIL | MAI | JUIN | JUIL. | AOUT | SEP. | OCT. | NOV. | DÉC. |
|-------|-------|--------|------|-------|-----|-------|--------|------|--------|------|------|------|
| 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 | 784 | 746 | 934 | 987 | 1022 | 1027 |
| 19 | 1066 | 978 | 844 | 728 | 667 | 636 | 786 | 746 | 936 | 987 | 1022 | 1027 |
| 20 | 1065 | 977 | 833 | 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° 3

LE NIGER A KANDADJI

Station de Kandadjimé

Hauteurs moyennes journalières en 1980 (en cm)

La graduation 800 de l'élément 700 - 800 est à - 65,2 de la borne ORSTOM.

| JOURS | JANV. | FEV. | MARS | AVRIL | MAI | JUIN | JUIL. | AOUT | SEPT. | OCT. | NOV. | DÉCEMBRE |
|-------|-------|-------|------|-------|-----|------|-------|------|-------|------|------|----------|
| 1 | 725 | (687) | 600 | 500 | 432 | 379 | 351 | 483 | 549 | 1629 | 1665 | 1666 |
| 2 | 725 | (684) | 596 | 498 | 430 | 379 | (470) | 501 | 567 | 1630 | 1665 | 1666 |
| 3 | 724 | (682) | 593 | 495 | 428 | 378 | (490) | 511 | 561 | 1632 | 1666 | 1667 |
| 4 | 724 | (680) | 584 | 491 | 426 | 377 | (542) | 517 | 566 | 1634 | 1666 | 1667 |
| 5 | 723 | (678) | 581 | 489 | 423 | 377 | (515) | 525 | 570 | 1635 | 1666 | 1667 |
| 6 | 723 | (676) | 579 | 487 | 419 | 373 | (518) | 518 | 571 | 1637 | 1667 | 1668 |
| 7 | 722 | (674) | 577 | 485 | 418 | 370 | (535) | 515 | 576 | 1638 | 1668 | 1669 |
| 8 | 722 | (672) | 573 | 482 | 417 | 368 | (534) | 517 | 580 | 1638 | 1670 | 1670 |
| 9 | 721 | (671) | 569 | 480 | 416 | 368 | (532) | 515 | 583 | 1639 | 1671 | 1671 |
| 10 | 721 | (670) | 566 | 478 | 414 | 368 | (532) | 512 | 586 | 1641 | 1671 | 1671 |
| 11 | 721 | 668 | 563 | 476 | 412 | 367 | (529) | 505 | 590 | 1642 | 1672 | 1672 |
| 12 | 721 | 667 | 559 | 474 | 410 | 366 | (525) | 496 | 593 | 1644 | 1673 | 1673 |
| 13 | 721 | 664 | 557 | 471 | 408 | 366 | (522) | 491 | 596 | 1645 | 1674 | 1674 |
| 14 | 721 | 659 | 555 | 467 | 407 | 363 | (517) | 482 | 598 | 1646 | 1675 | 1675 |
| 15 | 720 | 656 | 552 | 464 | 404 | 361 | (509) | 478 | 600 | 1647 | 1676 | 1676 |
| 16 | 720 | 653 | 549 | 463 | 403 | 360 | (501) | 471 | 604 | 1648 | 1677 | 1677 |
| 17 | 719 | 650 | 545 | 462 | 401 | 358 | (494) | 469 | 605 | 1649 | 1679 | 1679 |
| 18 | 718 | 646 | 543 | 460 | 400 | 356 | (507) | 471 | 604 | 1651 | 1680 | 1680 |
| 19 | 718 | 643 | 539 | 458 | 399 | 355 | (515) | 472 | 611 | 1652 | 1680 | 1680 |
| 20 | 716 | 639 | 536 | 456 | 396 | 354 | (498) | 518 | 610 | 1653 | 1681 | 1681 |
| 21 | 716 | 635 | 534 | 454 | 393 | 353 | 487 | 513 | 615 | 1654 | 1682 | 1682 |
| 22 | 714 | 631 | 531 | 453 | 393 | 351 | 484 | 522 | 617 | 1655 | 1682 | 1682 |
| 23 | 713 | 627 | 528 | 450 | 393 | 349 | 480 | 521 | (619) | 1656 | 1682 | 1682 |
| 24 | 711 | 623 | 525 | 446 | 392 | 348 | 474 | 525 | (620) | 1657 | 1682 | 1682 |
| 25 | 710 | 619 | 522 | 445 | 390 | 346 | 463 | 520 | 621 | 1658 | 1682 | 1682 |
| 26 | 706 | 614 | 518 | 444 | 388 | 344 | 457 | 530 | 622 | 1659 | 1682 | 1682 |
| 27 | 703 | 611 | 516 | 442 | 386 | 341 | 455 | 533 | 623 | 1660 | 1683 | 1683 |
| 28 | (700) | 607 | 512 | 439 | 385 | 340 | 488 | 535 | 625 | 1660 | 1683 | 1683 |
| 29 | (697) | 604 | 507 | 435 | 383 | 339 | 489 | 530 | 625 | 1660 | 1684 | 1684 |
| 30 | (694) | | 504 | 434 | 382 | 338 | 490 | 542 | 628 | 1662 | 1684 | 1684 |
| 31 | (691) | | 502 | | 380 | | 489 | 548 | | 1663 | | 1684 |

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. | DÉ |
|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-----|
| 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 | 876 |
| 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 | | |

