

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE OUTRE-MER
20, rue Monsieur
PARIS VIIe

COTE DE CLASSEMENT n° 543

HYDROLOGIE

POSSIBILITE D'AMENAGEMENT DES CHUTES GAUTHIOT

par

A. BOUCHARDEAU

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ET TECHNIQUE OUTRE-MER

CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

POSSIBILITE D'AMENAGEMENT DES CHUTES GAUTHIOT

A. BOUCHARDEAU

21 Septembre 1959.

POSSIBILITE D'AMENAGEMENT

DES CHUTES GAUTHIOT

(MAYO-KEBBI)

SITUATION -

Le MAYO-KEBBI est un affluent rive droite de la BENOUE.

L'origine de ce cours d'eau est aux rives mêmes du LOGONE qui se déverse dans le bassin supérieur du MAYO-KEBBI, par deux seuils principaux : "la Dépression de capture d'ERE" et le "SEUIL de DANA".

Ces déversements sont recueillis par les "lacs TOUBOURIS", dépression longue de 110 km de BONGOR à M'BOURAO, sensiblement horizontale.

Le prolongement naturel des lacs est le MAYO-KEBBI qui, 21 km en aval de M'BOURAO, présente une chute de 70 m sur 20 km. Les chutes principales sont dénommées CHUTES GAUTHIOT. Elles présentent une dénivellation presque verticale d'une quarantaine de mètres, 31 km en aval de M'BOURAO.

INTERET DE L'AMENAGEMENT -

Cette région de l'Afrique noire est dépourvue de toute source d'énergie naturelle. La production d'énergie hydro-électrique à un prix raisonnable aurait une incidence très favorable sur l'économie générale grâce à la création d'une petite industrie locale.

QUELQUES DONNEES CONCERNANT LES CONDITIONS NATURELLES -

a) Profil en long

Le profil en long de la dépression TOUBOURI a été établi avec précision, grâce au nivellement I.G.N., qui s'étend de M'BOUR O à BONGOR. Les niveaux des plans d'eau ont été observés quotidiennement depuis 1948 aux stations de FIANGA-COTONFRAN et de TIKEM - I.R.C.T.

En étiage, les trois lacs de FIANGA (cote 320,30), TIKEM (320,09), et N'GARA (319,30) sont distincts et séparés entre eux par les seuils de MALFOUDEI d'une part et FIENG-DAOUA-BOULEMBALI d'autre part (voir carte ci-jointe).

En amont du lac FIANGA, le seuil de YRDING est la limite du lit majeur du LOGONE par où s'effectuent des déversements peu importants, à la cote 324 (Les hautes eaux du LOGONE s'établissent à BONGOR à la cote 325,68 mais le déversement est freiné par les hautes herbes encombrant le seuil).

Le lac de N'GARA est fermé en aval par le "SEUIL de FREHENG" rocheux, et le "SEUIL de M'BOURAO" SULKANDO résultant de la jonction de part et d'autre de la dépression des cônes d'alluvionnement de deux affluents.

La cote maxima des lacs de FIANGA et TIKEM, réunis en hautes eaux, ne peut pas dépasser 324,00 sans noyer les nombreux villages installés sur les berges.

TABLEAU N° I

SUPERFICIE DU LAC CREE PAR LA RETENUE EN km^2

| Cote de Retenue | 310 | 318 | 319 | 320 | 323 | 325 |
|-------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| LAC DE FIANGA | | | | 25 | 119 | 380 |
| LAC DE TIKEM | | | | 15 | 62 | 90 |
| LAC DE N'GARA | | | 40 | 90 | 142 | 165 |
| LAC DU BARRAGE DE M'BOURAO à "C" | 8,5 | 37 | 39 | 48 | 55 | 65 |
| SURFACE DU LAC | 8,5 | 37 | 79 | 178 | 378 | 700 |

