

**MONOGRAPHIE HYDROLOGIQUE
DU
FLEUVE NIGER**

Handwritten notes in the top right corner:
→ Gil Mahé
01/2006
4.11

Y. BRUNET-MORET
P. CHAPERON
J.P. LAMAGAT
M. MOLINIER

Tome II — CUVETTE LACUSTRE ET NIGER MOYEN

Editions de l'ORSTOM
INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE
POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION
Collection **MONOGRAPHIES HYDROLOGIQUES N° 8**
Paris — 1986

ISSN 0335-6906
ISBN 2-7099-0790-9
2-7099-0792-5

« La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective », et d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite » (alinéa 1^{er} de l'article 40).

« Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code Pénal ».

S O M M A I R E

<u>CUVETTE LACUSTRE</u>		<u>PAGES</u>
AVANT-PROPOS		1
1ère PARTIE : CARACTERISTIQUES GEOGRAPHIQUES		3
Chapitre 1 : DESCRIPTION PHYSIQUE DU BASSIN - MORPHOLOGIE ET HYDROGRAPHIE		5
Chapitre 2 : GEOLOGIE ET GEOMORPHOLOGIE		27
1.2.1. - Géologie du Delta Central Nigérien		27
1.2.2. - Interprétation historique du cours du fleuve		32
1.2.3. - Hydrogéologie de la Cuvette Lacustre		33
Chapitre 3 : LES SOLS ET LEUR VEGETATION NATURELLE		37
1.3.1. - Les facteurs de pédogenèse		37
1.3.2. - Classification actuelle des sols du Delta Central Nigérien		37
2ème PARTIE : DONNEES CLIMATOLOGIQUES		43
Chapitre 1 : VENTS - TEMPERATURES - HYGROMETRIE		47
2.1.1. - Les vents		47
2.1.2. - Les températures		52
2.1.3. - Hygrométrie		55
Chapitre 2 : LES PRECIPITATIONS		61
2.2.1. - Hauteurs annuelles		61
2.2.2. - Distributions statistiques des hauteurs annuelles		63
2.2.3. - Variations saisonnières		63
2.2.4. - Précipitations journalières		67
3ème PARTIE : HYDROLOGIE		71
Chapitre 1 : DESCRIPTION DES STATIONS		71
1. - DJENNE		72
2. - SOFARA		73
3. - KIRANGO Aval		74
4. - KE MACINA		76
5. - TILEMBEYA		78
6. - KOUAKOUROU		80
7. - MOPTI		81
8. - NANTAKA		83
9. - KONNA		84
10. - AKKA		85
11. - ATTARA		86
12. - NIAFUNKE		87
13.1.- TONDIFARMA Amont		88
13.2.- TONDIFARMA Aval		89
14. - TONKA		90
15. - TINDIRMA		92
16. - DIRE		93
17. - KARA		96
18. - DIAKERA		97
19. - SARAFERE		98
20. - BOUGOUBERRI		99
21. - KORIENTZE		100
22. - TONDIGAME		101
23. - BOUREM SIDI AMAR		102
24. - GOUNDAM		103
Chapitre 2 : TARAGE DES STATIONS		105
2.1. Stations non bi-univoques		105
2.1.1.- Approche théorique		105
2.1.2.- Applications pratiques		106
2.1.3.- DIRE		109
2.1.4.- TOSSAYE		114

S O M M A I R E

(suite 1)

	<u>PAGES</u>
2.1.5.- TONKA	119
2.1.6.- BENENI KEGNY	124
2.1.7.- SOFARA	128
2.1.8.- MOPTI	131
2.1.9.- KE MACINA	137
2.1.10.- SARAFERE	140
2.1.11.- Relation entre correction de gradient - pente et vitesse de propagation de l'onde de crue	142
2.2. - Stations univoques	143
2.2.1.- KIRANGO Aval	143
2.2.2.- KARA	143
2.2.3.- TILEMBEYA	143
2.2.4.- GOUNDAM	143
Chapitre 3 : COMPARAISON DES DEBITS AUX STATIONS DU DELTA CENTRAL NIGERIEN	153
3.1. - Introduction	153
3.2. - Comparaison des modules : KOULIKORO - KIRANGO Aval - KE MACINA	158
3.3. - Modules à KARA et TILEMBEYA	158
3.4. - Modules à DOUNA - BENENI KEGNY et SOFARA	162
3.5. - Modules à MOPTI	164
3.6. - Modules à DIRE et TOSSAYE	167
3.7. - Modules à TONKA	171
3.8. - Comparaison des modules à GOUNDAM et DIRE	171
3.9. - Comparaison des modules dans l'ensemble de la Cuvette Lacustre	173
3.10. - Tableaux des débits mensuels et modules en année hydrologique aux stations du Delta	177
Chapitre 4 : VARIATIONS DU REGIME DES CRUES DU NIGER	187
4.1.1.- Etalonnages	187
4.1.2.- Modules	187
4.1.3.- Débits maximaux	187
4.1.4.- Influence des détarages	191
4.2. - Interprétation	196
4.2.1.- Modules	199
4.2.2.- Débits maximaux	199
Chapitre 5 : STATISTIQUES	211
5.1. - Méthodologie	211
5.2. - Analyse des paramètres	211
5.3. - Lois statistiques	211
5.4. - Etude des modules	213
5.5. - Valeurs maximales	213
5.5.1.- Hauteurs maximales annuelles	213
5.5.2.- Débits maximaux	225
5.6. - Pentes des lignes d'eau	232
5.6.1.- NIGER	233
5.6.2.- BANI	233
5.7. - Pertes en volume dans la Cuvette Lacustre	234

NIGER MOYEN

AVANT-PROPOS	237
1ère PARTIE : CARACTERISTIQUES GEOGRAPHIQUES PRINCIPALES DU BASSIN	239
Chapitre : I ESQUISSE GEOLOGIQUE SOMMAIRE DU BASSIN	241
1. - Aspects géologiques de la vallée de l'amont vers l'aval	241
2. - Esquisse géologique des différentes parties du bassin	244

S O M M A I R E

(suite 2)

	<u>PAGES</u>
Chapitre : II ESQUISE PEDOLOGIQUE	249
A. - Les sols de la vallée du NIGER de la frontière du Mali à la frontière du Nigéria	249
B. - Propriétés générales des sols de la vallée du NIGER	252
Chapitre : III LA VALLEE DU NIGER	255
Chapitre : IV LES AFFLUENTS RIVE DROITE DU NIGER	259
Chapitre : V LES AFFLUENTS FOSSILES RIVE GAUCHE DU NIGER	265
Chapitre : VI HYDROGEOLOGIE DU BASSIN DU NIGER MOYEN	273
Chapitre : VII PROFIL EN LONG DU FLEUVE ET DES AFFLUENTS RIVE DROITE - PENTES SUPERFICIELLES	275
 2ème PARTIE : DONNEES CLIMATIQUES	 279
- Généralités	279
Chapitre : I VENTS, TEMPERATURE, HYGROMETRIE, EVAPORATION	281
Chapitre : II PRECIPITATIONS	285
 3ème PARTIE : DESCRIPTION ET CARACTERISQUES HYDROLOGIQUES DES STATIONS DU NIGER MOYEN	 295
1. - KORYOUME sur le NIGER, au Mali	298
2. - GOURMA RARHOUS sur le NIGER, au Mali	304
3. - BAMBA sur le NIGER, au Mali	306
4. - TOSSAYE sur le NIGER, au Mali	307
5. - BOUREM sur le NIGER, au Mali	312
6. - GAO sur le NIGER, au Mali	313
7. - ANSONGO sur le NIGER, au Mali	315
8. - DOLBEL sur le GOROUOL, au Niger	322
9. - ALCONGUI sur le GOROUOL, au Niger	331
10. - KANDADJI sur le NIGER, au Niger	339
11. - TILLABERY sur le NIGER, au Niger	344
12. - TERA sur le DARGOL, au Niger	346
13. - KAKASSI sur le DARGOL, au Niger	353
14. - GARBE KOUROU sur la SIRBA au Niger	362
15. - NIAMEY sur le NIGER, au Niger	371
16. - SAY sur le NIGER, au Niger	394
17. - DIONGORE sur le GOROUBI au Niger	396
18. - TAMOU sur le DIAMANGOU au Niger	407
19. - W sur la TAPOA au Niger	415
20. - KOMPONGOU sur la MEKROU au Bénin	421
21. - BAROU sur la MEKROU au Niger	428
22. - ROUTE KANDI-BANIKOARA sur l'ALIBORI, au Bénin	438
23. - MALANVILLE sur le Niger au Bénin GAYA-PONT sur le Niger au Niger	446
24. - ROUTE KANDI-SEGBANA sur le SOTA, au Bénin	463
25. - KOUTAKROUKROU sur l'IRANE, au Bénin	473
26. - KOUBERI sur la SOTA, au Bénin	478
27. - GAYA-VILLE sur le NIGER, au Niger	485
28. - Stations secondaires situées au Niger	
28.1- FIRGOUN, sur le Niger	490
28.2- AYOROU, sur le Niger	491
28.3- FARIE-GOTHEYE, sur le Niger	492
28.4- KOUTOUKALE, sur le Niger	492
28.5- KIRTACHI, sur le Niger	493
28.6- BOUMBA, sur le Niger	493