Les tableaux 1, 2, 3, 4, présentent respectivement les hauteurs moyennes journalières en ~~en~~^à 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 aux 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 dizièmes, 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 dizième 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 KAIDADJI
DONNEES PHYSICO-CHIMIQUES DE TERRAIN

| PRELEVEMENT | I | II | III | IV | V | VI | VII | VI bis | VII bis |
|----------------------------|--------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| n° et Date | 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 |
| FACTEUR | | | | | | | | | |
| TEMPERATURE °C | 19,5 | 21,5 | 23,9 | 26,7 | 29,5 | 30,2 | 21,4 | 29,7 | 20 |
| pH | 6,6 | 6,8 | 7,2 | 6,4 | 6,9 | 6,2 | 7,4 | 7,2 | 7,0 |
| CONDUTTIVITE 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 KAIDADJY
Température de l'eau en °C
Mesure du matin en 1980

| JOURS | JAN. | FÉV. | 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 | 23,9 | 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 | 13,0 | |
| 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 | 20,3 | 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 | 22,3 | 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 | 26,0 | 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 | 27,8 | 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 | 23,7 | 30,0 | 27,5 | 21,0 | 16,0 | |
| 29 | 20,5 | 21,3 | 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 | 27,0 | 28,0 | 29,5 | 28,1 | 24,4 | 18,7 |

TABLEAU N° 7
LE NIGER A KANDADI
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 | 25,8 | 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 | 28,8 | 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 | 29,8 | 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 | 26,3 | 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 | 27,8 | 25,3 | 27,6 | - | 32,8 | 31,8 | 29,7 | 31,4 | - | 29,5 | 25,3 | 20,8 | |
| 25 | 21,2 | 23,2 | 26,0 | 30,8 | 30,5 | 29,8 | 33,4 | 30,8 | 31,4 | 28,5 | 26,3 | 18,5 | |
| 26 | 23,5 | 23,2 | 24,8 | 29,3 | 33,2 | 30,8 | 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 | 29,8 | - | 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 BISHOF) 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 miliou 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 METROM.

- 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 Socchi) 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 miliou de section. Cet échantillon floqué 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 replacé 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 phénolphthaleine (8,3). Il représente la teneur en hydroxydes et carbonates.

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

| Prélèvement | I | II | III | IV | V | VI bis | VII bis |
|---|------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| N° et Date DETERMINATION | 7 - 1 - 80 | 11 - 2 - 80 | 5 - 3 - 80 | 25 - 4 - 80 | 20 - 6 - 80 | 1 - 10 - 81 | 3 - 12 - 81 |
| T.A.C. en 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 | 1- 4,15 | 1- 1,3 | 1- 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 du virage du méthylorange (4,6). Il représente la teneur totale en hydroxydes, carbonates, bicarbonates alcalins et alcalino-ferrueux. 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 phénolphthaleine, 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 CaCO_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 $V' = 0,5$ le T.A.C. en me/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'Aggressivité

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

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

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

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

où $\text{PH}_o = \text{PH initial de l'eau}$

$\text{PH}_s = \text{PH de l'échantillon saturé au marbre}$.

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 $\text{PH} = 5$

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

- Le titre hydrotimétrique (T.H.) :

Il exprime la dureté calcique et magnésienne des eaux en mg/l de Ca CO₃ équivalent ou en degré Français (1° F = 10 mg/l de Ca CO₃).

- 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, HCO₃⁻; et bicarbonates CO₃²⁻ sont dosés par potentiométrie.
- Les Chlorures, Cl⁻, sont déterminés par colorimétrie du thiocyanate ferrique sur le technicon.
- Les sulfates, SO₄²⁻, 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 :

$$\begin{aligned} H_0 \text{ inférieur ou égal à } 746 &= H_0 = 0,92 H_A + 519 \\ H_0 \text{ compris entre } 746 \text{ et } 838 &= H_0 = 0,98 H_A + 505 \\ H_0 \text{ compris entre } 838 \text{ et } 986 &= H_0 = 1,04 H_A + 484 \\ H_0 \text{ supérieur ou égal à } 986 &= H_0 = 1,48 H_A + 261 \end{aligned}$$

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 :

$$\begin{aligned} H_1 \text{ supérieur ou égal à } 1270 &= H_1 = 1,07 H_A + 734 \\ H_1 \text{ compris entre } 1270 \text{ et } 1127 &= H_1 = 1,04 H_A + 750 \\ H_1 \text{ compris entre } 1127 \text{ et } 990 &= H_1 = 1,00 H_A + 763 \\ H_1 \text{ inférieur ou égal à } 990 &= H_1 = 0,87 H_A + 790 \end{aligned}$$

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 en 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 Séembre. 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 effectuées 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 .