TABLEAU N° II

COURBE DE REMPLISSAGE DU RESERVOIR

| | SURFACE | VOLUME: | $\frac{V}{H}$ | $\frac{100 \Delta H}{\Delta V}$ |
|-----|-----------------|--------------------------------|--------------------------------------|--|
| | km ² | 10 ⁶ m ³ | Millions de m ³ par mètre | En cm. pour I. million de m ³ |
| 310 | 8 | 0 | 10 | 10. |
| 311 | 12 | 10 | 13 | 7,7 |
| 312 | 15 | 23 | 17 | 5,9 |
| 313 | 19 | 40 | 20 | 5. |
| 314 | 22 | 60 | 24 | 4,2 |
| 315 | 26 | 84 | 28 | 3,6 |
| 316 | 30 | 112 | 31 | 3,2 |
| 317 | 33 | 143 | 35 | 2,8 |
| 318 | 36 | 178 | 38 | 2,6 |
| 319 | 40 → 79 | 216 | 108 | 0,92 |
| 320 | 137 → 177 | 324 | 212 | 0,47 |
| 321 | 246 | 536 | 278 | 0,36 |
| 322 | 310 | 814 | 344 | 0,29 |
| 323 | 378 | 1158 | 440 | 0,23 |
| 324 | 502 | 1598 | 600 | 0,17 |
| 325 | 699 | 2198 | | |

(La densité de la population dépasse ici 300 habitants au km²). La surélévation du lac de N'GARA au dessus de la cote 323,00 causerait quelques dégâts. Si nous désirons relever le niveau du lac, il conviendrait d'enquêter sur la possibilité de déplacer les villages de cette zone sur les points hauts.

En aval de M'BOURAO, la vallée du MAYO-KEBBI est inhabitée par crainte de l'**onchocercose**. Il n'y a donc aucune difficulté pour les aménagements de cette partie du cours.

Le MAYO-KEBBI présente d'abord une pente relativement faible, et passe de la cote 318,50 à M'BOURAO, à la cote 305 au km 20. La chute la plus importante se trouve entre le km 21 et le km 31, le pied des chutes GAUTHIOT étant à la cote 248. Dans les gorges qui y font suite, la chute est encore importante ; à leur sortie au km 35, le plan d'eau est à la cote 240. La pente est de nouveau faible jusqu'aux lacs de LEBE.

- b) L'étude du Profil montre donc que la prise de l'eau au km 20, et la restitution au km 35 seraient judicieuses.

CAPACITE DU RESERVOIR -

Un deuxième avantage du barrage établi au km 20, malgré la largeur de la vallée serait de créer une réserve d'eau profonde qui serait moins touchée par l'évaporation et pourrait fonctionner pendant toute l'année. Le Tableau I donne la surface du lac pour différents niveaux (lac étant limité à l'aval par le Barrage au km 20 désigné par "C").

- Les surfaces indiquées tiennent compte de l'existence des seuils, la tranche située à un plan inférieur étant inutilisable.
- La cote 325 n'est jamais atteinte, elle a été indiquée pour permettre l'extrapolation en l'absence de nivellement très précis du terrain.

Le Tableau II donne les caractéristiques de la courbe de remplissage du réservoir.

On remarque que le prolongement du lac jusqu'au km 20 en aval de M'BOURLO, constitue une retenue supplémentaire d'étiage de 216 millions de m³.

La capacité pour un plan d'eau supérieur à une cote plus élevée que 323 est considérable et dépasse un milliard de m³.

REMPLISSAGE DU RESERVOIR -

Ce problème est très délicat car le volume recueilli par le Bassin du MAYO-KEBBI jusqu'en "C" est variable d'une année à l'autre.

L'alimentation provient d'une part des déversements du LOGONE et d'autre part de l'écoulement des précipitations sur le Bassin propre.

Les déversements du LOGONE passent presque exclusivement par la "dépression de capture d'ERE", sauf en année exceptionnelle, et empruntent ensuite la KABIA pour gagner les lacs TOUBOURIS. Une faible partie des apports du LOGONE passe par un autre seuil, le seuil de DANA.