S O M M A I R E

(suite 3)

	<u>PAGES</u>
4ème PARTIE : NIGER MOYEN, COMPARAISON DES DEBITS CALCULES AUX STATIONS	
1. - Introduction	495
2. - Comparaison TOSSAYE-ANSONGO	495
3. - Comparaison ANSONGO-NIAMEY	497
4. - Comparaison MALANVILLE-NIAMEY	497
5. - Comparaison KOULIKORO-DOUNA-NIAMEY	500
6. - Propagation de l'onde de la crue malienne le long du NIGER MOYEN	502
7. - Analyses statistiques de débits à Niamey	503

L I S T E D E S C A R T E S

Carte I	- CUVETTE LACUSTRE : Carte de situation	page 4
Carte II	- CUVETTE LACUSTRE : Limites de la Cuvette	cf. pochette
Carte III	- CUVETTE LACUSTRE : Esquisse géologique	cf. pochette
Carte IV	- CUVETTE LACUSTRE : Esquisse hydrogéologique	cf. pochette
Carte V	- CUVETTE LACUSTRE : Isohyètes interannuelles	Page 62
Carte VI	- CUVETTE LACUSTRE : Equipement hydrométrique	cf. pochette
Carte VII	- NIGER MOYEN : Isohyètes interannuelles	cf. pochette
Carte VIII	- NIGER MOYEN : Equipement hydrométrique	cf. pochette

C U V E T T E L A C U S T R E

AVANT - PROPOS

La Cuvette Lacustre c'est la tache bleue au centre de l'AFRIQUE de l'Ouest. C'est le grand fleuve qui s'étale, transpire, s'apaise et imprègne le Sahel avant de regarder vers la mer. C'est le NIGER qui s'endort à l'abri du vent sec, dans la fraîcheur des bourgoutières, et clapote au ras des dunes vives, sous les palmiers fourchus.

Un décor à la fois monotone et dur, des couleurs aveuglantes mais délicates au déclin du soleil, des images baroques : troupeaux, comme dans les mirages, coupés en deux par l'eau, baignant les poitrails, pirogues chargées à plein bord, glissant sur la plaine en dehors des eaux vives, un amas rocheux flottant de loin à l'entrée d'un grand lac.

Ajoutons le silence agréable des grandes étendues, la sécheresse extrême qui ouvre les poumons à l'odeur envahissante du poisson boucané.

Pays de contraste qui ne se livre que lentement. D'abord l'enthousiasme, le miracle de l'eau ; l'eau, la terre et le soleil, la vieille trilogie de l'abondance, puis la prise de conscience du défaut chronique d'harmonie : les troupeaux efflanqués errant en Mai, abreuvés à refus mais grattant le sable sec, et l'inverse au loin dans les maigres pâturages d'hivernage où l'eau s'est retirée. C'est la marche continuelle entre la soif et la faim, sous le soleil devenu cette fois odieux et sans pitié.

Nature impulsive et débridée, qui détruit elle-même ce qu'elle a trop généreusement donné.

Comble d'infortune, la terre et l'eau font mauvais ménage. La crue trop précoce noie les jeunes pousses de riz ; tardive, elle les laisse dépérir. Plus au Nord, en culture de décrue, la variation interannuelle des niveaux bouleverse les surfaces inondées et cultivables. La bonne récolte devient alors un phénomène aléatoire. Cette terre pauvre s'épuise rapidement ; le fleuve, à l'inverse du NIL, lui refuse les fertiles limons. Peut-être une meilleure connaissance du sol et du régime des eaux permettra-t-elle un jour d'apaiser ce vieux conflit ?

Par contre, l'eau et le soleil fournissent en abondance le poisson. Séché naturellement, le fleuve le porte jusqu'à MOPTI et DIOURO, d'où il est exporté vers les régions de l'intérieur. C'est là une très grande ressource du Delta Nigérien que des moyens techniques modernes pourraient améliorer. Les coutumes rigides, ancestrales, régissant les droits et les lieux de pêche, montrent bien qu'il s'agit là d'une vraie richesse qui n'a jamais trahi.

La partie centrale de la Cuvette est bien peuplée. De nombreux villages, et surtout, les grands marchés d'échange sont desservis par voie d'eau. Le transport par pirogue est un moyen simple et commode ; il constitue dans ces régions le critère du développement du commerce.

En aval du lac DEBO, jusqu'à DIRE, les villages se groupent le long du fleuve (ISSA BER), des bras (BARA ISSA et KOLI KOLI), autour des lacs. Les terres sont plus sableuses, le riz fait place au mil de décrue.

De TOMBOUCTOU légendaire, jusqu'à GAO, il ne reste plus que l'eau et le sable, c'est-à-dire presque rien. Quelques nomades sédentaires s'accrochent aux berges. Les famines de 1913 et 1914 éprouvèrent durement ces régions. Même le mil devient rare, on y balaie des graines de cram-cram.

Cependant, c'était autrefois une région d'escale fréquentée par les commerçants et trafiquants, accueillante après la traversée du désert, ombre fraîche et tranquille après les risques et les privations. La poursuite du voyage pouvait se faire confortablement en pirogue. C'est sans doute ce contraste qui frappait l'imagination des voyageurs et arrangeait un peu les choses, car, IBN BATOUTA, le célèbre "touriste" du 14ème siècle, n'y trouva pas

toutes les richesses déjà légendaires dans le monde Arabe Méditerranéen.

Ce fut aussi un centre de cultures et d'études (Mosquées de MOPTI et DJENNE), un lieu de rencontre où le NIGER malien jouait le rôle privilégié de trait d'union entre l'AFRIQUE NOIRE et les caravanes de marchands. Il a conduit l'ISLAM, les barres de sel de TAOUDENI et l'or de SIGUIRI.

Soudain, vint de la mer, et non plus du désert, un monde nouveau, riche de science et de grandes idées, qui traversa le Continent presque sans lui.

L'axe du grand courant commercial pivota lentement et tous les regards se tournèrent vers le Sud.

Depuis, le Delta Nigérien, isolé, s'appauvrit. Les eaux du Massif de GUINEE et du MALI pluvieux s'évaporent et la vie s'endort sur les berges de la Grande Boucle.

Mais cette science, ces grandes idées qu'apporte ce monde nouveau fournissent aux Maliens les moyens de transformer la nature - barrages, canaux d'irrigation, énergies thermique et électrique -. Les projets de rajeunissement du Delta et de la Boucle jaillissent nombreux. Un espoir renaît.