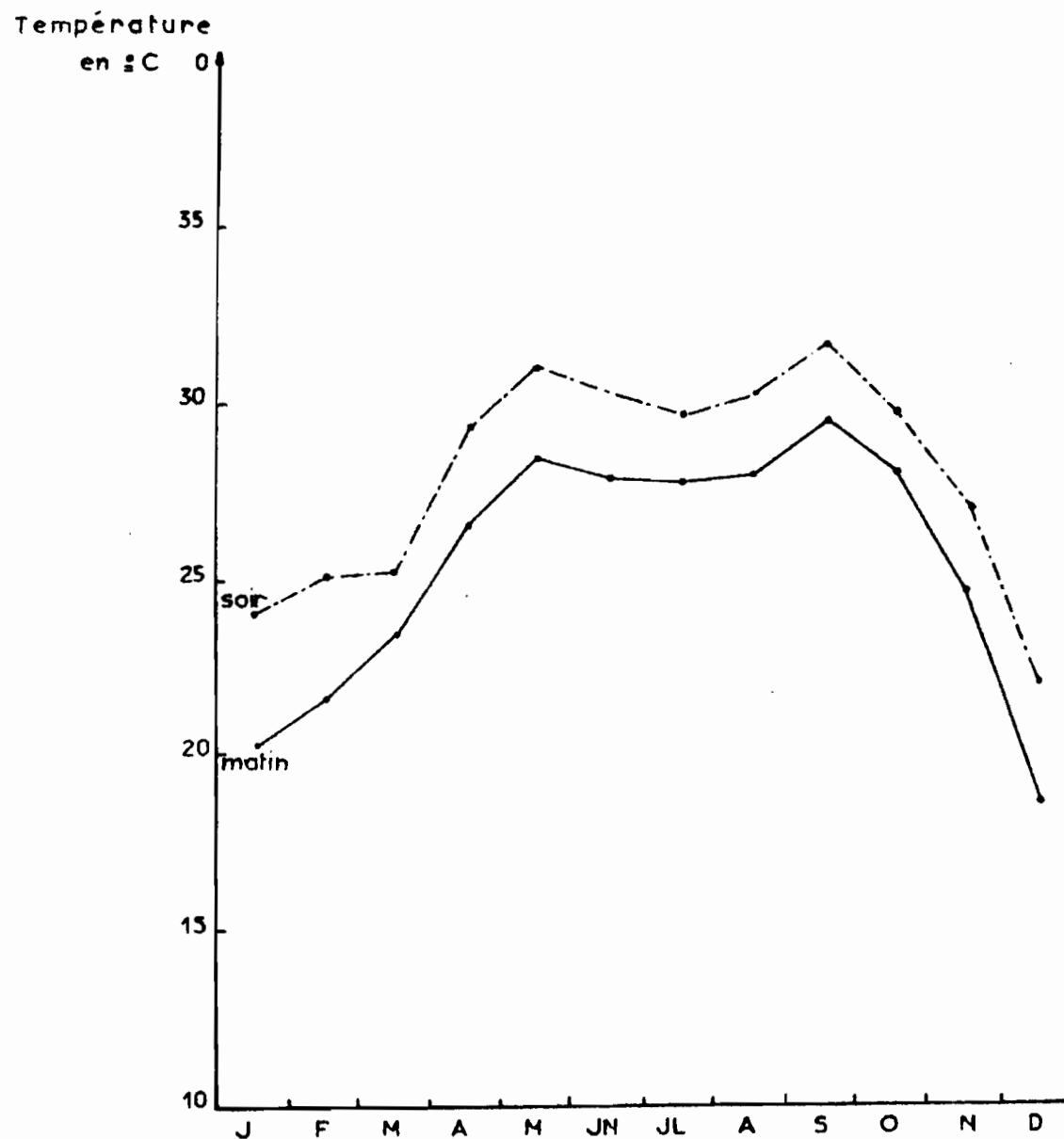
c) La conductivité; tab. 5, fig. 7.

Mesurée sur une eau fluviale douce, elle est faible toute l'année. Directement liée à la concentration en sels dissous, elle apparaît logiquement minimal 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.

.../...

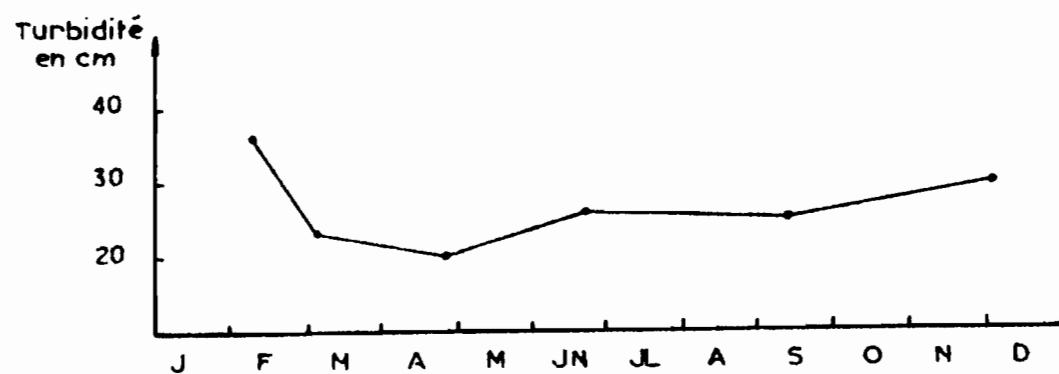
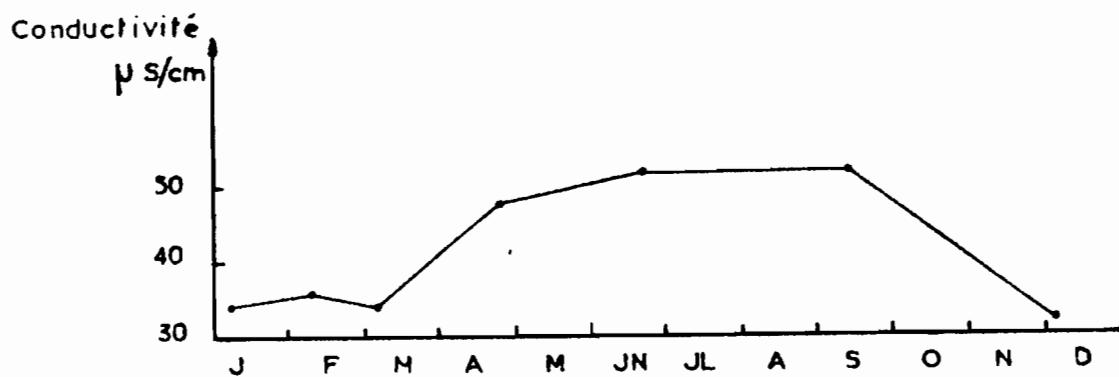
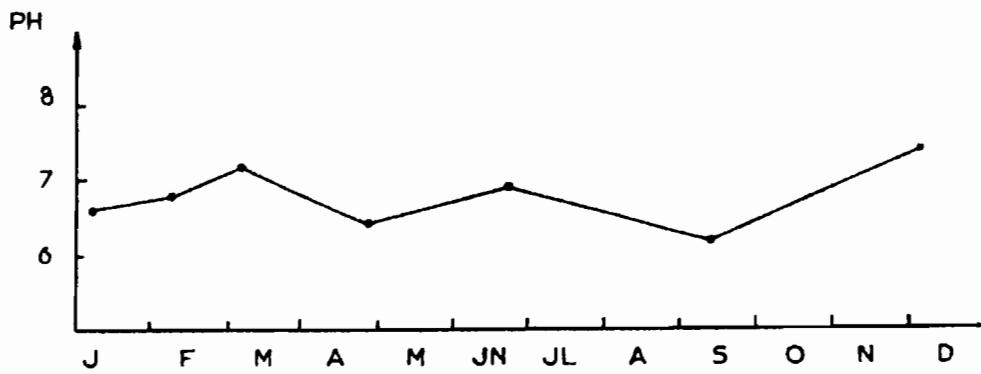
LE NIGER A KANDADJI