Des mesures ont été faites à PATALAO sur la KABIA, station convenablement tarée, mais dont la limnétrie a toujours été difficile à contrôler. Quoiqu'il en soit, les mesures effectuées ont donné les résultats suivants :

| ANNEE | 1949 | 1950 | 1951 | 1954 | 1955 | 1956 |
|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Cote maxima à LAI (1) | 4,50 | 4,60 | 4,00 | 4,80 | 5,05 | 4,92 |
| Volume annuel à LAI (2) | 14,75 | 16,72 | 13,40 | 19,61 | 22,07 | 18,0 |
| Volume déversé à PATALAO (2) | 0,150 | 0,650 | 0 | 0,600 | 1,310 | 0,360 |
| Volume déversé à DANA (2) | 0 | 0,010 | 0 | 0,010 | 0,092 | 0,008 |

(1) Hauteurs en mètres

(2) Volumes en milliards de m³

On voit, que le volume déversé est en relation avec le niveau de la crue à LAÏ et plus précisément avec le volume annuel écoulé à LAÏ. La fréquence des déversements est donc en relation avec la fréquence des crues du LOGONE. La crue moyenne du LOGONE, que l'on peut assimiler à la crue médiane, est de 17,2 milliards de m³, ceci correspond à un déversement de 350 millions de m³.

L'ensemble du bassin reçoit en moyenne 1000 mm de précipitation. L'écoulement naturel est insignifiant sur le bassin de la KABIA, extrêmement plat, et sur les affluents de rive droite des lacs TOUBOURIS (8.500 km²). A GOUNOU-GAYA, sur la KABIA, le débit reste très faible toute l'année avec une pointe ne dépassant pas quelques m³/s. D'ailleurs, le bassin de la TANDJILE, qui lui ressemble beaucoup mais reçoit 200 mm de plus de précipitation, a un coefficient d'écoulement de l'ordre de 6 %. Nous estimons à 2 % le coefficient d'écoulement de la KABIA.

Les autres affluents sont beaucoup plus actifs. En particulier les petits affluents du lac de TIKEM, MAYO-LESE, MAYO-DEHE ont des débits très appréciables malgré des bassins versants réduits (le MAYO-LESE cause un courant remplissant au début de la saison des pluies le lac TIKEM par l'aval).

De même les affluents du lac de N'GARA, MAYO-MADOUGA, SULKANDO, M'BOURAO ou les premiers affluents du MAYO-KEBBI (jusqu'au barrage) coulent bien, grâce à une pente très appréciable du sol. Nous pouvons les apparenter au bassin du MAYO-BINDER et leur affecter un coefficient de ruissellement de 12 %.

A FIMOU, le coefficient d'écoulement du MAYO-KEBBI pour un bassin versant de 30.000 km² est, en effet, de 8,9 % (volume annuel écoulé 2,52 milliards de m³, pluviométrie 942 mm).

L'apport des écoulements sur le bassin est donc, pour le bassin de la KABILA et affluents de la rive droite :

$$\begin{array}{r}
8.500 \text{ km}^2 \times 30 \text{ mm} = 255 \text{ millions de m}^3 \\
3.400 \text{ km}^2 \times 120 \text{ mm} = 408 \text{ millions de m}^3 \\
\hline
\text{soit au total } 663 \text{ millions de m}^3
\end{array}$$

Le lac reçoit enfin 1000 mm sur sa surface qui varie pendant la crue.

Le remplissage du réservoir s'effectue donc actuellement :

- par les déversements variant de 0 à 1.200 millions de m³ ;
et probablement dépassant une année
sur deux 350 millions de m³
- par les précipitations sur le bassin
propre 663 millions de m³

Le total dépasse une année sur deux 1.013 millions de m³ auxquels il faut ajouter 1000 mm à la surface du lac, variable suivant les conditions d'exploitation, et représentant donc un volume variable.

TABLEAU N° III

REPARTITION MENSUELLE DES APPORTS SUR LA RETENUE

| | I | 2 | 3 | Total | Précipitations | P - E |
|-----------|-------------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------|-----------------|-------|
| | Déversement: B.V. KABIA | | | B.V. Inférieur: 1-2-3 | en mm | en mm |
| | millions m ³ | millions m ³ | millions de m ³ | | | |
| | | | | | (Avril compris) | |
| MAI | | | 73 | 73 | 140 | - 65 |
| JUIN | | | 25 | 25 | 110 | -104 |
| JUILLET | | | 35 | 35 | 200 | + 44 |
| AOUT | | | 91 | 91 | 300 | +177 |
| SEPTEMBRE | 117 | 85 | 164 | 366 | 200 | + 66 |
| OCTOBRE | 233 | 170 | 20 | 423 | 50 | -153 |
| NOVEMBRE | | | | | | -182 |
| TOTAUX | 350 | 255 | 408 | 1013 | 1000 | |

EVAPORATION A LA SURFACE DU RESERVOIR -

De nombreuses mesures d'évaporation ont été faites au TCHAD. Les bilans du lac TCHAD ont permis de calculer le coefficient de réduction à employer quand on passe du bac Colorado à une surface étendue.

