

OFFICE DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE  
OUTRE-MER

---

CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

---

SECTION D'HYDROLOGIE

---

# AMÉNAGEMENT DES CHUTES GAUTHIOT

CAMPAGNE 1960

MAI 1961

PUBLICATION N°

6136

AVENUE GÉNÉRAL TILHO - FORT-LAMY  
BOITE POSTALE 65 \* TÉLÉPHONE 119

O. R. S. T. O. M.

**CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES**

---

# **PROSPECTION des CHUTES GAUTHIOT**

**CAMPAGNE 1960**

par **C.ROCHETTE**,  
*Ingénieur Hydrologue.*

## PROSPECTION AUX CHUTES GAUTHIOT

CAMPAGNE 1960

:--:--:--:--:--:--:

L'aménagement hydroélectrique des chutes GAUTHIOT exige à la base une étude hydrologique précise du MAYO-KEBBI. Dans ce but, une première campagne sera entreprise en 1961, en vue de contrôler les hauteurs et les débits de ce cours d'eau et de ses principaux affluents dont les caractéristiques d'écoulement sont on le sait très différentes.

L'objectif essentiel de cette campagne sera la connaissance exacte des apports du bassin versant propre du MAYO-KEBBI en amont des chutes. Exception faite de la KABIA, aucune étude directe n'a été effectuée jusqu'ici dans cette partie du bassin versant du MAYO-KEBBI. Par contre, les apports provenant du LOGONE par ERE et DANA sont mieux connus, cette rivière étant suivie régulièrement depuis 1948.

Par ailleurs, l'aménagement comporte une retenue présentant une surface très importante. L'évaporation jouera un rôle déterminant sur le rendement de cette retenue et devra faire l'objet de mesures précises.

L'établissement du programme de la prochaine campagne nécessitait une reconnaissance préalable du site du barrage et des possibilités d'implantation du réseau des stations hydrologiques dans la région du Bassin du MAYO-KEBBI, située à l'aval de M'BOURAO.

Les reconnaissances effectuées en 1960 avaient pour but :

I<sup>o</sup>) De recueillir un certain nombre de renseignements concernant les possibilités d'aménagement des chutes et d'examiner les diverses solutions susceptibles d'être envisagées.

.../...





Le tracé en plan du MAYO-KEBBI dans cette zone est très caractéristique. Il a l'aspect d'un réseau complexe où l'on distingue 3 bras principaux eux-mêmes reliés par des bras secondaires. Ce réseau suit étroitement celui des diaclases de la pénéplaine granitique sur laquelle coule le MAYO. Ces diaclases sont le plus souvent orthogonales. Cela apparaît très nettement dans la zone du confluent du MAYO-TAM et du MAYO-KEBBI, 500 m en amont des chutes. Ce confluent est à l'intersection de deux diaclases, l'une de direction S.W. - N.E est empruntée par les deux bras extrêmes du MAYO-KEBBI et par le MAYO-TAM, l'autre, de direction sensiblement perpendiculaire à la précédente, est occupée en amont du confluent par le bras central du MAYO-KEBBI, en aval, par la totalité du cours du MAYO.

Le profil en long entre les km 26 et 31 comporte deux zones de pente inégale.

Dans les deux premiers tiers du parcours, l'écoulement présente quelques rapides qui ne semblent pas correspondre à une dénivellation importante. Par contre, le dernier tiers du parcours est caractérisé par une pente très forte qui s'établit de façon identique dans chacun des bras, lesquels, sur une distance de 1 km à 1 km,5 précédant le confluent, entaillent de plus en plus profondément le plateau granitique. Au confluent, la hauteur des berges est comprise entre 25 à 30 m. A partir du confluent le MAYO-KEBBI présente encore 2 cascades suivies de rapides et finalement franchit les chutes GAUTHIOT dont la hauteur varie entre 16 et 18 mètres.