TEMPERATURES MOYENNES MENSUELLES DE L'EAU EN 1980



LE NIGER A KANDADJI

EVOLUTION DE 3 PARAMETRES PHYSICO CHIMIQUES DES EAUX,
MESURES 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 croît 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 Kandadjji. Le tableau 8 illustré par la figure 8e, montre que la minéralisation globale, faible toute l'année, croît 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 Kandadjji 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 croît 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 Kandadjji sont peu dures et équilibrées toute l'année. En hautes eaux elles apparaissent plutôt calciques, au cours du tarissement plutôt magnésiennes.

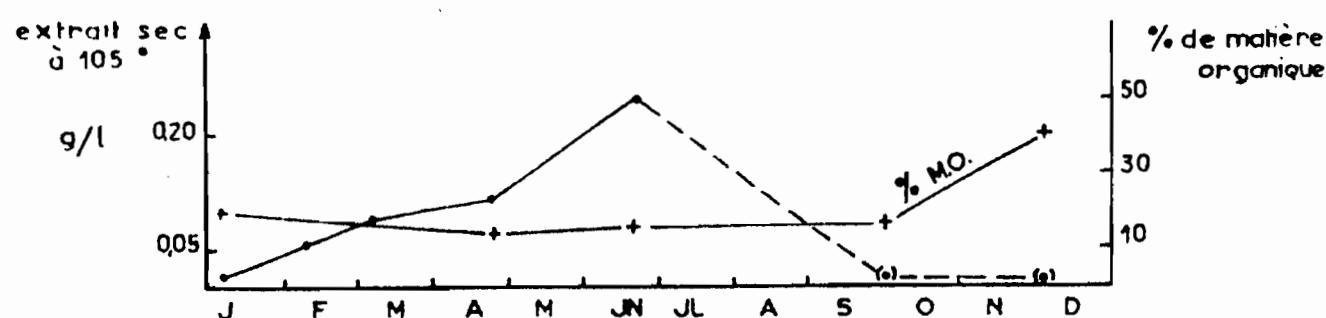
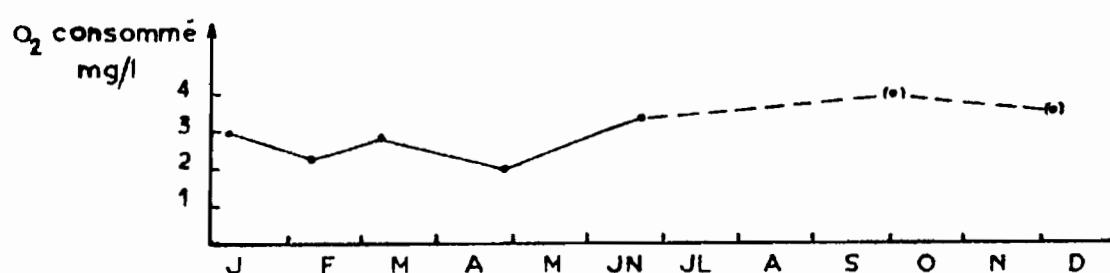
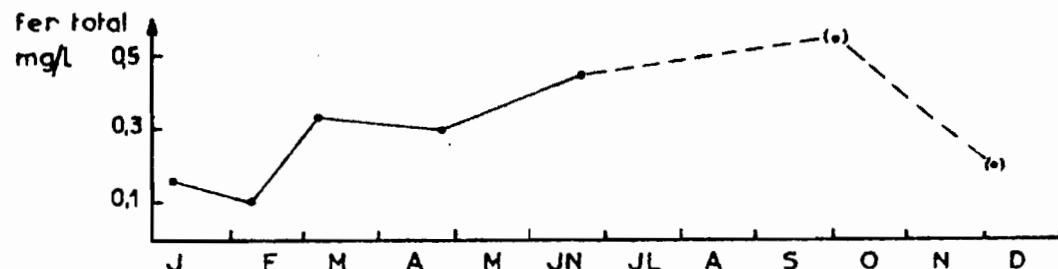
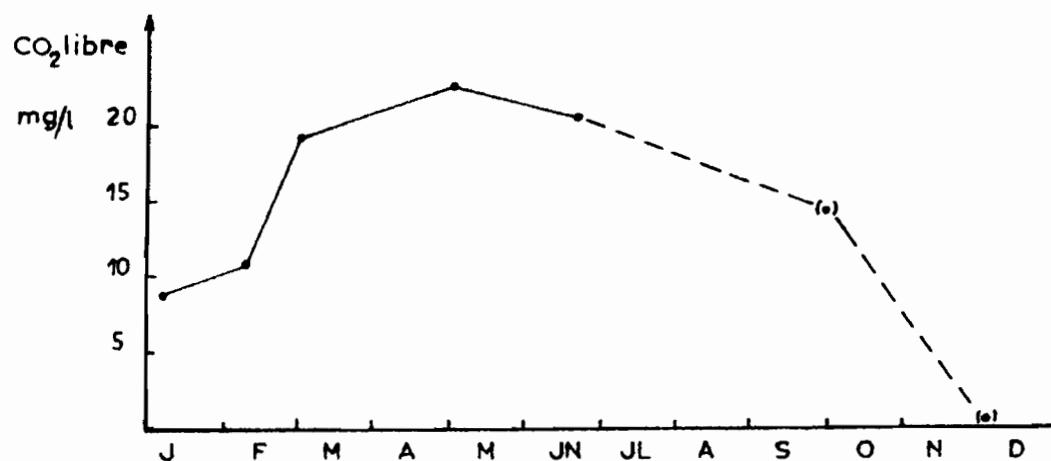
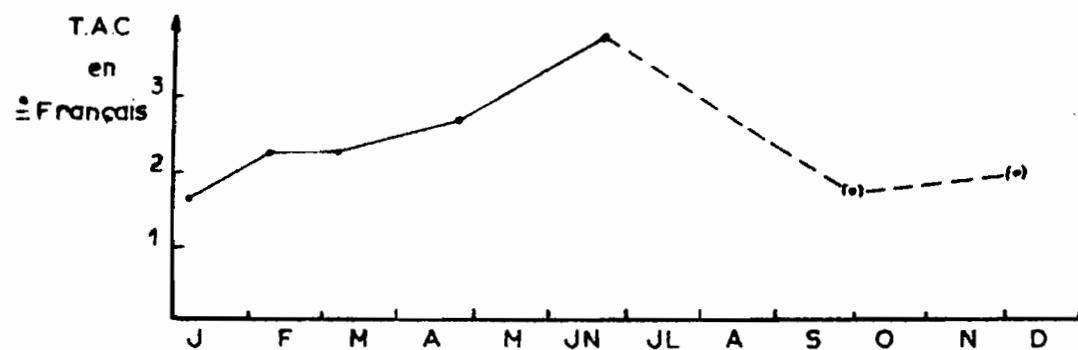
d) Le CO₂ libre; tab 8, fig 8b