1ÈRE PARTIE

CARACTERISTIQUES GEOGRAPHIQUES PRINCIPALES DU BASSIN

Nous adopterons un plan légèrement différent de celui du 1er volume relatif au NIGER Supérieur, car dans sa Cuvette Lacustre, le fleuve abandonne la position orthodoxe qu'il occupait jusqu'ici, à savoir la partie basse de son bassin versant dont il assurait le drainage. Nous verrons plus loin en détail que le NIGER domine, au contraire, les régions voisines de son cours et les inonde périodiquement. A l'ensemble de ces terres inondées, nous continuerons de donner le nom de "bassin", faute de mieux, en ayant évidemment présent à l'esprit le fait qu'il n'est plus "versant".

Comment se présente la Cuvette Lacustre de nos jours ? Un premier chapitre évoquera sa morphologie et son hydrographie d'amont en aval. Nous examinerons à part les lacs et leur hydrologie dont l'étude n'en est qu'à ses débuts.

Pourquoi le NIGER en est-il arrivé là ? Nous y répondrons dans un second chapitre consacré à la Géologie, à l'Histoire du cours du fleuve et à l'Hydrogéologie.

Cette 1ère partie s'achèvera sur l'examen du profil en long du NIGER, et des variations de ligne d'eau dont l'influence, sur le régime hydrologique du fleuve, est très importante dans cette région très plate.

Tout d'abord, situons brièvement la région étudiée (Carte n° 1). Elle s'étend logiquement, de KOULIKORO à TOSSAYE, le long du fleuve, bien que la Cuvette Lacustre proprement dite soit localisée entre KIRANGO et KORYOUME.

Ce grand parallélogramme d'axe SO-NE, s'inscrit dans les coordonnées suivantes :

13° à 17° de latitude Nord

0°30' à 7°30' de longitude Ouest.

On se doute que les limites du "bassin" du NIGER lacustre soient assez imprécises.

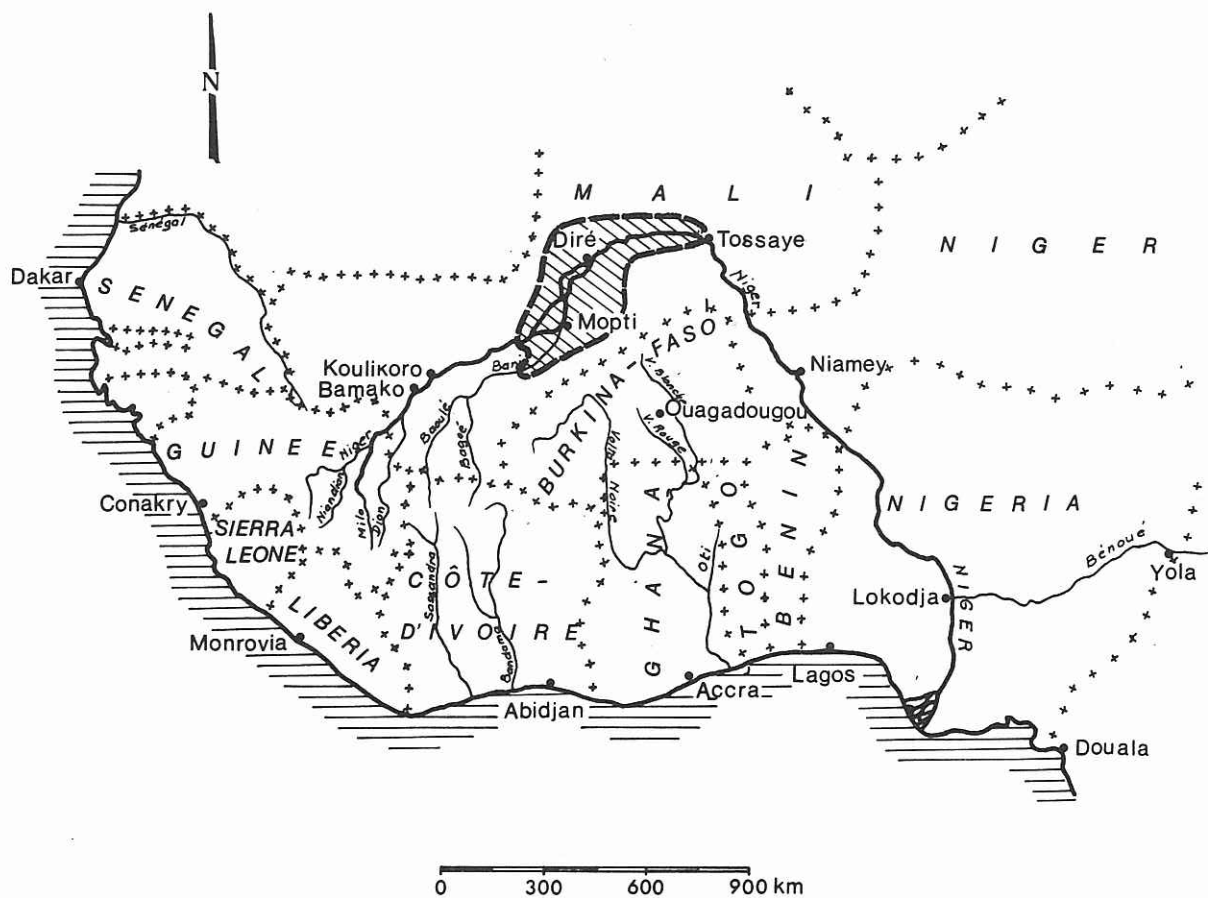
Il côtoie un peu, au SO, vers KOULIKORO, le bassin du SENEGAL et ceux des VOLTA ROUGE et BLANCHE au SE du plateau DOGON. Le reste de son encadrement est constitué de zones aréiques ou à endoréisme très localisé :

- l'AKLE au Nord-Ouest
- l'AZAOUAD au Nord
- le GOURMA à l'Est.

CARTE I

Bassin du NIGER ~ La cuvette lacustre

CARTE DE SITUATION



C H A P I T R E I

DESCRIPTION PHYSIQUE DU BASSIN MORPHOLOGIE ET HYDROGRAPHIE

1.1.1. - CONSIDERATIONS GENERALES - (Carte n° I)

Nous étudierons le cours du NIGER de KIRANGO à TOSSAYE, tronçon important du cours moyen long d'environ 1 180 Km et comprenant entre KE MACINA et KORYOUME (au droit de TOMBOUCTOU) la Cuvette Lacustre proprement dite.

En gros, la Cuvette Lacustre est une vaste région d'épandage, fond d'un immense delta dans lequel l'ancien NIGER se perdait par évaporation à raison d'un milliard de m³ pour 250 à 300 Km² inondés.

L'assèchement progressif de cette Cuvette a laissé pratiquement intacts les innombrables bras, émissaires, lacs. Par dépôts dans les plaines d'inondations immédiatement adjacentes, les cours d'eau où les débits sont importants ont tendance à s'endiguer, isolant, en quelque sorte, le lit principal des parties du pseudo-bassin situées en contrebas. Ces points bas restent alimentés à chaque crue par des émissaires souvent instables, dérivant ainsi des volumes d'eau irrécupérables pour les lits principaux.

Du point de vue altimétrique, il faut avoir toujours présent à l'esprit que les zones sont dites inondées lorsque plus de la moitié du terrain se trouve effectivement submergée. Même lorsque l'eau n'est pas visible sur le sol, la nappe est en général affleurante sauf pour les petites hauteurs, buttes ou "toguérés" sur lesquelles sont établis les groupements humains.