Les chiffres suivants (en mm par mois) sont donc assez sûrs, mais un peu trop élevés puisque ce sont ceux des Polders de BOL, plus septentrionaux. Le total annuel est de 2,285. (à BOL).

EVAPORATION MENSUELLE en mm

| | | | | | |
|---------------|-----------|------------|------------|-------|-------|
| ===== | ===== | ===== | ===== | ===== | ===== |
| : JANVIER : | FEVRIER : | MARS : | AVRIL : | | |
| :-----: | -----: | -----: | -----: | | |
| : 190 : | 180 : | 235 : | 244 : | | |
| :=====: | =====: | =====: | =====: | | |
| : MAI : | JUIN : | JUILLET : | AOUT : | | |
| :-----: | -----: | -----: | -----: | | |
| : 205 : | 214 : | 166 : | 123 : | | |
| :=====: | =====: | =====: | =====: | | |
| : SEPTEMBRE : | OCTOBRE : | NOVEMBRE : | DECEMBRE : | | |
| :-----: | -----: | -----: | -----: | | |
| : 144 : | 203 : | 182 : | 173 : | | |
| : : | : | : | : | | |
| ===== | ===== | ===== | ===== | | |

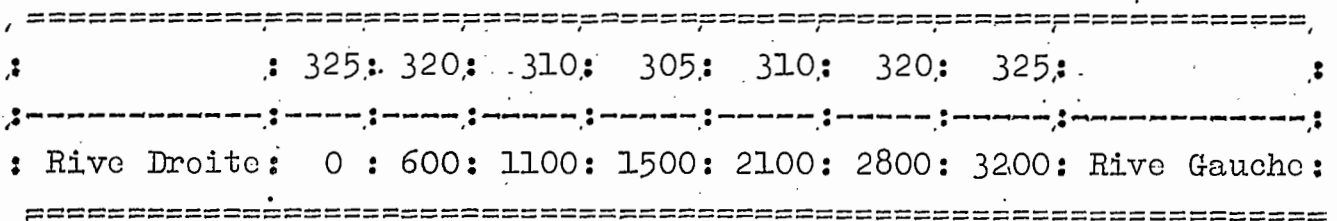
Les volumes perdus par évaporation dépendent naturellement des conditions d'exploitation de la réserve.

Ils seront d'autant plus faibles que la vidange sera plus rapide et les surfaces évaporantes plus réduites de ce fait.

CONDITIONS D'EXPLOITATION - PUISSANCE ET PRODUCTION ANNUELLE -

Nous supposons le barrage installé au km 20 en aval de M'BOURAO ; ce qui nous a paru indispensable pour assurer une réserve d'eau profonde. D'autre part, il est vraisemblable que le coût du barrage plus élevé que celui que l'on pourrait construire à M'BOURAO ou au km 11 en aval, est compensé par l'économie d'un canal plus court. Il atteindrait 11 km.

Le profil très sommaire du barrage serait le suivant :



Aucune reconnaissance géologique n'a été faite de cet emplacement. Nous supposons également l'usine installée à la sortie des gorges avec restitution à la cote 240.

Le Canal partirait du barrage à cote 311, et perdrait 1 m sur 11 km. La chute brute serait de 70 m. La conduite forcée aurait une longueur de 1800 m.

Nous faisons, dans le tableau IV, le calcul du remplissage et de la vidange du lac dans l'hypothèse d'un débit constant d'exploitation de $20 \text{ m}^3/\text{s}$, soit sensiblement 52 millions de m^3 par mois. Ce calcul est fait par approximations successives en tenant compte mensuellement des apports des affluents et des déversements, ainsi que des apports de pluies sur le lac et des pertes par évaporation (ces dernières étant variables avec la surface du lac).

En année normale, l'exploitation avec $20 \text{ m}^3/\text{s}$ laisse en fin d'année une réserve de 133 millions de m^3 . On aurait donc pu utiliser un débit de $24,3 \text{ m}^3/\text{s}$ en permanence.