En résumé, la dénivellation la plus importante dans la zone considérée se produit sur une distance d'environ 2 km en amont des chutes. Ce point a été vérifié par un nivellement effectué entre l'aval des chutes et le bras rive droite du MAYO à l'endroit où il dessine un coude très accentué repérable sur les photos aériennes, soit à moins d'un kilomètre en amont du confluent.

La différence de niveau entre ce point et le plan d'eau à l'aval des chutes est de 40 mètres.

.../...

Le profil en long du MAYO-KEBBI entre M'BOURAO et la sortie des Gorges, complété à l'aide des renseignements ci-dessus, s'établit en première approximation, comme suit :

	<u>Km</u>	<u>Altitude</u>
M'BOURAO	0	318
Confluent MAYO LIGAN	5	316
	12	314
Piste de DAO-KOUMI	20	311
Point situé entre les 2 ) zones de rapides )	26	300
Point de la 2ème zone ) de rapide précédant la ) plus forte dénivellation)	29	290
		( Amont 265
Chutes GAUTHIOT	31	( )
		( Aval 248
Sortie des Gorges	35	242

Cette configuration est bien caractéristique de la forme régressive de l'érosion, qui est à l'origine des Chutes GAUTHIOT.

## II - PROFILS EN TRAVERS

La présence à M'BOURAO d'un seuil résultant de la jonction des cônes de déjection des Mayos GANRE et MADONGA retient d'abord l'attention. Le profil correspondant conduirait à un ouvrage assez réduit, mais nous verrons que malheureusement cet emplacement ne présente pas d'intérêt.

.../...

A l'aval de M'BOURAO, la vallée du MAYO-KEBBI a une largeur toujours importante, exédant généralement 2 km. On n'observe pas jusqu'à DAO-KOUMI de resserrement notable de la vallée, alors que la pente sur les rives est parfois importante, en particulier sur la rive gauche vers le km II. Finalement, le seul resserrement notable se situe 3 km à l'aval du passage de la piste de DAO-KOUMI, soit dans la zone correspondant aux premiers rapides du MAYO-KEBBI. On peut estimer que le choix de cet emplacement au km 23 de M'BOURAO conduirait à un ouvrage mesurant 2 km à 2 km,500 de longueur en crête et 15 à 20 m de hauteur maximum.

Il n'existe pas d'autres possibilités à l'aval de ce profil. La vallée va en s'élargissant, elle présente un profil transversal pratiquement horizontal et situé aux environs de la cote 300.

Ces conditions sont inacceptables, vu les proportions à donner à l'ouvrage.

La solution d'un barrage à M'BOURAO doit également être écartée, pour de nombreuses raisons :

D'une part, la retenue limitée à 750 millions de m<sup>3</sup> aurait un rendement médiocre, car elle offrirait une prise considérable à l'évaporation. D'autre part, les mayos situés entre M'BOURAO et les chutes sont très actifs et leurs apports de l'ordre de 10 % de ceux du Bassin Versant total, ne sauraient être négligés.

Enfin, du point de vue aménagement, il faudrait choisir entre un canal d'aménée de 30 km très coûteux et la solution d'adjoindre au barrage une prise d'eau au km 20, ce qui reviendrait à perdre 10 à 15 m de chute.

En définitive, il semble qu'il faille retenir pour emplacement le plus probable celui du km 23.

.../...

### III - SOLUTIONS DIVERSES POUR L'AMENAGEMENT

Un aménagement comportant à la base un barrage de régularisation, situé au km 23, créant une retenue maximum à la cote 323 peut être conçu de plusieurs façons ci-dessous énumérées, dans l'hypothèse d'une restitution à l'aval immédiat des chutes, soit à la cote 248.

#### 1) Solution comportant un barrage au droit des chutes.

Du point de vue topographique, le site des chutes est remarquable pour l'établissement d'un barrage. Mais une importante réserve doit être faite en ce qui concerne les conditions géologiques, car le rocher y est très fracturé, en particulier sur la rive droite.