Les parties submergées sont couvertes, en fait, d'un mince film d'eau, encombré par la végétation aquatique. Dans la partie lacustre de la Cuvette, nous avons défini les limites du bassin, de manière arbitraire mais logique, en considérant l'ensemble de la zone d'expansion des eaux rattachée superficiellement au fleuve. Topographiquement, ces limites perdent leur sens puisqu'elles se trouvent à une altitude inférieure à celle des eaux du NIGER. Ce dernier apparaît, non plus classiquement comme un collecteur drainant un bassin de réception, son impluvium, mais au contraire, comme un canal distributeur alimentant la Cuvette. La notion habituelle de bassin versant ne pourrait s'appliquer que dans les régions présentant un relief et une couverture géologique convenables pour autoriser le ruissellement et par conséquent l'existence d'un réseau hydrographique normal. De telles régions existent à l'intérieur des limites du bassin ainsi définies mais elles alimentent souvent des émissaires ou des lacs éloignés et en contrebas, dont les eaux ne retournent jamais au cours principal.

Si nous avons voulu conserver la définition de bassin versant d'alimentation, les limites en auraient été impossibles à déterminer dans le stade actuel des études. De plus, il n'en serait pas resté grand-chose en dehors du réseau hydrographique actif du fleuve, la partie dérivant du réseau étant à éliminer.

Le gros inconvénient de la méthode figurative utilisée réside dans le fait que nous avons dû raccorder ces limites à celles du bassin amont de la Cuvette qui, lui, correspond à un véritable bassin d'alimentation.

Il faudra donc se garder de comparer les débits spécifiques des stations de MOPTI et DIRE à ceux des stations amont. Les résultats obtenus ne seraient physiquement pas homogènes.

Nous trouverons, en effet, de l'amont vers l'aval un gradient de modules, en fonction de l'augmentation de la superficie des bassins versants, franchement négatif. S'il n'y avait pas eu également l'incidence climatique : diminution de la pluviosité et intensité croissante de l'évaporation, nous aurions adopté ce critère pour définir le véritable commencement de la zone deltaïque. En fait, les débits spécifiques de crue cessent de croître à l'aval immédiat de KOULIKORO, alors que le NIGER sort à peine de son bassin supérieur. Ceci parce que, en dehors du delta intérieur proprement dit, le cours du NIGER coupe presque perpendiculairement les isohyètes et les lignes d'égale hygrométrie de son bassin. Nous admettons que la Cuvette deltaïque commence lorsque le lit majeur s'étale dans des plaines d'inondation latérales bien au-delà du bourrelet de rive et surtout lorsque des eaux quittent le cours vers des émissaires ou des bras fossiles (ex. FALA du MOLODO, ancien bras sahélien), pour n'y jamais revenir. Ces phénomènes apparaissent aux environs immédiats de SEGOU.

Le survol fin Décembre de la partie centrale de la Cuvette entre SEGOU et DIRE permet immédiatement d'embrasser l'immense volume d'eau emmagasiné dont, nous l'avons vu, une bonne partie restera hydrauliquement perdue. Suivant l'abondance hydrologique de l'année, 15 à 35 milliards de m³ s'étalent irrégulièrement sur une vaste étendue de plus de 80 000 Km².

Bras principaux, émissaires, chapelets de mares, grands lacs s'étendent à perte de vue. Seuls apparaissent émergés des lambeaux clairs ou gravillonneux, de basses collines dunaires fixées, les étroits bourrelets riverains, les "toguérés" habités, et les immenses bourgoutières (plaines inondées profondément, couvertes de graminées aquatiques bien caractéristiques de la région Lacustre).

Cette vaste étendue miroitante, ridée seulement par l'harmattan parfois violent, paraît calme et tranquille. Dans l'ensemble, les vitesses superficielles y sont nulles ou imperceptibles, mais dans les bras principaux (ISSA BER et BARA ISSA), le transit des eaux vives en crue est relativement rapide, sauf au passage de la région des grands lacs (DEBO). Dans le lit du courant, les vitesses maximales de surface varient de 0,30 m à 0,60 m/s. Dans les émissaires de déversement, bien calibrés, la pente naturelle vers les lacs de la rive gauche peut entraîner des vitesses d'écoulement plus élevées.

De Juillet à Novembre, la pente superficielle du NIGER entre MOPTI et NIAFUNKE est de l'ordre de 2 cm par kilomètre (pente moyenne sur 231 Km). Sur le tronçon NIAFUNKE-DIRE (85 Km), la pente moyenne maximale n'atteint pas 1 cm par kilomètre. En fait, le passage du lac DEBO marque une diminution assez brutale de la pente qui reste relativement élevée à l'amont (au moins 3 cm/Km).

La morphologie d'une telle région pose de nombreux problèmes intéressants, comme celui de la formation des bourrelets de rive.

Les dépôts latéraux immédiats à travers la végétation (bourgoutières ou rizières) engraisent un cordon riverain limitant les eaux vives. Au-delà, l'inondation devient profonde et remonte souvent vers l'amont, la plaine ainsi isolée étant réunie au fleuve dans sa partie aval par une baisse naturelle du bourrelet. Les cultivateurs barrent parfois cette passe contre les poissons rizophages par un filtre d'épineux.

Ces bourrelets sont en continuelle formation tantôt sur une rive, tantôt sur l'autre. Par suite des actions dynamiques du lit, il arrive très souvent que ces bourrelets soient après formation attaqués par érosion dans les parties concaves. Après destruction complète du bourrelet, les dépôts recommencent si l'inflexion change de sens et le cycle se reproduit.

La formation de ces bourrelets, liée à la pente ainsi qu'à la sédimentation dans le lit même du fleuve, entraîne un endiguement naturel et un exhaussement du lit de transit par rapport aux plaines d'inondation latérales.

Mais ce phénomène ne peut se généraliser car nous verrons que le creusement lent du profil de l'exutoire de la Cuvette (seuil rocheux de TOSSAYE) entraîne un abaissement de l'ensemble du profil d'équilibre. Nous verrons que ce mouvement a provoqué certainement

l'apparition, au fond du lit, de la passe rocheuse de TONDIFARMA en aval de NIAFUNKE.

Enfin, d'autres aspects des problèmes dynamiques restent à élucider, en particulier la répartition des débits entre le NIGER et le DIAKA, et à l'aval du DEBO entre l'ISSA-BER et le BARA-ISSA, ainsi que la lente migration apparente vers l'Est des cours d'eau actifs traversant le delta.

On conçoit qu'une telle accumulation d'eau dans une zone climatique sahélienne mette en évidence la prépondérance de phénomènes physiques tels que l'évaporation, la transpiration des végétaux, l'infiltration et la capillarité.

L'évaporation y est d'autant plus active que la Cuvette atteint son niveau maximal en pleine saison sèche, quand le degré hygrométrique a les plus basses valeurs. L'harmattan y souffle dès le premier mois de la décrue et contribue ainsi à la formation de micro-climats plus humides.

Dans sa partie centrale, le fond de la Cuvette semble étanche et colmaté par le dépôt d'éléments fins argileux provenant de la décantation naturelle des eaux, mais aussi des poussières ténues, transportées par le vent et arrachées par l'action abrasive du sable à la surface des sols en voie d'hydromorphisme. La vase recueillie au fond du NIGER à l'aval des grands lacs contient beaucoup plus d'éléments fins et argileux que de particules siliceuses.

Aux confins de la Cuvette, à la pointe avancée du cheminement des eaux, il n'en est plus ainsi, les sols sont entièrement sableux donc très absorbants. Infiltration et évaporation (sur les surfaces d'eau libres ou dans le sable par remontée capillaire) suffisent alors à faire disparaître rapidement des débits non négligeables circulant dans des petits émissaires en direction de bas-fonds.

Ainsi des traces d'écoulement peuvent ne pas indiquer des lignes de plus grande pente du terrain naturel mais simplement combler des "appels" d'évaporation s'exerçant sur des mares.

Une évaporation journalière de 15 millimètres s'exerçant sur un plan d'eau absorbe un débit de 0,175 m³/s par Km² de surface libre. Il n'est donc pas étonnant, en tenant compte des volumes infiltrés, que les pertes globales annuelles sur l'ensemble de la Cuvette varient entre 25 et 55 milliards de m³ suivant l'abondance de l'année.