En conclusion, il est possible de produire aux Chutes GAUTHIOT, une puissance permanente de :

$$\underline{24,3 \times 70 \times 8 = 13.600 \text{ KW}}$$

En modifiant la méthode d'exploitation, et en turbinant un débit plus important pendant la crue maxima, les pertes par évaporation seraient réduites et la production annuelle accrue.

CONCLUSION -

L'aménagement des Chutes GAUTHIOT peut permettre la production annuelle de 115 millions de KWH, en année normale et dans les conditions actuelles.

| | Apports Totaux | Emprunt | Gain ou Perte | Volume final 1° approxima- tif | Cote finale 1° approxima- tive | Cote moyenne du mois | $\frac{V}{H}$ $\frac{\Delta H}{\Delta t}$ | P - E Pluie Evaporation | Volume correspondant à P - E | Volume final | Cote finale |
|-----------|-------------------|---------|------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|--|-------------------------------|------------------------------------|--------------|-------------|
| AOUT | 91 | 52 | 39 | 39 | 313 | 311,5 | 13 | 0,177 | 2,3 | 40,8 | 313 |
| SEPTEMBRE | 366 | 52 | 314 | 354,8 | 320,3 | 316,5 | 31 | 0,066 | 2,05 | 356,8 | 320,27 |
| OCTOBRE | 423 | 52 | 371 | 727,7 | 321,65 | 321 | 278 | -0,153 | - 42,5 | 685,2 | 321,54 |
| NOVEMBRE | 0 | 52 | - 52 | 632,2 | 321,36 | 321,45 | 278 | -0,182 | - 50,5 | 581,7 | 321,18 |
| DECEMBRE | 0 | 52 | - 52 | 529,7 | 320,99 | 321,09 | 278 | -0,173 | - 48,2 | 481,5 | 320,75 |
| JANVIER | | 52 | - 52 | 429,5 | 320,47 | 320,61 | 212 | -0,190 | - 40,2 | 389,3 | 320,30 |
| FEVRIER | | 52 | - 52 | 337,3 | 320,06 | 320,18 | 212 | -0,180 | - 38,2 | 299,1 | 319,76 |
| MARS | | 52 | - 52 | 247,1 | 319,28 | 319,54 | 108 | -0,235 | - 25,4 | 221,7 | 319,05 |
| AVRIL | | 52 | - 52 | 170 | 317,76 | 318,40 | 38 | -0,244 | - 9,2 | 160,8 | 317,47 |
| MAI | 73 | 52 | + 21 | 181,2 | 318,06 | 317,76 | 35 | -0,065 | - 2,3 | 178,9 | 318,0 |
| JUIN | 25 | 52 | - 27 | 151,9 | 317,22 | 317,61 | 35 | -0,104 | 3,6 | 148,3 | 317,10 |
| JUILLET | 35 | 52 | - 17 | 131,3 | 316,57 | 316,83 | 31 | +0,044 | 1,3 | 132,6 | 316,58 |

Volume en millions de m³

Cote en mètres

Précipitation en mètres

Les données de base que nous possédons actuellement sont insuffisantes, et les études doivent être reprises dans tous les domaines : Topographie, Hydrologie, Prospection Géologique.

Ajoutons que la production pourrait être considérablement accrue dans le cadre de la régularisation du LOGONE. Cette régularisation est rendue nécessaire par les endiguements les aménagements agricoles, et le seul moyen de parvenir à une régularisation efficace est un déversement artificiel par le "SEUIL de DANA", compensant le débit des affluents colmatés en aval de ce seuil.




Or nous avons vu que la dépression des TOUBOURIS pouvait **tenir** en réserve un volume très supérieur à celui que nous avons utilisé dans nos calculs. La production annuelle pourrait sans doute être doublée en utilisant à fond cette retenue d'un volume considérable.