Le barrage haut de 30 mètres serait arasé à la cote 295 et créerait une chute de 47 mètres.

L'avantage de cette solution serait de supprimer un canal d'amenée de 10 km. Par contre, on perdrait une chute appréciable : 20 m environ.

L'usine serait située au pied du barrage.

#### 2) Solution comportant un canal d'amenée et une conduite forcée.

Cette solution conduit à perdre le marnage (8m) - chute brute : 67 m.

#### 3) Solution galerie et conduite forcée.

C'est la solution correspondant à la pleine utilisation de la hauteur de chute., laquelle serait comprise entre 67 et 75 m.

.../...

Elle pourrait consister en une galerie en charge débouchant dans la vallée du MAYO-TAM, elle-même fermée par un barrage à la cote 323 d'où partirait la conduite forcée.

On peut reprendre ces divers types d'aménagement, dans l'hypothèse d'une restitution à la sortie des gorges. Le gain de chute correspondant serait de 6 à 7 mètres.

### B - Etude de la retenue

La courbe de remplissage de la retenue montre qu'au dessus de la cote 319 la surface de cette retenue, et par suite le volume emmagasiné, croissent très rapidement avec la hauteur. Il s'en suit qu'au-dessus de cette cote les pertes par évaporation deviendront importantes. Il est évident que pour un apport annuel donné, plus la retenue sera remplie au départ, plus les pertes par évaporation seront importantes, et plus le débit dérivable sera faible.

Ainsi, pour une année normale où les apports sont de 1013 millions de m<sup>3</sup>, les débits dérivés calculés en considérant différents états initiaux de la retenue s'établissent comme suit :

Retenue initiale 1er Mai	Retenue minimum 1er Août	Débit dérivé	R %
312.00	310.0	25	77 %
317.10	316.0	22	68 %
319.10	318.0	20,8	65 %

.../...

Si, pour définir l'état initial de la retenue, le 1er Mai a été choisi de préférence au 1er Août, date à laquelle la retenue est à son minimum, c'est uniquement parce que du 1er Mai au 1er Octobre le bilan précipitation - évaporation (P - E) sur la retenue peut être considéré comme nul, ce qui introduit une simplification dans les calculs.

Cette condition d'utilisation de la retenue aux cotes les plus basses possibles, poussée à l'extrême, présente toutefois des inconvénients. Elle conduit, d'une part, à augmenter le marnage ce qui, quel que soit l'aménagement adopté, se traduit par une perte de chute et, d'autre part, elle supprime la possibilité de régularisation interannuelle.

On constate, en ce qui concerne la perte de chute consécutive à un accroissement du marnage, qu'en étudiant le cas le plus défavorable, c'est à dire celui où le marnage est perdu, la cote amont correspondant alors sensiblement à la cote minimum de la retenue, que la loi joue en faveur de la retenue la plus faible, comme le montre le tableau ci-dessous :

Cote amont ou cote minimum de la retenue	Restitution	Débit dérivé	Chute	Q x H
310	248	25	62	1.550
318	-	20,8	70	1.450

Ceci est vrai à fortiori dans le cas où l'aménagement utilise le marnage puisque la perte de chute ne serait vraiment sensible que quelques mois par an. Finalement, la perte de chute consécutive à une utilisation de la retenue dans les conditions de remplissage minimum est largement compensée par le gain correspondant à l'accroissement du débit dérivé.

.../...

Par contre, la régularisation interannuelle ne peut être réalisée que si l'on dispose d'une certaine réserve avant la saison pluvieuse, ce qui impose une hauteur de retenue minimum nettement supérieure à la cote 310. Toutefois, il convient de remarquer que le problème de la régularisation interannuelle serait entièrement résolu dans le cas où un aménagement à DAMA permettrait de prélever dans le LOGONE, lors des années déficitaires, un volume destiné à combler le déficit. D'où l'intérêt supplémentaire que présenterait un tel aménagement puisqu'il permettrait l'utilisation la plus rationnelle de la retenue.