La Cuvette nigérienne est donc une des machines évaporatoires continentales les plus puissantes du monde. Les pertes annuelles de la Cuvette Lacustre représentent un volume compris entre le 1/3 et le 1/7 du volume d'eau évacué annuellement à la mer par les fleuves français grands et petits (180 milliards de m³ d'après les calculs de M. THOME de GAMOND).

Il ne faut pas perdre de vue que l'alimentation de la Cuvette est commandée par le régime tropical de transition (Guinéen et Sud-Soudanien) comprenant une pulsation annuelle. Nous verrons que, dans le delta, le cycle annuel est régularisé et presque parfaitement sinusoïdal. La période des hautes eaux, c'est-à-dire la période de mise en charge des émissaires et des effluents est limitée dans le temps. Cette limitation du temps de submersion, ajoutée aux actions de l'évaporation et de l'infiltration, freine considérablement le cheminement des eaux au loin des cours principaux. Si la durée de mise en charge s'étendait beaucoup plus longtemps, le déversement permanent finirait par remplir une vaste mer intérieure.

Enfin, du point de vue hydrogéologique, l'effet de la zone lacustre n'est pas sans importance. La puissante nappe ainsi créée alimente les puits du MALI Occidental et Septentrional. Elle bute sur le contrefort primaire oriental (plateau de BANDIAGARA, massif du GOUNDOUROU et pays GOURMA) plonge vers le Nord-Ouest, glisse au ras du socle vers le Continental aquifère (Terminal et Intercalaire) et alimente enfin, peut-être, la grande nappe saharienne.

1.1.2. - LE BASSIN DE LA CUVETTE LACUSTRE (ENTRE KIRANGO ET KORYOUME) - (Carte II)

Distance approximative	610 Km
Superficie du pseudo-bassin	66 070 Km ²

(Voir cartes I.G.N. au 1/200 000°)

Nous n'avons pas tenu compte du bassin de l'YAME issu du plateau DOGON que nous traiterons à part. C'est la portion du bassin comprenant la Cuvette proprement dite (avec toutes les réserves déjà faites sur le terme "bassin") qui fait l'objet de l'exposé ci-après.

Pour simplifier cet exposé, nous nous contenterons d'énumérer les sites caractéristiques du fleuve de l'amont vers l'aval :

1.1.2.1. Section SEGOU-MARKALA -

Retenue du barrage de l'Office du NIGER qui maintient en basses eaux le plan d'eau à la cote 2,10 m - 2,30 m à l'échelle de SEGOU.

1.1.2.2. MARKALA -

Barrage à hausses AUBERT (mobiles à plusieurs positions) créant la retenue aux faibles débits et s'effaçant complètement sur le radier à l'époque des moyennes et hautes eaux.

- En rive gauche : prise du canal adducteur (pour les irrigations de l'Office du NIGER) se partageant en canal du SAHEL (vers le lit fossile appelé FALA de MOLODO) et canal du MACINA (vers la rivière de BOKY-WERE, ancien bras également).
- En rive droite : prise du canal de navigation de SANSANDING débouchant légèrement en amont du village de SANSANDING après le passage de l'écluse de TIO. Toujours en rive droite, plus à l'amont, à 8 Kms de MARKALA, prise du canal d'irrigation des plaines de DIOUROU, canal à fond plat qui peut transiter jusqu'à 100 m³/s.

Dans le lit mineur, on observe des bancs rocheux (cuirasses latéritiques et grès) entre le barrage et KIRANGO.

1.1.2.3. Site de NAKRY -

Où le fleuve se partage en 3 bras (bras de NAKRY, bras navigable médian, et bras de DIOUROU). Ce passage comportait un vaste banc de sable et de gravillons latéritiques longtemps redouté par la navigation. En 1953, un chenal important s'est ouvert naturellement sur la droite dans le bras médian.

1.1.2.4. Bras de SAMA -

Le bras rive droite reste de loin le plus important.

1.1.2.5. Déversoir au fleuve de KOLONGOTOMO -

Sur la rive gauche marquant l'extrémité Est de la zone d'action de l'Office du NIGER :

- C'est le début des aires d'inondation importantes, des rives basses affouillées et des bourrelets de rive.
- La largeur du lit de pleine rive (section d'écoulement) oscille entre 1 200 et 2 000 mètres. La zone inondée à l'étale est comprise entre 3 et 8 kilomètres. Les inondations et les débordements tendent à rectifier en crue les sinuosités du lit mineur.

1.1.2.6. Bras de TAMARA -

Sur la rive droite qui court-circuite DIAFARABE où naît l'effluence du DIAKA sur la rive gauche. Le DIAKA est l'effluent de loin le plus important du delta. Il prélève en gros le 1/3 du débit amont, suit sensiblement la plus grande pente et rejoint le NIGER dans la région des grands lacs (OUALLADO et DEBO). Son cours est très bien marqué et ressemble à celui du NIGER, jusqu'à KAMAKA-SEBE, où il se partage en deux bras nettement moins importants. Les berges nettes, assez raides, s'abaissent et s'encombrent de végétation aquatique. Les deux bras formés sont à peu près identiques, mais le DIAKA reste celui du Nord. Après

une zone confuse (nombreux bras et mares) dans laquelle il est très difficile de ne pas perdre le véritable DIAKA qui n'existe pratiquement plus, l'ensemble du réseau chevelu se regroupe à l'Est de DOGO (station anti-acridienne) et par un très large bras, sans courant perceptible et encombré de bourgoutières, débouche brutalement dans le lac OUALLADO. Ce dernier communique avec le DEBO de multiples façons dans un fouillis inextricable de petits bras serpentant au milieu des bourgoutières.

1.1.2.7. Entre DIAFARABE et MOPTI, on rencontre sur la rive gauche les effluences de nombreux mayos se dirigeant vers le Nord-N.NE parallèlement au DIAKA. Ils se ressemblent tous étrangement et les principaux sont :

Mayo PIO (à NOUHOUN)
 Mayo SOGONA (en face de KOA)
 Mayo MORA (entre MAKAME et OURO-MODI)
 Mayo MAKADIE ou SONO
 Mayo DONGUEL (en face de SAHONA)

Tous ces mayos constituent un réseau compliqué, de bras d'eau libre, s'écoulant imperceptiblement ou non, disparaissant, reparaissant, changeant continuellement de toponymie ou s'épandant brusquement dans un chapelet de mares innombrables. Dans un tel décor, rien ne permet de distinguer un endroit d'un autre car les points de repères sont inexistantes.

La direction générale de la pente de la région des mayos est toujours N à N-NE vers le débouché chevelu du marigot de DIAKA dans l'émissaire de DOGO, qui se jette dans les grands lacs. L'altitude moyenne de la région varie de 268 à 269 m vers le NIGER jusqu'à 262/263 m dans les lacs.

Les villages situés sur les toguérés (buttes sans doute artificielles formées par l'empilement successif des ruines du village) émergent faiblement en hautes eaux. Ils se concentrent le long des bras importants. Il est impossible d'effectuer une hydrométrie quantitative d'une telle région ; les points de mesure seraient trop nombreux et les vitesses d'écoulement trop faibles pour être perceptibles avec les appareils hydrométriques classiques. Il faudra se contenter d'évaluation globale des pertes par déversement entre l'embouchure du DIAKA et MOPTI.

Sur la rive droite, le problème est, au moins, aussi confus, car de nombreux mayos traversant le "mésopotamie" NIGER-BANI sont alimentés à la fois par le NIGER et par son affluent principal d'une manière variable suivant les cotes respectives des deux cours d'eau. C'est surtout à l'aval de KOA que les émissaires traversiers deviennent importants. Plusieurs mayos allant vers les zones inondées de SAMAYE et GANIA se regroupent à KOUAKOUROU.