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

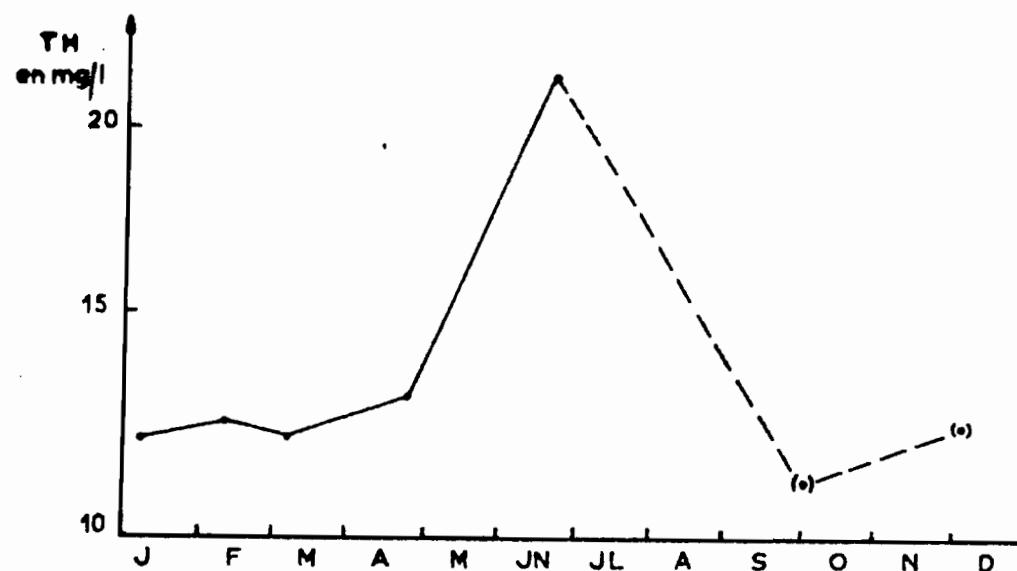
Fig: 8

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



c) L'agressivité ; tab 8

En fonction des doux facteurs étudiés précédemment et du FH, 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 décrue.

f) Le fer total; tab 8 fig 8c

La teneur en fer ferreux (Fe_2O_3) est sensible tout au long de 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 °. (cf 3-a).

h) Les déterminations ioniques =

- Neuf ions principaux ont fait l'objet d'une détermination suivant les méthodes précitées (§ I,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 inexistant.