Il apparaît également que le rendement de la retenue variera en fonction du volume annuel des apports. Il est intéressant d'étudier ces variations afin de déterminer le volume des apports qui conduit au rendement maximum. Pour cela nous avons considéré des apports variant de 450 Mm<sup>3</sup> à 1 400 Mm<sup>3</sup>. Pour les différents apports étudiés, le débit dérivé supposé constant que l'on considère est celui qui conduit à garder intacte la réserve initiale laquelle, suivant nos conventions, est la réserve au 1er Mai. Dans chaque cas, nous avons considéré que la réserve initiale correspondait à la cote 316.00 de la retenue, valeur qui correspond à une certaine possibilité de régularisation interannuelle.

Les résultats sont consignés dans le tableau ci-dessous :

Cas considéré	Apports annuels	Volume dérivé	Débit dérivé	Bilan P = E	Cote max. de la retenue	R% = Vol.dérivé / Vol.des apports
1	450	306	9,7	144	320,25	68 %
2	663	455	14,7	208	321	69 %
3	1013	750	24,0	263	321,70	74 %
4	1400	1100	35,0	300	322,35	78,5 %

.... / ...

Les pertes relatives par évaporation sont importantes (comprises entre 21,5 et 32 %). Elles varient toutefois en raison inverse des apports.

Le volume 3 correspond à l'année normale, tant en ce qui concerne les apports du B.V. propre qu'en ce qui concerne les apports dus aux déversements.

Le volume 2 correspond à une année de pluviométrie moyenne, sans déversement du LOGONE.

Le volume 4 considère le cas où le seuil de DANA serait aménagé pour accroître les déversements.

Le volume I correspond à un cas fictif destiné seulement à montrer qu'en dessous d'une certaine valeur des apports, apports  $< 600 \text{ Mm}^3$ , le rendement de la retenue est sensiblement constant. En définitive, cette étude montre qu'il est souhaitable d'accroître artificiellement les apports.

:~::~:~::~:~::~:~::~:~::~:~::~:~::~:

---

Mm<sup>3</sup> : millions de m<sup>3</sup>.



- a) du niveau des lacs TOUBOURIS
- b) du débit à la station de référence du cours inférieur du MAYO-KEBBI
- c) des pertes par évaporation des lacs de la dépression TOUBOURIS  
(Station de mesure sur bac Colorado)
- d) de la pluviométrie

Les apports des affluents déterminés par cette méthode seront donnés par la formule

$$Q_{\text{apports}} = \sum \frac{S \Delta H}{\Delta t} - \frac{P - E}{\Delta T} \sum S + Q_{\text{débit aval}}$$

S étant les surfaces respectives des lacs TOUBOURIS

Les apports étant nuls de Novembre à Avril, on pourra confronter les résultats des mesures d'évaporation avec les valeurs résultant de l'application de cette formule.

Le programme ci-après a été établi en tenant compte de ces différents objectifs.

PROGRAMME DE LA CAMPAGNE 1960-61

D'ETUDES HYDROLOGIQUES AUX CHUTES GAUTHIOT

I - CONTROLE DES DEBITS ET DES HAUTEURS DU MAYO-KEBBI AUX ENVIRONS DU SITE DES CHUTES GAUTHIOT

a) Contrôle amont

.../...