La liaison hydrographique KOUAKOUROU - MANGA - DJENNE s'effectue principalement par le SOUMAN-BANI traversant la grande plaine de GANIA, mais elle est possible également par le mayo MANGA, passant plus à l'Ouest et contournant les hauteurs de SENOUSSA. Le SOUMAN-BANI lui-même se dédouble vers MANGA et envoie un bras, le mayo MAROU, rejoindre le NIGER à travers les grandes plaines inondées de TOUMAYE-SAHONA. A l'aval de KOUAKOUROU et jusqu'à MOPTI, les liaisons NIGER-BANI sont multiples.

L'effluent le plus important du BANI, dans ce dernier tronçon, est le bras de SOYE (ou TOKOUYAORO) entre SOFARA et TEKE. Il est navigable en hautes eaux et dessert un chapelet de mares et de plaines basses dans la pointe Sud du triangle formé par la confluence NIGER-BANI. Il faudrait pouvoir s'étendre plus longuement sur cette "mésopotamie" NIGER-BANI qui possède son style propre. Cette région n'est pas monotone comme celle située au Nord du fleuve, les terres émergées y sont plus fréquentes, plus hautes, plus boisées (belles et odorantes forêts de rôniers). Les villages ne se réduisent pas encore à l'exiguïté des "toguérés" ; ils paraissent plus grands, et plus riches. Enfin les cultures y sont développées et tout laisse à penser que cette région est appelée à jouer un rôle dans l'économie du pays.

Le plan d'eau de MOPTI réunit les eaux du NIGER, du BANI et des mayos POTEKOLE (ou BANGO, en amont) et NEMA qui, en très hautes eaux, ramènent une fraction des eaux du BANI prélevée sur la rive droite en amont, vers DOUBENA et KOUNA, mais surtout des eaux de ruissellement provenant des contreforts du Massif de BANDIAGARA. L'inondation est totale dans la plaine de NGOMI et surtout à l'Est de MOPTI en direction de SEVARE (la route SEVARE-MOPTI est édiflée en remblai sur une longueur de 11 Km).

1.1.2.8. A l'aval de MOPTI, le NIGER s'élargit encore et la pénétration des eaux d'inondation derrière les bourrelets de rive est profonde sur la rive gauche. Toute la zone DIAKA-NIGER est encombrée de mares, de plaines inondées et de mayos aux méandres nombreux mais dont la direction générale du réseau est orientée vers le Nord. L'Ouest de MOPTI est un désert inondé sans village et sans arbres. Le plan d'eau de MOPTI en crue se trouve sensiblement à la cote 267.50 m, nettement supérieure à la zone DIAKA-NIGER qui est profondément imprégnée malgré les pertes de charge des écoulements marginaux, les effets de l'évaporation et des infiltrations. Les vitesses d'écoulement dans les mayos sont imperceptibles, parfois nulles surtout si ces mayos sont des bas-fonds résiduels d'anciens bras qui jadis, lors de pluviosité plus élevée, débitaient sans doute effectivement. Leur profondeur, supérieure à 3 ou 4 mètres, empêche l'envahissement par les graminées aquatiques (surtout les bourgous) et c'est ce qui rend parfaitement visible leur tracé sur les photos aériennes, et, par suite, sur les cartes. Ils constituent donc l'image du relief bathymétrique de la Cuvette plutôt qu'un réseau représentatif du mouvement superficiel des eaux.

A 25 Km en aval de MOPTI, prend naissance, sur la rive gauche, le mayo DEMBE qui, par SEVERI, SABA et PIRA, rejoint presque directement la zone des lacs OUALLADO et DEBO. Ce mayo est parfois étroit mais parfaitement navigable en hautes eaux pour une petite vedette à moteur. Le mayo RANEO, dont l'embranchement se trouve après SEVERI, rejoint aussi les lacs mais moins facilement, en faisant plus de détours.

Nous arrivons à KONA, grand village commerçant, qui marque la confluence de l'YAME apportant presque l'ensemble des eaux du plateau DOGON.

A l'aval de KONA, le fleuve longe le Massif de GOUNDOUROU jusqu'au DEBO. La zone d'inondation sur la rive droite s'en trouve donc réduite. Signalons dans les environs de BOUNA, dans le lit du fleuve et visible en basses eaux, un seuil constitué de passes de graviers et même de cailloux.

Entre BOUNA et le DEBO, il n'existe plus en fait un seul bras privilégié plus important que les autres. Le NIGER se partage en plusieurs cours sinueux, tantôt bien calibrés, tantôt se perdant dans les bourgoutières, débouchant en fouillis, dans le lac DEBO, de part et d'autre du rocher AIRE KADIED (baptisé rocher MARIE-THERESE par René CAILLE lors de son voyage à TOMBOUCTOU).

1.1.2.9. Cette arrivée dans le DEBO, et surtout les méandres invraisemblables qui la précèdent, laissent un curieux souvenir. Le bateau évolue en rasant les bourgous dans un chenal étroit, semblant tourner autour du mont AIRE SOROBA (Mont St CHARLES) émergeant violemment de 70 mètres au-dessus de l'immense plaine verte.

L'amas rocailleux du rocher MARIE-THERESE attire tous les regards, lorsque brusquement c'est le débouché dans le DEBO, puis la grande étendue d'eau libre, verte à l'Ouest en direction des bourgoutières du OUALLADO, et jaune claire à l'Est vers la bordure dunaire du mont GOURAO dominant le lac. Les dunes apparaissent pour la première fois et le passage du DEBO marque un net changement dans l'allure et la couleur du paysage. La végétation aquatique reste la même mais avec plus d'ampleur dans l'étendue; enfin sur les dunes apparaissent, en plus des épineux rabougris, quelques peuplements de palmiers fourchus.

Remarquons au passage :

- que les bras et mayos se rassemblent en faisceau à l'Est du Mont St CHARLES pour l'entrée dans le DEBO.
- que la vitesse d'écoulement dans les principaux de ces bras semble plus grande en amont immédiat du lac. On a l'impression d'une légère rupture de pente.
- que les Monts GOURAO, MARIE-THERESE et SAINT-CHARLES sont très sensiblement alignés, évoquant le franchissement d'un ancien chaînon érodé.

Le NIGER se reforme à l'extrémité Nord-Ouest du lac DEBO et se dédouble à l'aval du village de AKA pour former le bras de KORMOU (60 Km) navigable dans les mêmes conditions que le cours principal.

1.1.2.10. Au Nord du lac, dans sa partie médiane, prend naissance le BARA-ISSA, le plus long bras continu du NIGER après le DIAKA. Il rejoint le NIGER à EL-OUALADJI, 16 Km en amont de DIRE. Bien calibré, il décrit de nombreuses sinuosités en contournant les dunes fixées. Navigable parfaitement, mais non emprunté parce que d'un parcours plus long, ses berges non déboisées pour les besoins de l'ancienne batellerie à vapeur, sont très pittoresques. Il baigne SA et SARAFERE, deux gros villages de commerce et d'échanges. A la saison des pêches le BARA-ISSA est souvent entièrement barré d'une rive à l'autre par une sorte de cordage flottant constitué de lianes tressées, supportant filets ou hameçons (voir "la vie saisonnière au Sud du Lac DEBO" de Jean GALLAIS).

Enfin, à l'Est, contournant la dune Est-Ouest barrant l'aval du DEBO, nous rencontrons le KOLI-KOLI qui dessert le lac de KORIENTZE et rejoint le BARA-ISSA aux environs immédiats de SARAFERE. Ses méandres sont extravagants et il se perd souvent dans les bas-fonds interdunaires. Le KOLI-KOLI intervient dans l'alimentation de certains lacs rive droite comme on le verra dans le chapitre suivant.