La répartition des cations apparaît plus équilibrée; sodium et potassium dominent 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 (mE/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 mE/l pour une concentration de 6 mE/l) n'est pas très significative.

TABLEAU N° 9
LE NIGER A KAIDADJI
ANALYSES CHIMIQUES

-28-

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

| ION | ANIONS | | | | | CATIONS | | | | |
|------------------|--------|-------------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|----------------|-----------------|
| | DATE | CO ₃ H | CO ₃ | C ₁ | SO ₄ | PO ₄ | Ca ⁺⁺ | Mg ⁺⁺ | K ⁺ | Na ⁺ |
| I Prelèvement | | | | | | | | | | |
| 7-1-80 | | 20,13 | - | 1,40 | 9,38 | 0,10 | 12,63 | 1,47 | 1,30 | 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 | 1,68 | 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 | 3,09 | 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 | | 24,16 | - | - | 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/1, Balance Ionique

| DATE PRELEVEMENT | ANIONS (mÉ/1) | | | | | CATIONS (mÉ/1) | | | | BALANCE | |
|---------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------|-------|------|------|---------|---------|
| | CO ₃ ²⁻ | HCO ₃ ⁻ | Cl ⁻ | SO ₄ ²⁻ | PO ₄ ³⁻ | Ca ++ | Mg ++ | K + | Na + | Anions | Cations |
| I 17-1-80 | 0,33 | - | 0,21 | 0,20 | 0,01 | 0,13 | 0,12 | 0,05 | 0,13 | 0,58 | 0,43 |
| II 11-2-80 | 0,41 | - | 0,01 | 0,12 | - | 0,13 | 0,13 | 0,04 | 0,17 | 0,57 | 0,47 |
| III 5-3-80 | 0,41 | - | 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 | 0,31 | - | - | 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/1

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 me/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 :

$$\text{Somme } \frac{m_i Z_i^2}{2}$$

où m_i = molalité des ions

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 moins stabilité chimique des composants.

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

LE NIGER A KANDADJI EN 1980

EVOLUTION DE LA FORCE IONIQUE AU COURS DE L'ANNEE

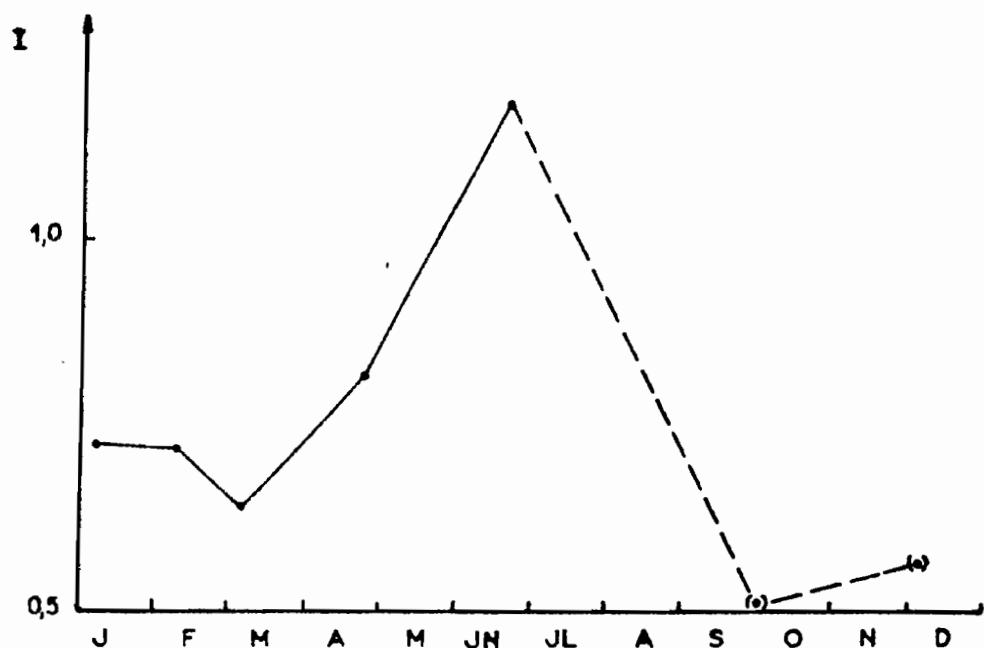
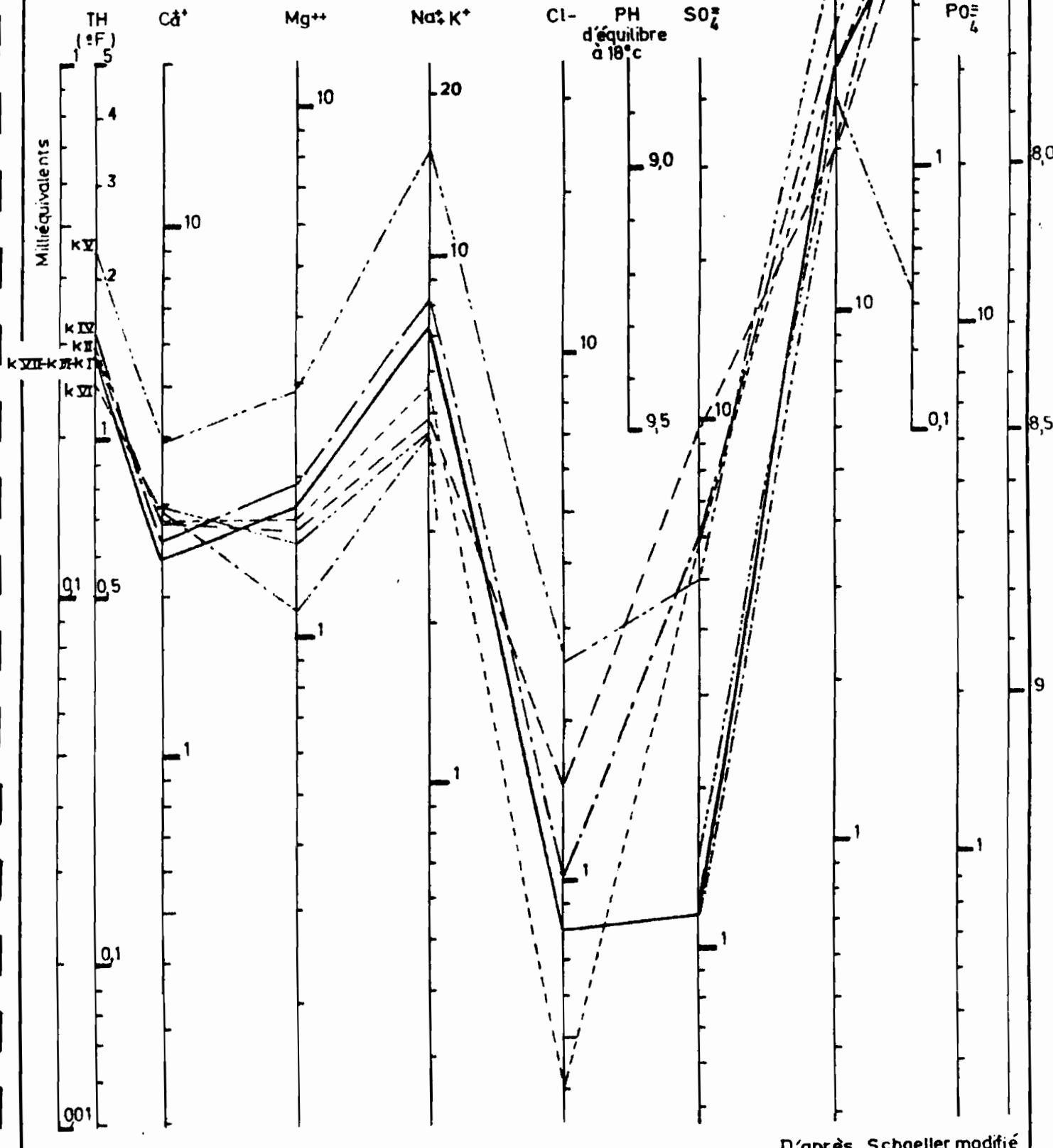