- I) Lac de N'GARA - Echelle de crue et lecteur
  - 2) M'BOURAO
  - 3) Site du barrage (km 20 de M'BOURAO).
    - Limnigraphe
    - Station de mesure du débit (câble à demeure)
  - 4) Sommet des chutes = échelle
- b) Contrôle aval
- I) Picds des chutes
    - Limnigraphe
    - Station de mesure (téléférique)
  - 2) Sortie des gorges
    - Echelle 2 km aval confluent MAYO LEDDE  
(emplacement présumé de la centrale)
  - 3) Route de FOULBI YAKABO (6 km en aval de la sortie des gorges)
  - 4) Pont du lac de TRENE

## II - HYDROLOGIE DU BASSIN VERSANT PROPRE DU MAYO-KEBBI

- a) Etude des affluents
  - I) Katia - Pont CAROL (Echelle)
    - GOUNOU-GAYA (Echelle)
    - PATALAO (Echelle)
    - Lac de FIANGA (Echelle)

.../...

2) Affluent du lac de TIKEM

Rivière DEHE au pont de SAIKA (Limnigraphe)

Rivière LESE près de TIKEM (Echelle)

Lac de TIKEM (Echelle)

3) Petits affluents du cours inférieur

rive droite - BILOU (échelle maxima)

GANRE (M'BOURAO) (échelle)

LIGAN (Bassin expérimental)

MAYO LEDDE (échelle maxima)

rive gauche - GOURMEY (échelle à maxima)

MADONGA (échelle à maxima)

MAYO TAM (échelle à maxima)

b) Etude d'un bassin versant expérimental dans le cours inférieur - Bassin du LIGAN

- 1 station de jaugeage avec limnigraphe à la traversée de la route
- 10 pluviomètres Association
- 2 pluviographes enregistreurs
- station de mesure d'évaporation sur bac.

III - HYDROLOGIE DES DEVERSEMENTS DU LOGONE

Pour mémoire : Continuation des observations sur le LOGONE, la zone ERE-LOKA étant étudiée d'autre part

- Etude des répercussions possibles du déversement par DANA.

.../...

#### IV - PROSPECTION DU SITE

Pour mémoire : Liaison avec les équipes topographiques chargées du relevé des cartes et les géologues.

- Recherche du meilleur emplacement pour le barrage
- Recherche du meilleur emplacement pour l'usine

#### V - ETABLISSEMENT DES RAPPORTS, SYNTHESE DES RESULTATS

##### B - Conditions d'exécution du programme

Un des buts des reconnaissances effectuées en 1960 fut d'examiner les conditions d'exécution du programme dans la partie du bassin versant comprise entre M'BOURAO et les chutes.

##### I - ACCES

Cette région fort peu prospectée présente l'inconvénient d'être pratiquement inhabitée par crainte de l'enchocercose. De ce fait, les pistes sont inexistantes. Seules 3 pistes carrossables, sommairement aménagées et difficilement praticables en saison des pluies, relient la route MONBAROUA - M'BOURAO au MAYO-KEBBI.

La piste des chutes (17 km) , la plus fréquentée, a son origine au km 20 de MONBAROUA, soit à 5 km du village de MAYO LEDDE, elle franchit le MAYO LEDDE et aboutit à 2 km des chutes. On accède à celles-ci par un sentier. Un second sentier conduit au bras rive droite du MAYO-KEBBI en un point situé à 1.500 m en amont des chutes.

La piste de DAO KOUMI (14 km) part du village de MAYO LEDDE et rencontre le MAYO KEBBI au km 20 de M'BOURAO.

Enfin, une piste de 3 km située sur la rive droite du MAYO LIGAN mène au MAYO KEBBI au km 5 de M'BOURAO.

.../...

## II - CHOIX DES STATIONS HYDROLOGIQUES DU COURS INTERIEUR

### I) Stations sur le MAYO-KEBBI

#### Contrôle amont

Une première station s'impose aux environs du km 23 de M'BOURAO, reconnu comme emplacement probable pour l'établissement du barrage de régularisation. Le choix est limité par le fait que le MAYO-KEBBI présente presque partout dans cette région un lit majeur important. Ainsi la première section prospectée au km 26, c'est à dire à l'amont immédiat de la 2ème zone de rapides s'est avérée inacceptable, étant donné l'étendue du champ d'inondation en hautes eaux par rapport à la section du lit mineur. De plus, son accès depuis la piste des chutes poserait un problème ardu.