Toute la région est plaquée de dunes fixées orientées Est-Ouest, de 5 à 20 m de hauteur, formant écran à la pénétration des eaux vers le Nord, traversées en chicane par les bras et mayos. Il en résulte que le réseau hydrographique est directionnel dans le sens des sillons dunaires. Il est possible que le barrage dunaire situé à l'aval immédiat du DEBO, en gênant l'évacuation des eaux et formant ainsi retenue, ait contribué à la formation des deux grands lacs sur le cours même du fleuve. Puis l'abaissement du niveau des lacs (affouillement des passes dunaires, et affaissement général du profil d'équilibre) a pu entraîner l'érosion du chaînon amont (voir remarque précédente) et faire apparaître la mise en vitesse perçue à l'entrée du DEBO.

L'envahissement dunaire continu crée des émergences, donc des sites d'habitat. Les villages au Nord du DEBO sont plus nombreux qu'au Sud (triangle NIGER-DIAKA) où l'inondation pratiquement totale ne laisse place qu'à de rares campements de pêcheurs ou de pasteurs.

Mais si la pénétration du sable rend les sites plus fréquents, elle diminue progressivement les ressources agricoles, et les villages y sont de plus en plus pauvres. En dehors des passes Nord-Sud, les mayos s'étirent péniblement dans les sillons interdunaires en direction de la bordure orientale de la Cuvette. Ils rejoignent un système de lacs dont l'alimentation est mixte, provenant en partie des eaux de ruissellement des reliefs environnants. Les proportions sont variables d'un lac à l'autre suivant l'encombrement de l'émissaire et l'importance et la nature géologique du bassin drainé par le lac.

1.1.3.-DESCRIPTION PHYSIQUE et HYDROLOGIE SOMMAIRE des LACS -

1.1.3.1. SYSTEME LACUSTRE de la RIVE DROITE -

1.1.3.1.1. Remarque Générale -

Depuis l'édition des nouvelles cartes I.G.N. (1956 à 1959) la description du réseau hydrographique est devenue aisée, mais l'étude hydrologique, proprement dite, de cette région n'a pas été commencée d'une façon systématique. En 1955-56, un agent technique de la MEAN fut installé à BAMBARA-MAOUNDE, au barycentre des lacs, avec pour mission d'installer des échelles et de les faire observer. La saison de l'arrivée de cet agent fut mal choisie et il ne fut pas remplacé. Cet effort a donc été entièrement perdu.

En altimétrie, nous connaissons maintenant les cotes superficielles du cours du NIGER avec une excellente précision (nivellement général I.G.N., densité suffisante des échelles et construction des lignes d'eau superficielles) mais les cotes des lacs sont barométriques (précision de l'ordre de 3 mètres au mieux) et dangereuses à comparer aux premières, surtout s'il s'agit d'apprécier des pentes d'émissaires. Il convient donc de faire de prudentes réserves sur les conditions d'alimentation.

En 1956, la mission hydrographique CANUEL de la MEAN effectuée, très utilement, le levé d'après photos aériennes et les sondages des lacs du système NIANGAYE. Bathymétrie et planimétrie ont ainsi fourni les courbes de surfaces et volumes en fonction des profondeurs rapportées à la cote maximale de 1955-56. Les levés des canaux de jonction entre lacs ont permis également de déterminer les volumes nécessaires dans chaque lac étudié pour assurer son débordement vers le lac aval.

Dans le cadre des études relatives aux "ANOMALIES DES CRUES DU NIGER", des échelles de crues ont été installées en 1975 sur différents lacs. Malheureusement il a été quasiment impossible de faire observer ces échelles. Certains enseignements ont quand même pu être tirés des passages des HYDROLOGUES au cours des tournées. A l'heure actuelle nous connaissons un peu mieux le système d'alimentation des lacs. En particulier il est clair que le lac KORAROU ne se vidange pas lors de la décrue du fleuve.

Les observations effectuées sont reprises dans le texte qui suit.

1.1.3.1.2. Lac KORAROU -

Orienté N-S, long de 20 à 30 Km et étroit. En hautes eaux, il s'étale au Nord vers KERSANI. Sa surface varie suivant le niveau des eaux entre 80 et 170 Km². Très bien alimenté (ce sera le seul) par les contreforts Nord du plateau de BANDIAGARA et la falaise Est des Monts GOUNDOUROU, où la pluviométrie est encore appréciable (450 à 500 mm).

Les fortes précipitations doivent apporter de gros débits de ruissellement et élever le lac jusque vers la cote maximale voisine de 262 m (Carte I.G.N.), alors que la cote moyenne de crue du DEBO est de 266 m. Il y a donc alimentation mixte mais dont les proportions sont impossibles à préciser.

Il s'agirait plutôt d'une succession de deux actions : d'abord les crues locales en Juillet-Août-Septembre dépendant de l'intensité des averses et ensuite la crue du NIGER en Novembre, Décembre, Janvier.

Le bassin d'alimentation du KORAROU (3 200 Km²) comprend à l'Ouest une grande partie du massif de GOUNDOUROU (320 à 400 m) et, au Sud, la frange septentrionale du massif de BANDIAGARA surplombant en falaise abrupte (de 600 m à 270 en moins de 4 Km) la plaine sableuse au fond de laquelle se trouve le lac.

Le ruissellement est certainement fort dans les zones à pente élevée mais l'infiltration aussi intense au pied de la falaise (éboulis, ensablement) et dans la plaine le long du réseau de drainage.

On ne peut donc compter sur un apport d'hivernage supérieur à 150.10^6 m³ (correspondant à 10% de ruissellement environ), insuffisant pour remplir le KORAROU et une partie de l'AOUGOUNDOU. Des apports complémentaires du NIGER sont nécessaires pour atteindre les cotes maximales dans les deux lacs mais il est certain que ces derniers profitent surtout aux lacs du système NIANGAYE dont l'alimentation est plus directe.

En résumé :

Apports locaux et apports du NIGER décalés dans le temps avec un trou en Septembre-Octobre et peut-être Novembre. Priorité certaine aux apports de ruissellement locaux. Mise en eau partielle possible du système KORAROU-AOUGOUNDOU avant l'arrivée de la crue du NIGER. Apports du NIGER certains en crue abondante et moyenne, mais pénibles en crue faible et courte.

1.1.3.1.3. Lac AOUGOUNDOU -

De forme triangulaire, 80 à 130 Km² suivant le degré de remplissage, il comporte un îlot : DOUNDE-ALKAYA (cote 276 m I.G.N.). Les collines d'OREVENDOU à l'Est du lac (327 m) ruissellent pendant les averses d'hivernage mais le bassin est restreint. Les apports locaux du lac sont donc très peu de chose.

La cote maximale du lac AOUGOUNDOU semble être voisine de 261 m ; il faut la comparer aux cotes de crues à NIAFUNKE (265 m) et à SARAFERE sur le BARA ISSA (264 m). Ce dernier village est situé à 35 Km seulement de l'entrée du lac (DIAYE MAOUNDE). La charge est donc suffisante et le mayo DOIO (ou ROUNDE ROUAL) doit transporter, malgré les infiltrations dunaires, des volumes d'eau importants vers les lacs AOUGOUNDOU-NIANGAYE, DO, GAROU et HARIBONGO.

En résumé, l'alimentation du lac AOUGOUNDOU est complexe :

- 1°) Pluies locales de la montagne d'ORE-VENDOU en Août, Septembre (faibles).
- 2°) Possibilités d'apports venant du KORAROU bien alimenté en Septembre, Octobre (certainement peu importants).
- 3°) Alimentation par la crue du NIGER de Novembre à Janvier (l'emporte nettement sur les deux précédentes).

Remarque : Nous ne connaissons rien de la bathymétrie des lacs KORAROU et AOUGOUNDOU, par conséquent rien également de leur capacité.

1.1.3.1.4. Système de lacs NIANGAYE-HARIBONGO -

Il s'agit d'un chapelet de lacs importants situés en série à l'aval du NIANGAYE et du GAROU et alimentés successivement par trop-plein et déversement de l'un vers l'autre.