DIAGRAMME D'ANALYSE D'EAU

Teneurs en mg/l

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/ l | $\text{CO}_3\text{H} - \text{CO}_3^- = \text{Cl}^- - \text{SO}_4^- = \text{PO}_4^- = \text{Ca}^{++} \text{Mg}^{++} \text{K}^+ \text{Na}^+$ | | | | | | | | | | | |
|---------------|---------------------------------------|--|---|-----|------|-----|------|------|------|------|---|---|---|
| | | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| I | 101 | 32,7 | - | 4,0 | 19,8 | 0,1 | 12,9 | 11,9 | 0,05 | 12,9 | | | |
| II | 104 | 42,3 | - | 1,0 | 11,5 | - | 12,5 | 12,5 | 3,8 | 76,3 | | | |
| III | 0,99 | 44,4 | - | 2,0 | 2,0 | - | 0,1 | 0,1 | 8,1 | 18,2 | | | |
| IV | 1,26 | 41,3 | - | 2,4 | 1,0 | 0,8 | 9,5 | 11,9 | 6,3 | 17,5 | | | |
| V | 1,84 | 40,2 | - | 3,8 | 6,0 | 0,5 | 10,9 | 12,5 | 7,1 | 19,0 | | | |
| VI | 0,75 | 45,3 | - | - | 2,7 | - | 20 | 10,7 | 6,7 | 14,7 | | | |
| VII | 0,85 | 45,9 | - | - | 3,5 | - | 17,6 | 12,9 | 4,7 | 15,3 | | | |

FORMULES IONIQUES

| ! PRELEVEMENT | ANIONS | | | CATIONS | | |
|---------------|---------------------------------------|---------------|-----------------|--|--------------------------|--|
| | $\text{CO}_3\text{H} - \text{SO}_4^-$ | Cl^- | PO_4^- | $\text{Na}^+ - \text{Ca}^{++}$ | $\text{Mg}^+ \text{K}^+$ | |
| II | $\text{CO}_3\text{H} - \text{SO}_4^-$ | Cl^- | - | $\text{Na}^+ - \text{Ca}^{++} - \text{Mg}^{++} \text{K}^+$ | | |
| III | $\text{CO}_3\text{H} - \text{SO}_4^-$ | Cl^- | - | $\text{Na}^+ - \text{K}^+ \text{Mg}^{++} - \text{Ca}^{++}$ | | |
| IV | $\text{CO}_3\text{H} - \text{SO}_4^-$ | Cl^- | PO_4^- | $\text{Na}^+ \text{Mg}^{++} \text{Ca}^{++} \text{K}^+$ | | |
| V | $\text{CO}_3\text{H} - \text{SO}_4^-$ | Cl^- | 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. KINDADJI
FORCE IONIQUE (I), RAPPORTS IONIQUES CARACTÉRISTIQUES