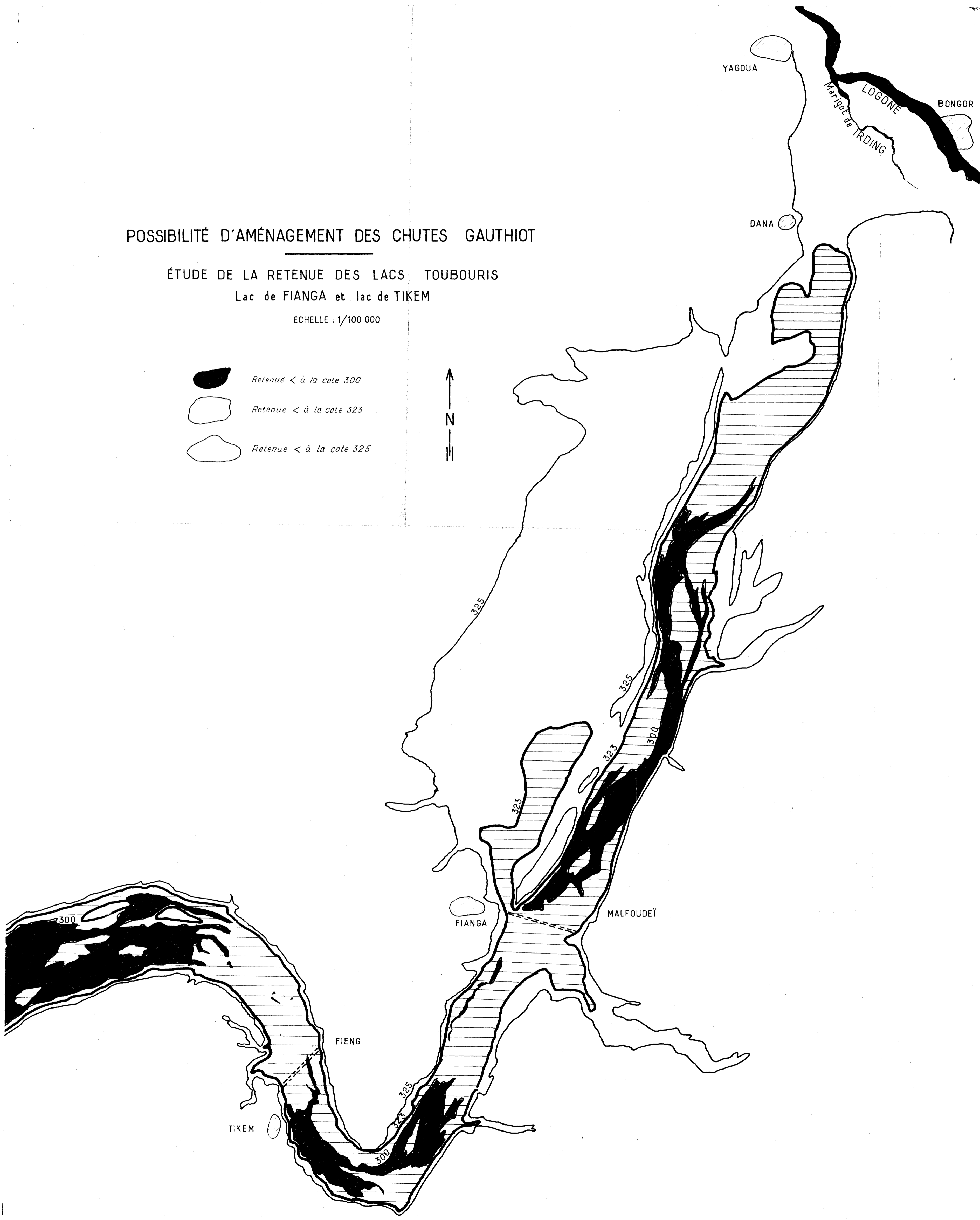
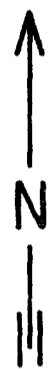
POSSIBILITÉ D'AMÉNAGEMENT DES CHUTES GAUTHIOT

ÉTUDE DE LA RETENUE DES LACS TOUBOURIS

Lac de FIANGA et lac de TIKEM

ÉCHELLE : 1/100 000

-  Retenue < à la cote 300
-  Retenue < à la cote 323
-  Retenue < à la cote 325



POSSIBILITÉ D'AMÉNAGEMENT DES CHUTES GAUTHIOT

Lac de N'GARA

EMPLACEMENT DU BARRAGE ET DE LA CENTRALE

ECHELLE : 1/100 000