Les apports locaux sont quasi nuls (reliefs peu accusés et envahissement dunaire complet). L'eau vient du NIGER, à travers la Cuvette par le mayo DOLO et le BARA ISSA, l'émissaire se partage à TIEKAWAI en deux bras, l'un vers le lac AOUGOUNDOU l'autre vers TOUNKARAROU en direction du NIANGAYE.

D'après les photos aériennes, une communication mal calibrée semble possible entre le mayo DOIO et TOUNKARAROU le long d'un bas-fond interdunaire vers SARE SANA.

L'entrée du NIANGAYE (village de TILERE) n'est à vol d'oiseau qu'à 45 Km du BARA ISSA et d'après la carte au 1/200 000^e, la cote maximale moyenne du lac semble être voisine de 260 m ce qui, nous l'avons vu, laisse une bonne pente lors de la crue dans le BARA ISSA.

Malgré les infiltrations dans les sillons dunaires, l'émissaire doit donc débiter chaque année, même en crue déficitaire, plus ou moins abondamment, mais nous verrons que le remplissage du système de lacs exige des volumes considérables. L'alimentation dépend de la hauteur de la crue du NIGER, mais aussi de la durée pendant laquelle les eaux se sont maintenues au-dessus d'une certaine cote (les deux facteurs sont d'ailleurs liés).

Lac NIANGAYE -

C'est le plus puissant du système de lacs de la rive droite. Imposante étendue d'eau de forme triangulaire orientée Est-Ouest, longue de près de 40 Km, large de 7 à 13 Km, sa forme est caractéristique des lacs de la zone Lacustre (analogie frappante avec celle du FAGUIBINE et de l'HARIBONGO) ; nous la retrouverons dans les lacs de la rive gauche.

Sa plus grande profondeur, au maximum de la crue 1955-1956 était d'environ 6,50 mètres, en un point confondu en planimétrie avec le centre de gravité du triangle. Les courbes bathymétriques sont triangulaires et parallèles.

Capacité :

Maximale 1955-1956	1 300 millions de m3
1 m au dessous	1 000 - -
2 m -	730 - -
3 m -	460 - -
4 m -	260 - -
5 m -	100 - -
6,50 m -	0 - -

Il est relié au lac DO par un émissaire bien calibré appelé le canal de BAMBARA-MAOUNDE large de 200 à 500 mètres et long de 11 Km environ. Sa profondeur varie de 1,50 m à 4,00 m (crue 1955-1956) avec un seuil rocheux au Nord de BAMBARA-MAOUNDE. Il faut donc environ 800 millions de m3 dans la lac NIANGAYE pour que commence le déversement dans le lac DO. Tous les lacs émissaires du NIANGAYE sont à sec depuis 1972.

Lac DO-

Il semble continuer la forme du NIANGAYE et en avoir été séparé par l'envahissement du sable. Il est orienté N-O - S-E.

Longueur : 18 Km environ

Largeur moyenne : 8 Km

Profondeur maximale crue 1955-1956 : 9,5 à 10 mètres

Capacité :

Pour hauteur maximale crue 1955-1956	800 millions de m3
- 1 m au dessous	675 - -
- 2 m -	540 - -
- 3 m -	430 - -
- 4 m -	330 - -
- 5 m -	230 - -
- 6 m -	140 - -
- 7 m -	70 - -
- 9,50m -	0 - -

Le lac DO peut s'évacuer à son tour par le canal du FAKO long de 7 Km et débouchant dans le GAROU à travers une bourgoutière profonde. Le point bas du canal se trouve à 1,50 environ au-dessous de la crue maximale 1955-56. Il faut 600 millions de m3 dans le lac DO pour que commence le déversement dans le GAROU.

Lac GAROU -

Le système du lac GAROU comprend en réalité 4 lacs que les dépôts éoliens tendent à séparer (lacs GAROU, GAKORE, TINGUERE au Sud du précédent et TITOLAOUEN à l'Est du GAROU).

Le GAROU, orienté parallèlement au NIANGAYE, est long de 30 Km et large de 2 à 4 Km. En 1956, la profondeur au maximum de la crue était de 8,5 à 9,0 m.

Capacité de l'ensemble des 4 lacs :

Pour hauteur maximale crue 1955-56	775 millions de m3
- 1 m au dessous	575 - -
- 2 m -	435 - -
- 3 m -	320 - -
- 4 m -	190 - -
- 5 m -	135 - -
- 6 m -	85 - -
- 7 m -	60 - -
- 9 m -	0 - -

Indépendamment des eaux déversées rarement par le DO, le lac GAROU est desservi directement par un émissaire Est-Ouest venant du BARA-ISSA, son cours est mal calibré et parsemé de mares d'épandage. Son régime d'alimentation peut se comparer à celui du NIANGAYE.

Lac GAKORE -

Directement relié au GAROU par un large et court vestibule à l'Est du village de DAKA FIFO, formant seuil encombré de végétation aquatique, dont la cote se trouverait à environ 2,00 m au-dessous de la cote maximale 1955-1956. Ce seuil ne déverserait dans le GAKORE qu'après une accumulation de 435 millions de m³ dans le GAROU.

Notons que sa capacité maximale en Février 1956 était de 150 millions de m³ et sa plus grande profondeur voisine de 4,40 mètres.

Lac TINGUERE -

Il représente à peu près le 1/5 du précédent en étendue et en volume et en reçoit ses eaux.

Lac TITOLAOUEN -

Il est alimenté par l'extrémité Est du GAROU et presque en même temps que lui par la passe profonde de ADABAI-MAHAMOUD (ou marigot de HAMDIDI). Il joue surtout le rôle de réservoir distributeur des lacs HARIBONGO et KABONGO.

Sa profondeur maximale en 1956 était de 6,60 m et sa capacité maximale de 80 millions de m³.

Lac HARIBONGO -

De forme triangulaire très allongée, pointe vers l'Ouest. Long de 25 Km, large de 4 au maximum.

Il est réuni au TITOLAOUEN par le canal de l'HAZABAB long de 10 Km environ. Ce chenal est régulier, bien tracé, et présente plusieurs seuils dont le plus haut se trouverait à 1,50 m au-dessous du niveau maximal de 1956.

C'est le plus profond des lacs de la Rive droite (près de 11,50 m en 1956). Il est rarement alimenté et se comble lentement par les apports de sable.

Sa capacité maximale en 1956 était d'environ 290 millions de m³.

Lac KABONGO -

Alimenté par le bras de TARASHAM (16 Km) venant du TITOLAOUEN, il ressemble à ce dernier. Sa plus grande capacité en 1956 était de 75 millions de m³. Il est lui aussi encore très profond (9,20 m).

Remarque - Ce sont les lacs les plus éloignés des sources d'alimentation, et par conséquent recevant de l'eau le plus rarement, qui présentent les plus grandes profondeurs. Ce phénomène est valable aussi pour les lacs de la rive gauche. On peut y voir une prépondérance des apports alluviaux sur les apports éoliens et en conclure que, depuis la mise en place des grands ergs et des "tayeurts" axés Est-Ouest, le NIGER a plus apporté dans son delta central que les vents du quadrant Nord-Est.

1.1.3.1.5. DONNEES SOMMAIRES sur le REGIME des LACS de la RIVE DROITE -

Nous avons reporté sur un croquis simplifié (Figure n° 1) les données précédentes et indiqué sommairement les conditions de remplissage des différents lacs du système de la Rive droite, suivant l'importance de la crue du NIGER.

Une étude hydrologique de cette région amènera certainement des retouches et peut-être des révisions. Nous ne voulons que résumer les facteurs prépondérants.

Un livre très intéressant "Le Moyen NIGER et sa boucle dans la région de "TOMBOUCTOU", de Gaston MOURGUES, paru en 1933, donne de très précieuses indications sur le degré de remplissage de ces lacs de 1908 à 1930.

REGIME DES LACS RIVE DROITE

Fig. 1