| | I | II | III | IV | V | VI | VII |
|---------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\frac{I = S \cdot mi \cdot Zi^2}{2}$ | 0,724 | 0,719 | 0,641 | 0,820 | 1,184 | 0,508 | 0,568 |
| $\frac{Mg^{++}}{Ca^{++}}$ | 0,92 | 1,00 | 1,08 | 1,25 | 1,15 | 0,53 | 0,73 |
| $\frac{Cl^{-}}{Na^+}$ | | | | | | | |
| $\frac{Na^+}{K^+}$ | 0,31 | 0,06 | 0,11 | 0,14 | 0,20 | 0 | 0 |
| $\frac{Na^+}{Hg^{++}}$ | 2,60 | 4,25 | 2,25 | 2,75 | 2,69 | 2,2 | 3,25 |
| $\frac{Na^+}{SO_4^=}$ | 1,08 | 1,31 | 1,38 | 1,47 | 1,52 | 1,38 | 1,18 |
| $\frac{SO_4^=}{Cl^-}$ | 5,00 | 12,0 | 1,00 | 4,30 | 1,60 | 2 | 3 |

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

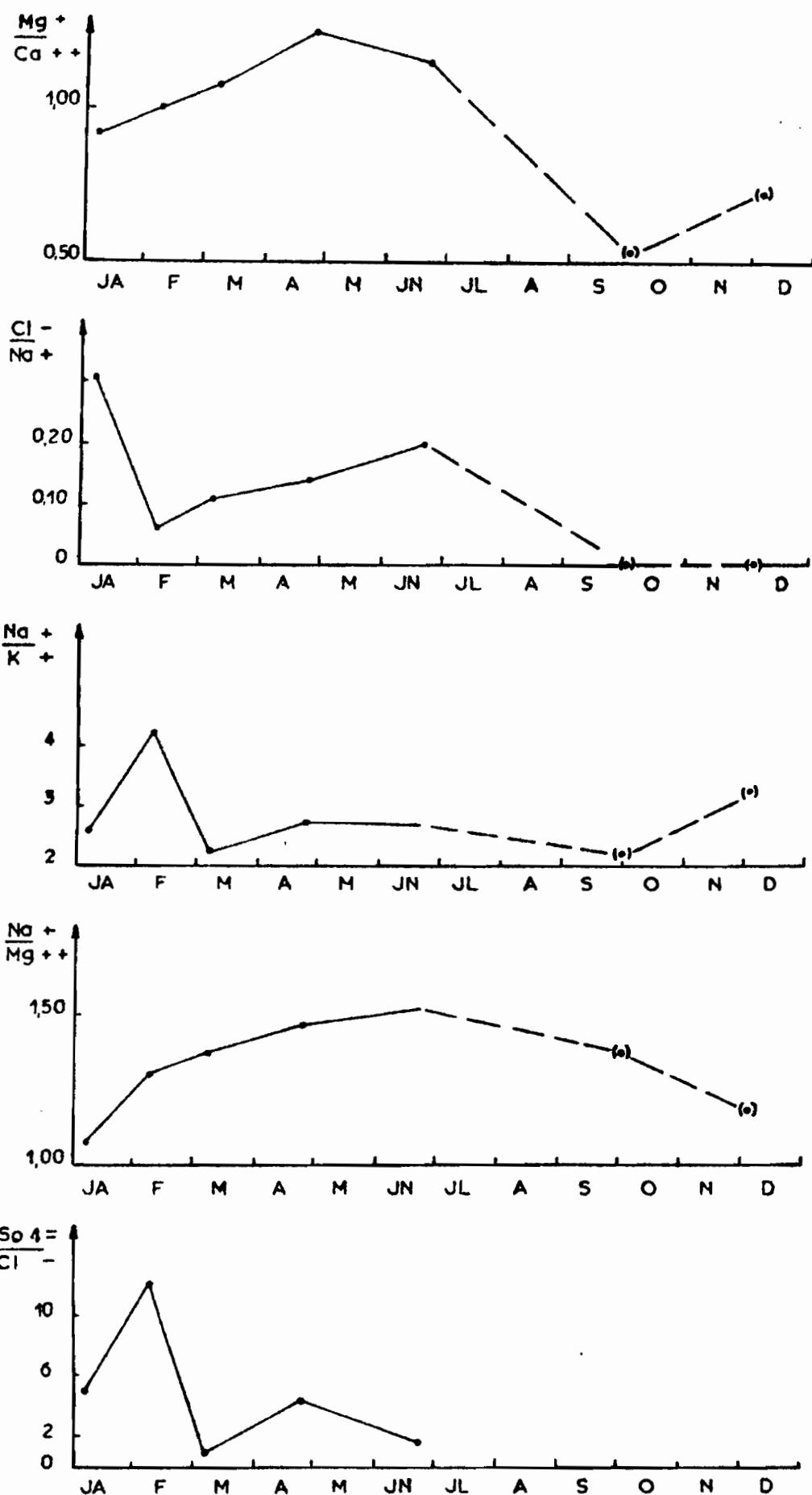
Tableau n° 13

| | 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) que ^{dans} 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 (durté) 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. Mémento 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 | LOUFAME - Hauteurs moyennes journalières en 1980 | P. 9 |
| 2 | OUROUBAKEINA - Hauteurs moyennes journalières en 1980 | P. 10 |
| 3 | KANDADJIME - 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 me/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 OUROUBIKEINA 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 : - PH - Conductivité - Turbidité | P. 23 |
| 8 | Evolutions des caractéristiques physico - chimiques de laboratoire : a) TAC b) CO ₂ libre c) Fer total d) O ₂ consommé e) Extrait sec à 105 | 25 |
| 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 |