Par contre, la section reconnue au km 20, c'est à dire au droit de la piste de DAO-KOUMI convient parfaitement à l'établissement d'une station hydrologique correcte. Les conditions hydrauliques offertes par cette section sont satisfaisantes.

Le lit mineur a une largeur de 50 m environ (profondeurs 3-4 m et vitesses de l'ordre de 1,00 à 1,50 m). La rive droite est inondée en hautes eaux sur 150 m, toutefois les vitesses y sont suffisantes et la profondeur assez faible (0,80 - 1,00 m) pour que cette partie de la section donne lieu à des mesures très correctes.

D'après les indigènes, la rive gauche n'est pas inondée. Un élément d'échelle a été posé provisoirement (hauteur 3,64 m le 24 - 10 - 60)

Pour les jaugeages, il serait intéressant d'équiper d'un téléphérique la partie de la section correspondant au lit mineur. Quant au limnigraphe, on sera vraisemblablement amené à l'installer sur la rive gauche. Au point de vue accès, l'entretien de la piste de MAYO LEDDE sera à prévoir, ainsi que l'aménagement des accès pour la traversée de certains mayos. Signalons qu'il est également possible d'atteindre cette station par le MAYO-KEBBI depuis M'BOURAO

.../...





Le régime de ces affluents dont les B.V. ont des superficies comprises entre quelques km<sup>2</sup> et 220 km<sup>2</sup> (MAYO-TAM) s'apparente au régime des mayos du Nord CAMEROUN, caractérisés par des crues violentes conduisant à des débits spécifiques de pointe élevés et des coefficients de ruissellement importants pouvant atteindre pour les très fortes précipitations des valeurs de 20 à 30 %. En Septembre, on observait après une tornade un débit de 15 m<sup>3</sup>/s, au radier du MAYO LIGAM (B.V. = 44 km<sup>2</sup>), ce qui est loin de constituer une valeur maximum et 35 à 40 m<sup>3</sup>/s au MAYO GANRE à M'BOURAO (superficie : 140 km<sup>2</sup>). L'ordre de grandeur du débit correspondant à l'ensemble des affluents peut donc atteindre au total plusieurs centaines de m<sup>3</sup>/s, ordre de grandeur qui n'a rien de comparable avec celui du débit à M'BOURAO. Notons qu'il s'opère un certain amortissement des crues dû au pouvoir de rétention du lit majeur du MAYO-KEBBI entre M'BOURAO et les chutes.

#### DEBITS AUX CHUTES GAUTHIOT

Il en résulte aux chutes GAUTHIOT un débit extrêmement variable de Juin à Octobre formé de la superposition d'un débit de base qui croît régulièrement pendant cette période et du débit des affluents du cours inférieur.

Les moyens mis à notre disposition ne permettaient pas d'effectuer de jaugeages aux chutes et les débits ont été estimés par comparaison aux débits mesurés à M'BOURAO.

Le 7 Septembre, dans l'après-midi, après une période de 48 heures sans précipitation, on observait aux chutes un débit voisin du débit de base. Il a été estimé à 50 m<sup>3</sup>/s, le débit à M'BOURAO représentant ce débit de base, étant de 40 m<sup>3</sup>/s le 10 Septembre.

Le 8 Septembre, au matin, à la suite d'une tornade survenue la veille entre 19 heures et 21 heures, le niveau du MAYO-KEBBI avait monté environ d'un mètre à l'amont immédiat des chutes. On a pu estimer à 100 m<sup>3</sup>/s le débit correspondant, en comparant ce niveau à celui atteint fin Octobre, date à laquelle le débit aux chutes s'identifie au débit mesuré à M'BOURAO.

.../...

